

R. BANCHETTI (*), N. CECCOPIERI (*), G. BOMBARDIERI (*)

VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELLE ACQUE DEL FIUME FRIGIDO (TOSCANA) MEDIANTE L'INDICE I.B.E. (INDICE BIOTICO ESTESO)

Riassunto - Nella primavera-estate 2000 è stata condotta, su nove stazioni del reticolo idrografico del fiume Frigido, una campagna di monitoraggio con l'Indice Biotico Esteso (I.B.E.). I risultati dell'I.B.E. mostrano una fragilità biologica – legata all'oligotrofia delle acque – nel tratto sorgivo, una buona qualità negli affluenti, un leggero deterioramento (I-II e II Classe di Qualità) nel tratto intermedio e un suo sensibile aggravamento (III e IV C.Q.) nel tratto pianiziale. Il confronto con le campagne effettuate nel ventennio 1980-2000 mostra che il risanamento della qualità chimica ed igienica delle acque (principalmente attraverso l'interruzione degli scarichi di segazione del marmo) è condizione necessaria ma non sufficiente al recupero della qualità biologica e delle comunità di macroinvertebrati. Constatato il perdurare nel tempo dell'impatto di tali scarichi (interrotti da anni), nel 1997 è stata effettuata la bonifica dell'alveo del fiume Frigido, rimuovendo decine di migliaia di tonnellate di polvere di marmo. La campagna di monitoraggio del 2000 ha mostrato un notevole recupero della qualità biologica, confermando così anche le peculiari modalità dell'impatto ambientale della marmettola, esplicantesi non tanto tramite il deterioramento delle acque, quanto nella distruzione della varietà di microambienti presenti nel substrato fluviale. Dagli elementi di diagnosi ambientale ricavati dall'indagine sono state sviluppate indicazioni di risanamento e restauro ambientale.

Parole chiave - Indice Biotico Esteso, macroinvertebrati bentonici, fiume Frigido.

Abstract - *Assessment of the quality of waters of the Frigido river (Tuscany) by means of the index I.B.E. (Extended Biotic Index).* During spring-summer 2000, a monitoring campaign with Extended Biotic Index (I.B.E.) was carried out on nine stations of the Frigido river. The results of I.B.E. show a biological fragility – connected with the oligotrophy of the waters – in the spring area, a good quality in the tributaries, a slight deterioration (I-II and II Class of Quality) in the middle reach of the river and a sensible worse situation (III and IV C.Q.) in the flat reach. The comparison with the campaigns carried out between 1980-2000 shows that the reclamation of the chemical and hygienical quality of the waters (got principally by the interruption of the waste waters coming from marble sawing) is a necessary but not sufficient condition to recover the biological quality and the colonies of macro-invertebrates. As the negative effects of the waste waters continued (even years after their interruption) in 1997 the bed of the Frigido river was reclaimed, removing about ten thousand tons of marble dust. The monitoring campaign in 2000 put in evidence a remarkable reclamation of the biological quality, so confirming also the peculiar ways of environmental impact of sawing waste waters and marble dust, explained not only by the deterioration of waters but also by the destruction of the varieties of micro-habitats in the substratum of the river. From the elements of the environmental diagnosis drawn from the

survey, suggestions for environmental reclamation and restoration have been developed.

Key words - Extended Biotic Index, Benthonic macroinvertebrates, Frigido river.

INTRODUZIONE

Negli anni della ricostruzione postbellica e del miracolo economico, la tutela dell'ambiente e del paesaggio restò estranea agli orizzonti culturali delle principali componenti sociali. Le conseguenze ambientali furono un'urbanizzazione senza precedenti delle coste e delle pianure alluvionali e l'inquinamento delle acque, dell'aria e del suolo.

L'entità dei guasti ambientali e delle diseconomie indusse all'emanazione della legge Merli (Lgs. 319/76) – centrata sulla tutela delle acque dall'inquinamento – che per oltre venti anni ha orientato l'attività di controllo. I principali limiti culturali rimproverati alla legge Merli – che richiedeva analisi chimiche e batteriologiche dello scarico – sono l'attenzione rivolta agli scarichi anziché al corpo recettore e l'approccio tabellare, basato sulla concentrazione di inquinanti, che non tiene in alcuna considerazione un fattore di fondamentale importanza: la portata dello scarico.

Il principale limite culturale della legge Merli non fu, però, la debolezza nella lotta all'inquinamento, ma l'aver preso in considerazione uno solo dei comparti ambientali: l'acqua. Ciò rivela il prevalere di un obiettivo *utilitaristico*, anziché *ecosistemico*: un risanamento dei fiumi finalizzato non tanto al ripristino della loro funzionalità ecologica, ma in primo luogo a garantire la disponibilità di una risorsa di qualità adeguata agli usi umani (produttivi, energetici, irrigui, potabili).

L'approccio analitico e del rispetto dei limiti tabellari, se da una parte ha costituito un primo passo di indubbio valore verso la diminuzione dei carichi inquinanti, dall'altro si limita a considerare un singolo aspetto delle alterazioni provocate dall'uso umano del territorio. Infatti il concetto della «qualità ambientale» coinvolge il concetto di «complessità del sistema».

L'Indice Biotico Esteso (I.B.E.), che deriva dal *Trent Biotic Index* (Woodiwiss, 1964, 1978) ed è stato adattato ai corsi d'acqua italiani da Ghetti (1986, 1997), si prefigge lo scopo di formulare diagnosi della qualità di ambienti di acque lotiche. L'utilizzo dell'I.B.E., iniziato negli anni '80 e consolidatosi negli anni '90, ha spezzato l'approccio antropocentrico dei metodi chimici e

(*) Dipartimento di Etologia, Ecologia ed Evoluzione, Università di Pisa, via Volta 6, 56126 Pisa.

batteriologici. Per la prima volta il giudizio non è più limitato alla sola componente acqua, ma tiene conto anche della presenza di microhabitat, del periphyton, della diversità ambientale, del regime idraulico; per la prima volta gli effetti della cementificazione dell'alveo e della banalizzazione dell'ambiente fluviale vengono rilevati da un metodo di indagine e vengono, perciò, registrati dagli organi deputati al controllo.

