

# Caratterizzazione integrata della qualità ecologica dei canali di bonifica nella bassa pianura mantovana

Daniele Longhi\*, Alex Laini, Erica Racchetti, Monica Pinardi, Marco Bartoli

Dipartimento di Scienze Ambientali, Università degli Studi di Parma, Via G.P. Usberti 33/A - 43100 Parma

\* Referente per la corrispondenza: daniele.longhi@nemo.unipr.it

## Riassunto

La normativa vigente in materia di acque ha come obiettivo la salvaguardia e il miglioramento dello stato ecologico degli ecosistemi acquatici principali, ma sono ancora carenti gli studi sul reticolo idrografico secondario, nonostante numerose evidenze scientifiche indichino l'importanza dei canali minori nei processi di trasformazione dei soluti e del materiale particolato. Il presente lavoro ha come obiettivo la valutazione dello stato di qualità dei canali di bonifica della bassa pianura mantovana (Comune di Roncoferraro, MN), attraverso l'analisi integrata della morfologia (sezioni, pendenza delle rive, ecc.) e degli aspetti fisico-chimici e biologici. I canali studiati presentano un andamento prevalentemente rettilineo (solo 2 su 37 hanno un andamento meandriforme) e un'elevata pendenza delle rive ( $>45^\circ$  nel 95% dei casi). Solo nel 28% dei casi è stata rilevata la presenza di fasce riparie, di ridotta ampiezza (mediamente pari a 0,7 m). Le macrofite sono state rilevate nel 92% dei canali, con una superficie occupata mediamente pari al 23% di quella del corso d'acqua. Sono state misurate alte concentrazioni di nutrienti ( $2,5 \pm 0,82 \text{ mg N L}^{-1}$  per l'azoto totale e  $0,06 \pm 0,04 \text{ mg P L}^{-1}$  per il fosforo totale), una ridotta trasparenza dell'acqua e concentrazioni di clorofilla fitoplanctonica tipiche di ambienti ipereutrofici (fino a  $100 \mu\text{g L}^{-1}$ ). I sedimenti superficiali sono caratterizzati da materiale fine, tipico di ambienti ad elevato tasso di sedimentazione. Nella maggior parte dei canali, tra i taxa di macroinvertebrati rinvenuti, è stata riscontrata la presenza di numerosi individui di *Procambarus clarkii*. I risultati dell'indagine hanno consentito di evidenziare numerosi elementi di criticità nelle recenti pratiche gestionali di questi ambienti che si riflettono in uno scarso stato ecologico generalizzato. Su questi aspetti si dovrà intervenire con una gestione ottimale del territorio che dovrà essere preceduta da studi ecologici adeguati, anche per valutare scenari gestionali alternativi a quelli attualmente in uso.

PAROLE CHIAVE: reticolo idrografico / canali di bonifica / qualità idrochimica / macrofite / macroinvertebrati / Pianura Padana

## Evaluation of ecological quality of the canal network in the province of Mantua (Northern Italy)

The most recent water policies aim at the protection and at the improvement of the ecological status of aquatic ecosystems, with consideration for the main water bodies. Lesser attention is given to minor channels and ditches, which are indeed recognised as active reactors for particulate matter and dissolved solutes as nitrates. The main objective of this study was to assess the integrated ecological status of a number of channels draining a plain area located within the Mincio River basin. The investigated area, south of the Mantua town, is devoted to intense agricultural practices. Field work included a comprehensive analysis of morphological, physical, chemical and biological features of the canal network. The investigated ditches showed straight channels (only 2 of the 37 channels were meandered) and high slope of the banks ( $>45^\circ$  in 95% of the considered cases). Buffer strips were found in only 28% of the channels and were on average only 0.7 m wide. Macrophytes were found in 92% of the ditches, but they covered on average only 23% of the channels bottom and bank area. High concentrations of total nitrogen and phosphorus ( $2.5 \pm 0.82 \text{ mg N L}^{-1}$  and  $0.06 \pm 0.04 \text{ mg P L}^{-1}$ ), elevated water turbidity and high chlorophyll concentrations (up to  $100 \mu\text{g L}^{-1}$ ) were measured, evidencing eutrophic conditions. Superficial sediments were characterized by fine materials, typical of systems with high sedimentation rates. Among macroinvertebrate taxa *Procambarus clarkii* was abundant in most ditches. This study highlighted numerous critical elements of the recent management practices in the considered drainage channels, resulting in overall low ecological quality and elevated solutes and particulate matter transport to the main water bodies. The results suggest the need for further studies and for the development of actions for alternative management.

KEY WORDS: drainage channels / water quality / macrophytes / macroinvertebrates / Po plain

## INTRODUZIONE

Nella Pianura Padana il reticolo idrografico secondario, in particolare modo il complesso sistema dei canali artificiali e naturali di piccole e medie dimensioni, ha un'estensione lineare dell'ordine delle migliaia di

chilometri: ad esempio, nella sola porzione pianeggiante della Regione Lombardia i canali artificiali hanno una lunghezza complessiva di 17.000 km (ANGILERI *et al.*, 2003). A fronte della rilevanza del reticolo idrografico

secondario non esistono piani integrati di monitoraggio, limitati dalla normativa vigente ai canali aventi portate superiori ai  $3 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  (DLgs. n. 152/2006). I canali di piccole e medie dimensioni, a causa della capillarità con la quale sono distribuiti nel territorio, sono per contro i principali ricettori dell'inquinamento derivante da fonti diffuse, in particolar modo dalle attività agro-zootecniche (BENINCÀ, 2002; TELÒ *et al.*, 2007). L'importanza del reticolo idrografico secondario in relazione ai carichi diffusi è ulteriormente accentuata dal fatto che questa forma di inquinamento costituisce fino al 60-65% del carico inquinante che raggiunge i corpi d'acqua principali (CARPENTER *et al.*, 1998; JOHNSON e HOFFMANN, 1998; CROUZET, 2000; EPA, 2001; BERNOT *et al.*, 2006; CHAMBERS *et al.*, 2006).

