

SANSONI G.

SACCHETTI P.

BARABOTTI P.L.

Servizio Multizonale di Prevenzione USL 1-2 - MASSA

# CORSI D'ACQUA DEL LITORALE APUANO

EFFETTI INQUINANTI DELLA POLVERE DI MARMO

COMUNITA' MONTANA  
DELLE APUANE

SANSONI G.

SACCHETTI P.

BARABOTTI P.L.

Servizio Multizonale di Prevenzione USL 1-2 MASSA

# CORSI D'ACQUA DEL LITORALE APUANO

EFFETTI INQUINANTI DELLA POLVERE DI MARMO

## RINGRAZIAMO:

- il prof. P.F. Ghetti, dell'Istituto di Ecologia dell'Università di Parma per il prezioso contributo prestato nell'interpretazione dei risultati biologici e per l'attenta e critica lettura delle bozze
- la Comunità Montana delle Apuane per la sensibilità mostrata ai problemi ambientali e per lo sforzo finanziario che ha permesso la pubblicazione di questo lavoro in una veste editoriale di tutto rispetto.
- i colleghi del Servizio Multizonale di Prevenzione per la collaborazione prestata e tutti coloro, persone ed enti, che ci hanno fornito cartografia e informazioni.

IN COPERTINA: uno scorcio del Fosso di Antona.

FOTOGRAFIE di G. Sansoni

Chi è interessato a ricevere copia del presente lavoro può richiederla a:  
Comunità Montana delle Apuane, viale Democrazia, 54100 Massa (tel. 0585/43387)  
Servizio Multizonale di Prevenzione USL n. 1 e 2, via del Patriota, 2 Massa (tel. 0585/40675-6).

## INDICE

	pag.
Presentazione . . . . .	11
Premessa . . . . .	13
Caratteristiche dei torrenti Parmignola e Carrione, fiume Frigido e canale di Montignoso . . . . .	15
Impostazione dello studio e metodologia seguita . . . . .	21
Contributo dei macroinvertebrati nel processo autodepurante dei corsi d'acqua . . . . .	29
Torrente Parmignola . . . . .	35
Torrente Carrione . . . . .	45
Fiume Frigido . . . . .	57
Canale di Montignoso . . . . .	71
I meccanismi dell'azione inquinante della polvere di marmo . . . . .	79
Conclusioni e proposte di risanamento . . . . .	89
Bibliografia . . . . .	95

## INDICE DEGLI ELABORATI GRAFICI

	pag.
Fig. 1	14
Fig. 2	16
Fig. 3	17
Fig. 4	19
Fig. 5	80
Fig. 6	84
Tab. I	24
Tab. II	25
Tab. III	25
Tab. IV	40-41
Tab. V	42-43
Tab. VI	52-53
Tab. VII	54-55
Tab. VIII	66-67
Tab. IX	68-69
Tab. X	76
Tab. XI	77
Tab. XII	84 bis
Tab. XIII	86
Carta della qualità biologica del torrente Parmignola (1982).	44 bis
Carta della qualità biologica del torrente Parmignola (1983).	44 ter
Carta della qualità biologica del torrente Carrione (1983)	56
Carta della qualità biologica del fiume Frigido (1982)	70
Carta della qualità biologica del Canale di Montignoso (1983).	78
Carta della qualità biologica dei corsi d'acqua del litorale apuano	(fuori testo)

## PRESENTAZIONE

*La salvaguardia ed il recupero degli ambienti naturali è ormai diventata una necessità improcrastinabile. Al gran clamore che destano gli allarmi e le denunce provenienti da più parti, sembra però far riscontro un'impasse operativa che rischia di vanificare ogni sforzo. Anzi, di fronte ad una situazione di compromissione ambientale generalizzata, e a seguito di superficiali interpretazioni dei fenomeni di inquinazione, sembrerebbero prendere corpo atteggiamenti di passività e di rinuncia.*

*È con vivo piacere che ho seguito ed incoraggiato il lavoro dei colleghi, certo che la chiarezza e la scientificità di questo scritto, ma soprattutto questo scendere nello specifico dei problemi, possa essere un modo concreto per uscire dall'ineluttabile e dare a chi di competenza seri strumenti per interpretare e modificare la realtà delle cose.*

*Meriti principali di questo lavoro sono non solo l'aver definitivamente sgombrato il campo dalla diffusa tesi dell'innocuità della polvere di marmo e di averne, anzi, dimostrato il pesante impatto ambientale ma, soprattutto, l'aver mostrato che il recupero dei nostri corsi d'acqua è possibile, come gli interventi effettuati sul Parmignola testimoniano.*

*Pur nella modestia delle forze disponibili, il lavoro è stato eseguito con il concorso di conoscenze chimiche e biologiche, cercando di dare concretezza alla necessità di quell'approccio interdisciplinare di cui dovrebbe pregnarsi la riforma sanitaria e dal quale ormai non si può più prescindere, vista la complessità delle problematiche ambientali.*

*Un aspetto da non sottovalutare è inoltre il valore divulgativo che questa pubblicazione può assumere. L'importanza di una crescita culturale, specificamente legata al proprio territorio è un presupposto di vitale importanza perchè, oltre al rispetto per l'ambiente, si sviluppi quella «coscienza» civile senza la quale anche energici provvedimenti di tutela ambientale resterebbero manovre dirigistiche, aliene ai bisogni dei cittadini.*

*In questo senso un particolare ringraziamento alla Comunità Montana delle Apuane, per merito della quale questo volume esce con una buona veste editoriale e con un'ampia diffusione.*

Il responsabile del  
Servizio Multizonale di Prevenzione  
G. Camici

## PREMESSA

Lo scopo di questo lavoro è lo studio dello «Stato di salute» dei principali corsi d'acqua che sfociano nel litorale apuano.

Il territorio costiero della Provincia di Massa Carrara appare caratterizzato da una disarmonica convivenza, in un intreccio spesso caotico di alcuni grossi e di numerosi piccoli insediamenti industriali, di agglomerati abitativi, e di una fiorente ma disordinata attività turistica. Rimandando ad altre indagini l'analisi dei problemi posti da queste realtà presenti nel nostro territorio va detto che nel corso del nostro lavoro i più seri problemi riscontrati nei corsi d'acqua in esame sono determinati dalla lavorazione del marmo.

Più di tanti altri dati, un'idea della dimensione del problema può essere fornita dalla quantità di polvere di marmo prodotta nel comprensorio Apuo-Versiliese dalla segagione e lucidatura del marmo, che supera le 2.000 tonnellate al giorno (\*) e che viene nella quasi totalità scaricata nei corsi d'acqua.

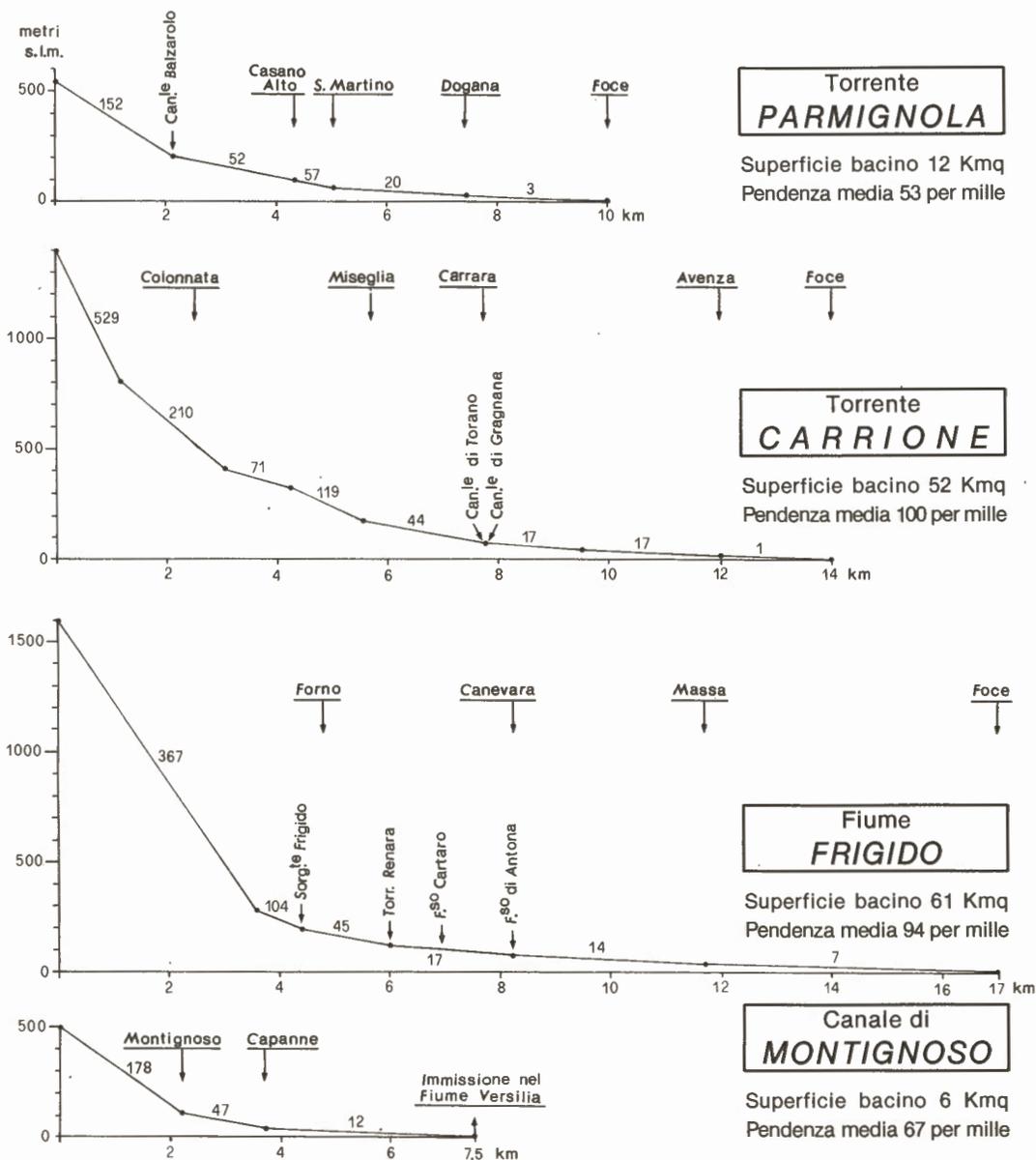
L'impatto ambientale di questa enorme quantità di «marmettola» è intuitivamente molto pesante ed impone pertanto l'adozione di urgenti provvedimenti di risanamento. Prima di entrare nel merito dei meccanismi e degli effetti inquinanti, va detto che questi non possono essere nemmeno affrontati se mancano una visione globale ed un respiro culturale adeguati alla loro gravità. Troppo spesso, infatti, da quando abbiamo iniziato lo studio della qualità dei corsi d'acqua della nostra Provincia, ci siamo sentiti dire che la polvere di marmo non causa problemi se non di natura estetica, e che se è giusto preoccuparsene, prima di tutto bisogna pensare a salvaguardare la produzione e l'occupazione.

Il timore di fondo è che obbligare i laboratori e le segherie di marmo a depurare i loro scarichi significhi imporre costi aggiuntivi costringendo le aziende più deboli a cessare l'attività e a licenziare i loro dipendenti.

Vista l'importanza che il tema riveste nel dibattito politico nazionale e il ruolo chiave del marmo nell'economia provinciale, è necessario fornire una risposta non generica, ma strettamente aderente alla realtà del nostro territorio, che superi in positivo la contraddizione ecologia-produzione. È quanto cercheremo di fare nelle conclusioni di questo volume certi che proprio una rigorosa e lungimirante difesa ambientale sia oggi un requisito essenziale per garantire continuità, stabilità e prospettive di sviluppo alla produzione e all'occupazione.

---

(\*) Mancano dati aggiornati ed affidabili sull'entità della marmettola prodotta: 1.800 m<sup>3</sup>/giorno (pari circa a 2.300 tonnellate al giorno) secondo il Progetto-Marmi (1975-6); 4.755 m<sup>3</sup>/giorno secondo una stima approssimativa effettuata dalla Coop. GEO-PISA su commissione dell'ERTAG (1983).



**Fig. 1 PROFILO DELLE PENDENZE**

I numeri riportati su ciascun tratto del profilo indicano la pendenza per mille cioè i metri di dislivello per ogni km. di percorso. La quota è ricavabile dalla scala a sinistra. La lunghezza dei corsi d'acqua non comprende i primi tratti montani, che convogliano acque solo per brevi periodi, successivi alle piogge.

## CARATTERISTICHE DEI TORRENTI PARMIGNOLA E CARRIONE, FIUME FRIGIDO, CANALE DI MONTIGNOSO

I quattro corsi d'acqua considerati in questo studio presentano alcune caratteristiche comuni che li differenziano dagli altri corsi d'acqua italiani e che possono essere comprese solo inquadrandole nella peculiare geomorfologia della regione apuana.

Questa, pur nella sua estensione limitata, è nettamente distinta dal vicino Appennino non solo per la costituzione litologica ma soprattutto per l'arditezza delle sue vette e l'asprezza e ripidità dei suoi versanti che, unica eccezione in Italia per i monti situati al di fuori della cerchia alpina, ben le hanno meritato il nome di Alpi Apuane.

La particolarità di questo grandioso anfiteatro montuoso i cui spartiacque, con numerose vette oltre i 1.500 m., corrono ad una insolitamente breve distanza dal mare (\*), condiziona in modo determinante il regime idrologico dei corsi d'acqua che, con un percorso breve e approssimativamente rettilineo, si dirigono da NE a SW, perpendicolarmente alla costa.

Per questi motivi i torrenti Parmignola e Carrione, il fiume Frigido e il canale di Montignoso sono caratterizzati da un percorso breve (rispettivamente 10, 14, 17 e 7,5 Km), da un'elevata pendenza media (53, 100, 94 e 67 per mille) e da un bacino idrografico di limitata estensione (12, 52, 61 e 6 kmq); la fig. 1 mostra il profilo delle pendenze e riassume questi dati.

Ciononostante, le portate non sono affatto trascurabili poichè la catena montuosa, le cui cime si elevano in media sui 1700 m., costituisce una imponente 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 così a farne una delle zone più piovose d'Italia (circa 2.000 mm. annui (\*\*)).

La catena montuosa, costituita in gran parte da rocce molto permeabili per fessurazione e carsismo (marmi, grezzoni, calcari selciferi, calcare cavernoso, calcare massiccio), si comporta come un enorme serbatoio acquifero che assorbe le abbondanti precipitazioni e rappresenta la maggior parte dell'area di alimentazione dei corsi d'acqua (fig. 2 colore azzurro).

In secondo luogo, il Carrione e ancor più il Frigido, hanno un bacino idrogeologico più ampio del loro bacino idrografico; in altre parole, i due corsi d'acqua sono alimentati anche da acque sottratte agli adiacenti bacini dell'Aulella e del Serchio (fig. 3).

In particolare il Frigido, avendo un coefficiente di deflusso pari a 2, riversa annualmente in mare un volume d'acqua che è il doppio di quella caduta nel suo

---

(\*) Nel tratto che riguarda i nostri corsi d'acqua la distanza massima, in linea d'aria, è di 15 km., dal Monte Cavallo (m. 1889) al mare, nel bacino del Frigido.

(\*\*) Le precipitazioni medie annue per il cinquantennio 1929-79 sono, per i bacini del Carrione, Frigido e Canale di Montignoso, rispettivamente di 1714, 2318 e 2109 mm. (dati COOP. GEOVERSILIA, 1981).

CARTA LITOLOGICA E DELLA PERMEABILITA'  
DELLA REGIONE APUO — VERSILIESE \*

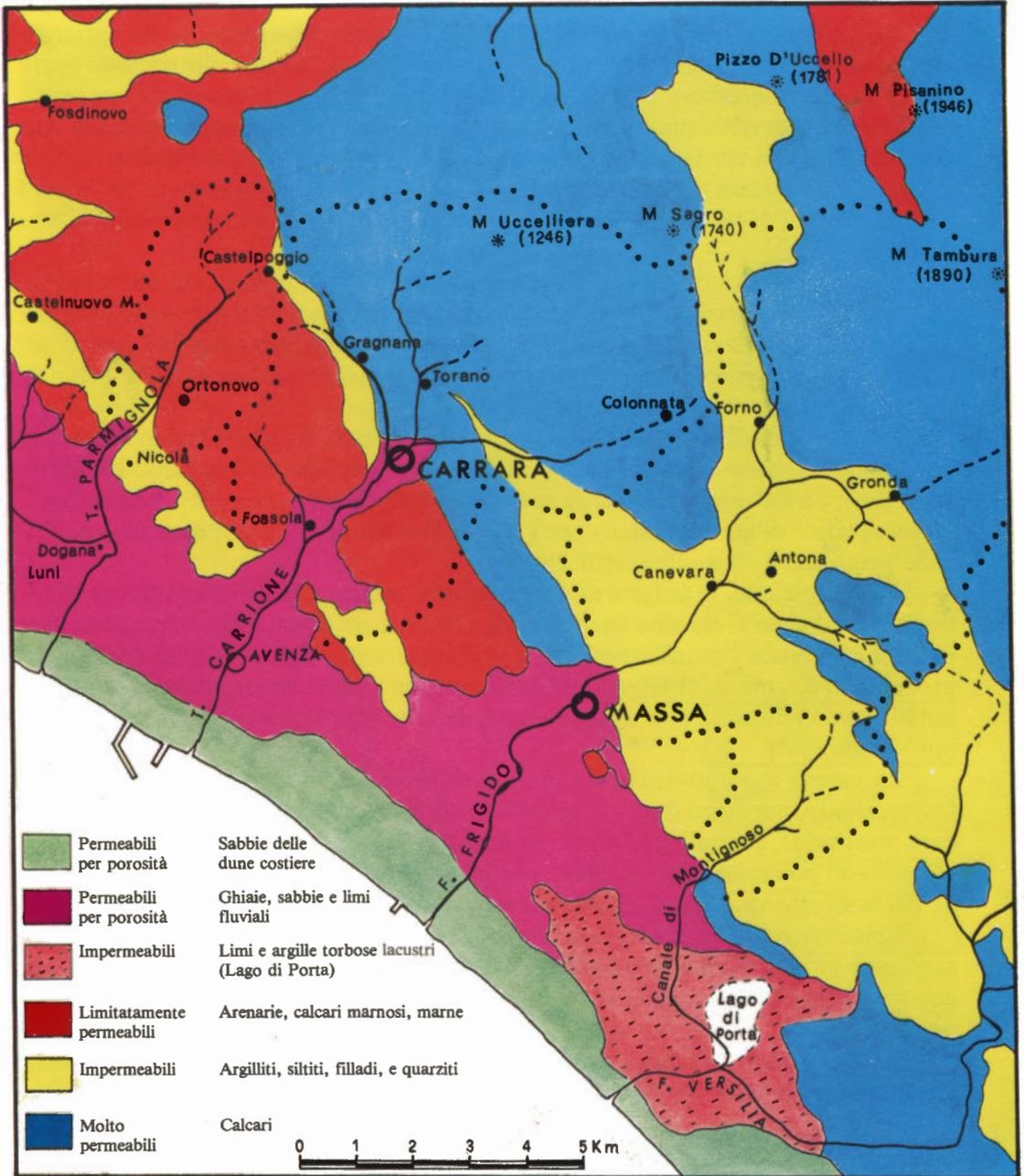
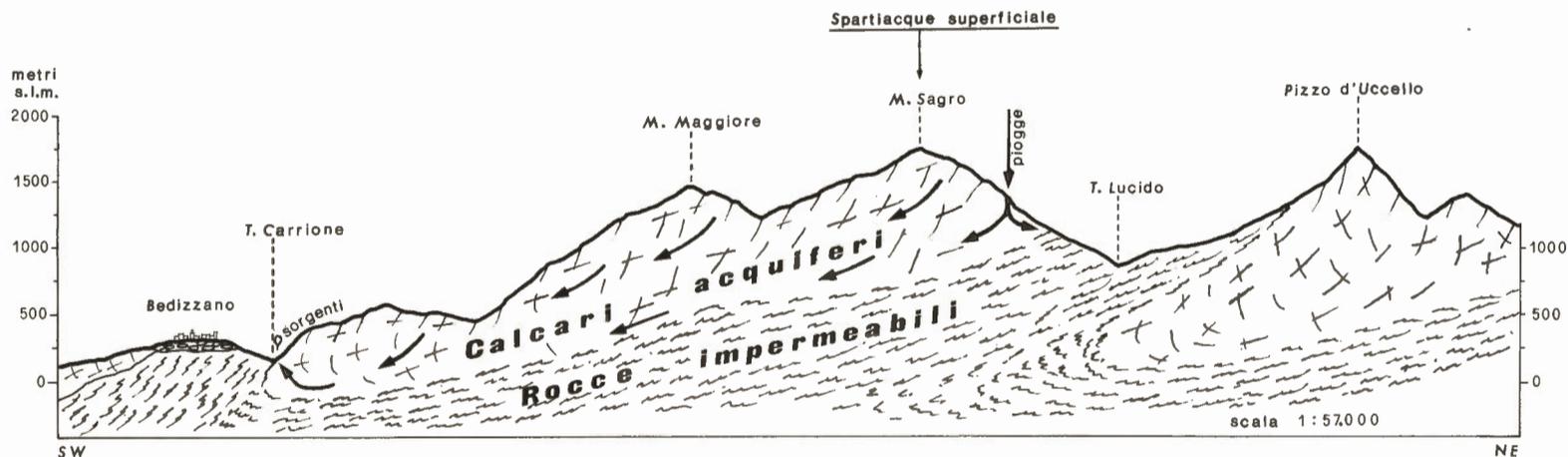


Fig. 2: Si osservi l'ampia area montuosa costituita da rocce calcaree molto permeabili (colore azzurro) che assorbe le abbondanti precipitazioni della regione alimentando in gran parte il Frigido ed il Carrione.

(\*) da G. Raggi (1982), Istit. Geologia e paleont. Università di Pisa



**Fig. 3 SEZIONE IDROGEOLOGICA SW-NE ATTRAVERSO IL BACINO DEL CARRIONE \***

La sezione schematica mostra la cattura da parte del Carrione di acque cadute nel bacino del Lucido, affluente dell'Aulella (in figura: acque cadute a destra dello spartiacque superficiale). Un fenomeno analogo si verifica in misura ancora più imponente per il Frigido, a spese del bacino del Serchio. Le frecce indicano il movimento dell'acqua.

(\*) da G. Raggi, 1982, Istit. Geol. e Paleont. dell'Università di Pisa, completata a NE del M. Sagro.

bacino idrografico con le precipitazioni; se si considera che generalmente il coefficiente di deflusso dei fiumi è inferiore all'unità (circa 0,5-0,8), appare chiaro che la cattura di acque sotterranee da parte del Frigido (e in minor misura del Carrione) assume proporzioni veramente notevoli, giustificando la sua consistente portata media (6,44 m<sup>3</sup>/sec.).

L'ineguale distribuzione stagionale delle precipitazioni, con massimi autunno-invernali, e i rapidi tempi di corrivazione delle acque dovuti alla forte pendenza, al denudamento e alla grande permeabilità degli alti versanti, determinano lo spiccato regime torrentizio di questi corsi d'acqua (\*).