MATERIALI E METODI

L'ambiente in studio

Il fiume Frigido è il principale dei corsi d'acqua che scendono dalle Alpi Apuane. Originato morfologicamente dai Monti Sagro e Rasore con i Canali Regolo e Fondone, il fiume Frigido assume definitivamente tale nome solo dopo avere ricevuto le acque dell'omonima sorgente, poco a monte del paese di Forno. Riceve quindi sulla sinistra il Torrente Renara e, presso Canavara, il Fosso di Antona; altri affluenti di sinistra e di destra rivestono un'importanza marginale (Sansoni *et al.*, 1983).

La parte superiore del bacino, incassata tra sponde rocciose, è priva di scorrimento superficiale permanente: qui, infatti, i canali scorrono in rocce calcaree molto permeabili, quali i marmi e i grezzoni, e cedono le loro acque alla circolazione sotterranea, almeno fino a quando le precipitazioni non raggiungono valori tali da saturare le falde. Da Forno fin quasi a Massa, invece, affiorano rocce impermeabili che determinano l'emersione delle acque sotterranee in copiose sorgenti che alimentano un deflusso superficiale permanente.

Da Massa al mare, infine, il fiume Frigido scorre su terreni permeabili per porosità, incidendo dapprima i suoi stessi antichi depositi alluvionali terrazzati e aprendosi poi alla strada nei cordoni di dune sabbiose che costituiscono la fascia costiera.

Le numerose vette oltre i 1500 m s.l.m., corrono ad una distanza dal mare insolitamente breve che condiziona in modo determinante la morfologia ed il regime idrologico dei corsi d'acqua. L'asta principale del fiume Frigido, infatti, è caratterizzata da un percorso breve (17 km, dalla sorgente alla foce), e da un regime spiccatamente torrentizio.

Nonostante le modeste dimensioni del bacino (61 km²), le portate non sono affatto trascurabili poiché la catena montuosa costituisce un'importante barriera che provoca l'innalzamento e il raffreddamento delle masse d'aria umida provenienti dal mare, obbligandole a riversare su di essa una gran parte di questa umidità, contribuendo a farne una delle zone più piovose d'Italia (A.A.V.V., 1981).

Un'altra particolarità del fiume Frigido è quella di avere un bacino idrogeologico notevolmente più ampio del suo bacino idrografico (Sansoni *et al.*, 1983); in altre parole, il fiume Frigido è alimentato anche da acque sotterranee sottratte agli adiacenti bacini del Carrione e, soprattutto, del Serchio.

Il bacino del fiume Frigido, seppure scarsamente esteso, sopporta una popolazione di circa 60.000 abitanti (densità 940 abitanti/km²), in massima parte concentra-

ta nel centro cittadino di Massa e nella fascia costiera. Nei versanti montani e collinari gli scarichi suscettibili d'esercitare un impatto sui corsi d'acqua sono essenzialmente quelli dei paesi e delle frazioni e di alcune segherie di marmo. Altri scarichi civili di un certo rilievo si immettono nel fiume Frigido poco a monte di Massa (frazioni di S. Lucia e Borgo del Ponte) e in corrispondenza del ponte di via Carducci, mentre il carico inquinante organico di gran lunga maggiore degli altri è quello veicolato dallo scarico del depuratore Querce, al quale afferisce la rete fognaria della città e, tramite stazioni di sollevamento, della fascia costiera. A seguito della progressiva dismissione della zona industriale apuana, gli scarichi industriali sono molto limitati. Numerose, invece, sono le aziende lapidee (segherie, laboratori) che negli anni passati riversavano quotidianamente nel fiume Frigido migliaia di tonnellate di fanghi di segazione e lucidatura (la cosiddetta marmetola) con un impatto biologico drammatico.

I macroinvertebrati acquatici

Il termine «macroinvertebrati» non ha una precisa connotazione tassonomica, ma rappresenta un raggruppamento artificiale; nelle acque correnti sono definiti macroinvertebrati quegli organismi di dimensioni relativamente elevate (nella maggior parte dei casi superiori al millimetro), visibili pertanto ad occhio nudo e tali da poter essere catturati con una rete a maglia di 250 µm. Essi comprendono: Tricladi, Molluschi, Oligocheti, Irudinei, Crostacei, Insetti (Plecotteri, Ephemeropteroti, Tricotteri, Coleotteri, Odonati, Ditteri, Eterotteri) e altri gruppi minori.

Contributo dei macroinvertebrati al processo autodepurante dei corsi d'acqua

I macroinvertebrati acquatici, in particolare i detritivori, agiscono da «acceleratori» del processo autodepurante poiché:

- frantumando i detriti in particelle minute, aumentano la superficie d'attacco da parte dei microorganismi;
- producono proteine o fattori di accrescimento che stimolano la crescita dei batteri decompositori;
- ingerendo, assieme al detrito, una frazione della popolazione batterica, ne stimolano la crescita, favorendo il «ringiovanimento» continuo e mantenendola in uno stato di elevata attività.

Metodo Indice Biotico Esteso (I.B.E.)

L'I.B.E. rileva lo stato di qualità di un determinato tratto di corso d'acqua (integrando nel tempo gli effetti di differenti cause di turbativa: fisiche, chimiche, biologiche); esso segnala una «qualità ecologica» e, solo indirettamente, una «qualità chimica e fisica» delle acque e dei sedimenti. Recentemente l'I.B.E. ha assunto, anche a livello normativo, un ruolo centrale nella definizione della qualità ecologica dei corsi d'acqua e della protezione della vita acquatica (D.Lgs. 152/99).

Stazioni e perché della scelta

Per le indagini biologiche (I.B.E.) sono state utilizzate le nove stazioni di campionamento utilizzate dall'ARPAT

per le analisi chimico-fisiche e batteriologiche, che si trovano due alla foce dei principali affluenti (Torrente Renara e Fosso di Antona) e le rimanenti lungo l'asta principale, dislocate in modo da cogliere l'impatto degli insediamenti e dei loro scarichi (Fig. 1):

- FRG0 in prossimità della sorgente poco a monte del paese di Forno;
- FRG1 poco prima dell'immissione del primo affluente;
- REN alla foce del torrente Renara;
- FRG2 subito dopo l'immissione del primo affluente;
- ANT alla foce del fosso di Antona;
- FRG3 subito dopo il centro abitato di Canevara;
- FRG4 in pieno centro cittadino di Massa;
- FRG 5 poco prima dell'immissione delle acque di scarico del Depuratore Querce;
- FRG 6 dopo lo scarico del Depuratore Querce che riceve la rete fognaria di Massa.