In Italia mancano quasi completamente indagini volte a definire lo stato di qualità della rete dei canali di bonifica. Se da un lato i pochi studi realizzati evidenziano condizioni di criticità, in termini di qualità idrochimica della colonna d'acqua e di semplificazione ed impoverimento delle comunità animali e vegetali, dall'altro identificano nella rete dei canali di bonifica il target principale per azioni di recupero ambientale integrato (PROVINI *et al.*, 2003; ZAPPI *et al.*, 2003; CIADAMIDARO *et al.*, 2006). Appare quindi chiara la necessità di porre maggior attenzione allo studio della qualità ecologica del reticolo idrografico secondario ai fini di salvaguardare questi ecosistemi peculiari della bassa pianura e nel contempo di evitare o ridurre gli impatti negativi sui corpi idrici significativi.

In questo lavoro vengono presentati i risultati di uno studio condotto su alcuni canali di bonifica della bassa pianura mantovana, la cui qualità è stata valutata mediante l'analisi integrata di morfologia delle sezioni, qualità fisica e chimica delle acque e qualità biologica dell'ecosistema acquatico.

## AREA DI STUDIO

Lo studio è stato svolto nel reticolo idrografico minore che attraversa il Comune di Roncoferraro (MN). Il territorio comunale si sviluppa interamente nella sinistra idrografica del fiume Mincio su una superficie di circa  $64 \text{ km}^2$  (Fig. 1), è caratterizzato dalla presenza di importanti corsi d'acqua naturali (fiumi Mincio e Po) e da un numero considerevole di canali artificiali di medie e piccole dimensioni. Il reticolo idrografico secondario ha un'area complessiva inferiore al 2% del territorio comunale, ma si estende linearmente per circa 210 km drenando gran parte della superficie agricola.

Il territorio del comune è prevalentemente ad uso agricolo con dominanza di seminativi (76%) a mais, frumento e riso. Le caratteristiche dei suoli risultano adatte, senza o con moderate limitazioni, allo spandimento dei reflui zootecnici, pratica ampiamente diffusa

su quasi tutto il territorio (REGIONE LOMBARDIA, 2007).

I principali distretti irrigui (Tartagliona, Molinella, Fisseretto e Dugale di Governolo) sono gestiti dal Consorzio di Bonifica Fossa di Pozzolo, che regola la distribuzione delle acque e svolge le attività di manutenzione dei canali. Questi vengono invasi da aprile a settembre per far fronte ai fabbisogni idrici dei comparti agricolo ed industriale, mentre nel resto dell'anno il livello delle acque viene mantenuto basso allo scopo di contenere gli eventi piovosi di particolare intensità. Le principali attività di manutenzione ordinaria consistono nella eliminazione delle macrofite di riva e sommerse, nella rimozione dei sedimenti superficiali e, nei casi più estremi, nella ricopertura di tratti di canale con materiali di rinforzo o impermeabilizzanti.

## MATERIALI E METODI

### Scheda di campo

Per la descrizione delle caratteristiche di ogni canale è stata utilizzata una scheda di campo (Fig. 2), realizzata al fine di considerare i principali elementi utili a definire lo stato di qualità dei corsi d'acqua: le caratteristiche morfologiche ed idrologiche, quelle del territorio circostante, della vegetazione acquatica e riparia e quelle idrochimiche.

Tra le caratteristiche morfologiche ed idrologiche sono state considerate l'andamento del canale, la pendenza delle rive, la presenza/assenza di frane, il grado di incassatura (misurato come distanza tra il piano di campagna e il fondo del canale), la velocità e la profondità dell'acqua, la larghezza del canale e la portata. Per l'analisi del territorio circostante ad ogni canale, sono state considerate la distanza delle coltivazioni dalla riva

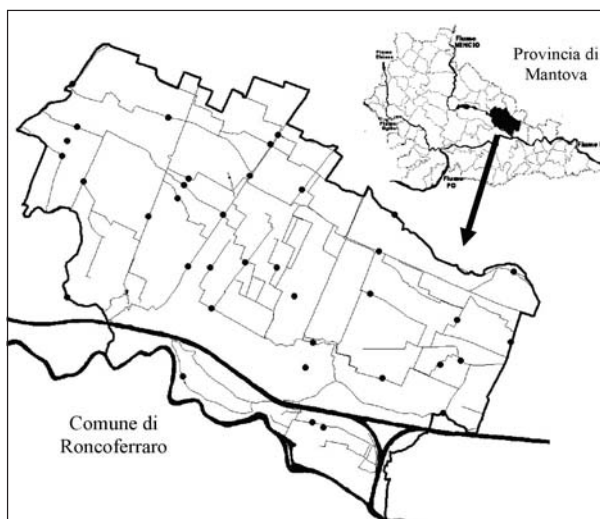


Fig. 1. Mappa del territorio comunale di Roncoferraro con indicati i corpi idrici superficiali e i punti di campionamento.