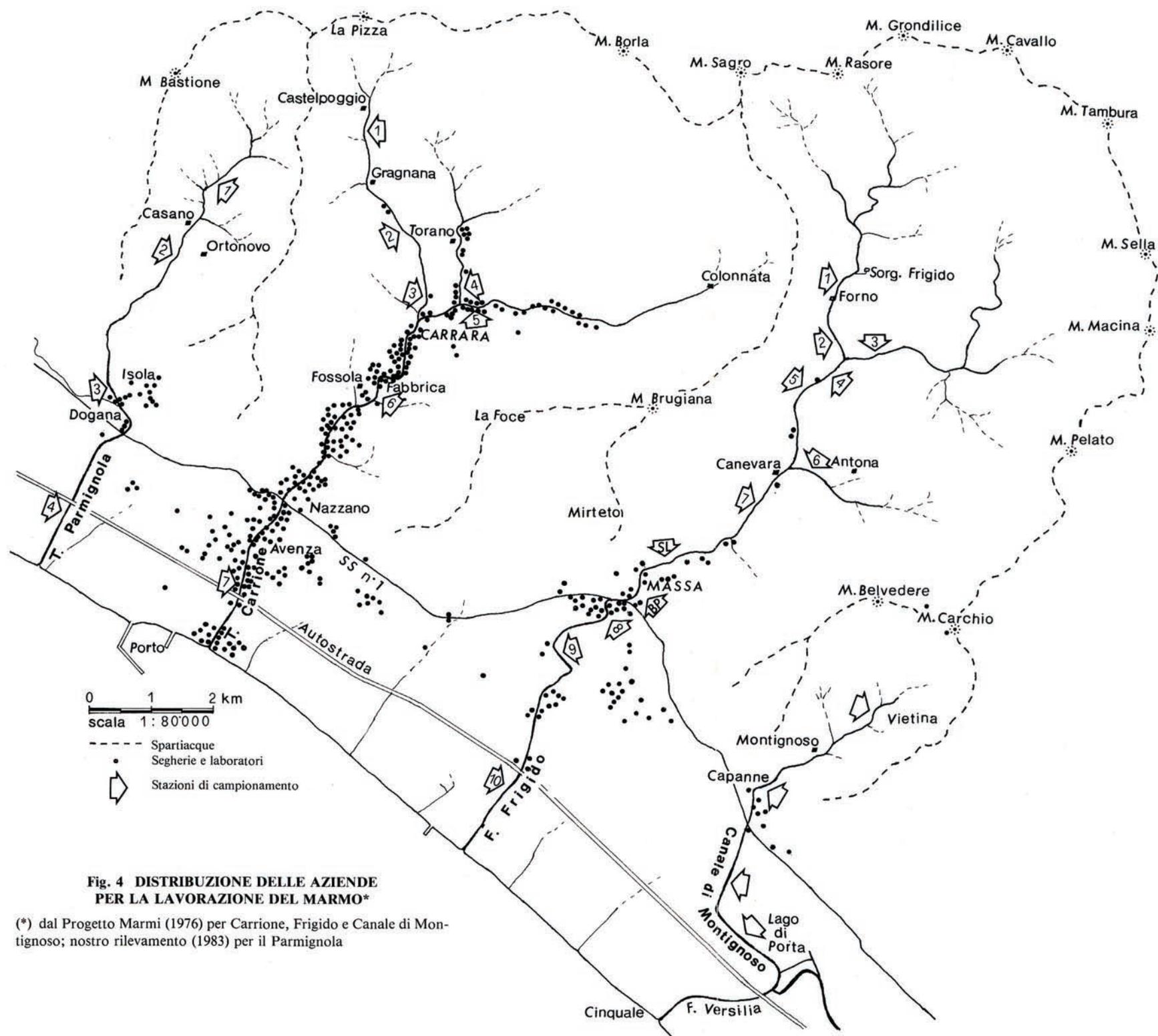
Trovano così spiegazione le forti magre estive e le violente piene invernali: per il Frigido, l'unico corso d'acqua dotato di stazione idrometrica, si passa da portate minime giornaliere di circa 0,3 m<sup>3</sup>/sec. (magra estrema) a massime di 150-200 m<sup>3</sup>/sec. (forte piena), mentre l'onda di piena vera e propria, di breve durata, può superare largamente i 6-700 m<sup>3</sup>/sec.

Questo regime idrologico induce a considerare con grande preoccupazione l'innalzamento dell'alveo causato dagli scarichi di lastre e di polvere di marmo delle segherie e dei laboratori, per i pericoli di straripamento e danneggiamento di ponti, strade, edifici: pericoli tutt'altro che ipotetici, come la piena del novembre scorso ha dimostrato.

Oltre a queste caratteristiche naturali, i quattro corsi d'acqua hanno in comune anche la presenza di segherie e laboratori localizzati prevalentemente lungo il loro percorso. Come appare in fig. 4 queste aziende sono particolarmente concentrate lungo il Carrione ed il Frigido.

---

(\*) Ciò vale soprattutto per il Carrione e il Frigido e, per motivi opposti (l'impermeabilità del bacino), per il Canale di Montignoso.



## IMPOSTAZIONE DELLO STUDIO E METODOLOGIA SEGUITA

Nell'impostare lo studio sulla qualità ambientale dei nostri corsi d'acqua, non ci siamo limitati alla determinazione dei tradizionali parametri chimici, fisici e igienico-sanitari, ma li abbiamo integrati con lo studio delle comunità biologiche acquatiche.

Per comprendere i motivi di questa scelta, riteniamo utile far precedere un'introduzione di carattere generale e una precisazione di ordine tecnico che chiarisca il contributo informativo di ciascun tipo di approccio. Nella nostra veste di tecnici pubblici riteniamo importante adottare un linguaggio comprensibile anche perchè pensiamo che chiarezza e semplicità, da non confondere con la superficialità, siano il modo più opportuno per comunicare.

Partiamo da una riflessione «Cos'è un fiume?»; un fiume non è solo un'entità fisica inanimata, passiva, costituita da un alveo entro cui scorre, per pura gravità una massa d'acqua. Certo, è anche questo, ma la caratteristica più peculiare di un fiume è di essere un ambiente che non si limita a trasportare inalterato al mare il carico inquinante naturale o antropico che riceve lungo il suo corso, ma lo elabora, lo trasforma, lo depura. È proprio questa sua capacità che differenzia un fiume da un condotto artificiale come può essere un collettore di scarichi industriali.

Questa capacità autodepurante il fiume la deve alle ricche e diversificate biocenosi che esso ospita, cioè a batteri decompositori, ciliati microscopici, alghe, molluschi, vermi, larve d'insetti, crostacei, pesci e ad una miriade di altri organismi, ognuno dei quali svolge un proprio ruolo e fornisce un modesto ma prezioso contributo al grande processo di depurazione che si svolge continuo ed efficace, anche se non percepito direttamente dai nostri occhi.

Seconda riflessione: «Cos'è l'inquinamento?». Va detto innanzitutto che un corso d'acqua è il principale corpo recettore in cui, direttamente o indirettamente, ricadono i rifiuti naturali o antropici di tutto il bacino, compresi quelli riversati sul terreno e parte di quelli scaricati nell'atmosfera. Per cogliere l'essenza del processo di deterioramento della qualità di un fiume bisogna ricordare che un tossico è, per definizione, una sostanza nociva agli esseri viventi e che l'inquinamento è essenzialmente un fenomeno biologico: è fonte di continua sorpresa dover constatare come invece si continui a considerarlo un processo da valutare in milligrammi per litro (HYNES, 1960).

Se dunque ciò che caratterizza un fiume è la sua capacità autodepurante e se questa è dovuta alle comunità viventi che esso ospita, ne deriva che la gravità di un processo inquinante non è direttamente valutabile con la quantità e qualità delle sostanze presenti nell'acqua, ma dal grado di compromissione delle comunità animali e vegetali che tali sostanze, interagendo tra loro, con i fattori naturali (pendenza, velocità della corrente, luminosità, temperatura, etc.) e coi viventi, determinano.

Fatta questa premessa apparirà logica e conseguente la scelta della metodologia di studio che, pur non trascurando le analisi chimiche, privilegia lo studio delle

**Foto 1: ESEMPIO DI POPOLAMENTO DI UN TRATTO NON INQUINATO**  
**(macroinvertebrati riscontrati nella staz. 1 del torrente Parmignola)**



- PLECOTTERI:** 1) Dinocras, 2) Protonemura, 3) Amphinemura, 4) Leuctra  
**EFEMEROTTERI:** 5) Habrophlebia, 6) Baëtis, 7) Ephemerella, 8) Ephemera 9) Ecdyonurus, 10) Epeorus  
**TRICOTTERI:** 11) Hydropsychidae, 12) Rhyacophilidae, 13) Odontoceridae, 14) Sericostomatidae,  
 15) Limnephilidae, 16)Glossosomatidae, 17) Goeridae, 18) Hydroptilidae  
**COLEOTTERI:** 19) Dryopidae, 20) Dytiscidae, 21) Elminthidae, 22) Hydraenidae 23) Helodidae  
**ODONATI:** 24) Cordulegaster, 25) Calopteryx  
**DITTERI:** 26) Tipulidae, 27) Simuliidae, 28) Ceratopogonidae, 29) Athericidae, 30) Chironomidae  
**ETEROTTERI:** 31) Gerris  
**CROSTACEI:** 32) Gammaridae  
**MOLLUSCHI:** 33) Ancylus  
**TRICLADI:** 34) Dugesia  
**IRUDINEI:** 35) Dina  
**OLIGOCHETI:** 36) Lumbricidae, 37) Lumbriculidae, 38) Naididae

**Foto 2: ESEMPIO DI POPOLAMENTO DI UN TRATTO MEDIAMENTE INQUINATO**  
**(macroinvertebrati riscontrati nel fiume Frigido, presso Borgo del Ponte)**



- EFEMEROTTERI:** 1) Ecdyonurus, 2) Baëtis, 3) Caenis  
**TRICOTTERI:** 4) Hydropsychidae  
**COLEOTTERI:** 5) Elminthidae  
**DITTERI:** 6) Simuliidae, 7) Anthomyidae, 8) Chironomidae  
 9) Ceratopogonidae, 10) Psychodidae  
**ETEROTTERI:** 11) Gerris  
**MOLLUSCHI:** 12) Physa 13) Ancyclus  
**IRUDINEI:** 14) Dina

comunità degli organismi acquatici, utilizzandoli come «indicatori biologici» della qualità dei corsi d'acqua. Il metodo da noi usato è l'EXTENDED BIOTIC INDEX (WOODIWISS 1978) che ha avuto confortanti verifiche scientifiche a livello della Comunità Economica Europea e che viene particolarmente consigliato per la situazione italiana dal Progetto Finalizzato «Qualità dell'Ambiente» del Consiglio Nazionale delle Ricerche (GHETTI E BONAZZI 1981).

Questo metodo è basato sullo studio dei macroinvertebrati acquatici comprendenti un gran numero di organismi (larve di insetti, molluschi, crostacei, vermi etc.) ognuno con proprie esigenze vitali. A titolo di esempio si ricorda che alcune specie esigono acque limpide e ben ossigenate, altre si sviluppano abbondantemente solo in acqua con alto carico organico e resistono alla scarsità d'ossigeno, altre ancora tollerano la presenza di tossici.

Non è qui possibile entrare dettagliatamente nel merito del significato di indicatore biologico di ogni gruppo animale riscontrato nei nostri corsi d'acqua; diremo solo che, in generale, i gruppi più sensibili agli inquinanti, la cui presenza è quindi indice di buona qualità ambientale sono i Plecotteri, seguiti dagli Efemerotteri e dai Tricotteri. I gruppi più tolleranti, che talora colonizzano con imponenti esplosioni demografiche (decine di migliaia di individui per mq. di substrato) le acque fortemente inquinate, sono gli Oligocheti e alcuni Chironomidi.

Studiando l'intera struttura delle comunità di macroinvertebrati presenti in un tratto di fiume è quindi possibile valutarne la qualità e, se esiste, l'intensità della degradazione ambientale. A titolo di esempio si vedano le foto 1 e 2 che rappresentano il popolamento di macroinvertebrati riscontrato in una stazione non inquinata ed in una stazione mediamente inquinata. In pratica, scelto un tratto di

**TAB. I - LIVELLI DI CLASSIFICAZIONE PREVISTI DAI METODI VeT, TBI E EBI PER LA DEFINIZIONE DELLE «UNITÀ SISTEMATICHE»**

Gruppi	Limiti per la definizione delle «unità sistematiche»
Plecotteri	genere
Tricotteri	famiglia
Efemerotteri	genere
Odonati	genere
Coleotteri	famiglia
Molluschi	genere
Crostacei	famiglia
Megalotteri	genere
Emitteri	genere
Ditteri	famiglia
Planarie	genere
Irudinei	genere
Oligocheti	famiglia

Nota: I livelli stabiliti in questa tabella per i metodi TBI e VeT sono stati modificati, rispetto all'originale, sulla base delle esperienze di taratura realizzate nel 3° Seminario Tecnico (GHETTI, 1979)

**TAB. II - INDICE BIOTICO ORIGINALE (TBI) ED ESTESO (EBI) (WOODIWISS 1978)**

EXTENDED BIOTIC INDEX		Numero totale delle Unità Sistematiche presenti									
		0-1	2-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45 ...
TRENT BIOTIC INDEX		Numero totale delle U.S. presenti									
		0-1	2-5	6-10	11-15	16+					
INDICI BIOTICI											
Ninfe di Plecotteri presenti	Più di una sola U.S.	—	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	Una sola U.S.	—	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Ninfe di Efemerotteri *	Più di una sola U.S.	—	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	Una sola U.S.	—	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Larve di Tricotteri *	Più di una sola U.S.	—	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Una sola U.S.	4	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Gammarus presente	Tutte le U.S. sopra assenti	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Asellus presente	Tutte le U.S. sopra assenti	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Oligocheti /Chironomus	Tutte le U.S. sopra assenti	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tutti i taxa precedenti assenti	Possono esserci organismi che non richiedono ossigeno	0	1	2	—	—	—	—	—	—	—

\* In questo lavoro gli interi generi di Efemerotteri: Baëtis, Caenis e Procloëon sono stati computati tra i Tricotteri. (GHETTI P.F., 1982, comunicazione personale).

**TAB. III - CLASSI DI QUALITÀ**

Indice Biotico (EBI)	Classe di qualità (C.Q.)	Giudizio	Colore convenzionale
10 o+	1 <sup>a</sup>	Non inquinato	Azzurro
8 — 9	2 <sup>a</sup>	Leggermente inquinato	Verde
6 — 7	3 <sup>a</sup>	Inquinato	Giallo
4 — 5	4 <sup>a</sup>	Nettamente inquinato	Arancio
0 — 3	5 <sup>a</sup>	Fortemente inquinato	Rosso

fiume rappresentativo per natura del substrato, caratteristiche idrodinamiche e distribuzione e tipologia degli scarichi, gli organismi catturati con un retino vengono classificati e in base al numero e al tipo di Unità Sistematiche riscontrate (Vedi tab. I) si calcola l'EXTENDED BIOTIC INDEX (EBI vedi tab. II).

I risultati vengono espressi in 5 Classi di Qualità (C.Q. vedi tab. III) di cui la 1<sup>a</sup> C.Q. indica un ambiente non inquinato e la 5<sup>a</sup> C.Q. un ambiente fortemente inquinato. Poichè ad ogni C.Q. è associato un colore convenzionale, anche un lungo e complesso lavoro tecnico può essere riassunto in una mappa a colori del reticolo idrografico, visualizzando i risultati in una forma immediatamente comprensibile anche ai non esperti. Queste mappe a colori (vedi carta a fine volume) sono per tutti un concreto strumento di conoscenza e possono divenire per gli amministratori pubblici preziosi strumenti di diagnosi, di controllo e di pianificazione degli interventi di risanamento.

È importante sottolineare che questo approccio biologico allo studio della qualità ambientale rappresenta un grande progresso culturale, prima ancora che tecnico, poichè indaga direttamente sulle comunità biologiche e sui reali processi naturali che si svolgono nei corsi d'acqua.

Tra i vari metodi biologici, abbiamo scelto di usare i macroinvertebrati come indicatori della qualità ambientale, in quanto:

- comprendono organismi con una grande diversità di esigenze ecologiche e permettono pertanto una vasta scelta di specie indicatrici;
- per la loro bassa mobilità non hanno la possibilità di sottrarsi all'azione degli inquinanti (a differenza ad esempio dei pesci). Il loro studio è quindi come un «esperimento in natura» in cui la scomparsa di alcune specie e la comparsa di altre rappresenta una risposta fedele alle mutate condizioni ambientali;
- per la complessa interdipendenza esistente tra le varie specie (reti trofiche, competizione per le nicchie ecologiche etc.) gli effetti su una di esse si ripercuotono anche sulle altre, alterando la struttura di tutta la comunità che risponde quindi ad ogni tipo di inquinamento, riflettendo l'effetto cumulativo dei vari fattori inquinanti.

È necessario però sottolineare che il metodo biologico di valutazione della qualità dei corsi d'acqua non è in concorrenza nè sostitutivo del metodo chimico. Schematizzando, possiamo dire che il metodo chimico individua le cause dell'inquinamento, quantificando il CARICO INQUINANTE, ma non è in grado di valutarne gli effetti, mentre il metodo biologico valuta l'IMPATTO AMBIENTALE, cioè gli effetti che gli inquinanti, indipendentemente dalla loro natura e concentrazione, determinano sull'ecosistema acquatico. In particolare, il metodo chimico è più sensibile e permette di stimare, purchè correttamente applicato, variazioni anche minime degli apporti inquinanti mentre il metodo biologico fornisce i risultati finali in una scala ad intervalli (5 classi di qualità).

L'approccio chimico fornisce dei valori «istantanei» e può permettere, con determinazioni intervallate, di valutare le variazioni dell'inquinamento nell'arco della giornata, anche se proprio per il suo carattere istantaneo, riesce difficilmente

a cogliere l'esistenza di scarichi intermittenti o saltuari (ad esempio notturni). Poichè invece le comunità di macroinvertebrati vivono in permanenza nel corso d'acqua, il metodo biologico fornisce una risposta «integrata» nel tempo (valuta cioè le condizioni medie), funzionando come un «nastro registratore» delle variazioni ambientali. Uno scarico tossico anche saltuario ad esempio, modificando la struttura della comunità dei macroinvertebrati, lascia una «cicatrice biologica», una traccia che pertanto può essere individuata anche dopo una o più settimane.

Da queste note appare evidente come i due metodi (chimico e biologico) forniscano informazioni complementari e come una loro utilizzazione integrata può essere uno strumento di estrema utilità per la conoscenza del reale stato di salute dei corsi d'acqua.

È con questo spirito e con questa metodologia che abbiamo affrontato lo studio della qualità di quei corsi d'acqua della nostra provincia interessati da scarichi prodotti dalla lavorazione del marmo.

## CONTRIBUTO DEI MACROINVERTEBRATI NEL PROCESSO AUTODEPURANTE DEI CORSI D'ACQUA

Il fiume non può essere considerato un ecosistema a sè, ma va visto come una componente del suo bacino idrografico, del quale rappresenta la via principale di trasferimento di materia ed energia.

Ciò è vero non solo nel caso di un bacino antropizzato, in cui i residui delle attività umane riversati nel suolo, nelle acque e nell'atmosfera finiscono prima o poi per raggiungere il fiume, ma anche per i bacini in condizioni naturali poichè le comunità dei corsi d'acqua dipendono per il rifornimento alimentare da tutto il territorio drenato.

I corsi d'acqua hanno in verità anch'essi produttori propri (\*), come le alghe, i muschi acquatici, le piante acquatiche, (alcuni esempi di produttori sono riportati nelle foto 3, 5, 6); tuttavia questi produttori bentonici, cioè fissati al substrato, sono insufficienti per mantenere la gran quantità di consumatori presenti nel corso d'acqua (\*\*).

Infatti la base alimentare che sostiene tutte le comunità animali viventi nei corsi d'acqua è rappresentata principalmente dai frammenti vegetali che vi cadono direttamente o che vi sono condotti, in vari stati di degradazione, dall'azione dilavante delle acque piovane.

Di importanza generalmente secondaria, ma non trascurabile, sono pure le spoglie degli animali terrestri e i loro escrementi, anch'essi trasportati dalle piogge; infine nei bacini antropizzati, si aggiunge l'apporto organico costituito dai residui delle attività umane.

Per questo motivo, la maggior parte dei macroinvertebrati delle acque correnti è formata da detritivori (trituratoro, filtratori, limivori: vedi ad esempio foto 22, 27, 36, 38), a loro volta preda dei carnivori (foto 16, 23, 24, 39) e dei pesci.

È noto che i batteri (foto 8) e i funghi microscopici svolgono un ruolo essenziale nel processo di autodepurazione che si verifica nei corsi d'acqua. La sostanza organica viene demolita e trasformata in anidride carbonica, sali minerali e nuova biomassa microbica che sarà a sua volta cibo per filtratori e detritivori (di cui altri esempi, scelti tra gli invertebrati microscopici, sono visibili nelle foto 10, 11, 12, 14).

Per questo loro ruolo, funghi e batteri sono stati tradizionalmente considerati i soli organismi decompositori con un ruolo ecologico ben distinto da quello degli animali, macroinvertebrati acquatici compresi, che venivano tradizionalmente

---

(\*) In un ecosistema come uno stagno o una foresta gli organismi si suddividono dal punto di vista funzionale in: PRODUTTORI (vegetali) che assorbono i nutrienti minerali dall'acqua o dal terreno, l'anidride carbonica dall'acqua o dall'atmosfera e, utilizzando la luce solare, producono sostanza organica; questa rappresenta la fonte alimentare per i CONSUMATORI primari e secondari (animali erbivori e carnivori); i DECOMPOSITORI (batteri e funghi) provvedono a mineralizzare i rifiuti e le spoglie vegetali e animali, producendo sostanze nutrienti che, assimilate dai vegetali, permettono di chiudere il cerchio e di perpetuare la vita dell'ecosistema.

(\*\*) I produttori planctonici (le alghe microscopiche che vivono sospese nell'acqua: vedi ad esempio foto 4 e 7) sono quasi assenti nei corsi d'acqua perchè la corrente, trascinandoli continuamente a valle, ne rende impossibile la vita.