Campionamento e setacciatura (Fig. 2)

Il campionamento dei popolamenti di macroinvertebrati viene effettuato con l'ausilio di un retino immanicato, lungo un transetto ideale posto obliquamente rispetto all'alveo; i ciottoli e i massi posti immediatamente a monte vengono rivoltati e sfregati energicamente in modo che gli organismi distaccati vengano trasportati nella rete dalla corrente.

Quando il retino comincia ad intasarsi viene svuotato riversando tutto il contenuto in una bacinella con acqua pulita. Prima del travaso si procede a ripetute setacciate, immergendo più volte nell'acqua la rete. L'agitazione della rete favorisce l'allontanamento delle frazioni limose e argillose che, altrimenti, intorbidebbero l'acqua ostacolando la successiva individuazione e separazione degli organismi catturati.

I campioni raccolti e setacciati vengono posti in una vaschetta bianca contenente un filo d'acqua limpida sul fondo, nella quale si depositano gli organismi man mano che vengono presi con le pinzette. Essi andranno a formare progressivamente la struttura della comunità da utilizzare per l'espressione del giudizio di qualità.

I campioni vengono etichettati e trasportati in laboratorio, ove si verifica la determinazione sistematica effettuata sul campo. A tal fine può essere sufficiente il solo ausilio di un microscopio stereoscopico. Talora, invece, è necessaria l'osservazione al microscopio ottico a trasmissione con ingrandimenti da 100x a 1200x. Per il riconoscimento degli organismi catturati si ricorre all'*Atlante per il riconoscimento dei macroinvertebrati dei corsi d'acqua italiani* (Sansoni, 1988) e al *Manuale per il riconoscimento dei macroinvertebrati delle acque dolci italiane - Vol I e II* (Campaioli et al., 1994, 1999; Ruffo, 1977-1985).

Trattamento in laboratorio

Il calcolo dell'I.B.E. si fonda principalmente sull'uso di una tabella a due entrate (Tab. 1). Nella prima colonna sono riportati alcuni gruppi di macroinvertebrati, definiti «Gruppi Faunistici», che, andando dall'alto al basso, riflettono una sempre minore sensibilità agli effetti dell'inquinamento. Nella prima riga è riportato

il numero totale di unità sistematiche (taxa a livello predefinito di classificazione) rinvenute nella stazione di campionamento, suddiviso in classi.

Il valore di indice biotico si ricava nella casella che si trova all'incrocio della riga di entrata orizzontale con la colonna di entrata verticale. Questa tabella consente quindi di tradurre il giudizio sulla qualità biologica di un tratto di fiume in un valore numerico, su una scala da 14 ad 1. Il giudizio di qualità va inteso come un progressivo allontanamento dalle condizioni «naturali o normali», rappresentate dai valori più alti. I valori di indice sono infine raggruppati in 5 «Classi di Qualità» (C.Q.) più ampie. Ciascuna di esse è definita e rappresentata in cartografia da un colore convenzionale che va dall'azzurro, al verde, al giallo, all'arancione, al rosso. In questo modo si possono disegnare delle mappe di qualità che offrono un efficace quadro di insieme della qualità dei fiumi.

RISULTATI E DISCUSSIONE

I macroinvertebrati raccolti nelle varie stazioni durante il periodo di ricerca sono ascrivibili a dieci Ordini diversi per un totale di centonove Unità Sistematiche (U.S.) osservate. I risultati di dettaglio sono riassunti nell'elenco seguente, suddividendo le U.S. trovate in ciascuna stazione esaminata:

- FRG 0: *Leuctra* (Plecoteri); *Baetis*, *Ecdyonurus*, *Ephemerella* (Efemeroteri); Rhyacophilidae (Tricotteri); Chironomidae, Athericidae, Blephariceridae, Tipulidae (Ditteri); *Ancylus* (Gasteropodi); *Dina* (Irudinei). Tot. U.S. 11.
- FRG 1: *Leuctra* (Plecoteri); *Baetis*, *Ecdyonurus*, *Ephemerella*, *Electrogena* (Efemeroteri); Rhyacophilidae, Psychomyidae, Polycentropodidae (Tricotteri); Dytiscidae, Hydrophilidae (Coleoteri); Chironomidae, Athericidae, Blephariceridae, Tipulidae, Ceratopogonidae, Psychodidae (Ditteri); *Ancylus* (Gasteropodi); *Dina* (Irudinei); Naididae, Lumbricidae (Oligocheti). Tot. U.S. 20, I.B.E. 9-10, C.Q. II-I.
- REN: *Leuctra*, *Protonemura* (Plecoteri); *Baetis*, *Ecdyonurus*, *Ephemerella*, *Habroleptoides*, *Habrophlebia*, *Electrogena* (Efemeroteri); Rhyacophilidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae (Tricotteri); Hydraenidae, Dytiscidae, Elminthidae (Coleoteri); Chironomidae, Athericidae, Blephariceridae, Simuliidae, Rhagionidae (Ditteri); *Ancylus* (Gasteropodi); *Dugesia* (Tricladi). Tot. U.S. 22, I.B.E. 11, C.Q. I.
- ANT: *Leuctra*, *Protonemura*, *Dinocras* (Plecoteri); *Baetis*, *Ecdyonurus*, *Ephemerella*, *Habroleptoides*, *Habrophlebia*, *Electrogena* (Efemeroteri); Rhyacophilidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Beraeidae, Glossosomatidae (Tricotteri); Hydraenidae, Dytiscidae, Elminthidae (Coleoteri); Chironomidae, Ceratopogonidae, Simuliidae, Psychodidae (Ditteri); Gammaridae (Crostei); *Ancylus* (Gasteropodi); *Dina* (Irudinei); Lumbricidae (Oligocheti). Tot. U.S. 27, I.B.E. 12, C.Q. I.