Nome del canale	n° canale	Coordinate del punto di prelievo	
		X:	
		Y:	
<b>Caratteristiche morfologiche e idrologiche</b>			
Andamento	rettilineo		
	rettilineo con divagazioni		
	meandriforme		
Pendenza delle rive	< 30°		
	30°-45°		
	> 45°		
Presenza di frane	sì		
	no		
Grado di incassatura (m)			
Velocità corrente (m s <sup>-1</sup> )			
Larghezza (m)			
Profondità (m)			
Portata (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )			
<b>Caratteristiche delle territorio circostante</b>			
Colture in sponda destra	tipologie		
	distanza dalla riva (m)		
Colture in sponda sinistra	tipologie		
	distanza dalla riva (m)		
<b>Caratteristiche della vegetazione acquatica e ripariale</b>			
Macrofite	tipologia	%	specie
	idrofite sommerse		
	idrofite emergenti		
	elofite		
	pleustofite		
Vegetazione riparia sponda destra	tipologia	m	specie
	fascia erbacea		
	fascia arbustiva		
	fascia arborea		
Vegetazione riparia sponda sinistra	tipologia	m	specie
	fascia erbacea		
	fascia arbustiva		
	fascia arborea		
<b>Caratteristiche idrochimiche</b>			
temperatura (°C)			
pH			
conducibilità (µS cm <sup>-1</sup> )			
[O <sub>2</sub> ] (%)			
[O <sub>2</sub> ] (mg l <sup>-1</sup> )			
<b>Caratteristiche del sedimento</b>			
descrizione generale			
granulometria			
colore			
spessore			
note			

Fig. 2. Scheda di campo utilizzata per la descrizione delle caratteristiche dei canali analizzati.

e le tipologie colturali presenti in sponda destra e sinistra. Per la valutazione della vegetazione sono state considerate separatamente le formazioni riparie e quelle acquatiche; per le prime è stata individuata la tipologia (erbacea, arbustiva e arborea), sono state identificate le specie ed è stata misurata l'ampiezza della fascia vegetata, mentre per le seconde è stato stimato il grado di copertura delle diverse tipologie osservate (idrofiti sommerse ed emergenti, elofite e pleustofite), misurato come percentuale rispetto alla superficie dell'acqua, e sono state identificate le principali specie presenti.

### Prelievo e analisi dei campioni di acqua e sedimento

L'attività sperimentale è stata svolta in quattro uscite (2, 19, 25 e 26 agosto 2007) campionando complessivamente 37 canali di diversa dimensione distribuiti sull'intero territorio comunale (Fig. 1). Nella porzione centrale di ogni canale sono stati prelevati un campione di acqua mediante una bottiglia di plastica e campioni di sedimento (3 repliche) mediante carote in plexiglass trasparente ( $h = 40$  cm;  $\varnothing = 8$  cm). Temperatura, conducibilità, pH e concentrazione dell'ossigeno disciolto sono stati misurati *in situ* con una sonda multiparametrica (YSI Instruments, modello 556 MPS). Un'aliquota di acqua è stata filtrata (Whatman GF/C) per la successiva determinazione dei nutrienti organici ed inorganici disciolti: azoto ammoniacale ( $\text{NH}_4^+$ ), nitroso ( $\text{NO}_2^-$ ), nitrico ( $\text{NO}_3^-$ ), organico disciolto (DON), fosforo reattivo solubile (SRP) e organico disciolto (DOP). Sui filtri è stata invece determinata la concentrazione della clorofilla fitoplanctonica (Chl *a*), dell'azoto (TPN) e del fosforo (TPP) particellati totali e dei solidi sospesi. Dalla somma delle concentrazioni delle forme totali disciolte e particellate sono state quindi ottenute le concentrazioni dell'azoto (TN) e del fosforo (TP) totali. Sui campioni di acqua tal quali è stato inoltre determinato il COD totale. Sono state adottate le tecniche analitiche descritte in VALDERRAMA (1977; 1981) e A.P.H.A. (1981).

Le carote di sedimento sono state analizzate per determinare lo spessore dello strato organico recente e descrivere le caratteristiche dell'orizzonte tra 0 e 20 cm. I campioni sono stati quindi setacciati mediante rete di maglia 500  $\mu\text{m}$ , per isolare i macroinvertebrati. In aggiunta, è stato utilizzato un retino di maglia 1 cm per campionare qualitativamente gli organismi più mobili e di grandi dimensioni. Gli organismi rinvenuti sono stati immediatamente fissati in alcool etilico in soluzione al 70% per il successivo riconoscimento. In laboratorio sono stati riconosciuti i diversi taxa della macrofauna bentonica a livello di genere o famiglia seguendo le indicazioni previste dall'applicazione dell'IBE (GHETTI, 1997).

### RISULTATI

I canali studiati presentano caratteristiche morfologiche relativamente omogenee che sono contraddistinte da un andamento rettilineo (solo 2 canali su 37 hanno un andamento meandriforme) e da un'elevata pendenza delle rive (maggiore di  $45^\circ$  nel 95% dei casi). La larghezza e la profondità sono mediamente  $5,5 \pm 3,2$  e  $0,7 \pm 0,4$  m, rispettivamente. La velocità della corrente è compresa tra 0,1 e 1,1  $\text{m s}^{-1}$  e la portata media è pari a  $0,7 \pm 0,7$   $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ . In 12 canali (32%) è stata osservata la presenza di frane, mentre in 7 (19%) è stata rilevata la presenza di argini. Il grado di incassatura dei canali è risultato compreso tra 0,8 e 4,0 m e mediamente pari a  $1,9 \pm 0,7$  m.