## ALCUNI VEGETALI MICROSCOPICI ACQUATICI

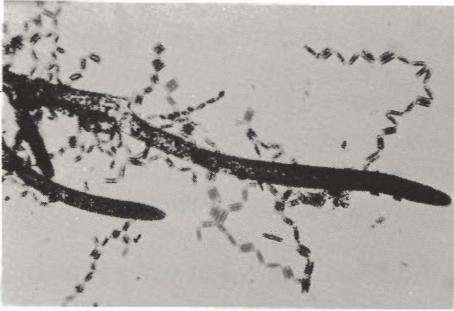


Foto 3: catenelle di diatomee *Diatoma* sull'alga verde filamentosa *Cladophora* (ord. Siphonocladales). 50 x



Foto 4: *Closterium*, un'elegante alga verde unicellulare planctonica (ord. Desmidiiales). 250 x

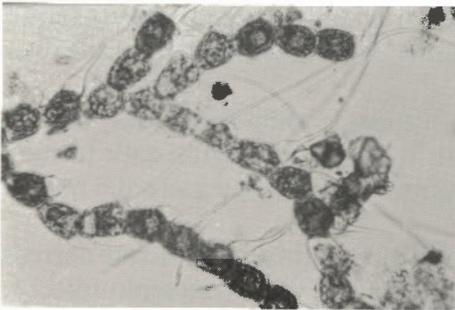


Foto 5: ciuffo di alga verde bentonica (*Aphanochaeta*, ord. Chaetophorales) con peli unicellulari e bulbosi alla base. 240 x

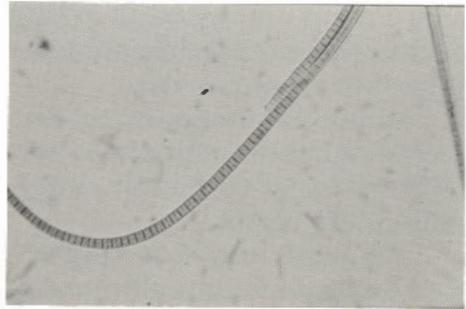


Foto 6: *Oscillatoria*, alga azzurra filamentosa che scivola sul substrato proliferando in acque inquinate. 200 x

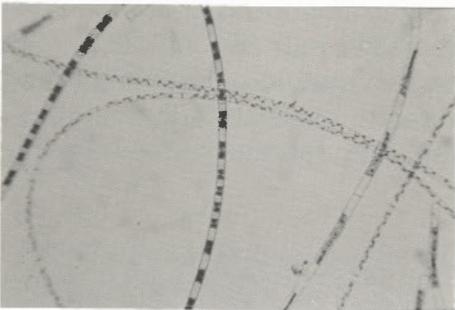


Foto 7: alghe verdi filamentose (ord. Zygnematales): *Zygnema* con due plastidi stellati per cellula e due specie diverse di *Spirogyra* con i caratteristici plastidi nastriformi spiralati. 50 x



Foto 8: nei corsi d'acqua vivono batteri che hanno grande importanza nel processo di autodepurazione. 480 x

## ALCUNI PROTOZOI E MICROINVERTEBRATI ACQUATICI

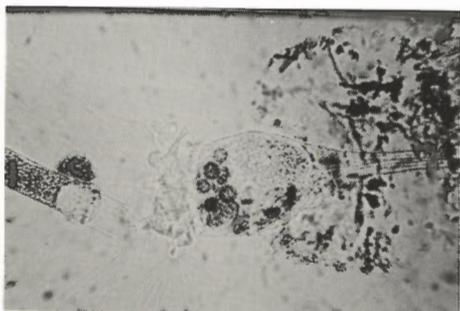


Foto 9: il rotifero sessile *Collotheca*, provvisto di lunghi ciuffi di setole, ha ingerito alghe unicellulari. 210 x



Foto 10: elegante colonia di *Carchesium*, ciliato peritrico che si nutre di batteri e di particelle organiche sospese. 50 x

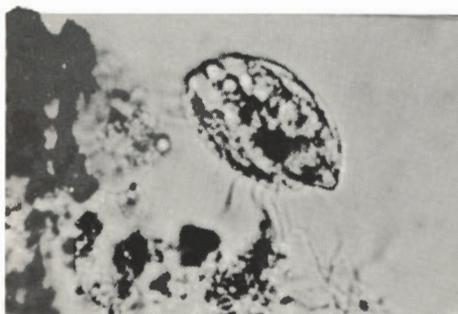


Foto 11: *Aspidisca*, ciliato ipotrico detritivoro, cammina sul substrato usando i cirri ventrali. 600 x

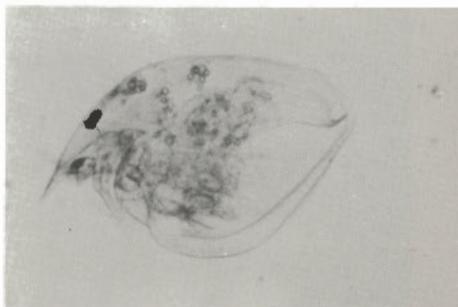


Foto 12: *Simocephalus*, crostaceo cladocero, si nutre di batteri e di detriti organici. 100 x

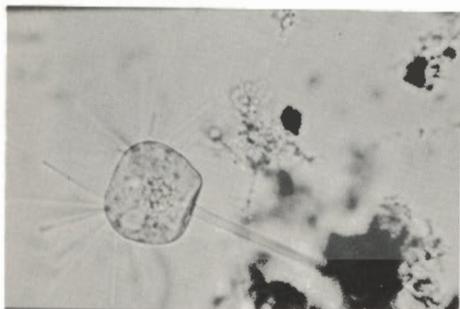


Foto 13: un Suctorio, protozoo peduncolato sessile con numerosi tentacoli aspiranti, predatore di ciliati. 450 x



Foto 14: due individui di *Cothurnia*, ciliato peritrico sospensivoro, alloggiati in una lorica comune, fissata ad un'alga. 420 x

considerati dei puri consumatori (\*).

In realtà, come la ricerca ecologica sta mettendo in sempre maggior risalto, anche gli animali rivestono una notevole importanza nella decomposizione dei materiali organici (in alcuni ecosistemi addirittura superiore a quella di funghi e batteri) tanto che, invece di consumatori e decompositori, si preferisce oggi parlare di fagotrofi e saprotrofi considerando la decomposizione un processo che implica l'azione di entrambi e, in aggiunta anche di fenomeni abiotici (ODUM, 1973).

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

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

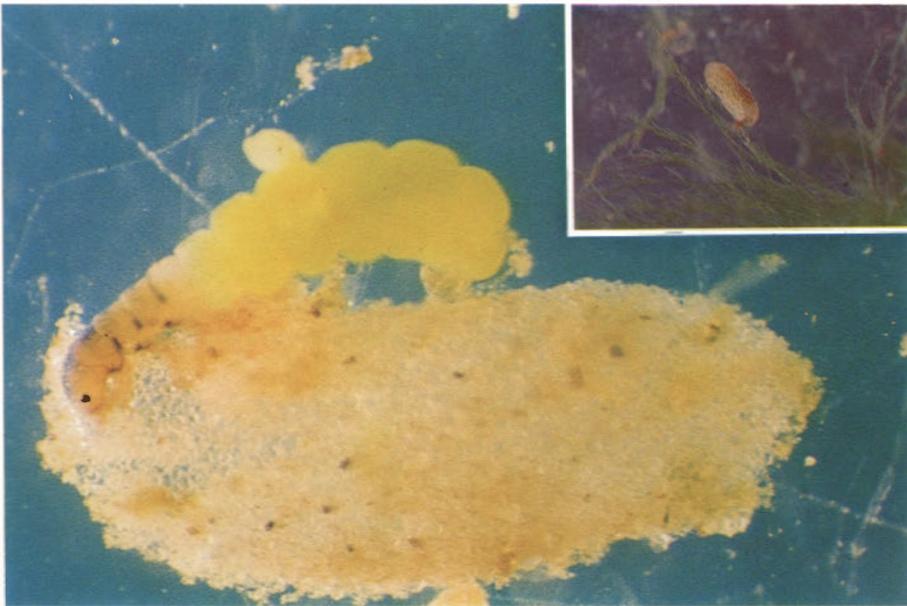


Foto 15: lunga pochi millimetri, la larva dei tricoteri Hydroptilidi costruisce un astuccio di seta impregnato con fini particelle minerali. Predilige punti con corrente moderata e si nutre succhiando il contenuto cellulare di alghe filamentose e di altri teneri vegetali. Nel riquadro altro Hydroptilide su un ciuffo di Cladophora, alga verde filamentosa. (Carrione, staz. 1) Foto grande 20 x, Riquadro 3 x

(\*) Ad esempio, anche i macroinvertebrati carnivori contribuiscono al processo autodepurante dei corsi d'acqua, sia pure con un'efficienza sensibilmente ridotta rispetto ai batteri, ai funghi ed ai macroinvertebrati detritivori.

Ma accennato così, sia pure sommariamente, alle basi ecologiche che giustificano l'inserimento a pieno titolo dei macroinvertebrati tra gli organismi che conferiscono il potere autodepuratore ai corsi d'acqua, è doveroso ricordare che il loro ruolo non si esaurisce qui.

Alcuni macroinvertebrati svolgono il loro intero ciclo vitale nei corsi d'acqua, ma la maggior parte di essi è costituita da larve di insetti che, da adulti, sfarfallano e conducono vita terrestre. I macroinvertebrati erbivori e detritivori sono preda di quelli carnivori e, tutti insieme, rappresentano, sia allo stato larvale che adulto, una notevole riserva alimentare sia per i vertebrati acquatici (ad esempio i pesci) che per quelli terrestri (ad esempio gli uccelli).

Traendo spunto da questa considerazione ci piace evidenziare un aspetto particolare degli scambi tra il corso d'acqua e il bacino in cui è inserito. Il fiume infatti può essere considerato una macchina formidabile che riceve dal bacino materia ed energia sotto forma di detriti ed escrementi e ne restituisce una parte sotto forma di delicati e variopinti insetti (Libellule, Efemere, Perle etc.) che contribuiscono a rendere così affascinanti le nostre passeggiate sulle rive dei corsi di acqua (\*).



Foto 16:terribile predatrice come tutti gli Odonati, questa ninfa di *Cordulegaster annulatus* (libellula) ha appena catturato una sanguisuga (*Helobdella stagnalis*) e si accinge a divorarla. Solitamente infossate nel fango da cui emerge solo parte del capo, le larve di libellule attendono immobili il passaggio della preda che catturano lanciando fulmineamente in avanti la «maschera», cioè il labbro inferiore molto lungo, articolato e dotato di due potenti pinze dentate. Nei corsi d'acqua prediligono i punti più calmi e con vegetazione sommersa; tollerano modesti inquinamenti. (Parmignola, staz. 1). 1,5 x

(\*) Un'altra parte dell'energia è restituita sotto forma di anidride carbonica, prodotta dalla respirazione degli organismi acquatici, che torna all'atmosfera, dove è utilizzata dalle piante per la loro crescita; una ultima parte, sotto forma di sali minerali, si inserisce nelle catene alimentari marine e, infine, attraverso il grande ciclo biogeochimico della materia, tornerà dopo milioni di anni a costituire nuove terre emerse, con nuovi corsi d'acqua e nuovi bacini.

Resta infine da ricordare che gli attuali popolamenti fluviali animali e vegetali sono il risultato di milioni di anni di selezione naturale e rappresentano la miglior risposta della natura al problema di demolire i resti organici provenienti da tutto il bacino idrografico.

Poichè questo carico organico subisce fluttuazioni, anche sensibili, da una stagione all'altra e da un anno all'altro, le comunità di organismi che contribuiscono alla sua demolizione si sono adattate a queste condizioni dotandosi, come struttura d'insieme, di una flessibilità che permette loro di affrontare le discontinuità del carico naturale.

È chiaro però che l'immissione di sostanze «sconosciute» agli organismi acquatici (quali sono molte sostanze chimiche di sintesi) o di quantità abnormi di sostanze naturali (quali liquami fognari o materiali particolati) pone brutalmente gli organismi di fronte a condizioni che vanno ben al di là delle normali fluttuazioni naturali e non può pertanto non sconvolgere quei delicati equilibri che hanno richiesto milioni di anni di «collaudo» per adattarsi al loro naturale ruolo ecologico.

L'inquinamento determina in questo modo la scomparsa delle specie più sensibili che, ripercuotendosi sull'intera comunità degli organismi acquatici, ne modifica la struttura (\*).

La conseguenza è un impoverimento qualitativo e quantitativo dei popolamenti acquatici che, perdurando, conduce al tracollo biologico e alla perdita totale del potere autodepurante. Privato di tale essenziale capacità il fiume è declassato a collettore passivo che trasporta inalterato il suo carico inquinante.

---

(\*) Per inciso, è proprio questo effetto che nel presente lavoro è sfruttato a scopo diagnostico: si valutano il grado di inquinamento e la qualità ambientale sulla base della struttura delle comunità dei macroinvertebrati.

# TORRENTE PARMIGNOLA

## CENNI SULLA GEOMORFOLOGIA E IDROLOGIA

Il Parmignola è un modesto torrente, lungo 10 km e il cui bacino (12 kmq.) è in gran parte situato nella confinante regione Liguria (vedi cartina a fine capitolo).

Partendo da ovest, lo spartiacque sale per un allineamento di colline fino al monte Bastione (698 m.); qui forma uno stretto arco passante per il monte Pizzacuto (826 m.) e La Maestà (750 m.) e scende sul lato est per Castelpoggio (500 m.), e La Bandita (574 m.), da dove, per alture minori, arriva ai piedi di Nicola.

L'area a monte di Casano è costituita da rocce limitatamente permeabili per fessurazione (macigno: bancate arenacee con intercalazioni siltitiche e argillitiche) che rappresentano l'unico «volano idrico» del bacino, assorbendo e rilasciando poi gradualmente le acque piovane (fig. 2, area color rosso).

A valle di Casano, dopo un brevissimo tratto di meno di un km percorso su rocce impermeabili (marne e calcari marnosi), il Parmignola scorre per i restanti 5 km su terreni permeabili per porosità costituiti da antichi depositi alluvionali terrazzati, cui seguono depositi alluvionali recenti, e infine, le dune sabbiose costiere.

Nei mesi più asciutti, le scarse acque provenienti da monte, raggiunti i depositi alluvionali (area viola in fig. 2), si infiltrano nel subalveo per cui l'ultimo tratto va in secca, salvo il tratto che riceve gli scarichi idrici delle segherie (che in gran parte pompano acqua dalla falda) e le acque del Canale Lunense che eccedono altri utilizzi industriali e irrigui.

Pur non essendo disponibili serie storiche di dati, la portata media pare decisamente modesta; ciò nonostante, come vedremo più avanti, il valore paesaggistico e ancor più la qualità biologica e ambientale del tratto montano del Parmignola sono veramente notevoli.

## SCELTA DELLE STAZIONI DI CAMPIONAMENTO

Il Parmignola è interessato a due soli tipi di inquinanti (scarichi fognari e scarichi della lavorazione di marmi e graniti) che sono spazialmente ben differenziati. Lungo il suo corso sono infatti distinguibili tre tratti fondamentali (fig. 4). Il primo tratto, montano, che dalle sorgenti di Castelpoggio e monte Bastione, arriva fino a Casano alto, è caratterizzato dall'assenza di fonti d'inquinamento, tanto che direttamente dalle sue acque superficiali, che richiedono un semplice trattamento di potabilizzazione (essenzialmente di filtraggio dei solidi sospesi e lieve clorazione), viene attinto il fabbisogno idrico dell'acquedotto comunale di Ortonovo.

Il tratto successivo, che da Casano alto arriva fino in prossimità della statale Aurelia a monte delle prime segherie, è interessato da inquinamento di solo tipo domestico, raccogliendo parte degli scarichi di Ortonovo, Casano, Nicola, Isola e Dogana.

L'ultimo tratto, infine, è caratterizzato dall'assenza di agglomerati abitativi e dalla presenza di 5 laboratori e 15 segherie di marmo e granito, posti a ridosso della via Aurelia.



Foto 17: Parmignola, stazione 1. La varietà di microhabitat con cascatelle, pozze, roccia in posto, massi e pietrisco, assieme alla presenza di muschi ed alla copertura arborea delle rive, concorrono a conferire a questo tratto, oltre che un elevato valore paesaggistico, anche una notevole qualità biologica delle acque.



Foto 18: larva di Tricottero Goeride, indicatore di buona qualità dell'acqua, mentre cerca di rientrare nel suo astuccio, dal quale è stata scacciata punzecchiandola delicatamente con uno spillo. Per sfuggire ai predatori si costruisce un astuccio cilindrico di granelli di sabbia (in alto visibile l'apertura) che zavorra poi lateralmente con sassolini più pesanti per impedire che la corrente ne provochi il rotolamento. Le larve si nutrono raschiando la sottile patina biologica aderente al substrato; gli adulti conducono vita aerea e somigliano a farfalline con le ali pelose. (Parmignola, staz. 1) 12 x

Il Parmignola è stato il primo corso d'acqua da noi studiato. I risultati furono resi pubblici nella tarda primavera dell'82. Successivamente vi è stato il deciso intervento della pretura di Sarzana che, in attuazione della legislazione sugli scarichi idrici ha costretto le segherie presenti lungo il torrente a non riversarvi più i residui della lavorazione dei materiali lapidei.

La nostra successiva indagine sul Parmignola, effettuata nella primavera dell'83, a circa 6 mesi dall'interruzione degli scarichi di marmettola, fornisce un'ottima occasione per valutare le capacità di recupero del torrente permettendo un'ulteriore verifica del reale impatto della polvere di marmo che, nelle conclusioni formulate l'anno prima, veniva indicata come la causa del collasso biologico dell'ultimo tratto del torrente.

In base alla localizzazione degli scarichi fognari e industriali sono state fissate quattro stazioni di campionamento (fig. 4) a cui abbiamo fatto riferimento nei prelievi attuati nell'82 e nell'83.

**STAZIONE 1:** a monte di Casano alto (foto 17).

Il torrente, che scorre in una valle con rigogliosi castagneti, presenta acque limpide, bassa profondità, elevata velocità e frequenti cascatelle. Il fondale è costituito da roccia in posto e da grossi massi ricoperti di muschi e, nei tratti a minor velocità di corrente, da pietrisco, ghiaia e sabbia.

**STAZIONE 2:** immediatamente a monte del ponte S. Martino.

Anche in questa stazione si evidenziano diversi microambienti. Sul letto prevalentemente roccioso sono insediati abbondanti cuscinetti di muschi; sono presenti zone a ghiaia e pietrisco con rari banchi di sabbia. L'alveo, rispetto alla stazione precedente, si restringe, conferendo all'acqua una maggiore profondità. L'elevata pendenza e le numerose cascatelle favoriscono la turbolenza e l'ossigenazione dell'acqua, molto limpida.

**STAZIONE 3:** 800 metri a monte della Statale Aurelia.

In questa stazione l'alveo si allarga notevolmente, mentre diminuiscono la pendenza, la velocità e profondità dell'acqua. Il fondo è costituito prevalentemente da pietrisco e ghiaia, in parte ricoperto da alghe filamentose. In prossimità delle rive sono presenti zone di ristagno mentre, nel mezzo dell'alveo, erano presenti nell'82 affioramenti di vegetazione erbacea, assenti invece nell'83. L'acqua presenta un lieve intorbimento flocculento attribuibile a scarichi civili.

**STAZIONE 4:** immediatamente a valle del viadotto dell'autostrada.

L'alveo, delimitato da argini artificiali sopraelevati, è piuttosto stretto per cui l'acqua acquista una discreta velocità e profondità. Gli argini sono interamente ricoperti da canne, robinie e rovi. La trasparenza dell'acqua e la natura del fondo presentano notevoli differenze nei prelievi eseguiti negli anni 82 e 83. Infatti, mentre nell'82 l'acqua era fortemente lattescente ed il fondo uniformemente melmoso, nell'83, in assenza di scarichi di segherie, l'acqua è solo leggermente opalescente ed il fondo duro e scabroso.

## ANALISI DEI RISULTATI

Per quanto riguarda i parametri chimici e fisici delle prime due stazioni non emergono sostanziali differenze nel raffronto tra i risultati ottenuti nella primavera dell'82 e in quella successiva (tab. IV). In entrambe le stazioni la quantità di ossigeno disciolto è molto elevata, i solidi sedimentabili e totali sono presenti sui livelli naturali di tracce, BOD<sub>5</sub> e COD sono molto bassi, fosfati e ammoniaca sono praticamente assenti. Tutti questi valori indicano un'eccellente qualità dell'acqua, confermata anche dalla ricchezza in macroinvertebrati riscontrata nelle due stazioni che risultano di 1<sup>a</sup> C.Q. (tab. V).

In particolare si nota la presenza di diversi Plecotteri (Dinocras, Protonemura, Amphinemura, Leuctra, Isoperla) e sono pure ben rappresentati gli Efemerotteri e i Tricotteri. Questi popolamenti testimoniano altresì la presenza di numerosi microambienti in grado di sostenere una comunità diversificata e ben equilibrata nelle sue componenti trofiche. Si ritrovano infatti organismi adattati allo sfruttamento di tutte le risorse alimentari, quali trituratori, filtratori, limivori e predatori, testimonianza di reti alimentari altamente complesse che conferiscono un alto valore ecologico e un'elevata stabilità a questo ecosistema.

Nella stazione 3 si osservava nell'82 un calo di qualità imputabile agli scarichi fognari. BOD<sub>5</sub> e COD, indici del carico organico, avevano valori di 4,7 e 12 mg/l ed erano presenti ammoniaca e tracce di tensioattivi. I macroinvertebrati scendevano a 17 U.S. con la scomparsa di tutti i Plecotteri, mentre degli Efemerotteri restavano solo Ephemerella, abbastanza tollerante, e Baëtis che è il genere più resistente. Nell'insieme, la struttura della comunità era sbilanciata a favore degli organismi limnofili (molluschi, ditteri, oligocheti, irudinei, crostacei). La classe di qualità scendeva di una unità (2<sup>o</sup> C.Q.). Nella primavera 83, invece, si osserva un sensibile miglioramento sia per i dati chimici (BOD<sub>5</sub> e COD scendono a 3,2 e 4,2) che per quelli biologici. Ricompaiono infatti 3 generi di Plecotteri e 5 di Efemerotteri, le U.S. salgono a 29 e la classe di qualità passa alla 1<sup>a</sup>. Tale miglioramento è da attribuire alla ripulitura dell'alveo effettuata nell'estate 82 e all'aumentata portata della primavera 83 che, impedendo la formazione di zone di ristagno, hanno ristabilito un ambiente più adatto alla colonizzazione da parte di organismi reofili, adattati cioè a maggiore velocità di corrente.

Comunque i maggiori cambiamenti venuti in evidenza nei due campionamenti riguardano la stazione 4. Infatti mentre l'ossigeno disciolto, il BOD<sub>5</sub>, il COD e altri parametri chimici restano molto simili nei due anni successivi, i solidi sedimentabili scendono da 1 a 0,1 ml/l e i solidi totali da 175 a 38,6 mg/l.

Questo drastico ridimensionamento dei solidi sospesi è dovuto al divieto imposto dalla Pretura di Sarzana alle segherie di scaricare i loro residui di lavorazione del marmo direttamente nel torrente, in seguito al quale le aziende si sono dotate di impianti di depurazione.

Gli effetti benefici di questa nuova situazione hanno modificato completamente sia la qualità dell'acqua che la tipologia del substrato.

In questo tratto il Parmignola, nella primavera 82, toccava valori prossimi al

collasso biologico (4° C.Q.) riuscendo a sostenere una comunità macrobentonica estremamente povera e semplificata, non solo per la torbidità dell'acqua, ma soprattutto per la scarsità di nicchie ecologiche determinata dall'uniformità del fondo completamente ricoperto da fanghiglia di segazione (\*).

Scomparsi infatti tutti gli organismi più esigenti, restavano soltanto 5 U.S., appartenenti ai gruppi più resistenti all'inquinamento. Nella primavera 83 invece l'acqua era opalescente mentre il fondo, in seguito alle piene dell'autunno-inverno 82-83 che avevano asportato lo strato melmoso, si presentava più compatto e costituito da massi e pietrisco cementati dai fanghi della lavorazione del marmo e granito. Sono ricomparsi alcuni generi di Efemerotteri, uno di Plecotteri e due famiglie di Tricotteri. Complessivamente sono state individuate 18 U.S. e la qualità ambientale da nettamente inquinata nell'82, diviene ora leggermente inquinata (2° C.Q.).

Il confronto tra le due mappe di qualità relative all'82 e all'83 (pag. 44 bis e ter) visualizza con immediatezza il miglioramento della situazione attraverso i colori convenzionali che designano la qualità dell'acqua.

Questo netto miglioramento, pur segnato dal permanere di una «cicatrice biologica», testimonianza dei danni precedenti, dimostra la possibilità di recupero dei corsi d'acqua indicando anche, per analoghe situazioni, la praticabilità di interventi di risanamento. Asportando lo strato cementato che ricopre il fondo dell'ultimo tratto del torrente e riconferendogli la sua tipologia naturale, il Parmignola potrà recuperare in breve tempo la 1° C.Q. e rappresentare un modello di intervento da imitare per gli altri corsi d'acqua del litorale apuano.

---

(\*) Per i danni causati dall'uniformità del fondo si rimanda alle pag. 79 e seguenti.