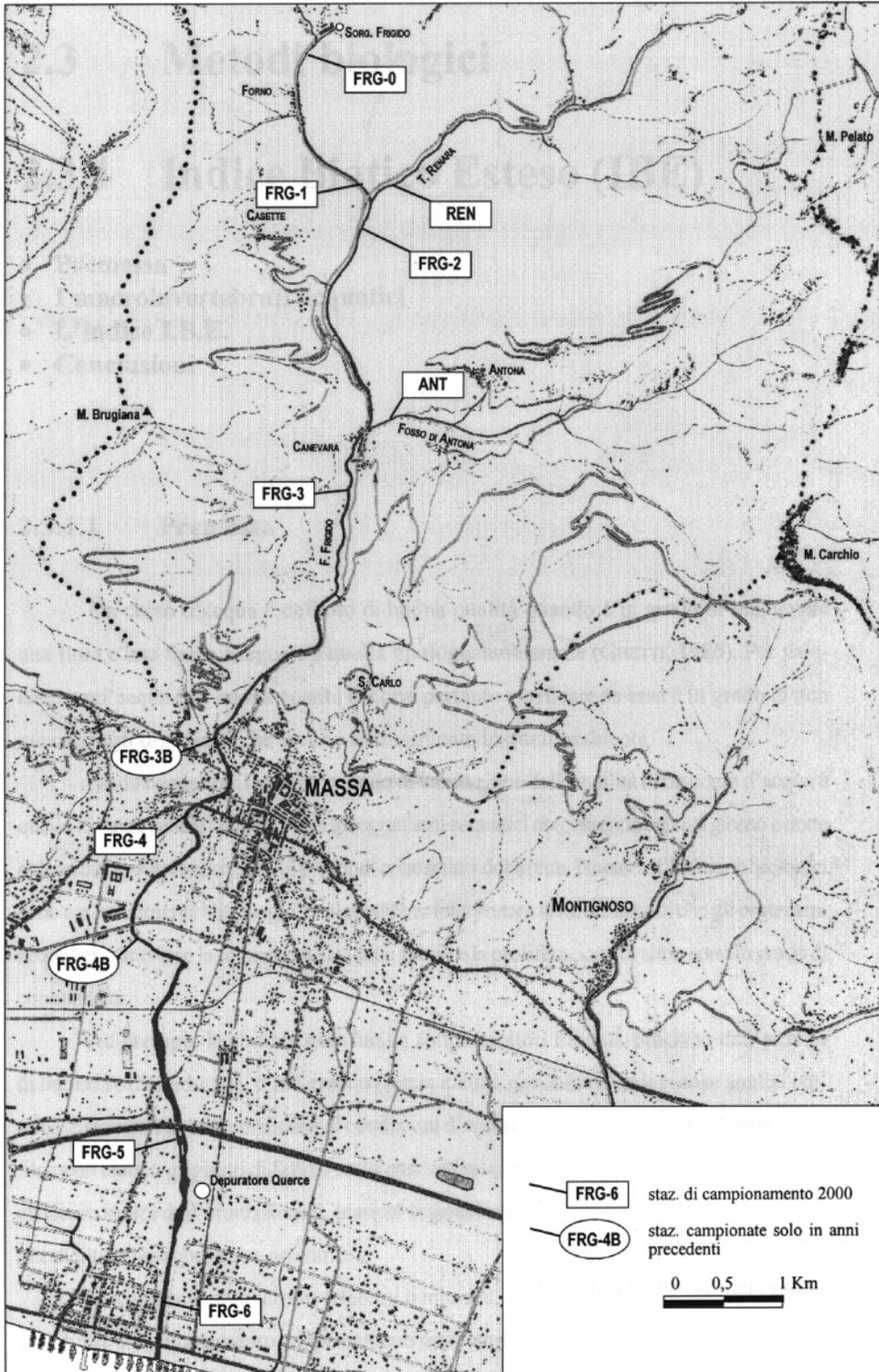


Fig. 1 - Localizzazione delle stazioni di campionamento utilizzate precedentemente per le analisi chimiche e batteriologiche e, nel presente lavoro, per l'Indice Biotico Esteso. Le stazioni evidenziate in un rettangolo sono state campionate nel 1982, 1993, 1998 e 2000, le stazioni evidenziate in un ovale sono state campionate nel 1982, 1993 e 1998.