Dall'analisi del territorio circostante è emerso che nella maggior parte dei casi (46%) i corsi d'acqua confinano con strade o carraie, nel 21% dei casi con coltivi di mais, la coltura prevalente, oppure con risaie (7%), medicaie (6%) o campi di frumento (5%). Mediamente la distanza interposta tra la sponda del corso d'acqua e le colture agricole è risultata inferiore a 50 cm. In soli 11 casi (28%) è stata individuata la presenza di fasce riparie vegetate, la cui larghezza media è risultata di 0,7 m. Nella maggior parte delle situazioni tali formazioni erano di tipo erbaceo (45%) o arboreo (45%), prevalentemente filari di pioppo; mentre solo nel 10% dei casi sono state individuate fasce riparie di tipo arbustivo.

La presenza di macrofite è stata individuata in 34 canali (92% dei casi): le elofite (prevalentemente *Phragmites australis* e *Carex* spp.) sono presenti in 32, le idrofiti sommerse (prevalentemente *Vallisneria spiralis*) in 14, mentre le idrofiti emergenti (*Nuphar luteum*) e le pleustofite (*Salvinia natans*, *Lemna minor* e *Spirodela polyrrhiza*) in soli 2 canali. La superficie media occupata dalla vegetazione macrofita è pari al 23% di quella del corso d'acqua. La percentuale media di copertura da parte delle elofite è risultata del 17%, mentre per le altre tre tipologie è inferiore al 4%.

I risultati delle analisi chimico-fisiche sono riportati nella tabella I. Nel periodo indagato la temperatura dell'acqua è risultata relativamente elevata ( $24^\circ\text{C}$ ); il pH è alcalino e la conducibilità è compresa tra 230 e 590  $\mu\text{S cm}^{-1}$ . La percentuale di saturazione dell'ossigeno disciolto presenta un ampio intervallo di valori (53-224%). La concentrazione della clorofilla fitoplanctonica ha un valore medio di 17,3  $\mu\text{g L}^{-1}$ , con valori compresi tra 2 e 100  $\mu\text{g L}^{-1}$ . I solidi sospesi hanno una concentrazione che varia da 16 a 94  $\text{mg L}^{-1}$ , con un valore medio pari a  $45 \pm 18$   $\text{mg L}^{-1}$ . Le concentrazioni di COD sono risultate non quantificabili per la metà dei canali, mentre per i restanti i valori sono compresi tra 5 e 25  $\text{mg L}^{-1}$ .

Il TN è per l'84% costituito da DON, mentre l'azo-

to inorganico disciolto (DIN) costituisce solo il 5% circa di quello totale (Fig. 3).

La concentrazione del TP è risultata compresa tra 0,02 e 0,24 mg L<sup>-1</sup> ed è determinata per il 58% dalle forme particellate (TPP) e per il 42% da quelle disciolte (TDP); di queste la componente più importante è rappresentata dal fosforo reattivo solubile (SRP), che costituisce il 29% del fosforo totale, mentre il fosforo organico disciolto (DOP) ne costituisce solo il 13% (Fig. 4).

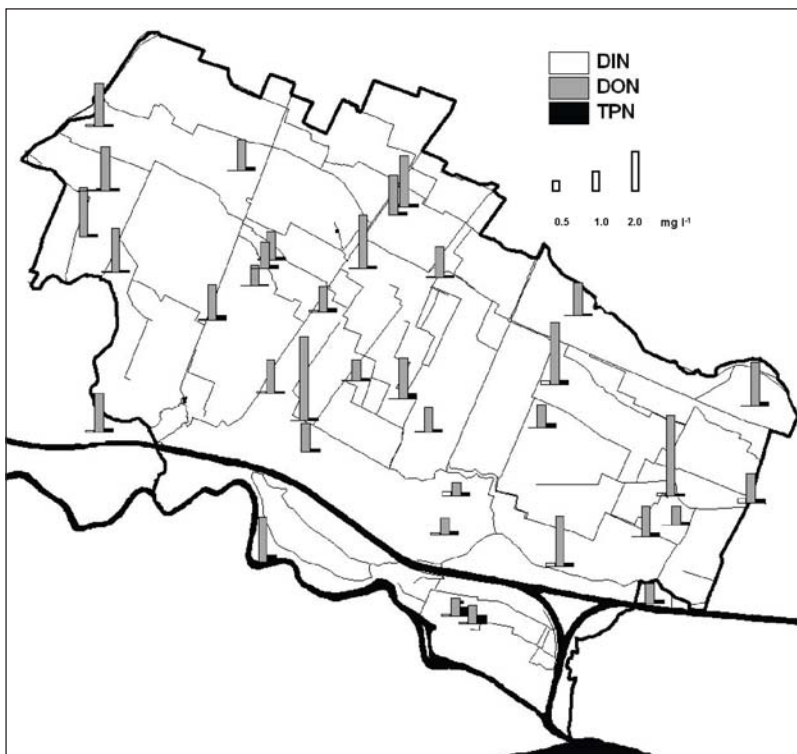
Nella maggior parte dei casi i sedimenti superficiali (orizzonte 0-20 cm) sono risultati soffici, in quanto

costituiti da materiale fangoso-limoso di recente deposizione. In alcune situazioni gli strati superficiali erano colonizzati da microfitorbentos, alghe filamentose o cianobatteri.