**TAB. IV - TORRENTE PARMIGNOLA: ANALISI CHIMICHE E FISICHE**

STAZIONE	PRIMAVERA 1982				PRIMAVERA 1983 <sup>(a)</sup>			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Colore	incolore	incolore	incolore	incolore	incolore	incolore	incolore	incolore
Limpidezza	quasi limpida	quasi limpida	opalescente	torbida	limpida	quasi limpida	quasi limpida	opalescente
Odore	inodore	inodore	inodore	sui generis	inodore	inodore	inodore	inodore
pH	7,47	7,90	8,80	8,65	8,20	8,21	8,25	8,61
Temperatura °C	—	—	—	—	10,5	11,0	12,0	12,5
Saturazione %	—	—	—	—	105,3	112,5	122,9	117,7
Ossigeno disciolto								
O <sub>2</sub> mg/l	17,41	13,41	17,87	12,38	11,79	12,49	13,27	12,59
BOD <sub>5</sub> mg/l	0,94	1,6	4,7	3,6	0,7	1,7	3,2	2,5
COD mg/l	4,1	4,0	12,0	8,1	1,2	2,5	4,2	4,7
Azoto ammoniacale								
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg/l	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Azoto nitroso								
N mg/l	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,016	0,078	0,032
Azoto nitrico								
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l	—	—	—	—	2,0	2,8	5,0	4,4
Fosfati totali								
P mg/l	0,000	Tracce	0,025	Tracce	0,000	0,013	0,042	0,037
Alcalinità totale								
CaCO <sub>3</sub> mg/l	—	—	—	—	82	105	125	135
Cloruri								
Cl <sup>-</sup> mg/l	—	—	—	—	17,0	18,2	21,1	22,3
Solfuri H <sub>2</sub> S mg/l	—	—	—	—	0,00	0,00	0,00	0,00
Solidi sedimentabili								
2h ml/l	0,0	Tracce	0,1	1,0	0,0	Tracce	Tracce	0,1
Solidi sospesi totali								
mg/l	Tracce	4,6	27,5	175	Tracce	4,0	6,5	38,6
MBAS mg/l	0,00	Tracce	Tracce	—	0,00	0,00	0,01	0,00
Durezza tot. °F	—	—	—	—	8,6	11,8	13,8	15,1
Ferro Fe mg/l	—	—	—	—	0,00	0,00	0,00	0,00
Piombo Pb mg/l	—	—	—	—	0,00	0,00	0,00	0,00
Zinco Zn mg/l	—	—	—	—	0,00	0,00	0,00	0,00

(a) Medie dei campionamenti del 23/3/83 e del 11/4/83.

**TAB. V - TORRENTE PARMIGNOLA: RISULTATI DEI CAMPIONAMENTI BIOLOGICI**

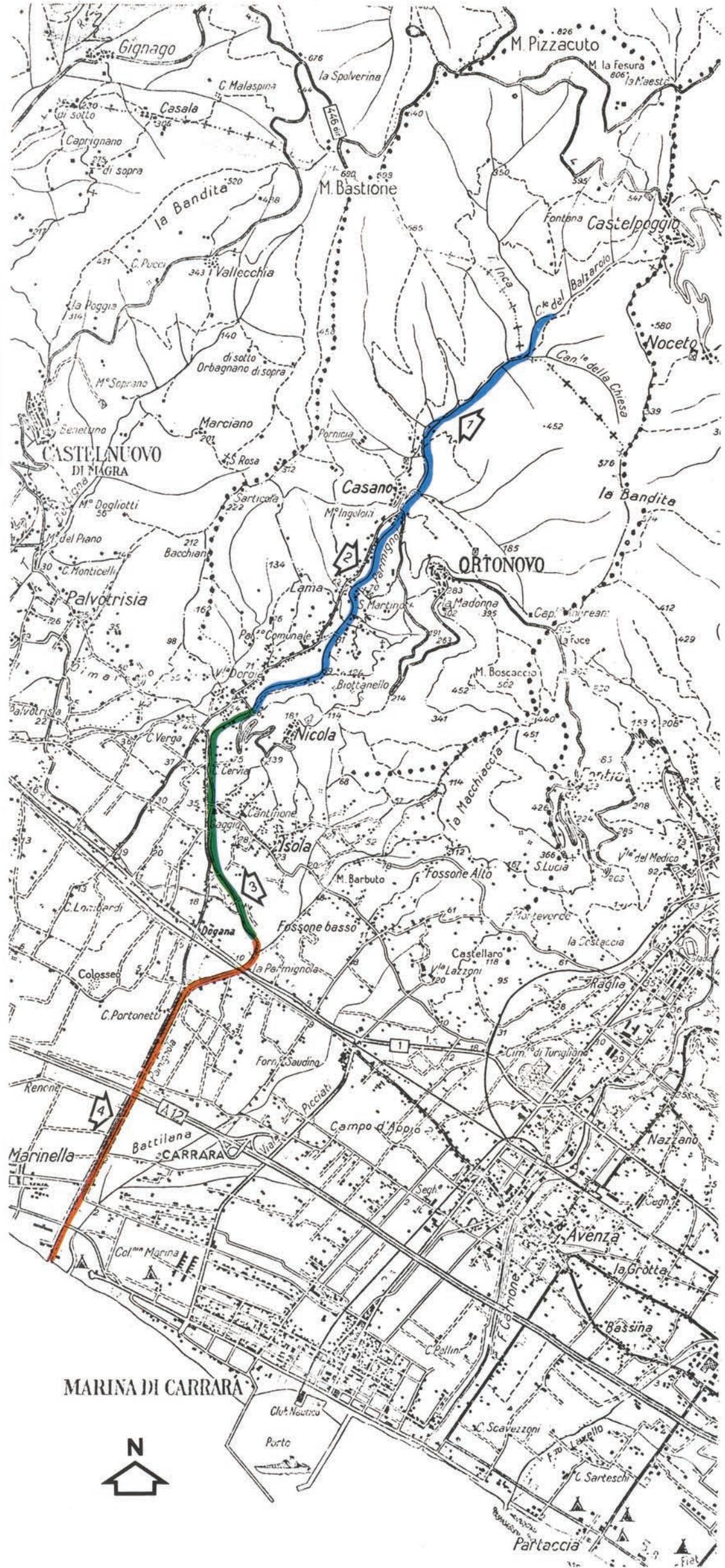
STAZIONE	PRIMAVERA 1982				PRIMAVERA 1983			
	1	2	3	4	1	2	3	4
PLECOTTERI (genere)	Dinocras Protonemura Amphinemura Leuctra Isoperla	Isoperla			Dinocras Protonemura Amphinemura Leuctra	Dinocras Protonemura Amphinemura Isoperla	Brachyptera Protonemura Isoperla	Nemoura
EFEMEROTTERI (genere)	Habrophlebia Ephemera Ephemerella Baëtis Centroptilum Ecdyonurus Epeorus	Paraleptophlebia Ephemera Ephemerella Baëtis Caenis Epeorus	Ephemerella Baëtis	Baëtis	Habrophlebia Ephemera Ephemerella Baëtis Ecdyonurus Epeorus	Habrophlebia Ephemera Ephemerella Baëtis Ecdyonurus Epeorus Caenis	Habrophlebia Ephemerella Baëtis Ecdyonurus Caenis	Ephemerella Baëtis Ecdyonurus Caenis
TRICOTTERI (famiglia)	Hydropsychidae Glossosomatidae Sericostrimatidae Odontoceridae Rhyacophilidae Goeridae Limnephilidae	Hydropsychidae Sericostrimatidae Rhyacophilidae Goeridae Limnephilidae Polycentropodidae			Hydropsychidae Glossosomatidae Sericostrimatidae Odontoceridae Goeridae Limnephilidae Hydroptilidae Rhyacophilidae	Hydropsychidae Glossosomatidae Sericostrimatidae Odontoceridae Goeridae Limnephilidae Hydroptilidae Philopotamidae Rhyacophilidae	Hydropsychidae Glossosomatidae Sericostrimatidae Polycentropodidae	Hydropsychidae Rhyacophilidae
COLEOTTERI (famiglia)	Hydraenidae Dryopidae Elminthidae Helodidae	Elminthidae	Dytiscidae Haliplidae		Hydraenidae Dryopidae Elminthidae Helodidae Dytiscidae	Hydraenidae Elminthidae	Eubriidae Dryopidae Haliplidae Dytiscidae	Elminthidae
ODONATI (genere)	Cordulegaster Agrion				Cordulegaster Calopterix	Cordulegaster Calopterix	Somatochlora Platycnemis	Orthetrum Platycnemis
DITTERI (famiglia)	Chironomidae Tipulidae Athericidae Simuliidae Blephariceridae	Chironomidae Athericidae Tabanidae	Chironomidae Simuliidae Tipulidae Ceratopogonidae Psychodidae	Chironomidae Ceratopogonidae Empididae	Chironomidae Tipulidae Athericidae Simuliidae Ceratopogonidae	Chironomidae Athericidae Simuliidae Stratiomyidae Psychodidae	Chironomidae Tabanidae Simuliidae Empididae	Chironomidae Ceratopogonidae Stratiomyidae
EMITTERI (genere)	Gerris	Gerris	Hydrometra		Gerris	Gerris	Hydrometra	Gerris
CROSTACEI (famiglia)	Gammaridae	Asellidae	Asellidae		Gammaridae	Gammaridae	Asellidae	Asellidae
MOLLUSCHI (genere)	Ancylus	Ancylus Pisidium (?)	Lymnaea Physa		Ancylus	Ancylus Physa	Lymnaea Physa	
TRICLADI (genere)	Dugesia Phagocata		Polycelis		Dugesia			
IRUDINEI (genere)		Dina	Dina		Dina		Dina	Helobdella
OLIGOCHETI (famiglia)	Lumbricidae Lumbriculidae Enchytraeidae	Lumbricidae Lumbriculidae Naididae	Lumbricidae Naididae	Naididae	Lumbricidae Lumbriculidae Naididae	Naididae	Lumbricidae Naididae	Naididae Tubificidae
<b>Tot. Unità Sistem. EBI Classe Qualità Giudizio</b>	<b>38 14 1<sup>a</sup> Non inquinato</b>	<b>25 10 1<sup>a</sup> Non inquinato</b>	<b>17 8 2<sup>a</sup> Leggermente inquinato</b>	<b>5 4 4<sup>a</sup> Nettamente inquinato</b>	<b>38 14 1<sup>a</sup> Non inquinato</b>	<b>34 13 1<sup>a</sup> Non inquinato</b>	<b>29 12 1<sup>a</sup> Non inquinato</b>	<b>18 9 2<sup>a</sup> Leggermente inquinato</b>



Foto 19: larva di Ephemera nel torrente Parmignola (staz. 1) mentre inizia a scavare nella sabbia la galleria ad U dalla quale uscirà solo di notte per nuotare attivamente. Visibili sul dorso le branchie piumose la cui ondulazione, provocando una continua corrente d'acqua, garantisce il rifornimento di ossigeno e asporta i detriti dalla galleria. 3 x



Foto 20: la stessa Ephemera della foto precedente, dopo pochi secondi, è già parzialmente infossata. Opportunista alimentare, si nutre sia di piccoli invertebrati che di detriti organici e vegetali durante i suoi tre anni di vita larvale; l'adulto alato invece non si nutre e vive solo poche ore, necessarie all'accoppiamento e alla deposizione delle uova. 3 x

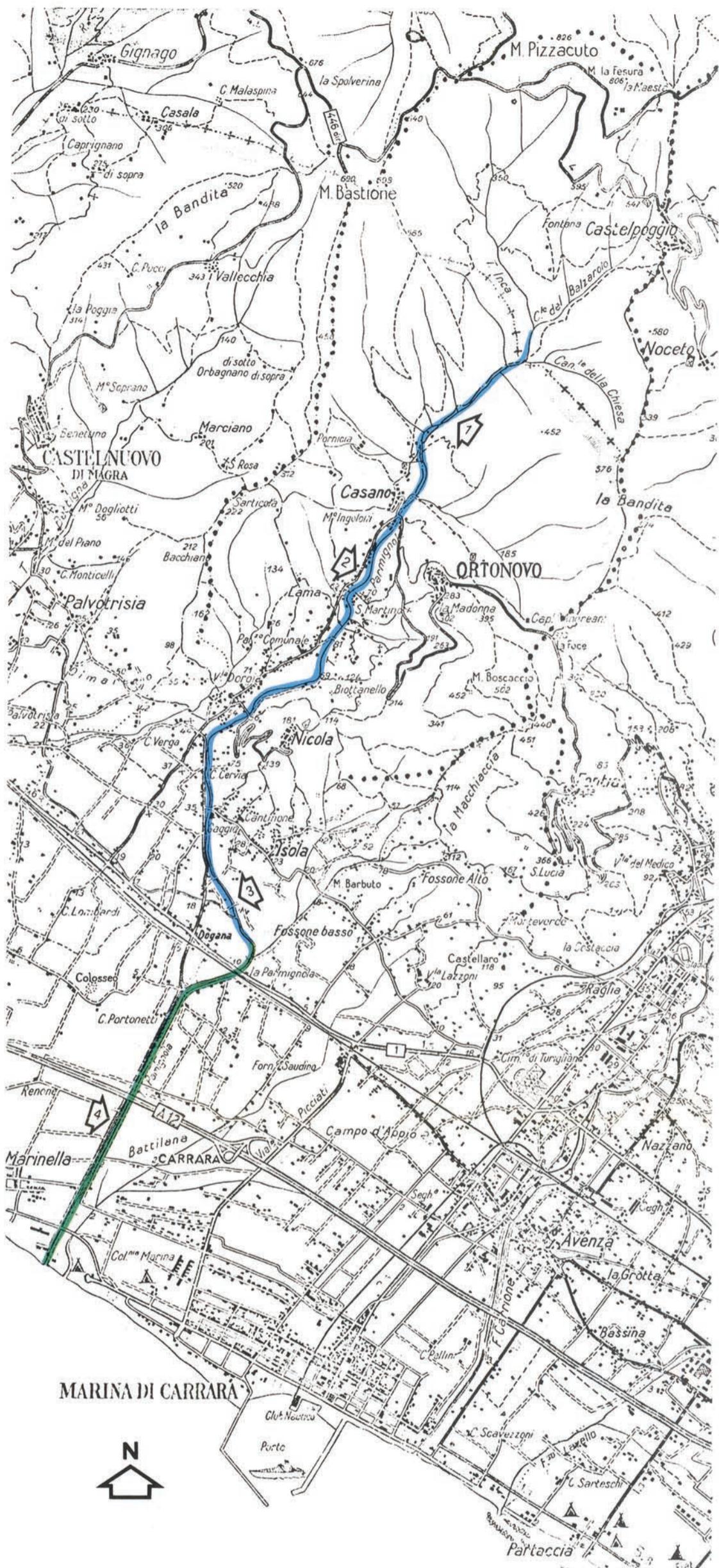


**CARTA DELLA QUALITA' BIOLOGICA DEL TORRENTE PARMIGNOLA (1982)**

0 1 km

- ..... Spartiacque
- ➡ Stazioni di campionamento

Classe di qualità	Giudizio
	1ª non inquinato
	2ª leggermente inquinato
	3ª inquinato
	4ª nettamente inquinato
	5ª fortemente inquinato



**CARTA DELLA QUALITA' BIOLOGICA  
DEL TORRENTE PARMIGNOLA (1983)**

0 1 km

- ..... Spartiacque
- ◁ Stazioni di campionamento

Classe di qualità	Giudizio
	1ª non inquinato
	2ª leggermente inquinato
	3ª inquinato
	4ª nettamente inquinato
	5ª fortemente inquinato

## TORRENTE CARRIONE

### CENNI SULLA GEOMORFOLOGIA E IDROLOGIA.

Il Carrione nasce sulle falde del Monte Spallone e assume tale nome presso Colonnata (vedi cartina a fine capitolo); arricchito da polle nell'alveo e da varie sorgenti, particolarmente presso Miseglia, acquista una discreta portata perenne con la quale giunge a Carrara, dove accoglie sulla destra, a breve distanza, due affluenti con bacino esteso quanto quello dell'arteria principale: il Canale di Torano e il Canale di Gragnana, provenienti rispettivamente da Campo Cecina e dal Monte La Pizza. Dopo Carrara raccoglie il modesto torrente Valenza, presso Ficola, e alcuni fossi con portata trascurabile.

Lo spartiacque superficiale inizia da Avenza e, dirigendosi a nord, sale verso il Colle del Castellaro (123 m.), la punta della Bandita (574 m.), Castelpoggio (547 m.) e il Monte La Pizza (951 m.) dove, deviando verso est, continua a salire toccando i monti Ballerino (1380 m.) e Borla (1469 m.). Da qui devia verso sud-est passando per i monti La Faggiola (1426 m.) e Spallone (1650 m.) da dove inizia a scendere, prima ancora verso sud-est e poi a sud-ovest per la Foce Luccica (1020 m.), Pizzo Tamburone (806 m.), La Rocchetta (896 m.), il monte Brugiana (975 m.), la sella della Foce (226 m.) e il monte Piana Maggio (408 m.) da dove, per alture minori, tocca nuovamente l'argine del fiume presso Avenza.

Il bacino così delimitato si può suddividere in tre zone ben distinte. Quella alpestre, a monte di Carrara, compresa tra il ramo di Colonnata e quello di Gragnana, è molto aspra, quasi priva di vegetazione, con erte cuspidi, profondi burroni e dirupatissime pendici. La zona collinare, coperta da vegetazione e coltivata, presenta rilievi dolci che arrivano fino alla statale Aurelia ed è seguita dalla zona di pianura, che raccorda le colline al mare.

La portata ordinaria del Carrione (\*) è dovuta al drenaggio dell'ampia area calcarea posta a nord-est della linea Castelpoggio-Gragnana-Carrara-valico della Foce, costituita da rocce discretamente o fortemente permeabili (fig. 2, colore azzurro) e, come abbiamo già osservato, è superiore al previsto per cattura di acque sotterranee dal vicino bacino del Lucido (fig. 3). Ad ovest di tale linea, nell'area collinare, affiorano principalmente rocce limitatamente permeabili per fessurazione (calcare ad Angulati, Canetolo superiore, cipollini, macigno, pseudomacigno, dolomie a Orthoceras) che quindi contribuiscono in misura modesta all'alimentazione continua del Carrione. L'area pianiziale, infine, è costituita da depositi alluvionali permeabili per porosità che rivestono una certa importanza per l'alimentazione della falda subalvea della pianura costiera.

La superficie del bacino è di 52 km<sup>2</sup> e l'arteria principale, lunga 14 km (nel tratto con portata praticamente perenne), ha una pendenza media di 100 metri per km (fig. 1).

(\*) Presso Carrara, la portata ordinaria (durata media 150 giorni l'anno) è di 1 m<sup>3</sup>/sec; la portata di magra (durata media annua 12 giorni) scende a 0,36 m<sup>3</sup>/sec.



Foto 21: il Carrione nel centro cittadino di Carrara appare già fortemente degradato, sia per la torbidità dell'acqua che per le notevoli quantità di lastrame e immondizia sparse nell'alveo.



Foto 22: le larve dei ditteri Psychodidi sono provviste all'estremità posteriore di un sifone respiratorio munito di quattro prolungamenti elegantemente piumati. Abitanti dei fondi fangosi a bassa velocità di corrente, si nutrono raschiando dal substrato fini detriti organici. Discretamente resistenti ad inquinamenti organici e particolati, sono spesso, assieme ai ditteri Chironomidi e agli anellidi Tubificidi, tra gli ultimi macroinvertebrati a scomparire dalle acque inquinate. 10 x

## SCELTA DELLE STAZIONI DI CAMPIONAMENTO

Dei quattro corsi d'acqua considerati, il Carrione è quello più fortemente compromesso. Lungo il suo corso sono insediate numerose aziende per la lavorazione del marmo e granito che in maniera disordinata, partendo quasi dalle sorgenti, si insinuano nel centro cittadino per continuare senza interruzione fino a pochi metri dalla foce (fig. 4).

Anche gli insediamenti abitativi gravitano in gran parte nelle immediate adiacenze del torrente immettendovi in alcuni tratti quantità considerevoli di scarichi domestici. Nei due rami di Colonnata e Torano è pressochè impossibile individuare tratti di torrente incontaminato, poichè le segherie sono insediate immediatamente a valle delle sorgenti.

Praticamente, di tutto il reticolo idrografico del Carrione, l'unico tratto privo di carichi inquinanti è individuabile nella zona alta del Canale di Gragnana che fino all'abitato omonimo non riceve apporti di origine antropica. Il tratto poi che da Gragnana arriva fino alla confluenza col Carrione è interessato da modesti scarichi fognari e da limitatissimi apporti di polvere di marmo.

Tenendo presente questa situazione le stazioni di campionamento (fig. 4) sono state localizzate sul Canale di Gragnana a monte del paese (staz. 1) per avere un riscontro di zona non inquinata, in prossimità di Linara (staz. 2) per valutare gli effetti degli scarichi civili di Gragnana e poco prima della confluenza col Carrione (staz. 3) per valutare i danni cumulativi causati dagli scarichi di Gragnana, Linara e della periferia nord-ovest di Carrara. Altre stazioni sono state fissate sui due rami di Torano e Colonnata (già interessati dagli scarichi di numerose segherie), prima della loro confluenza (staz. 4 e 5), sull'arteria principale in località Fabbrica, dopo il centro cittadino (staz. 6) e infine dopo Avenza, a circa 1 km. dalla foce (staz. 7).

**STAZIONE 1:** all'altezza del cimitero di Gragnana.

L'acqua, che scorre con notevole velocità e turbolenza, è limpida. Il substrato è costituito da roccia in posto, massi e pietrisco; abbondano i muschi e sono presenti numerose cascatelle.

**STAZIONE 2:** subito a monte del ponte di Linara.

L'acqua è quasi limpida e con velocità elevata. Il fondo è costituito da roccia in posto, massi e pietrisco, colonizzati da muschi e alghe filamentose.

**STAZIONE 3:** Canale di Gragnana 300 m. a monte della confluenza con il Carrione.

L'alveo, che scorre entro argini artificiali, è degradato da immondizia e diffusi scarichi fognari. L'acqua è leggermente torbida e la sua velocità è buona in alcune sezioni, bassa in altre. Massi, pietrisco, lastre e rifiuti vari costituiscono il substrato, con zone melmose e aree sassose, dove vi è una discreta copertura algale. Sono presenti briglie e cascatelle.

**STAZIONE 4:** ramo di Torano, prima della confluenza col Carrione.

L'acqua, che ha elevata velocità, è estremamente torbida. Il fondo, costituito prevalentemente da massi e lastre, è ricoperto da uno strato di polvere di marmo.



Foto 23: larva di *Dinocras*, un Plecottero predatore che si nutre di altri invertebrati acquatici. Come la maggior parte degli altri Plecotteri, esige acque fresche, ben ossigenate e con elevata velocità della corrente. La sua presenza è pertanto un indice di buona qualità ambientale. Sono visibili i bianchi ciuffi di tracheobranchie filamentoze sotto il torace. (Carrione, staz. 1) 2,5 x



Foto 24: lo scorpione d'acqua, *Nepa* (Eterottero), pur essendo capace di volare, marcia abitualmente sul fondo di acque poco mosse nutrendosi di vermi, larve di insetti e persino di girini e avannotti, che cattura con le zampe anteriori raptatorie e di cui succhia i liquidi interni servendosi del suo rostro. La sua puntura è dolorosa per l'uomo e paralizzante per le sue prede. È visibile il lungo sifone respiratorio posteriore che viene portato periodicamente in superficie. (Carrione, staz. 1) 2,5 x



Foto 25: le larve dei tricoteri Sericostomatidi vivono sul fondo, trascinando l'astuccio mimetico e protettivo dal quale sporgono solo la testa e le zampe (vedi astuccio al centro). Pronti a retrarsi fulmineamente al minimo allarme, questi mirabili architetti prolungano l'astuccio, leggermente conico ed arcuato, man mano che si accrescono, raccogliendo uno ad uno granelli di sabbia che vengono agglutinati con filamenti di seta adesiva. I Sericostomatidi si nutrono di alghe, detriti e piccoli invertebrati. Vivono in acque pulite tollerando solo lievi inquinamenti. (Carrione, staz. 1) 2,5 x

**STAZIONE 5:** Carrione, ramo di Colonnata, subito a monte della confluenza col ramo di Torano.

L'acqua è fortemente torbida, lattescente. La velocità della corrente è elevata, mentre il fondo è costituito da massi e lastre ricoperti da polvere di marmo. L'alveo asciutto è costituito da depositi cementati.

**STAZIONE 6:** a valle del ponte località Fabbrica.

L'acqua è molto torbida, la sua velocità elevata. Il substrato è costituito da massi e lastre cementati e ricoperti da uno strato di polvere di marmo. Ai bordi del letto sono presenti abbondanti depositi di melma che, rimossa, libera una fanghiglia nerastra.

L'alveo asciutto è formato da lastre cementate da materiale color rosso ruggine.

**STAZIONE 7:** 300 metri a monte del ponte autostradale.

L'acqua, con discreta velocità, appare fortemente torbida per l'elevato carico di solidi, di colore grigio, trasportati in sospensione.