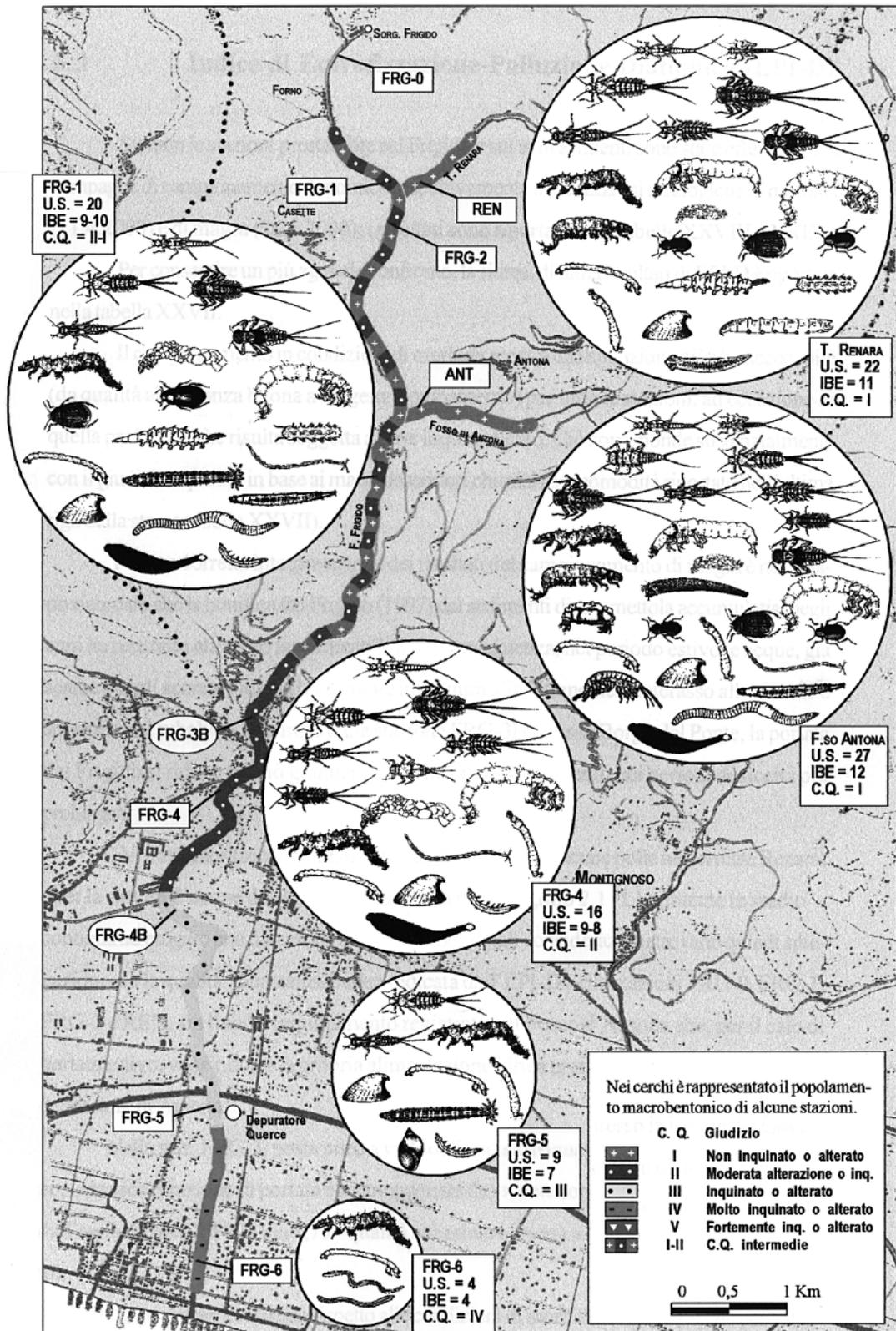


Fig. 2 - Mappa della qualità biologica del fiume Frigido (maggio 2000).

Tab. 1 - Tabella per il calcolo dell'I.B.E.

Gruppi Faunistici che determinano con la loro presenza l'ingresso orizzontale in tab. (primo ingr.)		Numero totale delle Unità Sistematiche costituenti la comunità (secondo ingresso)								
		0-1	2-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	> 36
Plecotteri (<i>Leuctra</i> [°])	più di una U.S.	/	/	8	9	10	11	12	13*	14*
	una sola U.S.	/	/	7	8	9	10	11	12	13*
Efemerotteri (escludere <i>Baetidae</i> <i>Caenidae</i>) ^{°°}	più di una U.S.	/	/	7	8	9	10	11	12	/
	una sola U.S.	/	/	6	7	8	9	10	11	/
Tricotteri (comprendere <i>Baetidae</i> , <i>Caenidae</i>)	più di una U.S.	/	5	6	7	8	9	10	11	/
	una sola U.S.	/	4	5	6	7	8	9	10	/
Gammaridi e Attidi e/o Palemonidi	tutte le U.S. sopra assenti	/	4	5	6	7	8	9	10	/
Asellidi e/o Nifhargidi	tutte le U.S. sopra assenti	/	3	4	5	6	7	8	9	/
Oligocheti o Chironomidi	tutte le U.S. sopra assenti	1	2	3	4	5	/	/	/	/
Altri organismi	tutte le U.S. sopra assenti	/	/	/	/	/	/	/	/	/

°: nelle comunità in cui *Leuctra* è presente come unico taxon di Plecotteri e sono assenti gli Efemerotteri, *Leuctra* entra in tabella a livello dei Tricotteri; °°: per l'ingresso orizzontale le famiglie *Baetidae* e *Caenidae* entrano a livello dei Tricotteri; /: giudizio dubbio, per errore di campionamento, presenza di organismi di drift, ambiente non colonizzato adeguatamente, per tipologie non valutabili con l'I.B.E.; *: questi valori di indice sono raggiunti raramente nelle acque correnti italiane.

- FRG 2: *Leuctra* (Plecotteri); *Baetis*, *Ecdyonurus*, *Ephemerella*, *Habroleptoides* (Efemerotteri); Rhyacophilidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Hydropsychidae (Tricotteri); Dytiscidae, Elminthidae (Coleotteri); Athericidae, Chironomidae, Ceratopogonidae, Simuliidae (Ditteri); *Ancylus* (Gasteropodi); *Dina* (Irudinei); Naididae, Lumbricidae, Tubificidae (Oligocheti). Tot. U.S. 20, I.B.E. 9-10, C.Q. II-I.
- FRG 4: *Leuctra* (Plecotteri); *Baetis*, *Ecdyonurus*, *Ephemerella*, *Caenis*, *Habroleptoides*, *Habrophlebia* (Efemerotteri); Rhyacophilidae, Philopotamidae, Polycentropodidae (Tricotteri); Chironomidae, Ceratopogonidae, Simuliidae (Ditteri); *Ancylus* (Gasteropodi); *Dina* (Irudinei); Naididae (Oligocheti). Tot. U.S. 16, I.B.E. 9-8, C.Q. II.
- FRG 5: *Baetis*, *Ephemerella* (Efemerotteri); Rhyacophilidae (Tricotteri); Chironomidae, Tipulidae, Simuliidae (Ditteri); *Ancylus*, *Physa* (Gasteropodi); Naididae (Oligocheti). Tot. U.S. 9, I.B.E. 7, C.Q. III.
- FRG 6: Rhyacophilidae (Tricotteri); Chironomidae (Ditteri); Lumbriculidae, Tubificidae (Oligocheti). Tot. U.S. 4, I.B.E. 4, C.Q. IV.

Una visione d'insieme dei risultati è fornita nella mappa della qualità biologica del fiume Frigido, unitamente ai popolamenti di alcune stazioni: si tratta, indubbiamente, di una rappresentazione dotata di grande capacità di sintesi e di notevole efficacia comunicativa (Fig. 2). Si noti che per la stazione FRG-0 non si è proceduto al calcolo dell'I.B.E.; un calcolo acritico, infatti, avrebbe

condotto ad un I.B.E. = 8, sebbene questa stazione, con acque abbondanti e cristalline, sia del tutto esente da inquinamenti. La povertà del popolamento macrobentonico, in realtà, non è attribuibile all'inquinamento, ma alle condizioni naturali di oligotrofia delle acque, che scaturiscono copiose dalla sorgente posta solo 400 m a monte (Sansoni *et al.*, 1986).

Nelle stazioni FRG-1 e FRG-2, poste più a valle, gli apporti di materia organica, sali e nutrienti provenienti dai versanti (compresi alcuni modesti scarichi civili) rendono l'ambiente capace di sostenere una maggiore biomassa e una comunità più numerosa e diversificata, con un I.B.E. di 9-10 (II-I C.Q.). Anche in questo caso, il mancato raggiungimento della I Classe di Qualità è attribuibile, almeno in parte, a condizioni trofiche non ancora ottimali.