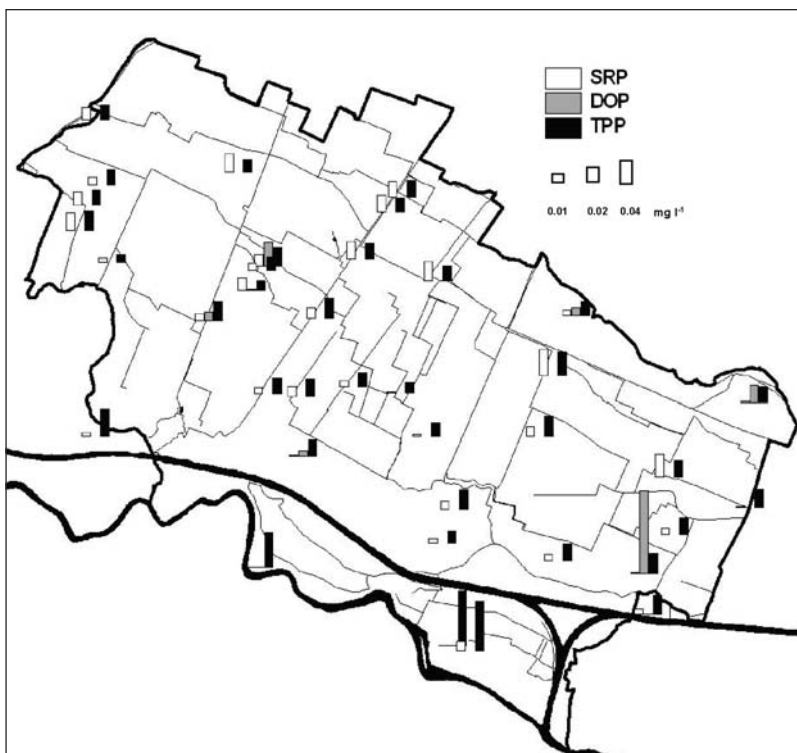
I taxa bentonici più frequenti sono *Procambarus clarkii*, rinvenuto nel 74% dei canali, seguito da *Gerris* (71%) e da Tubificidae e Palaemonidae, presenti entrambi nel 31% dei canali. *Procambarus*, *Palaemonetes* e *Gerris* risultano in alcuni casi molto abbondanti. Gli altri taxa sono invece stati rinvenuti con una frequenza inferiore al 14%. Una lista completa dei macroinvertebrati presenti è riportata nella tabella II.

**Tab. I.** Variabili fisiche e chimiche determinate nelle acque dei canali del reticolo idrografico secondario del Comune di Roncoferraro nel mese di agosto 2007.

Canale	Temperatura °C	pH	Conducibilità µS cm <sup>-1</sup>	O <sub>2</sub> %	O <sub>2</sub> mg L <sup>-1</sup>	Chl <i>a</i> µg L <sup>-1</sup>	COD mg L <sup>-1</sup>	Solidi sospesi mg L <sup>-1</sup>
1	22,3	7,9	447	53,0	4,6	25,5	14,3	46,7
2	23,1	7,9	423	57,6	5,0	10,1	0,0	36,0
3	23,2	7,9	341	94,6	8,1	4,8	18,7	39,9
4	24,7	8,1	350	122,0	10,2	10,6	0,0	61,3
5	24,2	7,9	346	116,0	9,7	10,7	0,0	58,7
6	25,8	8,2	337	143,0	11,6	9,6	0,0	30,5
7	25,8	8,1	445	141,0	11,5	12,7	15,4	35,4
8	25,0	8,1	495	127,0	10,4	8,1	0,0	58,6
9	26,3	8,2	336	141,0	11,4	7,8	0,0	41,6
10	26,4	8,2	404	118,0	9,5	20,7	2,3	71,6
11	26,3	8,2	462	136,0	11,0	8,3	24,5	30,2
12	27,2	8,3	317	155,0	12,3	10,5	5,8	38,1
13	28,6	8,3	267	224,0	17,4	12,8	5,1	18,5
14	24,6	8,0	552	115,0	9,6	9,8	0,0	25,7
15	21,3	7,6	405	73,0	7,0	13,3	16,0	49,1
16	20,8	7,6	423	83,0	7,5	5,4	22,9	57,6
17	21,5	7,6	438	71,0	6,3	34,6	0,0	16,3
18	23,7	7,6	425	94,0	8,0	99,9	0,0	30,4
19	23,3	7,6	413	145,0	12,4	70,3	0,5	45,7
20	23,8	7,4	426	62,0	5,2	93,1	13,6	35,1
21	24,0	7,9	364	128,0	10,8	29,8	11,5	38,9
22	25,0	7,7	401	121,0	9,7	12,0	2,2	34,0
23	24,5	7,7	357	93,7	7,8	7,6	0,0	71,3
24	24,6	7,8	361	106,0	8,9	10,7	0,0	93,8
25	23,4	7,9	469	96,5	8,2	4,1	0,0	74,1
26	24,4	8,1	409	111,0	9,3	5,8	12,5	36,5
27	21,6	7,7	439	94,7	8,3	15,2	5,4	60,5
28	22,3	8,0	467	99,5	8,7	5,5	0,0	41,1
29	23,7	7,9	374	105,0	8,9	9,6	0,0	54,0
30	22,6	7,7	445	64,0	5,6	5,6	0,0	19,7
31	22,7	7,8	486	101,0	8,7	6,5	0,0	67,1
32	22,5	7,9	590	92,0	8,0	2,1	0,0	17,0
33	23,9	7,8	434	88,6	7,5	11,3	12,1	34,4
34	25,0	7,8	446	101,3	8,4	13,6	12,9	35,3
35	26,5	8,1	364	125,0	10,0	6,1	0,0	59,5
36	26,7	8,2	322	136,0	10,9	11,8	5,8	62,3
37	25,7	8,0	230	142,7	10,2	6,0	0,0	54,7



**Fig. 3.** Concentrazioni di azoto inorganico disciolto (DIN), azoto organico disciolto (DON) e azoto totale particellato (TPN) nei punti di campionamento sul territorio del Comune di Roncoferraro.



**Fig. 4.** Concentrazioni di fosforo reattivo solubile (SRP), fosforo organico disciolto (DOP) e fosforo totale particellato (TPP) nei punti di campionamento sul territorio del Comune di Roncoferraro.