Il fondo presenta un sottile strato melmoso che ricopre lo strato sottostante compatto, costituito prevalentemente da lastre cementate da polvere di marmo e granito. Anche l'alveo asciutto è fortemente cementato e di color rosso ruggine.

## ANALISI DEI RISULTATI.

I campionamenti biologici sono stati eseguiti nel marzo 83, quelli chimici nell'aprile e maggio 83.

Nella stazione 1 l'acqua presenta le caratteristiche tipiche dei ruscelli di montagna, con alta velocità e turbolenza, elevato contenuto in ossigeno disciolto, e bassi valori di BOD<sub>5</sub> e COD (tab. VI). La contemporanea presenza di numerosi e diversificati microambienti concorre a determinare l'instaurarsi di comunità biologiche tipiche delle acque altamente pulite. Sono state trovate 36 Unità Sistematiche di macroinvertebrati (Tab. VII), con abbondanza di Plecotteri ed Efemerotteri, mentre i Tricotteri raggiungono un numero di famiglie (nove) difficilmente riscontrabile in altri corsi d'acqua.

Come per le stazioni 1 e 2 del Parmignola, la struttura della comunità appare ben equilibrata essendo presenti organismi dalle più varie strategie alimentari che configurano reti trofiche interconnesse a più livelli, indice di un ecosistema molto complesso, stabile e di ottima qualità.

Questa situazione eccellente subisce una modesta flessione nella stazione 2 in cui l'acqua mostra sintomi di un leggero carico organico, testimoniato dall'innalzamento del BOD<sub>5</sub> e COD e dalla presenza di nitriti e di MBAS (detersivi). I danni sono modesti, tant'è che l'acqua resta di prima classe di qualità e le U.S. sono 25, con buona rappresentanza di organismi tipici di acque pulite.

Uno scadimento più significativo, invece, si verifica nella stazione 3 dove sono presenti numerosi scarichi domestici che arrivano direttamente nel corso d'acqua. Il BOD<sub>5</sub> e il COD si alzano (3,5 e 4,3), continuano ad essere presenti detersivi e nitriti, mentre compare anche l'azoto ammoniacale. I macroinvertebrati scendono a 17 U.S. con una significativa contrazione dei generi di Plecotteri e, soprattutto, delle famiglie di Tricotteri; scompaiono Coleotteri, Eterotteri e Crostacei. Dalla 1<sup>a</sup> classe di qualità delle stazioni precedenti si passa alla 2<sup>a</sup> (leggermente inquinato): questo inquinamento organico quindi, pur manifestando chiaramente i suoi effetti, impoverendo la comunità dei macroinvertebrati, determina un impatto ambientale modesto.

Più drammatica è invece la realtà presente nelle altre stazioni. Nelle stazioni 4 e 5, poste rispettivamente sui rami di Torano e Colonnata, a valori sostanzialmente simili di BOD<sub>5</sub>, COD, ossigeno disciolto, ammoniaca, nitriti, fosfati, tensioattivi, tutti legati all'inquinamento organico, fanno riscontro valori enormemente superiori di solidi sospesi. Si passa infatti da 0,1 ml/l di solidi sedimentabili della staz. 3 a 1,6 e 2,6 ml/l delle staz. 4 e 5 e da 65,1 mg/l di solidi sospesi totali a 1272 e 1902 mg/l. Questo incremento massiccio, determinato dagli scarichi delle segherie, fa crollare di colpo i macroinvertebrati a sole quattro U.S. e la classe di qualità alla 4<sup>a</sup> (nettamente inquinato).

Con l'ingresso del Carrione nel centro cittadino vengono a determinarsi, per la rilevante quantità di immondizia gettata nell'alveo, condizioni favorevoli ad una abbondante proliferazione di ratti.

La staz. 6, oltre ad ulteriori apporti solidi di numerose segherie, raccoglie gli

scarichi domestici del centro cittadino di Carrara, come è testimoniato dall'elevarsi dei valori di BOD<sub>5</sub>, COD, ammoniaca, nitriti, tensioattivi. In questo tratto il torrente appare fortemente degradato, sia per l'estrema torbidità dell'acqua, che per le notevoli quantità di lastre e immondizia sparse nell'alveo. In conseguenza di ciò, anche i popolamenti biologici sono estremamente poveri, 4 U.S., con la presenza del solito Baëtis, di due famiglie di Ditteri e di una di Oligocheti. La classe di qualità rimane la 4<sup>a</sup> e il tratto nettamente inquinato.

Questa situazione, già grave, subisce un ulteriore peggioramento alla staz. 7. Ad un lieve incremento dell'inquinamento organico si aggiunge l'effetto di un'esorbitante quantità di solidi sospesi. In questa stazione i solidi sedimentabili e quelli totali (3,4 ml/l e 2978 mg/l) raggiungono i valori massimi riscontrati nei quattro corsi d'acqua esaminati. Per avere un'idea dell'enormità di questo carico basti rammentare che il limite imposto dalla Tabella C della legge 319/76 agli scarichi idrici è di 200 mg/l di solidi totali. Ad eccezione del Canale di Gragnana, il Carrione supera abbondantemente, per tutto il suo corso (ancor prima di arrivare nel centro cittadino) tale limite che, si badi bene, è il massimo tollerato per gli scarichi, non per i corsi d'acqua che, ovviamente, devono possedere requisiti nettamente migliori. Rispetto ai solidi sospesi totali, nelle stazioni 4, 5, 6 e 7, il Carrione ha un carico rispettivamente di 6, 9, 7 e 15 volte maggiore del valore massimo ammesso dalla legge sugli scarichi (\*) (fig. 6 a pag. 84).

Com'è facile immaginare, in conseguenza di questa pesante situazione, il Carrione subisce alla staz. 7 un collasso biologico pressochè totale. Restano infatti i soli Chironomidi, famiglia estremamente versatile con specie che riescono a sopravvivere anche in condizioni proibitive. La classe di qualità è la peggiore (5<sup>a</sup>) e il torrente va classificato come fortemente inquinato.

Per comprendere le modalità attraverso le quali la polvere di marmo danneggia gli organismi acquatici rimandiamo al capitolo «I meccanismi dell'azione inquinante della polvere di marmo e granito». Comunque una visione d'insieme della situazione ambientale del Carrione si può ricavare dalla Carta di Qualità allegata a fine volume dove i colori convenzionali e le foto dei popolamenti di macroinvertebrati trovati nei vari tratti, permettono di cogliere l'estrema degradazione di tutto il torrente, con l'unica esclusione del Canale di Gragnana.

---

(\*) La tabella A della 319 alla quale dovranno nel prossimo futuro adeguarsi tutte le aziende, riduce ulteriormente il limite per i solidi sedimentabili a 0,5 ml/l e quello per i solidi totali a 80 mg/l.

**TAB. VI - TORRENTE CARRIONE 1983: ANALISI CHIMICHE E FISICHE (a)**

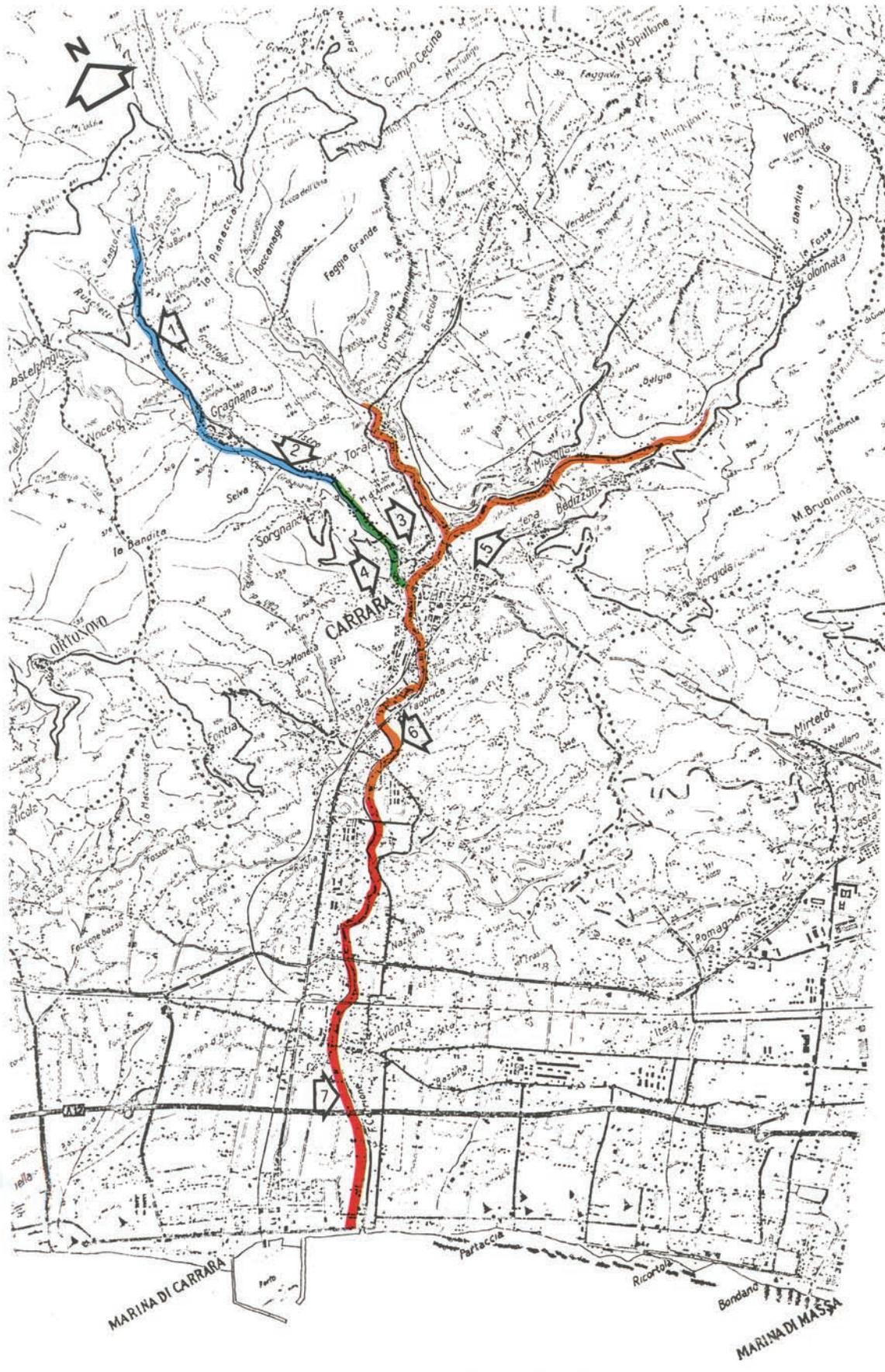
STAZIONE	1	2	3	4	5	6	7
Colore	incolore	incolore	incolore	incolore	incolore	incolore	incolore
Limpidezza	limpida	quasi limpida	leggermente torbida	estremamente torbida	estremamente torbida	estremamente torbida	estremamente torbida
Odore	inodore	inodore	quasi inodore	sui generis	sui generis	sui generis	sui generis
pH	8,30	8,29	8,46	8,26	8,25	8,23	8,46
Temperatura °C	12,2	12,5	13,1	13,0	13,4	13,5	15,0
Saturazione %	101,1	103,3	112,0	105,4	106,7	101,2	88,3
Ossigeno disciolto O <sub>2</sub> mg/l	10,81	11,0	11,21	11,18	11,23	11,63	9,01
BOD <sub>5</sub> mg/l	0,3	2,4	3,5	4,8	3,9	7,2	8,2
COD mg/l	1,4	3,0	4,3	7,0	7,0	9,9	10,5
Azoto ammoniacale NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg/l	0,00	0,00	0,02	0,03	Tracce	0,135	0,239
Azoto nitroso N mg/l	0,000	0,030	0,033	0,005	0,011	0,045	0,046
Azoto nitrico NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l	0,6	4,2	4,1	3,5	3,6	8,5	6,9
Fosfati totali P mg/l	0,000	0,025	0,031	Tracce	Tracce	0,055	0,025
Alcalinità totale CaCO <sub>3</sub> mg/l	160	155	155	127	110	145	137
Cloruri Cl <sup>-</sup> mg/l	10,4	12,9	13,2	9,5	10,5	14,2	18,1
Solfuri H <sub>2</sub> S mg/l	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Solidi sedimentabili 2h ml/l	0,0	Tracce	0,1	1,6	2,6	1,8	3,4
Solidi sospesi totali mg/l	Tracce	3,1	65,1	1272	1902	1503	2978
MBAS	0,00	0,01	0,03	0,04	0,02	0,14	0,12
Durezza totale °F	48,0	38,3	36,4	16,5	12,7	20,5	20,8
Ferro <sup>(b)</sup> Fe mg/l	Tracce/Tracce	Tracce/Tracce	Tracce/Tracce	0,00/Tracce	0,00/Tracce	0,00/0,02	0,00/0,035
Piombo <sup>(b)</sup> Pb mg/l	0,00/0,00	0,00/0,00	0,00/0,02	0,00/0,025	0,00/0,025	0,00/0,04	0,00/0,03
Zinco <sup>(b)</sup> Zn mg/l	0,00/0,01	0,00/0,01	0,00/0,015	0,00/1,06	0,00/0,23	0,00/1,10	0,00/21,4

a) Medie dei campionamenti del 21/4/83 e del 19/5/83.

b) Il primo valore si riferisce al campione filtrato, il secondo all'acqua tal quale.

**TAB. VII - TORRENTE CARRIONE 1983: RISULTATI DEI CAMPIONAMENTI BIOLOGICI**

STAZIONE	1	2	3	4	5	6	7
PLECOTTERI (genere)	Dinocras Leuctra Protonemura	Protonemura Brachyptera	Protonemura				
EFEMEROTTERI (genere)	Baëtis Habrophlebia Ephemera Ephemerella Caenis Ecdyonurus	Baëtis Habrophlebia Ephemerella Caenis Ecdyonurus	Baëtis Habrophlebia Ephemerella Caenis Ecdyonurus	Baëtis	Baëtis	Baëtis	
TRICOTTERI (famiglia)	Hydropsychidae Rhyacophilidae Sericostratidae Polycentropodidae Philopotamidae Glossosomatidae Limnephilidae Hydroptilidae Odontoceridae	Hydropsychidae Rhyacophilidae Sericostratidae Polycentropodidae Philopotamidae Glossosomatidae Limnephilidae	Hydropsychidae Rhyacophilidae Polycentropodidae				
COLEOTTERI (famiglia)	Elminthidae Hydraenidae Helodidae	Elminthidae					
ODONATI (genere)	Cordulegaster						
DITTERI (famiglia)	Chironomidae Simuliidae Ceratopogonidae Athericidae Stratiomyidae Tipulidae	Chironomidae Ceratopogonidae Athericidae	Chironomidae Stratiomyidae Tipulidae	Chironomidae Simuliidae Psychodidae	Chironomidae Ceratopogonidae Psychodidae	Chironomidae Psychodidae	Chironomidae
ETEROTTERI (genere)	Gerris Nepa	Gerris					
CROSTACEI (famiglia)	Gammaridae	Gammaridae Asellidae					
MOLLUSCHI (genere)							
TRICLADI (genere)							
IRUDINEI (genere)	Dina Erpobdella	Dina Helobdella	Dina Helobdella Erpobdella				
OLIGOCHETI (famiglia)	Naididae Lumbricidae Lumbriculidae	Naididae Lumbricidae	Naididae Lumbricidae			Naididae	
<b>Tot. Unità Sistem. EBI Classe di Qualità Giudizio</b>	<b>36 14 1<sup>a</sup> Non inquinato</b>	<b>25 11 1<sup>a</sup> Non inquinato</b>	<b>17 9 2<sup>a</sup> Leggermente inquinato</b>	<b>4 4 4<sup>a</sup> Nettamente inquinato</b>	<b>4 4 4<sup>a</sup> Nettamente inquinato</b>	<b>4 4 4<sup>a</sup> Nettamente inquinato</b>	<b>1 1 5<sup>a</sup> Fortemente inquinato</b>



**CARTA DELLA QUALITA' BIOLOGICA  
DEL TORRENTE CARRIONE (1983)**

0 1 km

- ..... Spartiacque
- Stazioni di campionamento

Classe di qualità	Giudizio
	1ª non inquinato
	2ª leggermente inquinato
	3ª inquinato
	4ª nettamente inquinato
	5ª fortemente inquinato

# FIUME FRIGIDO

## CENNI SULLA GEOMORFOLOGIA E IDROLOGIA

Lo spartiacque che delimita il bacino idrografico del Frigido scorre (vedi Cartina fine capitolo), verso ovest lungo l'allineamento M. Brugiana (975 m.) - La Rocchetta (896 m.) - Foce Luccica (1018 m.) - M. Sagro (1749 m.). A nord il bacino è chiuso da un imponente arco montuoso che raccorda il M. Sagro col M. Sella (1739 m.), lungo le vette dei monti Rasore (1422 m.), Grondilice (1805 m.), Cavallo (1889 m.) e Tambura (1890 m.). Infine il limite est scende dal monte Sella ai monti Macina (1560 m.) e Carchio (1087 m.), Colle Belvedere (895 m.), M. Pepe (228 m.).

Originato morfologicamente dai monti Sagro e Rasore coi canali Regolo e Fondone, il Frigido assume definitivamente tale nome solo dopo aver ricevuto le acque dell'omonima sorgente, poco a monte del paese di Forno. Riceve quindi sulla sinistra il torrente di Renara e infine, presso Canevara, il Fosso di Antona. Altri fossi, affluenti di sinistra e di destra, hanno importanza trascurabile.

Il corso superiore del Frigido e il torrente di Renara corrono con pendenza ripidissima tra sponde rocciose ed alveo incassato; il dislivello è fortissimo in quanto nei circa 6 km di percorso si scende da quota 1700 a quota 125, alla loro confluenza, poco sotto il paese di Forno (pendenza 284 per mille). Questa parte superiore del bacino, pur essendo solcata da una rete idrografica piuttosto fitta, è povera di un effettivo scorrimento superficiale; infatti i canali scorrono in rocce calcaree molto permeabili quali i marmi ed i grezzoni (fig. 2) e tendono a cedere le loro acque alla circolazione sotterranea, almeno fino a quando le precipitazioni non raggiungono valori tali da saturare parzialmente le normali vie di infiltrazione nel sottosuolo.

Dopo i suddetti considerevoli apporti della sorgente del Frigido (foto 26) e del torrente di Renara, un altro consistente contributo idrico è fornito dal Fosso di Antona, non solo per l'estensione del suo bacino di raccolta, ma anche perchè scorre prevalentemente su terreni impermeabili drenando i sovrastanti acquiferi calcarei.

Complessivamente la parte montana del bacino presenta il tipico aspetto alpino: le valli sono profondamente incise, con fianchi ripidi e scoscesi che raggiungono localmente anche la verticalità. Le creste aguzze che circondano queste valli, completamente prive di vegetazione, devono la loro fisionomia alla costituzione litologica della zona, dove le rocce carbonatiche rappresentano gli affioramenti più estesi.

Da Forno fin quasi a Massa affiorano rocce impermeabili (scisti porfirici, filadi sericitico-cloritiche e quarziti) le cui coltri di alterazione, producendo spessi suoli e accumulandosi nelle depressioni naturali, hanno favorito l'instaurarsi di una fitta vegetazione boschiva e l'addolcimento della forma dei rilievi.

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



Foto 26: la sorgente del Frigido dopo alcuni giorni di abbondanti precipitazioni. Il Frigido, a differenza di altri corsi d'acqua, non arricchisce gradualmente la sua portata per il confluire di numerosi ruscelli, ma trae origine bruscamente dai copiosi apporti di questa sorgente, situata poco a monte di Forno. In questo primo tratto le sue acque, non ricevendo detriti organici dal bacino, sono oligotrofiche e, impedendo l'insediamento di ricche e diversificate comunità viventi, conferiscono al fiume una marcata fragilità biologica.

Come è già stato accennato nel primo capitolo, il Frigido, nonostante abbia breve percorso (17 km) e bacino idrografico modesto (61 kmq) ha una notevole portata (6,44 m<sup>3</sup>/sec per il periodo 1949-70) poichè cattura, dall'adiacente bacino del Serchio, un volume di acqua sotterranea addirittura superiore alle precipitazioni, già abbondanti, che cadono nel suo bacino morfologico (\*).

### **SCelta DELLE STAZIONI DI CAMPIONAMENTO**

Il bacino del Frigido, seppure scarsamente esteso, sopporta una popolazione di 57.133 abitanti, con una densità di 926 ab/kmq. Lungo il suo corso, oltre a gran parte della popolazione del comune di Massa, sono localizzate anche innumerevoli attività lavorative i cui scarichi versati nel fiume corrispondono a 60.223 abitanti

---

(\*) Si veda la fig. 3 che, pur riferendosi al Carrione, mostra lo stesso fenomeno di cattura di acque sotterranee (che nel Frigido è ancora più accentuato).



Foto 27: larva di Dittero Simulide nel Fosso di Antona. Fissandosi saldamente alla roccia del substrato mediante un disco adesivo, i Simulidi prediligono le acque correnti e sono molto sensibili all'inquinamento. Tipici organismi filtratori, si nutrono di batteri, alghe microscopiche e detriti che catturano esponendo alla corrente i loro delicati ventagli mandibolari (nell'esemplare, il ventaglio sinistro è completamente espanso, il destro è semichiuso). Nel riquadro, una ninfa matura e una spoglia ninfale dalla quale è già uscito il Simulide adulto, alato, che somiglia ad un piccolo moscerino. Foto grande 14 x, Riq. 7 x



Foto 28: ninfa e larve di Ditteri Blefariceridi. Di aspetto veramente originale, le larve si fissano alle rocce con le loro ventose ventrali (cerchietti scuri nell'esemplare in alto a sinistra) e resistono anche a correnti violentissime. Abitatori di acque pulite, i Blefariceridi si nutrono raschiando la sottile patina di diatomee ed altre alghe microscopiche che ricopre il substrato. La larva matura si trasforma in ninfa dalla quale uscirà l'adulto, alato, che conduce vita terrestre. (Frigido staz. 1) 8 x

equivalenti che, sommati a quelli gravitanti, danno una popolazione totale equivalente di 117.356 unità, per una densità di 1902 ab/kmq.

Negli ultimi cinquant'anni, seguendo i destini della trasformazione socio economica del territorio massese, il Frigido, da riserva per acqua irrigua e da produttore di forza motrice, si è progressivamente trasformato in passivo recettore di scarichi, sia urbani che industriali. Sulle sue sponde, ai vecchi mulini e frantoi, si sono progressivamente sostituiti laboratori e segherie di marmo che, assieme all'incremento urbano, creano non pochi problemi per la salvaguardia dell'ambiente, rendendo sempre più problematica la capacità del fiume di mantenersi in buono stato di salute.

Tra l'altro l'inutilizzabilità delle sue acque superficiali ha portato negli ultimi anni ad un cospicuo prelievo dai pozzi della pianura con l'inconveniente dell'avanzamento del fronte salino.

Anche lungo il Frigido sono individuabili tratti soggetti a scarichi fognari ed altri interessati prevalentemente da scarichi di fanghi di lavorazione del marmo. Nonostante la brevità del suo percorso sono state scelte ben 12 stazioni di campionamento (fig. 4) per meglio comprendere l'intimo intreccio tra fattori naturali e antropici che determina la qualità ambientale.

Le stazioni 1, 3 e 6 sono rappresentative di tratti non inquinati; la 2 di un modesto apporto inquinante di origine domestica (paese di Forno). Le stazioni 4 e 5 sono poste rispettivamente subito a monte e a valle della prima segheria; la 7, posta a valle di Canevara, raccoglie scarichi civili e marmettola; la 8 è situata in pieno centro cittadino, la 9 è localizzata a valle di diversi laboratori di marmo e la 10 è situata a circa 1 km dalla foce. Tra le stazioni 7 e 8, vista la brusca caduta di qualità, sono state inserite successivamente altre due stazioni di campionamento (S. Lucia e Borgo del Ponte) nell'intento di localizzare i punti critici di caduta della qualità biologica e di analizzarne meglio le cause.