La I C.Q. è, invece, pienamente raggiunta nelle stazioni sugli affluenti (T. Renara con I.B.E. = 11 e Fosso d'Antona con I.B.E. = 12), caratterizzati da portate più modeste, ma non oligotrofici perché posti ad una maggior distanza dalla sorgente.

Nella stazione FRG-4, in pieno centro cittadino, si registra una lieve caduta di qualità (I.B.E. = 9-8, II C.Q.) causata da alcuni scarichi civili non trattati. Il deterioramento della qualità si aggrava nella stazione FRG-5 (I.B.E. = 7, III C.Q.) per l'immissione di ulteriori scarichi civili e diviene infine drammatico alla stazione FRG-6 (I.B.E. = 4, IV C.Q.) che riceve lo scarico del depuratore centralizzato delle Querce.

Nelle Figure 3 e 4 sono riportati i risultati dei mappaggi biologici effettuati dall'ARPAT negli anni 1982 (con

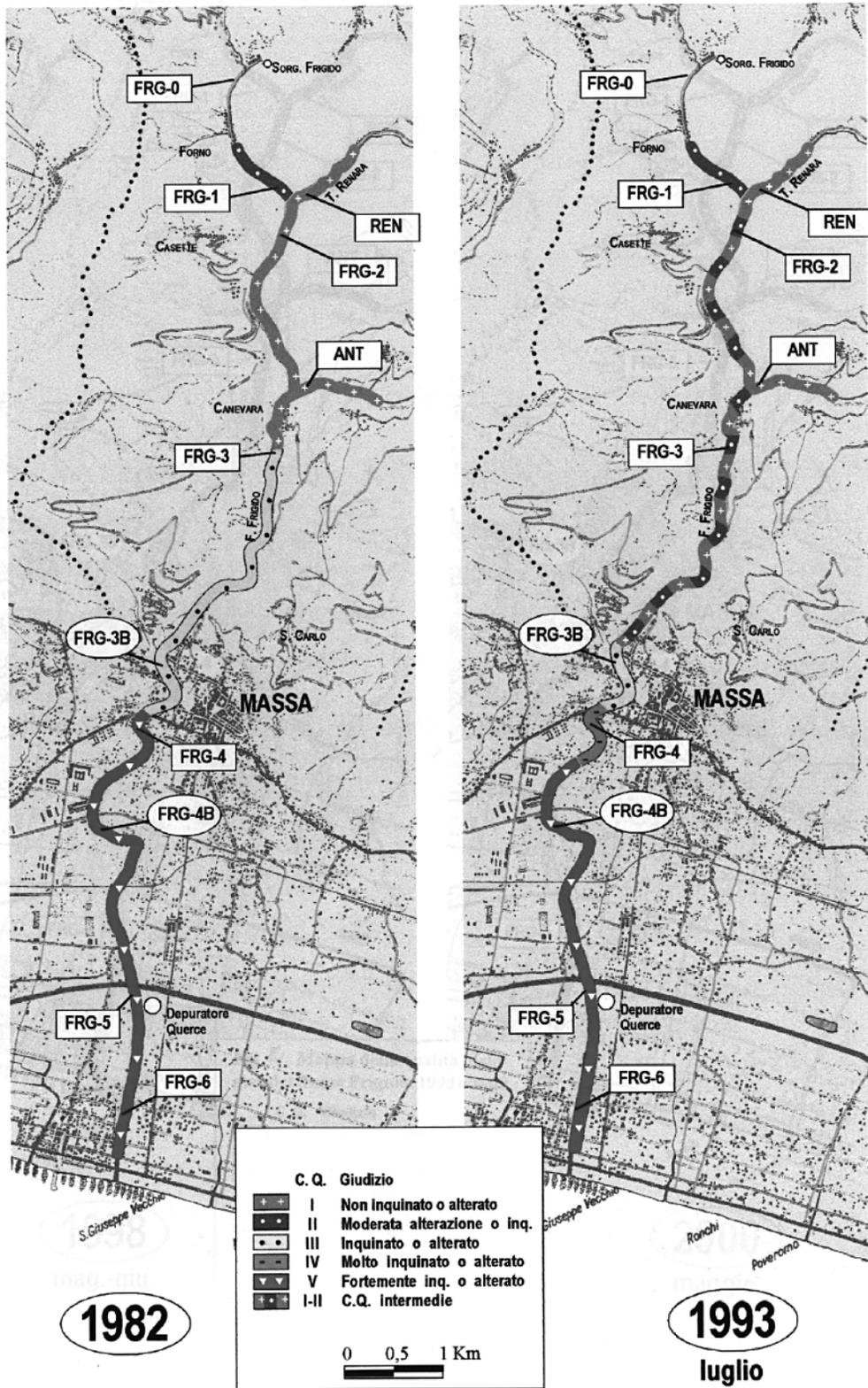


Fig. 3 - Mappa della qualità biologica del fiume Frigido: 1982 e 1993.