## DISCUSSIONE

L'analisi integrata degli aspetti morfologici e idrologici, delle caratteristiche del territorio circostante, della vegetazione acquatica e riparia e di quelle idrochimiche mette in evidenza la presenza di numerosi elementi di criticità del reticolo idrografico secondario del Comune di Roncoferraro.

Da un punto di vista morfologico le caratteristiche dei canali studiati si discostano notevolmente da quelle di un corso d'acqua naturale. Nella quasi totalità dei casi, infatti, i corpi idrici indagati sono estremamente semplificati: l'andamento è rettilineo, privo di divagazioni laterali, il grado di incassatura è elevato e la sezione non subisce variazioni di rilievo anche per lunghi tratti. Queste caratteristiche contribuiscono a mantenere inalterata la velocità di deflusso dell'acqua, uno dei principali parametri in grado di determinare la diversificazione degli habitat in acque correnti (MACKAY *et al.*, 2003; ORMEROD, 2006).

La semplificazione del sistema è confermata anche dall'analisi delle comunità di macrofite presenti in alveo. Infatti, se da un lato la vegetazione macrofita è stata rilevata in quasi tutti i canali analizzati, dall'altro le comunità sono caratterizzate da un numero ridotto di specie e da un basso grado di copertura. Questa situazione è determinata anche dagli interventi di sfalcio della vegetazione acquatica e riparia, effettuati ad opera del Consorzio di Bonifica al fine di garantire la funzionalità idraulica dei canali.

Le operazioni di manutenzione prevedono inoltre la rimozione periodica dei sedimenti, intervento che viene effettuato asportando il materiale dal corpo idrico e deponendolo sulla riva. Tale operazione può provocare nel medio-lungo termine l'aumento della pendenza delle sponde, favorendone il periodico franamento e di conseguenza la necessità di interventi di scavo aggiuntivi, che vanno ad alterare ulteriormente la struttura e la morfologia dei canali. La movimentazione dei sedimenti determina inoltre il rilascio in acqua dei nutrienti disciolti ( $\text{NH}_4^+$ ) concentrati nelle acque interstiziali e del SRP legato al materiale particellato, favorendo così l'eutrofizzazione del corso d'acqua (SMITH *et al.*, 2006).

L'instabilità delle rive è aggravata anche dalla mancanza di una fascia minima di terreno di rispetto tra le colture agricole e il corso d'acqua. L'analisi del territorio circostante ai canali ha, in effetti, messo in evidenza che nella maggior parte dei casi il terreno confinante con il corso d'acqua è occupato da strade o carraie o dalle stesse colture agricole; mentre le fasce riparie sono poco numerose e, quando presenti, sono semplificate e caratterizzate da ridotta larghezza (< 1 m).

Come ampiamente dimostrato dalla letteratura scientifica, la mancanza di fasce tampone favorisce il rilascio di nutrienti disciolti nei canali (LOWRANCE *et al.*,

**Tab. II.** Elenco dei taxa di macroinvertebrati rinvenuti nei canali del Comune di Roncoferraro.

<b>Efemerotteri</b> <i>Cloeon</i>	<b>Eterotteri</b> Corixinae <i>Gerris</i>	<b>Crostacei</b> Palaemonidae <i>Procambarus</i>
<b>Odonati</b> Coenagrionidae <i>Crocothemis</i> <i>Gomphus</i> <i>Orthetrum</i>	<b>Bivalvi</b> <i>Anodonta</i> <i>Corbicula</i> <i>Unio</i>	<b>Oligocheti</b> Haplotaxidae Lumbricidae Tubificidae
<b>Ditteri</b> Chironomidae Stratiomyidae	<b>Gasteropodi</b> <i>Ancylus</i> <i>Gyraulus</i> <i>Lymnaea</i> <i>Physa</i> <i>Viviparus</i>	
<b>Coleotteri</b> Hydrophilidae		

1984; DILLAHA *et al.*, 1989; CORRELL, 1997), contribuendo a determinarne la scarsa qualità delle acque.

Nel caso oggetto dello studio, le alte concentrazioni dei nutrienti, la ridotta trasparenza della colonna d'acqua e le concentrazioni della clorofilla-*a* fitoplanctonica evidenziano condizioni di ipertrofia. Le forme organiche disciolte dell'azoto e quelle particellate del fosforo sono nettamente dominanti. In assenza di estese formazioni di idrofite sommerse, di elofite e di vegetazione riparia a protezione del corpo d'acqua, viene meno anche l'azione filtro nei confronti dei carichi particellati. Di conseguenza, il materiale particellato fine derivante dal dilavamento dei terreni agricoli entra nel reticolo dei canali, soprattutto nel periodo irriguo, aumentando la torbidità dell'acqua e favorendo l'interramento. Di riflesso, le caratteristiche dei sedimenti superficiali sono tipiche di ambienti contraddistinti da alti tassi di sedimentazione di materiale fine. Questa tipologia di substrato sfavorisce a sua volta l'insediamento di idrofite sommerse e consente la colonizzazione solo da parte dei taxa di macroinvertebrati più tolleranti. Pur essendo stata effettuata in modo speditivo, l'analisi del comparto macrozoobentonico ha infatti messo in evidenza comunità estremamente semplificate.