**STAZIONE 1:** a monte del paese di Forno.

L'acqua è limpida, con elevata velocità e turbolenza. L'alveo, profondamente incassato nella valle, è costituito da roccia in posto, massi e pietrisco, scarsamente colonizzati da muschi.

**STAZIONE 2:** a valle di Forno, prima della confluenza con il torrente di Renara. L'acqua è ancora limpida e l'alveo, sempre costituito da roccia in posto, massi e pietrisco, è discretamente ricoperto da alghe.

**STAZIONE 3:** torrente Renara, prima dell'immissione nel Frigido.

Acqua limpida, velocità e pendenza elevate. L'alveo è costituito da roccia in posto, pietrisco e massi, alcuni dei quali di grandi dimensioni (foto 31).

**STAZIONE 4:** 200 metri a monte della prima segheria.

L'acqua è limpida (foto 29), il substrato è formato da roccia in posto, massi e pietrisco.

**STAZIONE 5:** 300 metri a valle della prima segheria.

L'acqua è torbida, di aspetto lattescente (foto 30); la natura del substrato è uguale

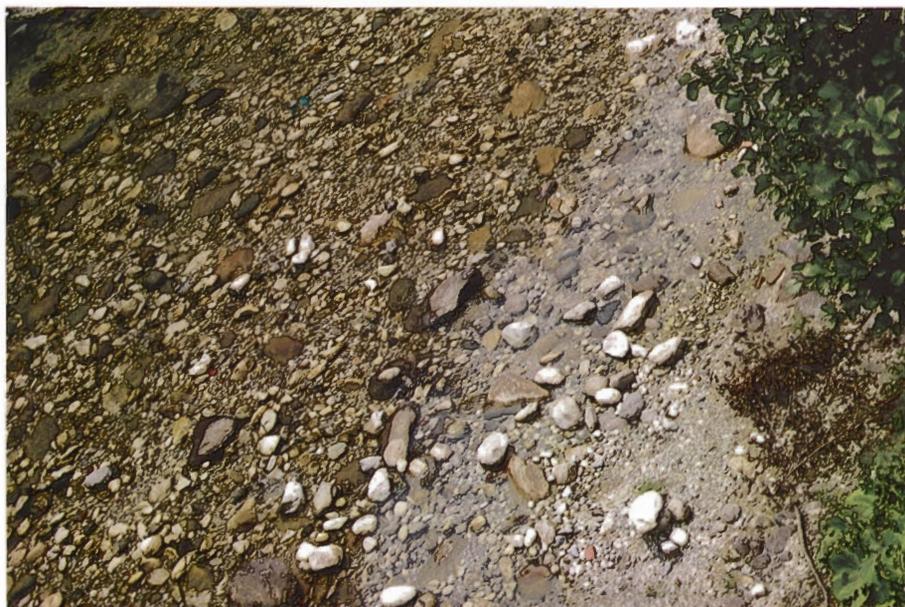


Foto 29: visione del letto del Frigido immediatamente a monte della prima segheria (staz. 4). La trasparenza dell'acqua è tale che nella parte bagnata (a sinistra) si vedono distintamente i ciottoli sommersi.



Foto 30: come si presentano le acque del Frigido subito a valle della prima segheria (staz. 5). La latescenza dell'acqua impedisce di vedere i ciottoli sommersi. Nel breve tratto di 500 metri la presenza di una sola segheria ha determinato un drammatico intorbidamento dell'acqua.

a quella della stazione precedente, salvo per la presenza di lastrame. Nei punti di ristagno, depositi di marmettola.

**STAZIONE 6:** Fosso di Antona, 300 metri prima dell'immissione nel Frigido. L'acqua è limpida, con elevata velocità e turbolenza. Il substrato è costituito da roccia in posto, massi e pietrisco.

**STAZIONE 7:** a valle di Canevara.

L'acqua è torbida, la velocità e la turbolenza elevate e la tipologia del substrato resta uguale a quella della staz. 5.

**STAZIONE S.L.:** in corrispondenza della frazione di S. Lucia.

L'acqua è opalescente e la pendenza subisce una prima diminuzione. Nel substrato prevalgono massi di medie dimensioni e pietrisco. Qualche area melmosa per depositi di marmettola.

**STAZIONE B.P.:** presso la frazione di Borgo del Ponte.

L'acqua è opalescente, la pendenza diminuisce ancora, mentre il substrato è colonizzato da alghe e presenta ampi tratti ricoperti da uno strato di polvere di marmo.

**STAZIONE 8:** a valle del ponte della statale Aurelia.

L'acqua è torbida mentre nell'alveo, in buona parte ricoperto da polvere di marmo, comincia ad abbondare lastrame.



Foto 31: una suggestiva veduta del torrente Renara, affluente del Frigido: in un alternarsi di rapide, cascate e piscine naturali, si insinua tra grossi massi, levigati e modellati dalle impetuose piene del periodo invernale.

**STAZIONE 9:** a valle del ponte Francesconi.

L'acqua è estremamente torbida e lattescente. Il substrato, costituito da massi, pietrisco e lastrame, è debolmente cementato da abbondante fango di segagione.

**STAZIONE 10:** 200 metri a valle del viadotto autostradale.

L'acqua è estremamente torbida e scorre in un letto molto più ampio che nelle precedenti stazioni. Il substrato è costituito da pietrisco, ghiaia e abbondante lastrame, inglobati nel deposito di fango di segagione che però non esplica l'azione cementante riscontrata nella stazione precedente.

## **ANALISI DEI RISULTATI**

Prima di ogni altra annotazione di carattere analitico va segnalato l'alto valore paesaggistico del Frigido che in alcuni tratti presenta aspetti di maestosa bellezza. Agli alti versanti, quasi perpendicolari, imponenti, aspri e nudi, ne seguono altri ancora ripidi ma ricoperti da ricca vegetazione. In entrambi, il fiume scorre in gran parte sulla roccia viva, alternando affioramenti e piscine naturali. Perfino nel tratto pianiziale, a valle del ponte Francesconi, il Frigido mantiene aspetti suggestivi che neppure la torbidità delle acque e il degrado dell'alveo riescono a cancellare del tutto. Anche i suoi affluenti, Renara e Fosso di Antona, sono altrettanto significativi, in particolare il primo che, nel tratto che attraversa e segue Guadine, in un alternarsi di rapide e cascate, si insinua tra grossi massi levigati e modellati dall'impetuosa azione dell'acqua (foto 31).

Tornando ai dati d'analisi (\*), si vede come nella stazione 1, peraltro non interessata da scarichi inquinanti, i parametri chimici (tab. VIII) sono indicativi di acque pulite. Può quindi stupire la relativa scarsità di macroinvertebrati, presenti soltanto con 22 Unità Sistematiche (tab. IX), ciascuna delle quali rappresentata per di più da un numero limitato di individui. Raffrontando questo dato con i ricchi popolamenti trovati nelle stazioni 1 del Parmignola e Carrione (tab. V e VII), si nota soprattutto la povertà di Efemerotteri e Tricotteri, anche se il tratto rientra ugualmente nella prima classe di qualità. Questa apparente contraddizione è giustificata dalla particolare alimentazione idrica del Frigido che, a differenza degli altri corsi d'acqua, non arricchisce gradualmente la sua portata per il confluire di numerosi ruscelli ma, in pratica, trae origine bruscamente dai copiosi apporti della sorgente situata poco a monte di Forno.

Queste acque sotterranee, non raccogliendo detriti organici dal bacino, non hanno la possibilità di arricchirsi in nutrienti per cui, a causa della loro oligotrofia, non possono sostenere l'instaurarsi di ricche e diversificate comunità viventi, conferendo quindi a questo tratto una fragilità biologica marcata.

Le conseguenze di questa fragilità si possono osservare nella stazione 2 in cui, apporti fognari molto modesti, paragonabili a quelli riversati negli affluenti (staz. 3 e 6), provocano un sensibile impatto. Si ha infatti una contrazione del numero di

---

(\*) I campionamenti biologici sono stati effettuati in regime di magra, nell'agosto 82.

U.S. a 14 e la scomparsa dei Plecotteri. L'ambiente diventa di 2<sup>a</sup> classe di qualità mentre le stazioni 3 e 6, con parametri chimici molto simili, ma non oligotrofiche, sono di 1<sup>a</sup> C.Q.

La stazione 3 sul torrente di Renara, la 4 subito a monte della prima segheria e la 6 sul Fosso di Antona, presentano buone caratteristiche sia chimiche che biologiche, risultando di 1<sup>a</sup> C.Q. (tab. VIII e IX).

Nella stazione 5, interessata dagli scarichi di una sola segheria, l'acqua, divenuta torbida e lattescente, trasporta 0,45 ml/l di solidi sedimentabili e 261 mg/l di solidi sospesi totali. L'effetto sulla comunità biologica si manifesta con la caduta delle U.S. da 24 a 15, collocando questo tratto tra la 2<sup>a</sup> e la 1<sup>a</sup> C.Q. Questo leggero declassamento è senz'altro inferiore a quello che ci si potrebbe attendere osservando la torbidità dell'acqua (confronta le foto 29 e 30). Come verrà più puntualmente spiegato nel capitolo sui meccanismi dell'azione inquinante della polvere di marmo, ciò è dovuto all'elevata velocità della corrente che impedisce il depositarsi della marmettola, lasciando puliti massi e pietrisco e consentendo la sopravvivenza di un discreto numero di macroinvertebrati.

Le stazioni 7 e S. Lucia presentano una situazione simile alla stazione 5: l'acqua è leggermente torbida ma, per la velocità ancora elevata, il substrato è per ampi tratti privo di copertura melmosa (ad eccezione di qualche area limitata, interposta «a mosaico» nell'alveo, nei punti di ristagno). La classe di qualità si mantiene intermedia tra la 1<sup>a</sup> e la 2<sup>a</sup>.

Il fiume subisce un primo drastico peggioramento nella stazione di Borgo del Ponte (foto 42). I diffusi scarichi fognari presenti in questo tratto, associati alla diminuita pendenza e velocità dell'acqua, fanno sì che la polvere di marmo depositandosi, trascini con sé il materiale dei liquami fognari formando una melma grigiastra che ricopre il substrato. Le U.S. (14), pur non discostandosi nel numero da quelle riscontrate nelle precedenti stazioni 5, 7 e S.L. (rispettivamente 15, 16 e 15 U.S.), formano una comunità fortemente squilibrata a vantaggio dei Ditteri, mentre i Plecotteri scompaiono e gli Efemerotteri e i Tricotteri subiscono una sensibile riduzione. Infatti l'ambiente, nel breve tratto di 500 metri, passa dalla 1<sup>a</sup>-2<sup>a</sup> alla 3<sup>a</sup> C.Q.

Da questa stazione, che rappresenta il punto di crisi biologica del Frigido, il fiume subisce un progressivo e rapido deterioramento.

Già alla stazione 8 si scende alla 4<sup>a</sup> C.Q., imputabile non solo ai nuovi scarichi fognari e di marmettola, ma anche al fatto che qui, come nelle successive stazioni 9 e 10, esplicano il loro effetto distruttivo, depositandosi, anche quei solidi scaricati dalle segherie della zona collinare i quali, per l'elevata velocità e turbolenza, erano mantenuti in sospensione nei tratti precedenti.

Nelle stazioni 9 e 10, infatti, diminuita ulteriormente la velocità della corrente per la minore pendenza e l'allargarsi dell'alveo, gli abbondanti depositi rendono il substrato uniforme e quindi inadatto a sostenere una comunità diversificata. Sopravvivono, con pochissimi individui, solo alcune famiglie di Ditteri e di Oligoche-

ti. Le U.S. sono ridotte a 4 nella stazione 9 e a 3 nella staz. 10; la classe di qualità è la peggiore (5<sup>a</sup> C.Q., fortemente inquinato).

La cartina a pag. 70 e la Carta di qualità ambientale allegata a fine volume forniscono, attraverso i colori convenzionali indicanti le classi di qualità e le foto dei popolamenti riscontrati in ogni tratto, una visione riassuntiva, ma eloquente, del progressivo degrado che il Frigido subisce lungo il suo corso.

**TAB. VIII - FIUME FRIGIDO 1982: ANALISI CHIMICHE E FISICHE (a)**

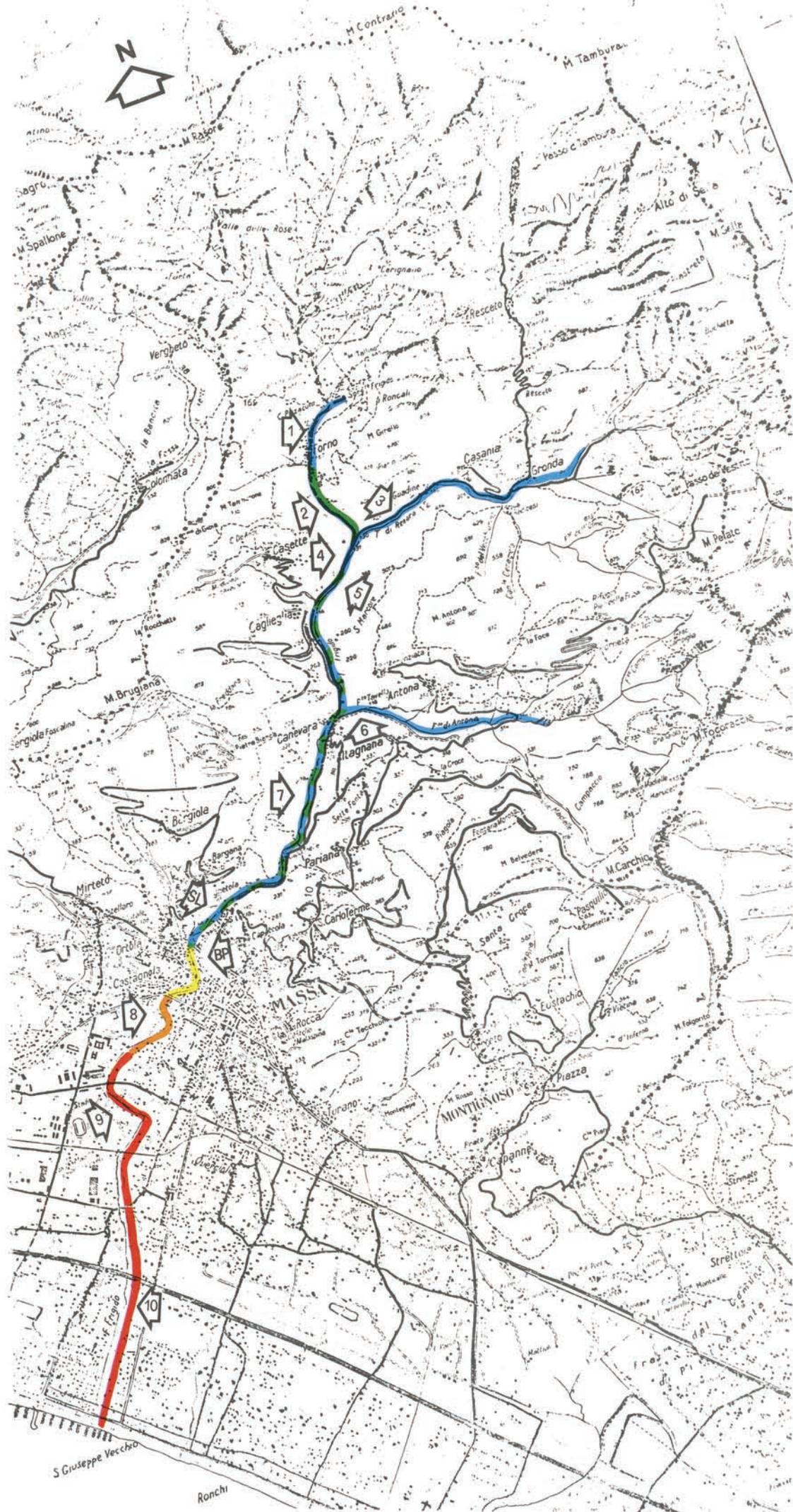
STAZIONE	1	2	3	4	5	6	7	S.L.	B.P.	8	9	10
Colore	incolore	incolore	incolore	incolore	incolore	incolore	incolore	incolore	incolore	incolore	incolore	incolore
Limpidezza	limpida	limpida	limpida	limpida	torbida	limpida	torbida	opalescente	opalescente	torbida	estremam. torbida	estremam. torbida
Odore	inodore	inodore	inodore	inodore	sui generis	inodore	sui generis	sui generis				
pH	7,62	7,52	7,46	7,52	7,34	7,72	7,70	7,69	7,80	7,57	7,60	7,71
Temperatura °C	12,4	12,5	14,5	13,1	13,4	15,1	14,2	15,3	15,7	15,4	16,1	17,0
Saturazione %	117,0	119,1	113,1	117,0	117,4	116,0	109,1	122,5	120,1	108,1	115,9	114,0
Ossigeno disciolto O <sub>2</sub> mg/l	12,69	12,81	11,68	12,44	12,40	11,97	11,34	12,44	12,06	10,97	11,58	11,18
BOD <sub>5</sub> mg/l	1,6	2,8	1,6	2,1	5,5	1,9	5,9	6,8	12,1	10,6	9,1	11,0
COD mg/l	2,2	3,2	2,8	3,2	9,7	3,3	8,7	17,1	17,7	14,4	15,4	15,4
Azoto ammoniacale NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg/l	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,47	2,14	0,66
Azoto nitroso N mg/l	0,000	0,002	0,000	0,004	0,007	0,000	0,005	0,006	0,009	0,030	0,026	0,073
Azoto nitrico NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l	3,2	2,3	3,5	5,0	2,6	2,8	2,7	3,2	3,3	3,7	6,0	9,2
Fosfati totali P mg/l	0,000	0,000	0,000	0,016	0,010	0,059	0,010	0,037	0,155	0,046	0,392	0,019
Alcalinità totale CaCO <sub>3</sub> mg/l	90	107	120	117	117	125	117	120	112	122	147	142
Cloruri Cl <sup>-</sup> mg/l	5,2	6,5	6,5	6,2	7,8	11,0	8,8	9,5	10,4	10,4	15,2	20,7
Solfuri H <sub>2</sub> S mg/l	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Solidi sedim. 2h mg/l	0,0	0,0	0,0	0,0	0,45	0,0	0,15	0,06	0,06	0,7	1,55	1,25
Solidi sospesi totali mg/l	0,0	0,0	0,0	0,0	261,2	Tracce	257,7	211,2	221,2	524,5	1423,5	1077,7
MBAS mg/l	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Tracce	0,00	0,00	Tracce	0,00
Durezza totale °F	9,9	10,6	11,0	10,5	13,3	13,0	12,3	11,6	13,4	15,1	18,7	19,9
Ferro <sup>(b)</sup> Fe mg/l	0,00/0,00	0,00/0,00	0,00/0,00	0,00/0,00	0,00/0,00	0,00/0,00	0,00/0,00	0,00/0,00	0,00/0,00	0,00/Tracce	0,00/Tracce	0,00/0,12
Piombo <sup>(b)</sup> Pb mg/l	0,00/0,00	0,00/0,00	0,00/0,00	0,00/0,00	0,00/0,00	0,00/0,00	0,00/0,00	0,00/0,00	0,00/0,00	0,00/0,00	0,00/0,00	0,00/0,00
Zinco <sup>(b)</sup> Zn mg/l	0,06/0,95	0,03/0,14	0,03/0,19	0,02/0,07	0,11/0,11	0,05/0,35	0,05/0,07	0,07/0,08	0,06/0,06	0,08/0,09	0,06/0,12	0,07/0,12

a) Media dei campionamenti del 15/9/82 e del 2/12/82

b) Il 1° valore si riferisce al campione filtrato, il 2° all'acqua tal quale

**TAB. IX - FIUME FRIGIDO 1982: RISULTATI DEI CAMPIONAMENTI BIOLOGICI**

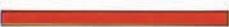
STAZIONE	1	2	3	4	5	6	7	S.L.	B.P.	8	9	10
PLECOTTERI (genere)	Leuctra Protonemura		Leuctra	Leuctra	Leuctra Protonemura	Leuctra Protonemura	Leuctra Protonemura	Leuctra Protonemura				
EFEMEROTTERI (genere)	Ecdyonurus Baëtis Ephemerella	Ecdyonurus Baëtis Ephemerella	Ecdyonurus Baëtis Ephemerella Habrophlebia Caenis Procloëon	Ecdyonurus Baëtis Ephemerella Habrophlebia Caenis Procloëon	Ecdyonurus Baëtis Ephemerella Caenis	Ecdyonurus Baëtis Ephemerella Habrophlebia Centroptilum	Ecdyonurus Baëtis Ephemerella Caenis Procloëon	Ecdyonurus Baëtis Ephemerella Caenis	Ecdyonurus Baëtis Caenis	Baëtis Procloëon		
TRICOTTERI (famiglia)	Rhyacophilidae Philopotamidae	Rhyacophilidae Philopotamidae	Rhyacophilidae Hydropsychidae Polycentropod. Ecnomidae	Rhyacophilidae Hydropsychidae Polycentropod.	Rhyacophilidae Hydropsychidae	Rhyacophilidae Hydropsychidae Polycentropod. Goeridae	Hydropsychidae Philopotamidae	Hydropsychidae	Hydropsychidae			
COLEOTTERI (famiglia)	Elminthidae Dytiscidae	Dytiscidae	Elminthidae Dytiscidae Haliplidae Hydraenidae	Elminthidae Dytiscidae Haliplidae	Elminthidae	Elminthidae Dytiscidae	Elminthidae	Elminthidae	Elminthidae			
ODONATI (genere)												
DITTERI (famiglia)	Chironomidae Blephariceridae Limonidae Tipulidae Simuliidae Empididae Culicidae	Chironomidae Blephariceridae Limonidae Simuliidae	Chironomidae Blephariceridae Simuliidae Tipulidae	Chironomidae Blephariceridae Limonidae Simuliidae Tipulidae	Chironomidae Blephariceridae Limonidae Simuliidae	Chironomidae Limonidae Simuliidae	Chironomidae Blephariceridae Limonidae Simuliidae Stratiomyidae	Chironomidae Simuliidae Tipulidae Anthomyidae	Chironomidae Simuliidae Anthomyidae Psychodidae Ceratopogonidae	Chironomidae Psychodidae	Chironomidae Psychodidae	Chironomidae
ETEROTTERI (genere)	Hydrometra		Gerris	Gerris		Gerris Velia			Gerris			
CROSTACEI (famiglia)						Gammaride						
MOLLUSCHI (genere)	Ancylus	Ancylus		Ancylus Physa	Ancylus	Ancylus	Ancylus	Ancylus	Ancylus Physa	Ancylus		
TRICLADI (genere)			Dugesia	Dugesia								
IRUDINEI (genere)	Dina	Dina			Dina			Dina	Dina			
OLIGOCHETI (famiglia)	Lumbricidae Naididae	Lumbricidae Naididae	Lumbricidae	Lumbricidae Naididae		Lumbricidae		Lumbricidae			Naididae Tubificidae	Enchytraeidae Tubificidae
PLANIPENNI (genere)	Osmylus											
<b>Tot. Unità Sistem. E.B.I. Classe di Qualità Giudizio</b>	<b>22 11 1<sup>a</sup> Non inquinato</b>	<b>14 8 2<sup>a</sup> Leggermente inquinato</b>	<b>22 10 1<sup>a</sup> Non inquinato</b>	<b>24 10 1<sup>a</sup> Non inquinato</b>	<b>15 9-10 2<sup>a</sup>-1<sup>a</sup> Leggermente inquinato</b>	<b>21 10-11 1<sup>a</sup> Non inquinato</b>	<b>16 9-10 1<sup>a</sup>-2<sup>a</sup> Leggermente inquinato</b>	<b>15 9-10 2<sup>a</sup>-1<sup>a</sup> Leggermente inquinato</b>	<b>14 7 3<sup>a</sup> Inquinato</b>	<b>5 5 4<sup>a</sup> Nettamente inquinato</b>	<b>4 2 5<sup>a</sup> Fortemente inquinato</b>	<b>3 2 5<sup>a</sup> Fortemente inquinato</b>



**CARTA DELLA QUALITA' BIOLOGICA  
DEL FIUME FRIGIDO (1982)**

0 1 km

- ..... Spartiacque
- Stazioni di campionamento

Classe di qualità	Giudizio
	1 <sup>a</sup> non inquinato
	2 <sup>a</sup> leggermente inquinato
	3 <sup>a</sup> inquinato
	4 <sup>a</sup> nettamente inquinato
	5 <sup>a</sup> fortemente inquinato
	Situazione intermedia tra la 1 <sup>a</sup> e la 2 <sup>a</sup> C.Q.