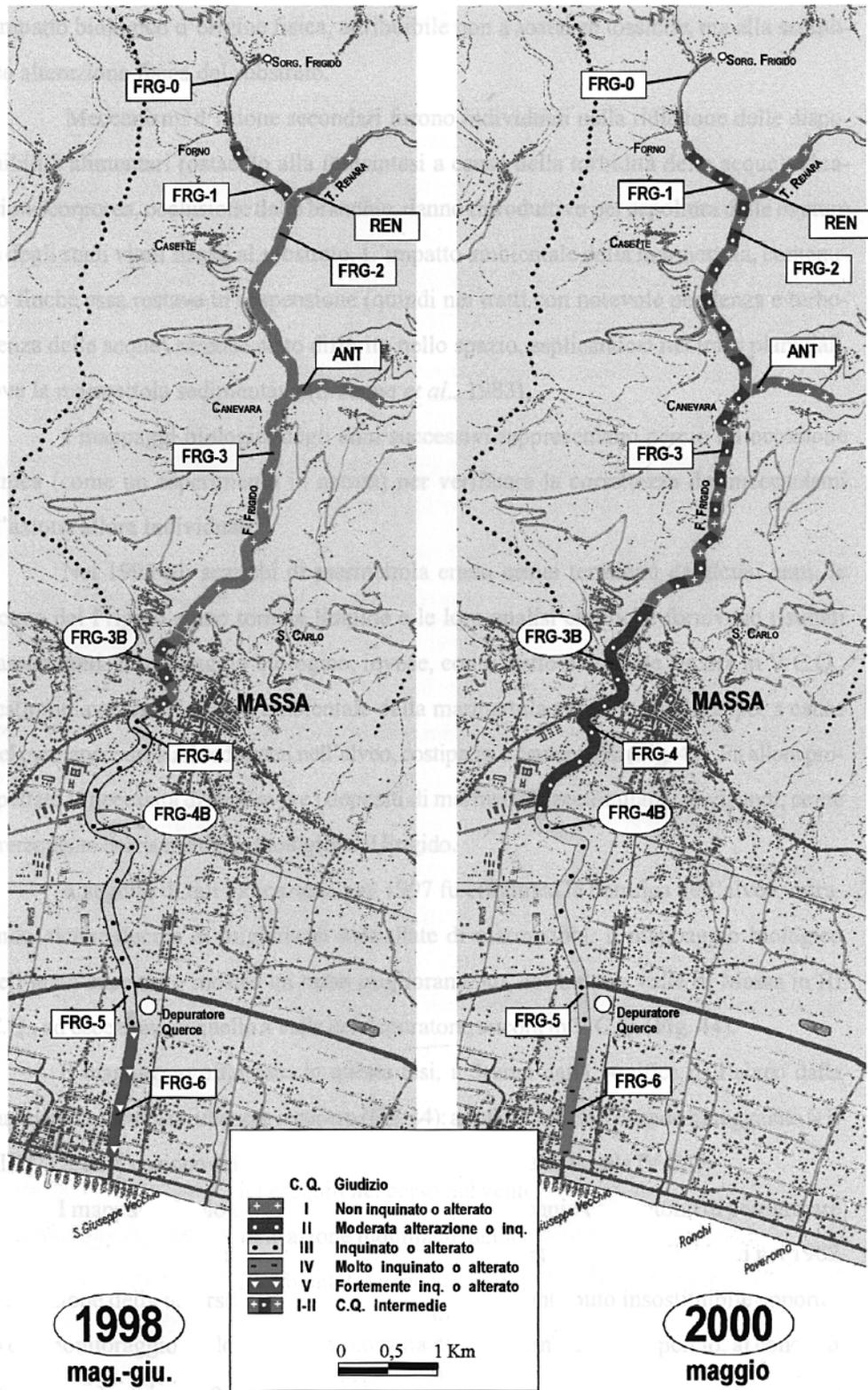


Fig. 4 - Mappa della qualità biologica del fiume Frigido: 1998 e 2000.

massicci apporti di scarichi di segazione del marmo), 1993 (dopo la cessazione di tali apporti di marmettola) e 1998 (dopo la bonifica del substrato dalla marmettola sedimentata e accumulatasi negli anni). Il primo studio del fiume Frigido col metodo I.B.E. è stato effettuato nel 1982. A quel tempo le aziende lapidee scaricavano i loro reflui – una miscela di acqua e fanghi di segazione, detta marmettola – direttamente nel fiume Frigido che appariva pertanto fortemente lattescente ed aveva un tenore in solidi sospesi molto elevato.

L'indagine demolì il mito, allora diffuso, dell'innocuità ambientale della marmettola dimostrando che, nonostante l'assoluta assenza di proprietà tossiche, l'impatto ambientale della polvere di marmo era drammatico: il tratto planiziale del fiume Frigido ricadeva quasi interamente nella V C.Q., una condizione peggiore di molti corsi d'acqua pesantemente inquinati da sostanze tossiche (Fig. 3). Approfondimenti condussero alla delucidazione dei meccanismi dell'azione inquinante della polvere di marmo, il principale dei quali fu individuato nella distruzione della varietà dei microambienti causata dalla marmettola che, sedimentando, occlude gli interstizi tra i ciottoli rendendo il substrato uniforme e, pertanto, incapace di ospitare una comunità macrobentonica diversificata. Era stato cioè documentato un impatto biologico d'origine fisica, attribuibile non a sostanze tossiche, ma alla semplice alterazione fisica del substrato.

Meccanismi d'azione secondari furono individuati nella riduzione delle disponibilità alimentari (ostacolo alla fotosintesi a causa della torbidità delle acque), abrasione corporea, occlusioni delle branchie, danno riproduttivo per sepoltura delle ovature e degli stadi vitali fissati al substrato. L'impatto ambientale della marmettola, contenuto finché essa restava in sospensione (quindi nei tratti con notevole pendenza e turbolenza delle acque) sarebbe stato differito nello spazio, esplicandosi nei tratti planiziali, ove la marmettola sedimentava.

I mappaggi biologici degli anni successivi rappresentano perciò un'occasione unica (come un esperimento in natura) per verificare la correttezza dei meccanismi d'impatto allora individuati.

Nel 1993 gli scarichi di marmettola erano ormai terminati da alcuni anni, le acque del fiume Frigido erano tornate limpide e le analisi chimiche fornivano risultati rassicuranti. Il mappaggio biologico, invece, con il tratto planiziale ancora in V C.Q., testimoniava che l'impatto ambientale della marmettola perdurava nel tempo, a causa del suo permanere nei sedimenti (Fig. 3). Fu allora prospettata la necessità di rimuovere i depositi di marmettola accumulatisi negli anni, come prerequisito del risanamento biologico del fiume Frigido.

A seguito di tali indicazioni, nel 1997 fu effettuata la bonifica dell'alveo, estraendo alcune decine di migliaia di tonnellate di marmettola. Il mappaggio biologico dell'anno successivo mostrò un netto miglioramento, col tratto a valle di Massa in III C.Q., ad eccezione di quello a valle del depuratore, ancora in V C.Q. (Fig. 4). Il mappaggio effettuato in questo lavoro, a 3 anni dalla bonifica dell'alveo dalla marmettola, mostra un ulte-

riore recupero: a valle di Massa il fiume Frigido ha raggiunto la II e III C.Q., ad eccezione del tratto a valle del depuratore che è ascrivibile alla IV C.Q.