La semplificazione dovuta all'influenza delle attività agro-zootecniche, ben documentata per ambienti lotici naturali (DELONG e BRUSVEN, 1998; NEUMANN e DUDGEON, 2002), può essere ulteriormente accentuata in sistemi artificiali come quelli oggetto di studio in quanto, oltre a ricevere inquinanti da fonti diffuse (nutrienti, solidi sospesi, pesticidi), sono soggetti ad altre pressioni antropiche: regimi idrologici alterati (periodi prolungati di assenza d'acqua) e pratiche di manutenzione ad elevato impatto (sfalcio della vegetazione, rimozione periodica di sedimenti). Un altro fattore di disturbo

può essere rappresentato dalla massiccia presenza di esemplari della specie alloctona *Procambarus clarkii*, la cui abbondanza è stata messa in relazione con l'aumento del trasporto di materiale particellato e con il peggioramento generalizzato della qualità degli ambienti acquatici che questa specie colonizza (ANGELER *et al.*, 2004). La presenza di questa specie è stata spesso correlata all'alterazione della composizione delle comunità ittiche, che tuttavia non è stata considerata in questo studio e che potrebbe quindi essere oggetto di futuri approfondimenti.

Per il sistema indagato non esistono in letteratura informazioni pregresse che ne definiscano lo stato di riferimento, ma le testimonianze riportano che fino a 20-30 anni fa le acque dei canali erano trasparenti e colonizzate da letti molto estesi di macrofite sommerse. Queste condizioni probabilmente indicavano un elevato potenziale di controllo dei carichi di azoto e fosforo e del materiale particellato da parte del sistema acquatico. Attualmente tale capacità è compromessa, come dimostrano i risultati ottenuti in questo studio; in particolare l'inquinamento da azoto è uno dei principali fattori di criticità. Negli ambienti acquatici l'unico processo in grado di rimuovere in modo permanente l'azoto dal sistema è la denitrificazione. Tale processo è regolato da diversi fattori, tra cui i principali sono la disponibilità di sostanza organica e di nitrato, all'aumentare dei quali aumentano anche i tassi di denitrificazione (SEITZINGER, 1988; WALLENSTEIN *et al.*, 2006). Tuttavia, in presenza di carichi eccessivi di nitrato, il processo può arrivare a saturazione e di conseguenza non essere più in grado di controllare le concentrazioni di azoto in acqua (MULHOLLAND *et al.*, 2008). In questa situazione il sistema dei canali perde la sua capacità

depurativa, veicolando a valle e nei corpi idrici principali grandi quantità di nutrienti inorganici. L'indagine condotta, tra le poche relative a questa tipologia di ambienti acquatici, necessiterebbe quindi di ulteriori approfondimenti, in particolare in relazione al processo di denitrificazione e della sua importanza per il controllo dei carichi di azoto.

Il recepimento della Direttiva quadro europea sulle acque (2000/60/CE) ha imposto di individuare e validare metodologie idonee a valutare lo stato ecologico degli ecosistemi acquatici. A tal fine sono stati sviluppati diversi indici (ad es. LIM, IBE, IFF), che tuttavia non possono essere utilizzati per definire la qualità del reticolo idrografico secondario in quanto calibrati per corsi d'acqua con caratteristiche molto diverse (GENONI, 2005). In mancanza di una metodologia di riferimento, è stato deciso di impiegare un approccio indirizzato a valutare molteplici aspetti dei corsi d'acqua indagati: morfologici, fisico-chimici e biologici. I risultati ottenuti hanno consentito da un lato di definire le principali criticità del reticolo idrografico del Comune di Roncoferraro e quindi di porre le basi per lo sviluppo di adeguate linee di intervento; dall'altro possono essere considerati come base di partenza per lo sviluppo di un indice di qualità utilizzabile per i canali di bonifica. Il territorio indagato presenta infatti caratteristiche e problematiche che sono comuni a buona parte del bacino idrografico padano.

#### Ringraziamenti

Questa indagine è stata realizzata con il supporto del personale del Comune di Roncoferraro e dello Studio tecnico associato EURECO.

#### BIBLIOGRAFIA

- A.P.H.A., A.W.W.A., W.P.C.F., 1981. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. Am. Publ. Health Ass., Washington, pp. 440 (Method 422).
- ANGELER D.G., SÁNCHEZ-CARRILLO S., GARCÍA G., ALVAREZ-COBELAS M., 2004. The influence of *Procambarus clarkii* (Cambaridae, Decapoda) on water quality and sediment characteristics in a Spanish floodplain wetland. *Hydrobiologia*, **464**: 89-98.
- ANGLERI V., GAVAZZI N., MAURO M., SARLI D., (a cura di), 2003. *Atlante della bonifica e dell'irrigazione*, Collana Acqua, Uomo, Terra. Regione Lombardia – D.G. Agricoltura e Unione Regionale delle Bonifiche, delle Irrigazioni e dei Miglioramenti fondiari della Lombardia, Ed. Sonetti, Mantova.
- BENINCÀ M., 2002. I riflessi territoriali dell'utilizzo agronomico dei liquami zootecnici nel mantovano dal 1990 al 2000. In: *Estimo e Territorio* - Genio rurale num. 7/8: 12-28. Edagricole.
- BERNOT M.J., TANK J.L., ROYER T.V., DAVID M.B., 2006. Nutrient uptake in streams draining agricultural catchments of the midwestern United States. *Freshwater Biology*, **51** (3): 499-509.
- CARPENTER S.R., CARACO N.F., CORRELL D.L., HOWARTH R.W., SHARPLEY A.N., SMITH V.H., 1998. Nonpoint Pollution of Surface Waters with Phosphorus and Nitrogen. *Ecological Applications*, **8**: 559-568.
- CHAMBERS P.A., MEISSNER R., WRONA F.J., RUPP H., GUHR H., SEEGER J., CULP J.M., BRUA R.B., 2006. Changes in nutrient loading in an agricultural watershed and its effects on water quality and stream biota. *Hydrobiologia*, **556**: 399-415.