# CANALE DI MONTIGNOSO

## CENNI SULLA GEOMORFOLOGIA E IDROLOGIA

Lo spartiacque del modesto bacino del Canale di Montignoso (vedi cartina a fine capitolo) sale dalla località Prato, attraverso una serie di colline, fino al Colle Belvedere (895 m.); qui piega ad est raggiungendo il M. Carchio (1087 m.) per poi scendere verso sud al M. Folgorito (911 m.) e al Colle Piano e chiudersi nuovamente presso Prato.

Al M. Carchio la morfologia è quella tipica delle zone di escavazione del marmo: versanti ricoperti da detriti di cava (ravaneti) o con profili interrotti da pareti verticali o spianate. Nella zona del Pasquilio e di S. Croce i versanti presentano copertura boschiva e terrazzi coltivati; da questi ultimi, con versanti abbastanza ripidi, si arriva a monte dell'abitato di Montignoso, da dove il pendio diventa più dolce.

Dopo Capanne, il Canale di Montignoso scorre entro un alveo pensile artificiale, piega a sud-est e, attraversata entro argini artificialmente rialzati la zona paludosa del Lago di Porta, si immette nel fiume Versilia.

La zona montana del bacino è costituita quasi completamente da rocce impermeabili appartenenti al basamento cristallino dell'Autoctono Apuano (filladi, scisti micacei e porfirici, quarziti: fig. 2, colore giallo). Questi terreni sono fratturati solo nei livelli superficiali e permettono quindi una circolazione idrica epidermica; la loro facile erodibilità permette inoltre l'accumulo di coltri detritiche, sede di ridottissimi acquiferi che alimentano piccole sorgenti.

Gli affioramenti calcarei del M. Carchio e quello a ridosso della statale Aurelia (fig. 2, colore azzurro), tormentato da numerose cave, essendo costituiti da rocce molto permeabili per fessurazione e carsismo, rappresentano i due acquiferi più importanti del bacino.

Nei mesi estivi la portata si riduce a poche decine di litri al secondo mentre nei mesi autunno-invernali, data l'elevata piovosità (oltre 2000 mm. annui), l'elevata pendenza e l'impermeabilità delle rocce del bacino montano, il Canale di Montignoso è soggetto a piene e a straripamenti.

## SCELTA DELLE STAZIONI DI CAMPIONAMENTO

Il Canale di Montignoso, sebbene ancora più modesto per portata ed estensione del bacino, appare molto simile al torrente Parmignola per la tipologia dei vari tratti e la natura degli scarichi. Infatti anche il Canale di Montignoso è interessato a due soli tipi di scarichi, fognature e polvere di marmo e granito, che sono spazialmente ben definiti. Lungo il suo corso si possono distinguere tre tratti fondamentali (fig. 4). Il primo tratto, che dalle sorgenti arriva fino in prossimità del ponte della provinciale per il Pasquilio, non riceve apporti inquinanti. Il secondo tratto (foto 34), che arriva fino al ponticello dell'Osteriaccia, subito a monte delle prime segherie, è interessato da solo inquinamento domestico, ricevendo gli scarichi civili delle frazioni di Piazza, Prato e Capanne. Infine, l'ultimo tratto, fino all'immissione nel Versilia, riceve gli scarichi di una decina di segherie e laboratori



Foto 32: la planaria *Dugesia gonocephala*, verme piatto dalla caratteristica testa a ferro di lancia, sfugge la luce e di giorno si rifugia sotto i ciottoli. Dotata di elevata capacità rigenerativa, se viene tagliata rigenera un esemplare completo da ogni frammento. Si nutre succhiando i liquidi interni di altri invertebrati con la sua proboscide ventrale estroflettibile. Predilige acque veloci, fredde e ben ossigenate. 10 x

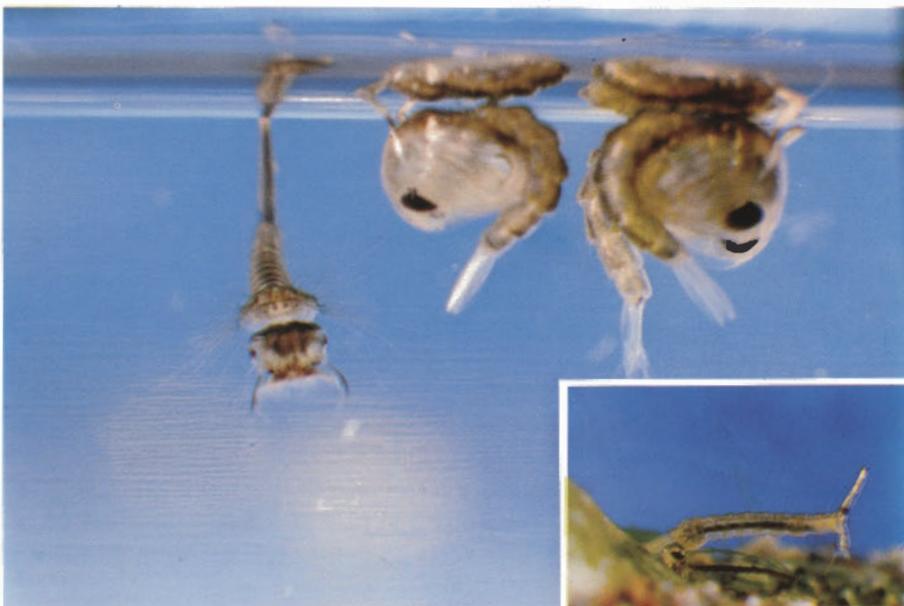


Foto 33: persino le larve di *Culex*, le fastidiose zanzare, hanno un ruolo nel processo autodepurante dei corpi idrici. Presenti in gran numero nelle pozze e nei tratti quasi stagnanti, si nutrono dei fini detriti organici che ricoprono il fondo. Nella foto, una larva e tre pupe, mentre si riforniscono di ossigeno sotto il pelo dell'acqua. Nel riquadro una larva mentre si ciba sul fondo. Foto grande 12 x Riquadro 5 x

di marmo e granito, senza ulteriori apporti fognari di rilievo. Sulla base della localizzazione degli scarichi e della natura del substrato sono state fissate quattro stazioni di campionamento.

**STAZIONE 1:** a monte del ponte della provinciale per il Pasquilio.

L'acqua è limpida e scorre in un letto ad elevata pendenza con substrato costituito da roccia in posto, massi e pietrisco, con buona copertura perifitica, muscinale e algale. I versanti sono ripidi, con abbondante vegetazione spontanea. Sono presenti numerose cascatelle.

**STAZIONE 2:** all'altezza del ponte dell'Osteriaccia.

L'acqua permane limpida e con buona velocità mentre il fondo, con discreta copertura perifitica, è formato da massi e pietrisco.

**STAZIONE 3:** in prossimità del ponte di via Stradavecchia.

L'acqua è torbida e scorre veloce in un alveo estremamente duro, costituito da massi, pietrisco e lastre cementate da fanghi di lavorazione del marmo e granito e ricoperti in alcune zone da un sottile strato di melma di segazione.

**STAZIONE 4:** 500 metri a monte dell'immissione nel Versilia.

L'alveo, delimitato da argini sopraelevati di recente rifacimento, si presenta con il fondo interamente ricoperto da fango e melma con bassissima consistenza (foto 35). L'acqua è torbida.

## **ANALISI DEI RISULTATI**

La stazione 1, che presenta un'acqua con parametri chimici e fisici tipici delle acque non inquinate (tab. X), è ben popolata da comunità di macroinvertebrati (tab. XI). La particolare struttura del substrato, con roccia in posto colonizzata da muschi, con massi e pietrisco, determina la presenza di svariati microambienti, tutti riccamente colonizzati. Le Unità Sistematiche riscontrate complessivamente ammontano a 31, con buona rappresentanza di Tricotteri (7), Efemerotteri (6), Plecotteri (2), indicatori di acque pulite.

Nella seconda stazione, sulla quale gravitano le principali frazioni di Montignoso, l'immissione di scarichi fognari sembra avere effetti di poco conto. Il valore dell'ossigeno disciolto resta molto alto, BOD<sub>5</sub> e COD sono a livelli di normalità, l'ammoniaca e i detersivi sono assenti, mentre i fosfati sono presenti in tracce minime (tab. X). Anche l'analisi dei popolamenti dei macroinvertebrati conferma i dati chimici, mostrando una struttura della comunità sufficientemente diversificata. Infatti, nonostante si scenda a 23 U.S. rispetto alle 31 della stazione precedente, la presenza di numerosi organismi di acque pulite, come Plecotteri, Efemerotteri e Tricotteri, mantengono questo ambiente entro la 1<sup>a</sup> classe di qualità.

Nella stazione 3, dopo gli apporti degli scarichi delle segherie, si nota un deciso peggioramento. Il dato più significativo è la presenza di abbondanti quantità di solidi sedimentabili (0,7 ml/l) e totali (670 mg/l). L'impatto ambientale, pur essendo consistente, è inferiore a quanto ci si potrebbe attendere sulla sola base del tenore in solidi sospesi. Infatti riescono a sopravvivere 11 U.S., che conferiscono a



Foto 34: il Canale di Montignoso in località Piazza.



Foto 35: il Canale di Montignoso in condizioni di magra nel tratto compreso tra le stazioni 3 e 4. Si notino, immediatamente a contatto con l'acqua, i depositi di polvere di marmo, bianchi e molli. Più in alto sono evidenti depositi cementati color rosso di fanghi di lavorazione del granito, sedimentatisi in condizioni di maggior portata.

questo tratto una classe di qualità intermedia tra la 2<sup>a</sup> e la 3<sup>a</sup>. Questa relativa tenuta ambientale è da attribuirsi alla scarsità di depositi molli sul fondo che è invece caratterizzato da un'accentuata durezza, dovuta alla cementazione tra ciottoli e fanghi di lavorazione del marmo e granito.

Nella stazione 4, invece, pur in mancanza di nuovi apporti di marmettola e in presenza di quantità minori di solidi sospesi (374 mg/l), la situazione precipita in maniera drammatica, tanto da determinare la totale scomparsa di ogni macroinvertebrato, situazione unica tra tutti i corsi d'acqua da noi indagati; ovviamente, la classe di qualità è la 5<sup>a</sup>. Come vedremo meglio nel prossimo capitolo, ciò è dovuto al fatto che in questo tratto, che scorre con pendenza vicina allo zero, si verificano abbondanti depositi molli di polvere di marmo, che in alcune sezioni raggiungono spessori di oltre un metro e mezzo.

La mappa di qualità allegata a fine capitolo e la Carta a fine volume mostrano, con i colori convenzionali e con le foto dei popolamenti dei macroinvertebrati riscontrati in ogni tratto, il rapido deterioramento della qualità ambientale del Canale di Montignoso.

La gravità di questa situazione sollecita urgenti provvedimenti che, oltre ad imporre l'adeguamento degli scarichi delle segherie e laboratori alle norme di legge dovrà comportare una risistemazione dell'alveo con l'asportazione dei materiali depositati e il ripristino di un letto ciottoloso nel tratto a monte della immissione nel Versilia. In questo modo un graduale recupero di qualità non appare impossibile, come dimostrato anche da quanto successo nel Parmignola.

Quest'ultimo tratto, tra l'altro, si inserisce in un ambiente prelitorale di grande valore naturalistico e paesaggistico. Infatti il punto di confluenza con il Versilia (fiume che, va ricordato, presenta aspetti di degrado preoccupanti) viene a trovarsi proprio nel mezzo di una vasta estensione di territorio che comprende, oltre a ciò che resta del Lago di Porta, anche gran parte delle zone adiacenti bonificate. La peculiarità di questo biotopo è data dalla contemporanea presenza, nel raggio di pochi chilometri, di una zona umida inserita tra ambienti costieri, planiziali, collinari e montani. Trovano qui un ambiente ideale per il loro insediamento specie floreali e animali difficilmente riscontrabili altrove. Purtroppo, soprattutto nel versante di Pietrasanta, anche l'alveo del Lago di Porta è diventato sito di discarica di marmettola con sensibili compromissioni e a poco sono valsi gli allarmi e le denunce da più parti pervenute.

**TAB. X - CANALE DI MONTIGNOSO (1983): ANALISI CHIMICHE E FISICHE (a)**

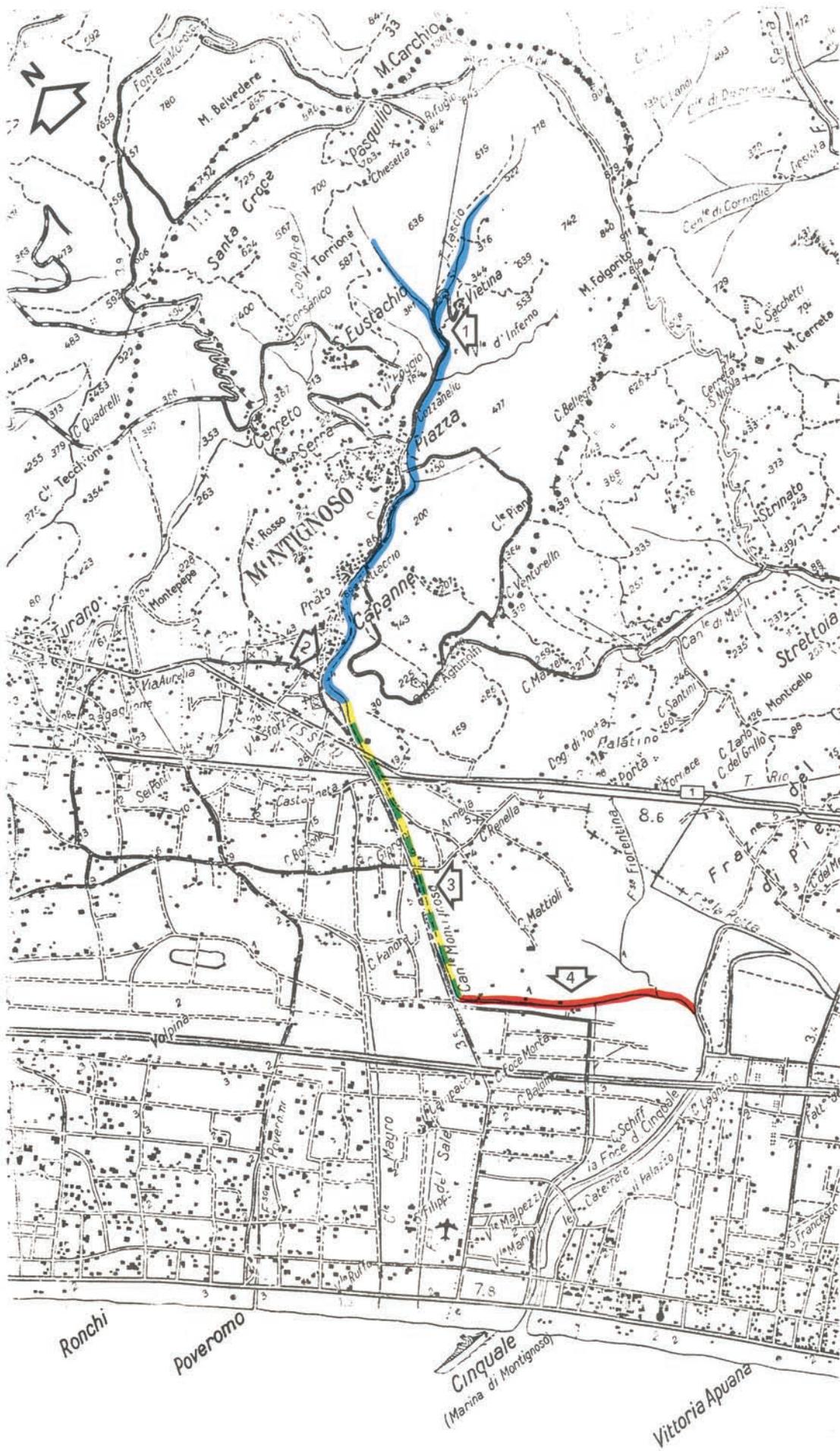
STAZIONE	1	2	3	4
Colore	incolore	incolore	incolore	incolore
Limpidezza	limpida	leggermente opalescente	torbida	leggermente torbida
Odore	inodore	inodore	sui generis	sui generis
pH	8,12	8,22	8,48	8,48
Temperatura °C	11,0	12,5	13,0	13,0
Saturazione %	101,4	108,0	106,0	105,5
Ossigeno disciolto O <sub>2</sub> mg/l	11,20	11,61	11,26	11,08
BOD <sub>5</sub> mg/l	0,9	1,5	2,8	2,7
COD mg/l	1,8	2,4	3,6	4,8
Azoto ammoniacale NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg/l	0,00	0,00	0,02	0,00
Azoto nitroso N mg/l	0,000	0,017	0,038	0,012
Azoto nitrico NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l	1,8	6,0	6,4	5,8
Fosfati totali P mg/l	0,000	tracce	tracce	0,000
Alcalinità totale CaCO <sub>3</sub> mg/l	55	77	92	80
Cloruri Cl <sup>-</sup> mg/l	14,2	18,6	19,2	20,2
Solfuri H <sub>2</sub> S mg/l	0,00	0,00	0,00	0,00
Solidi sedimentabili 2h ml/l	0,0	tracce	0,7	0,4
Solidi sospesi totali mg/l	tracce	9,0	670	374
MBAS mg/l	0,00	0,00	0,02	0,03
Durezza totale °F	6,1	9,0	10,1	9,8
Ferro <sup>(b)</sup> Fe mg/l	0,00/0,00	0,00/0,00	tracce/tracce	0,04/0,04
Piombo <sup>(b)</sup> Pb mg/l	0,00/0,00	0,00/0,00	0,01/0,01	0,00/0,01
Zinco <sup>(b)</sup> Zn mg/l	0,00/0,00	0,00/0,00	0,00/0,12	0,00/0,60

a) Media dei campionamenti del 18/4/83 e del 20/5/83

b) Il 1° valore si riferisce al campione filtrato, il 2° all'acqua tal quale.

**TAB. XI**  
**CANALE DI MONTIGNOSO (1983): RISULTATI DEI CAMPIONAMENTI BIOLOGICI**

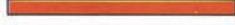
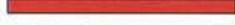
STAZIONE	1	2	3	4
PLECOTTERI (genere)	Protonemura Leuctra	Protonemura Leuctra	Protonemura	—
EFEMEROTTERI (genere)	Baëtis Habrophlebia Ephemerella Caenis Ecdyonurus Ephemera	Baëtis Habrophlebia Ephemerella Caenis Ecdyonurus	Baëtis Habrophlebia Ephemerella Caenis Ecdyonurus	—
TRICOTTERI (famiglia)	Hydropsychidae Rhyacophilidae Sericostomatidae Philopotamidae Glossomatidae Polycentropodidae Hydroptilidae	Hydropsychidae Rhyacophilidae Sericostomatidae Philopotamidae	Hydropsychidae Rhyacophilidae	—
COLEOTTERI (famiglia)	Elminthidae Dryopidae Hydrophilidae Helodidae	Elminthidae Dytiscidae		—
ODONATI (genere)	Calopteryx			—
DITTERI (famiglia)	Chironomidae Athericidae Ceratopogonidae Simuliidae Dixidae	Chironomidae Athericidae Ceratopogonidae Psychodidae Stratiomyidae	Chironomidae Empididae	—
ETEROTTERI (genere)	Gerris			—
CROSTACEI (famiglia)	Gammaridae			—
MOLLUSCHI (genere)	Ancylus	Theodoxus	Ancylus	—
TRICLADI (genere)	Dugesia	Dugesia		—
IRUDINEI (genere)	Dina	Hirudo		—
OLIGOCHETI (famiglia)	Lumbricidae	Lumbricidae Naididae		—
<b>Tot. Unità Sistem.</b>	<b>31</b>	<b>23</b>	<b>11</b>	<b>0</b>
<b>EBI</b>	<b>13</b>	<b>11</b>	<b>8-7</b>	<b>0</b>
<b>Classe di Qualità</b>	<b>1<sup>a</sup></b>	<b>1<sup>a</sup></b>	<b>2<sup>a</sup>-3<sup>a</sup></b>	<b>5<sup>a</sup></b>
<b>Giudizio</b>	<b>Non inquinato</b>	<b>Non inquinato</b>	<b>Discretamente inquinato</b>	<b>Fortemente inquinato</b>



**CARTA DELLA QUALITA' BIOLOGICA  
DEL CANALE DI MONTIGNOSO (1983)**

0 1 km

..... Spartiacque  
 Stazioni di campionamento

Classe di qualità	Giudizio
	1 <sup>a</sup> non inquinato
	2 <sup>a</sup> leggermente inquinato
	3 <sup>a</sup> inquinato
	4 <sup>a</sup> nettamente inquinato
	5 <sup>a</sup> fortemente inquinato
	situazione intermedia tra la 2 <sup>a</sup> e la 3 <sup>a</sup> C.Q.

## I MECCANISMI DELL'AZIONE INQUINANTE DELLA POLVERE DI MARMO

Già lo scorso anno, a conclusione dello studio sul Parmignola, osservammo che gli scarichi di marmettola erano i principali responsabili del degrado del torrente (4<sup>a</sup> classe di qualità alla stazione 4), mentre l'inquinamento organico da modesti scarichi fognari produce un impatto ambientale più limitato (2<sup>a</sup> C.Q. alla stazione 3). La fig. 5 mostra come nella stazione 4, pur diminuendo gli indici di inquinamento organico (BOD<sub>5</sub> e COD) si verifichi un netto peggioramento della qualità ambientale, strettamente correlato al forte aumento dei solidi sedimentabili e totali e alla copertura melmosa del substrato.

Un analogo fenomeno si osserva nel Frigido: dalla stazione di Borgo del Ponte alla stazione 10 si passa dalla 3<sup>a</sup> alla 5<sup>a</sup> classe di qualità per l'aumento dei solidi sospesi e dell'estensione della copertura melmosa, mentre il carico organico diminuisce.

Un'ulteriore conferma del grave impatto ambientale degli scarichi di marmettola viene dall'osservazione che in tutti i 4 corsi d'acqua, a monte delle segherie e anche in presenza dei modesti scarichi fognari, la classe di qualità non scende mai sotto la 2<sup>a</sup> mentre a valle delle segherie si arriva fino al degrado totale (5<sup>a</sup> C.Q.).