I mappaggi biologici eseguiti nel corso del ventennio consentono di confermare pienamente i meccanismi dell'azione inquinante della marmettola individuati nel 1982 (distruzione della diversità ambientale) e mostrano il contributo insostituibile apportato dal monitoraggio biologico ad una corretta diagnosi ambientale e, in prospettiva, al concreto risanamento del fiume Frigido. A partire dall'estate 1997, contestualmente alla bonifica dell'alveo dalla marmettola, si è manifestato un nuovo problema: il disseccamento estivo del fiume Frigido a valle di Massa.

Se è innegabile che nella comparsa di tale fenomeno abbia avuto un ruolo rilevante la riacquistata permeabilità del substrato (in precedenza impermeabilizzato dai sedimenti di marmettola

compattati), sarebbe semplicistico considerare il disseccamento dell'alveo un fatto naturale e ineluttabile. Un terzo degli interi apporti sorgivi estivi viene sottratto al fiume Frigido per usi civili, convogliato in fognatura dopo l'uso e restituito al fiume molto più a valle, con lo scarico del depuratore delle Querce. Un altro terzo è sottratto per usi irrigui dalla gora di Canevara. Il fiume Frigido giunge quindi a Massa con meno di un terzo della sua portata naturale.

Occorre prendere atto che le condizioni di siccità del fiume Frigido registrabili a Massa sono solo in parte attribuibili a cause naturali e che, per i due terzi, sono attribuibili agli usi umani. Una stima dell'ARPAT (A.A.V.V., 1999) valuta in circa 31.000 m³/die (360 l/s) la portata sottratta al fiume Frigido ad uso civile. Se ad essa si aggiungono gli altri 360 l/s prelevati a Canevara a scopo irriguo, si arriva a concludere che il fiume Frigido giunge a Massa con 180 l/s anziché con i 900 l/s che avrebbe in assenza di tali prelievi: il fiume Frigido risulta, dunque, impoverito dell'80% della sua portata.

Si impone, pertanto, un ripensamento globale finalizzato ad una razionale gestione delle risorse idriche che tenga in considerazione non solo gli usi umani, ma anche quelli ambientali.

Al momento, i correttivi più importanti e praticabili appaiono:

- La restituzione delle acque depurate al fiume Frigido, laddove inizia a mostrare segni di crisi, cioè in corrispondenza del centro cittadino. È ovvio che ciò richiederà il potenziamento degli impianti di trattamento e un affinamento dello scarico. Tuttavia anche la restituzione degli attuali scarichi depurati, seppur di scadente qualità, potrebbe produrre effetti migliorativi.
- La realizzazione di un alveo di magra (una sorta di ruscello entro l'alveo attuale) nel tratto da Massa al ponte di via Marina Vecchia, finalizzato ad evitare la dispersione della scarsa portata ed i connessi inconvenienti (Sansoni, 1999).

L'adozione di queste misure apporterebbe indubbiamente al fiume Frigido un rilevante miglioramento ambientale e consentirebbe di evitare il ripetersi di situazioni d'emergenza ad ogni estate.

RINGRAZIAMENTI

Gli Autori desiderano ringraziare il Dr. G. Sansoni per il prezioso aiuto fornito durante l'elaborazione del lavoro.

BIBLIOGRAFIA

- A.A.V.V., 1981. Progetto per la ricerca delle risorse idriche e formazione della Carta delle acque del territorio comunitario. Comunità Montana n. 3 Apuo-Versiliese, Coop. GeoVersilia, Seravezza.
- A.V.V.V., 1999. Contributo alla soluzione dei problemi del Frigido (crisi idrica e odori nauseabondi). Documento del Dip. ARPAT prov. di Massa Carrara, inviato alle autorità locali. Massa Carrara: 1-7.
- Campaioni S., Ghetti P.F., Minelli A., Ruffo S., 1994. Manuale per il riconoscimento dei macroinvertebrati delle acque dolci italiane. Vol. 1. Provincia Autonoma di Trento, Museo di Storia Naturale di Trento.
- Campaioni S., Ghetti P.F., Minelli A., Ruffo S., 1999. Manuale per il riconoscimento dei macroinvertebrati delle acque dolci italiane. Vol. 2. Provincia Autonoma di Trento, Museo di Storia Naturale di Trento.
- Decreto Legislativo 11 maggio 1999, n. 152. Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole. *Gazz. Uff. Rep. Ital.*, s.o. G.U. n. 124 del 29 maggio 1999: 1-124.
- Ghetti P.F., 1986. I macroinvertebrati nell'analisi di qualità dei corsi d'acqua. Manuale di applicazione - Indice Biotico E.B.I. modificato. Provincia Autonoma di Trento.
- 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, Servizio Protezione Ambiente.
- Ruffo S. (ed.), 1977-1985. Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane (30 volumi). Collana del Progetto Finalizzato «Promozione della Qualità dell'Ambiente», CNR, Roma.
- Sansoni G., Sacchetti P., Barabotti P.L., 1983. Corsi d'acqua del litorale apuano. Effetti inquinanti della polvere di marmo. Comunità Montana delle Apuane, Massa: 1-95.
- Sansoni G., Sacchetti P., Barabotti P.L., 1986. Problemi di interpretazione dei dati nell'applicazione degli indici biotici alla valutazione della qualità dei corsi d'acqua. In: Provincia Autonoma di Trento (ed.), Atti del Convegno «Esperienze e confronti nell'applicazione degli indicatori biologici in corsi d'acqua italiani», Trento, 6-7 Settembre 1985. Trento: 131-144.
- Sansoni G., 1988. Atlante per il riconoscimento dei macroinvertebrati dei corsi d'acqua italiani. Provincia Autonoma di Trento, Centro Italiano Studi di Biologia Ambientale.
- Sansoni G., 1999. Suggerimenti per la progettazione ecologica degli interventi sul Torrente Ciuffenna. Relazione dell'ARPAT (Dip. di Massa Carrara e di Arezzo) consegnata alle autorità locali. Massa Carrara: 1-15.
- Woodiwiss F.S., 1964. The biological system of stream classification used by the Trent River Board. *Chemistry and Industry* 14: 443-447.
- Woodiwiss F.S., 1978. Comparative study of biological-ecological water quality assessment methods. Second practical demonstration. Summary Report. Commission of the European Communities.

(ms. pres. il 17 dicembre 2003; ult. bozze il 20 aprile 2005)