- CIADAMIDARO S., ARGANO R., MACCHI S., SCARDI M., MARCHEGGIANI S., ROSSI A., PACE G., MANCINI L., 2006. Studio dell'ecologia del reticolo idrografico minore: il caso delle acque di Roma. Atti del XVI Congresso della Società Italiana di Ecologia: "Cambiamenti Globali, Diversità Ecologica e Sostenibilità", Viterbo-Civitavecchia, 19-22 Settembre 2006.
- CORRELL D.L., 1997. Buffer zones and water quality protection: general principles. In: Haycock N.E., Burt T.P., Goulding K.W.T., Pinay G. (eds.), *Buffer zones: their processes and potential in water protection*. The proceedings of the international conference on buffer zones, September 1996. Quest Environmental, UK: 7-20.
- CROUZET P., 2000. *Calculation of nutrient surpluses from agricultural sources*. Copenhagen: European Environment Agency.
- DELONG M.D., BRUSVEN M.A., 1998. Macroinvertebrate community structure along the longitudinal gradient of an agriculturally impacted stream. *Environmental Management*, **22**: 445-457.
- DILLAHA E.A., RENEAU R.B., MOSTAGHIMI S., LEE D., 1989. Vegetative filter strips for agricultural non-point source pollution control. *Trans ASAE*, **32**.
- EPA (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY), 2001. *Techniques for tracking, evaluating, and reporting the implementation of non-point source control measures*. Washington: EPA.
- GENONI P., 2005. La classificazione biologica dei corsi d'acqua basata sui macroinvertebrati bentonici: sono necessari nuovi indici? Uno studio a livello locale. *Biologia Ambientale*, **19**: 53-60.
- GHETTI P.F., 1997. *Manuale di Applicazione: Indice Biotico Esteso. I macroinvertebrati nel controllo della qualità degli ambienti di acque correnti*. Provincia Autonoma di Trento.
- JOHANSSON H., HOFFMANN M., 1998. Nitrogen leaching from agricultural land in Sweden. *Ambio*, **27**: 481-8.
- LOWRANCE R.R., TODD R.L., FAIL JR.J., HENDRICKSON JR.O., LEONARD R., ASMUSSEN L., 1984. Riparian forest as nutrient filterers in agricultural watersheds. *Bioscience*, **34**: 374-377.
- MACKAY S.J., ARTHINGTON A.H., KENNARD M.J., PUSEY B.J., 2003. Spatial variation in the distribution and abundance of submersed macrophytes in an Australian subtropical river. *Aquatic Botany*, **77**: 169-186.
- MULHOLLAND P.J., HELTON A.M., POOLE G.C., HALL R.O., HAMILTON S.K., PETERSON B.J., TANK J.L., ASHKENAS L.R., COOPER L.W., DAHM C.N., DODDS W.K., FINDLAY S., GREGORY S.V., GRIMM N.B., 2008. Stream denitrification across biomes and its response to anthropogenic nitrate loading. *Nature*, **452**: 202-206.
- NEUMANN M., DUDGEON D., 2002. The impact of agricultural runoff on stream benthos in Hong Kong, China. *Water Research*, **36**: 3103-3019.
- ORMEROD S.J., 2006. The micro-distribution of aquatic macroinvertebrates in the Wye river system: the result of abiotic or biotic factors? *Freshwater Biology*, **20**: 241-247.
- PROVINI A., GALASSI S., MARCHETTI R., 2003. *Ecologia Applicata*. Città Studi Edizioni.
- REGIONE LOMBARDIA, 2007. Progetto DUSAF (Destinazione d'Uso dei Suoli Agricoli e Forestali). In *Cartografia Regione Lombardia*. Disponibile presso: <http://www.cartografia.regione.lombardia.it/usedde/clientDDE.jsp>.
- SEITZINGER S.P., 1988. Denitrification in freshwater and coastal marine ecosystems: ecological and geochemical significance. *Limnology and Oceanography*, **33** (4, part 2): 702-724.
- SMITH D.R., WARNEMUENDE E.A., HAGGARD B.E., HUANG C., 2006. Dredging of Drainage Ditches Increases Short-Term Transport of Soluble Phosphorus. *Journal of Environmental Quality*, **35**: 611-616.
- TELÒ R., PINARDI M., BODINI A., BARTOLI M., RACCHETTI E., VIAROLI P., CUIZZI D., VANNUCCINI M., PREVIDI L., 2007. "Caratterizzazione dello stato ambientale del fiume Mincio e analisi della strategia di riqualificazione integrata e partecipata". Atti del Progetto "da Agenda 21 ad Azione 21 per il Mincio - Progetto di riqualificazione integrata del fiume Mincio".
- VALDERRAMA J.C., 1977. Methods used by the Hydrographic Department of National Board of Fisheries, Sweden. In: *Report of the Baltic Intercalibration Workshop* (Ed. Grashof K.), Interim Commission for the Protection of the Environment of the Baltic Sea, Annex: 13-40.
- VALDERRAMA, J.C., 1981. The simultaneous analysis of total nitrogen and total phosphorus in natural water. *Marine Chemistry*, **10**: 102-122.
- WALLENSTEIN M.D., MYROLD D.D., FIRESTONE M., VOYTEK M., 2006. Environmental controls on denitrifying communities and denitrification rates: insights from molecular methods. *Ecological Applications*, **16**: 2143-2152.
- ZAPPI D., CASTALDELLI G., FANO E.A., 2003. Analisi della qualità ecologica del canale circondariale di Ferrara. Atti del XIV Congresso della Società Italiana di Ecologia: "Conservazione e Gestione degli Ecosistemi". Siena, 4-6 Ottobre 2004.