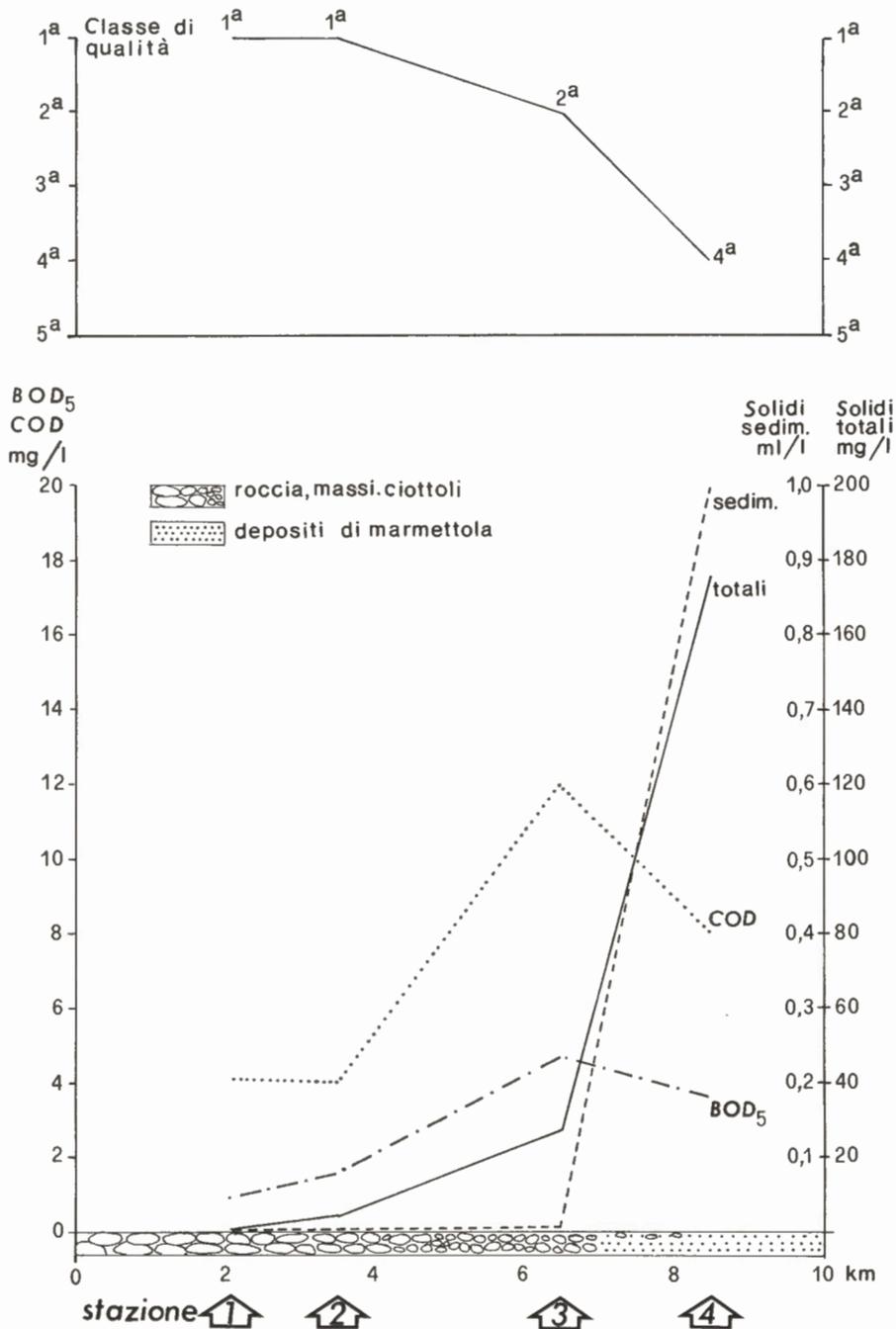
La prova decisiva, infine, è rappresentata dalla nuova situazione creatasi nel Parmignola nell'83, anno in cui, dopo l'interruzione degli scarichi di marmettola, si è determinato un netto e rapido miglioramento della stazione 4, con un recupero di ben due classi di qualità.

Cade così la tesi, ancora largamente diffusa, che ritiene la polvere di marmo «inerte» (contrariamente ad altri inquinanti chimici) in quanto prodotto minerale naturale, praticamente insolubile e privo di una propria tossicità acuta, mentre emerge chiaramente il suo pesante impatto ambientale.

In questo capitolo ci proponiamo di chiarire attraverso quali meccanismi e in quali condizioni essa espliciti i suoi effetti distruttivi.

I principali meccanismi d'azione, agenti singolarmente ma più spesso sinergicamente, cioè influenzandosi e potenziandosi a vicenda, possono essere così individuati:

- 1) **DANNO DIRETTO AI MACROINVERTEBRATI** in quanto la polvere trasportata dalla corrente esercita un'azione abrasiva sugli organismi acquatici, aderisce ai peli ed alle branchie ostacolando la respirazione e, sedimentandosi, impedisce ai macroinvertebrati (molti dei quali sono dotati di unghie, ventose o di altri organi di adesione per non essere trascinati dalla corrente) un solido aggancio al substrato, divenuto melmoso e instabile.
- 2) **DIMINUZIONE DELLE DISPONIBILITÀ ALIMENTARI** poichè la torbidità dell'acqua, riducendo la penetrazione della luce, ostacola la fotosintesi, impedisce la crescita e l'adesione al substrato delle alghe bentoniche e di altri vegetali acquatici, che sono alimento e rifugio per molti macroinvertebrati che, a loro volta, rappresentano il cibo dei predatori.



**FIG. 5 TORRENTE PARMIGNOLA (1982)  
IMPATTO DELLA MARMETTOLA E DEGLI SCARICHI FOGNARI:**

Il grafico mostra come al massimo di inquinamento organico (BOD<sub>5</sub> e COD), registrabile nella stazione 3, corrisponde una 2<sup>a</sup> classe di qualità (leggermente inquinato). Nella stazione 4, con carico organico inferiore ma con forte carico di solidi sedimentabili e totali e col fondo coperto da marmettola, si ha un brusco calo alla 4<sup>a</sup> C.Q. (nettamente inquinato). L'impatto della marmettola è quindi ben più pesante di quello degli scarichi fognari.



Foto 36: larva di tricottero Polycentropodidae, un organismo filtratore che vive entro una fine rete a forma di sacco tesa tra i ciottoli con l'apertura rivolta controcorrente. Ben visibili le zampe anali munite di uncini che servono alla larva per ancorarsi saldamente al suo retino. I Policentropodidi esigono acque correnti e tollerano solo inquinamenti di modesta entità. (Fosso di Antona) 11 x



Foto 37: larve di tricotteri Limnephilidi (portalegna). Maestri di mimetismo, per sfuggire alla cattura da parte dei pesci, si costruiscono un astuccio che rivestono di frammenti vegetali e che si trascinano dietro nei loro spostamenti. Organismi trituratori, si nutrono di detriti vegetali e popolano acque relativamente calme ma ben ossigenate. Nella foto l'animale è retratto nell'astuccio mentre nel riquadro sporgono dall'astuccio il corpo e il torace (Parmignola, staz. 1) Foto grande 5 x, Riquad. 1,5 x

- 3) **DANNO RIPRODUTTIVO** in quanto la polvere di marmo, sedimentando, seppellisce le uova e gli altri stadi vitali fissati al substrato, impedendone l'ulteriore sviluppo.
- 4) **DISTRUZIONE DELLE NICCHIE ECOLOGICHE:** è noto che i vari organismi non sono distribuiti casualmente nel corso d'acqua, ma che ciascuno predilige un particolare microambiente al quale si adatta sia per la conformazione anatomica che per la sua fisiologia, con accorgimenti che destano spesso meraviglia e ammirazione. Così ci sono macroinvertebrati con il corpo appiattito e che vivono sotto le pietre, oppure con forma cilindrica, idrodinamica e che sono ottimi nuotatori. Alcuni poi hanno potenti organi di aggancio alle rocce o ai vegetali (foto 27 e 28) e prediligono i punti a più elevata velocità di corrente mentre altri «pattinano» sull'acqua e preferiscono i punti più calmi. Ancora, ci sono gli scavatori (foto 19 e 20) che esigono substrati fini (sabbia o limo) mentre altri, rifugiandosi nelle fessure, preferiscono i grossi massi che non vengono rotolati dalla corrente (foto 23). Si potrebbe continuare con altri esempi riguardanti particolari specializzazioni nelle modalità di procacciamento del cibo o legate a necessità di mimetismo (foto 18, 25, 37), ma basta quanto fin qui detto per comprendere come la sedimentazione della polvere di marmo, formando uno spesso strato melmoso, distrugge la varietà del microhabitat e rende l'ambiente uniforme e perciò inadatto a sostenere una comunità ricca e diversificata.



Foto 38: femmina (a sinistra) e maschio (più piccolo) di *Proasellus*, crostaceo isopode dal corpo molto appiattito che vive sui fondi molli di ambienti con acque calme, nutrendosi di detriti vegetali e animali.

Molto resistente alla carenza di ossigeno e all'inquinamento organico, trae vantaggio dalla presenza di scarichi fognari per l'abbondanza del cibo e la scarsità di concorrenza da parte di altri invertebrati, che non tollerano tali condizioni.

Entrando nel merito dell'importanza relativa dei quattro meccanismi sopra accennati non è possibile affermare a priori quale sia il più importante, sia perchè essi interagiscono tra loro e con i fattori ambientali, sia, soprattutto, perchè ciascun meccanismo produce un impatto diverso in diverse condizioni spaziotemporali.

È chiaro, ad esempio, che il danno riproduttivo e la distruzione delle nicchie ecologiche, essendo provocati dalla sedimentazione della polvere di marmo, agiscono dove e quando tale sedimentazione si verifica, mentre non produrranno effetti sensibili nei tratti e nei periodi in cui, per la forte velocità della corrente, il materiale particolato resta in sospensione.

A riprova delle strette connessioni tra carico inquinante, fattori idrodinamici e impatto ambientale, l'esame della Tab. XII, che riporta in un unico prospetto i risultati dei campionamenti biologici e dei principali parametri chimici dei quattro corsi d'acqua, permette di trarre considerazioni di notevole interesse.

Pur risultando chiaramente, da quanto sopra detto, che il degrado dei nostri corsi d'acqua è determinato prevalentemente dagli scarichi di marmettola, appare però anche evidente che la gravità dell'impatto ambientale non è automaticamente correlabile al tenore in solidi sospesi (fig. 6).

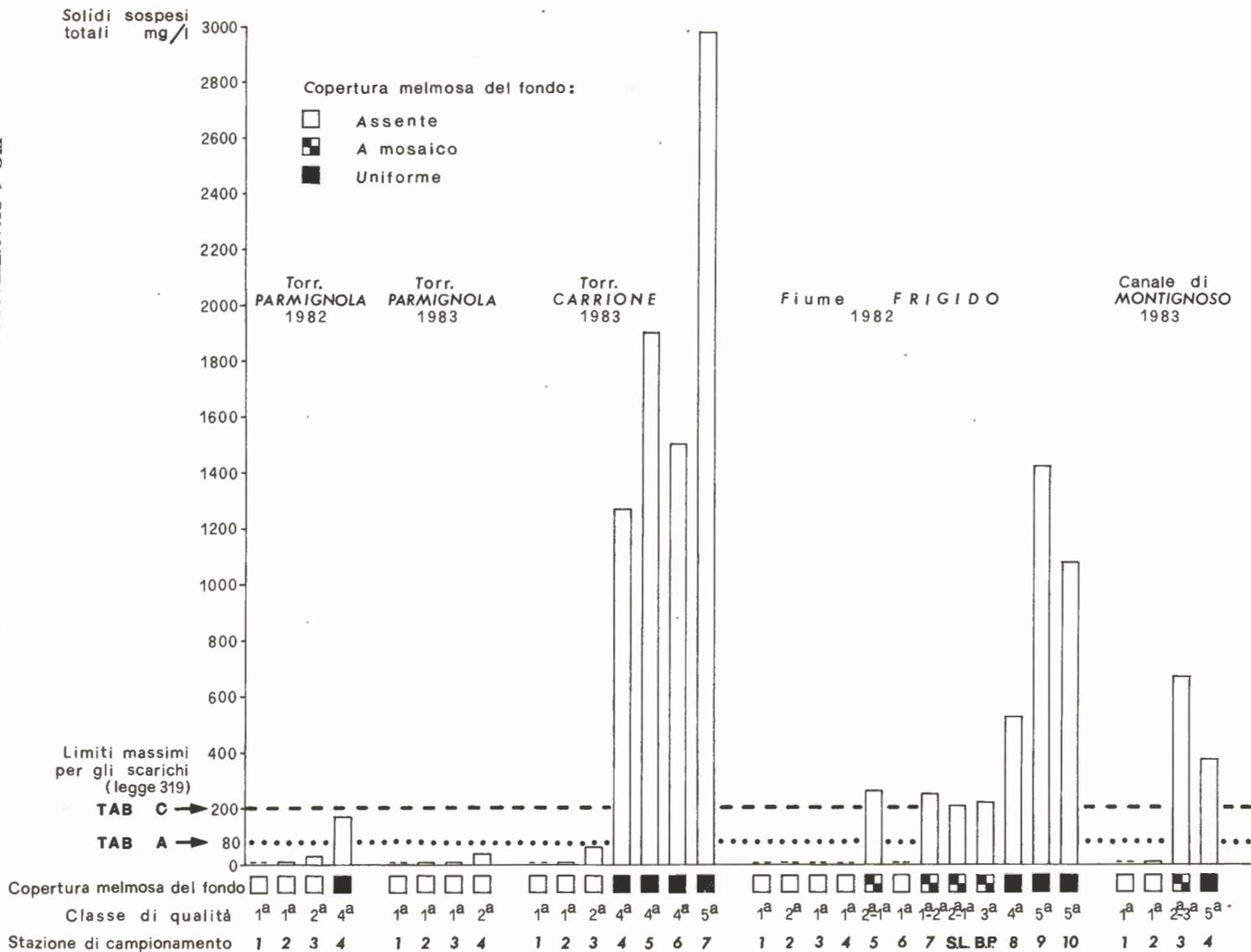
La stazione 4 del Parmignola, con 175 mg/l di solidi sospesi totali e 1,0 ml/l di solidi sedimentabili, risultava infatti nell'82 della stessa classe di qualità (4<sup>a</sup>) delle stazioni 4, 5 e 6 del Carrione, nonostante il tenore in solidi di queste ultime fosse nettamente superiore (solidi sospesi totali 1272, 1902 e 1503 mg/l; solidi sedimentabili 1,6, 2,6 e 1,8 ml/l). Ad ulteriore conferma di ciò, le stazioni 5, 7 e S.L. del Frigido presentano una classe di qualità intermedia tra la 1<sup>a</sup> e la 2<sup>a</sup>, migliore cioè della stazione 4 del Parmignola (4<sup>a</sup> C.Q.), sebbene questa abbia un minor contenuto in solidi sospesi totali.

Questa situazione può essere esemplificativa di un concetto più generale: i controlli chimici e fisici servono a quantificare il CARICO INQUINANTE veicolato dall'acqua ma non consentono di prevederne con sicurezza gli effetti poichè questo è soltanto uno dei fattori che concorrono a determinare l'IMPATTO AMBIENTALE. Quest'ultimo, infatti, è il risultato dell'azione combinata degli inquinanti tra di loro, con le caratteristiche del corpo recettore (pendenza, velocità ecc.) e, naturalmente, con i popolamenti biologici acquatici. Ciò sembra confermare l'importanza dell'uso dei macroinvertebrati come indicatori biologici della qualità ambientale e conforta la nostra scelta di utilizzare in maniera integrata il metodo chimico e quello biologico.

Tornando alla Tab. XII e alla fig. 6, si può osservare che il fattore che più di ogni altro è legato alla qualità ambientale è la natura del substrato e, in particolare, la presenza, estensione e spessore della copertura melmosa determinata dalla sedimentazione della marmettola.

Il caso limite è rappresentato dalla stazione 4 del Canale di Montignoso che presenta un degrado biologico totale (nessuno macroinvertebrato) pur avendo un carico solido inferiore (374 mg/l di solidi totali) sia alla stazione precedente (670 mg/l) che alle stazioni 8, 9 e 10 del Frigido (524, 1423 e 1077 mg/l) e 4, 5, 6 e 7 del

**FIG. 6 QUANTITA' DI SOLIDI SOSPESI TOTALI NEI CORSI D'ACQUA STUDIATI:**  
 Il Canale di Montignoso, il Frigido e, soprattutto, il Carrione, hanno un contenuto in solidi sospesi totali che supera abbondantemente i limiti massimi ammessi negli scarichi dalla legge 319 (frece).



TAB. XII - PROSPETTO RIASSUNTIVO DEI RISULTATI CHIMICI PIÙ SIGNIFICATIVI E DEI CAMPIONAMENTI BIOLOGICI

STAZIONE	T. Parmignola 1982				T. Parmignola 1983				T. Carrione 1983							Fiume Frigido 1982										Canale di Montignoso '83					
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	S.L.	B.P.	8	9	10	1	2	3	4
Limpidezza	quasi limpida	quasi limpida	opalesc.	torbida	limpida	quasi limpida	quasi limpida	opalesc.	limpida	quasi limpida	leggerm. torbida	estrem. torbida	estrem. torbida	estrem. torbida	estrem. torbida	limpida	limpida	limpida	limpida	torbida	limpida	torbida	opalesc.	opalesc.	torbida	estrem. torbida	estrem. torbida	limpida	leggerm. opalesc.	torbida	leggerm. torbida
BOD <sub>5</sub> mg/l	0,94	1,6	4,7	3,6	0,7	1,7	3,2	2,5	0,3	2,4	3,5	4,8	3,9	7,2	8,2	1,6	2,8	1,6	2,1	5,5	1,9	5,9	6,8	12,1	10,6	9,1	11,0	0,9	1,5	2,8	2,7
COD mg/l	4,1	4,0	12,0	8,1	1,2	2,5	4,2	4,7	1,4	3,0	4,3	7,0	7,0	9,9	10,5	2,2	3,2	2,8	3,2	9,7	3,3	8,7	17,1	17,7	14,4	15,4	15,4	1,8	2,4	3,6	4,8
Azoto ammoniacale NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg/l	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,03	tracce	0,135	0,239	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,47	2,14	0,66	0,00	0,00	0,02	0,00
Azoto nitroso N mg/l	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,016	0,078	0,032	0,000	0,030	0,033	0,005	0,011	0,045	0,046	0,000	0,002	0,000	0,004	0,007	0,000	0,005	0,006	0,009	0,030	0,026	0,073	0,000	0,017	0,038	0,012
Azoto nitrico NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l	-	-	-	-	2,0	2,8	5,0	4,4	0,6	4,2	4,1	3,5	3,6	8,5	6,9	3,2	2,3	3,5	5,0	2,6	2,8	2,7	3,2	3,3	3,7	6,0	9,2	1,8	6,0	6,4	5,8
Fosfati totali P mg/l	0,000	tracce	0,025	tracce	0,000	0,013	0,042	0,037	0,000	0,025	0,031	tracce	tracce	0,055	0,025	0,000	0,000	0,000	0,016	0,010	0,059	0,010	0,037	0,155	0,046	0,392	0,019	0,000	tracce	tracce	0,000
MBAS mg/l	0,00	tracce	tracce	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,02	0,14	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	tracce	0,00	0,00	tracce	0,00	0,00	0,00	0,02	0,03
Solidi sedimentabili 2h ml/l	0,0	tracce	0,1	1,0	0,0	tracce	tracce	0,1	0,0	tracce	0,1	1,6	2,6	1,8	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,45	0,0	0,15	0,06	0,06	0,7	1,55	1,25	0,0	tracce	0,7	0,4
Solidi sospesi totali mg/l	tracce	4,6	27,5	175	tracce	4,0	6,5	38,6	tracce	3,1	65,1	1272	1902	1503	2978	0,0	0,0	0,0	0,0	261,2	tracce	257,7	211,2	221,2	524,5	1423,5	1077,7	tracce	9,0	670	374
Copertura melmosa del fondo	assente	assente	assente	unifor.	assente	assente	assente	assente	assente	assente	assente	uniforme	uniforme	uniforme	uniforme	assente	assente	assente	assente	scarsa, a mosaico	assente	a mosaico	a mosaico	abb., a mosaico	uniforme	uniforme	uniforme	assente	assente	a mosaico	uniforme
Totale Unità Sistem.	38	25	17	5	38	34	29	18	36	25	17	4	4	4	1	22	14	22	24	15	21	16	15	14	5	4	3	31	23	11	0
E.B.I.	14	10-11	8	4	14	13	12	9	14	11	9	4	4	4	1	11	8	10	10	9-10	10-11	9-10	9-10	7	5	2	2	13	11	8-7	0
Classe di Qualità	1 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup> -1 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup> -2 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup> -1 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup> -3 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>

Carrione (1272, 1902, 1503 e 2978 mg/l). La spiegazione diviene chiara se si considera che nell'ultima stazione del Canale di Montignoso la coltre melmosa raggiunge spessori notevolmente superiori a quelli di tutti gli altri corsi d'acqua e presenta una elevata inconsistenza (\*).

L'importanza della copertura melmosa del fondo, convalidata dal confronto tra tutte le stazioni dei quattro corsi d'acqua, permette di affermare che la polvere di marmo produce danni di entità limitata laddove la pendenza e la velocità della corrente sono sufficienti a mantenerla in sospensione. L'impatto ambientale della marmettola scaricata nei tratti montani e collinari è però soltanto dilazionato e trasferito più a valle, dove la diminuita pendenza ne facilita la sedimentazione.

Dei quattro meccanismi d'azione della polvere di marmo, precedentemente citati, vengono quindi ad assumere un'importanza preponderante quelli legati alla sedimentazione, cioè il danno riproduttivo e la distruzione delle nicchie ecologiche che, oltretutto, ripercuotendosi sulle generazioni successive, provocano un effetto più duraturo.

Pur non essendo in grado di precisare in termini numerici la percentuale di impatto ambientale determinata da ciascun meccanismo d'azione, è certo che anche la riduzione delle disponibilità alimentari dovuta alla permanente torbidità dell'acqua che ostacola la fotosintesi e l'azione abrasiva esercitata dai solidi sospesi, contribuiscono a danneggiare gli organismi acquatici.

Prove di ittiotossicità ed esami anatomo-isto-morfologici sul *Carassius auratus* (pesce rosso) dopo suo soggiorno in campioni di acqua del Frigido e Versilia, mostrano che l'azione abrasiva della polvere di marmo determina nei pesci fenomeni infiammatori ed un abbassamento del loro potere di resistenza verso tutte le altre cause stressanti: batteri, altri inquinanti e alterazioni ambientali (TUSINI L., 1979).

Un altro fenomeno da noi osservato in diverse stazioni è l'inglobamento e il seppellimento, da parte della marmettola, di materiale fognario tanto che, rimuovendone i depositi, si solleva una melma nerastra, sede di processi putrefattivi anaerobi. Questo fatto configura rischi igienici per la balneazione in mare poichè ogni pioggia vi trascina massivamente rilevanti quantità di sedimenti anaerobi accumulati nel periodo precedente. Lo stesso fenomeno dà ragione del fatto, altrimenti difficilmente spiegabile, che nei tratti con depositi di marmettola la faccia inferiore dei massi si presenta spesso annerita da batteri solfito-riduttori, sebbene l'acqua, per l'elevata turbolenza, presenti un contenuto di ossigeno prossimo o addirittura superiore al 100% della saturazione.

Una puntualizzazione va fatta, infine, sul diverso effetto ambientale provocato dai fanghi di lavorazione del marmo rispetto a quelli del granito.

Nella segazione del marmo, le tecnologie usate prevedono l'uso di lame diamantate con la produzione di uno scarico costituito quasi esclusivamente da car-

---

(\*) Tale situazione, come abbiamo involontariamente constatato in prima persona, è tra l'altro estremamente pericolosa per chi, ignaro del rischio, scendesse nell'alveo la cui inconsistenza è tale che una canna, spinta con una leggera pressione, sprofonda in alcuni tratti per oltre un metro e mezzo.

bonato di calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) oppure telai tradizionali a sabbia il cui scarico è costituito quasi interamente da carbonato di calcio e sabbia.

Nella segazione del granito invece viene usata una miscela costituita da limatura di ferro e calce e lo scarico è composto in gran parte da ferro, calce e da silicati che sono i principali costituenti dei graniti. Nelle aree ove è preponderante la concentrazione di segherie di marmo, le analisi effettuate su campione di substrato melmoso (tab. XIII) evidenziano che questo è costituito per circa il 60% dal  $\text{CaCO}_3$  e per oltre il 30% da silice (sabbia).

Invece nelle aree con forte presenza di segherie di granito il deposito che si forma risulta essere composto (tab. XIII e foto 40) per circa il 23% da ferro, mentre i silicati espressi in  $\text{SiO}_2$  raggiungono valori prossimi al 50%. Comunque, al di là dei valori analitici, le modalità di deposito e di impatto ambientale degli scarichi di marmo e granito sono molte diverse.

Va tenuto presente che spesso marmi e graniti vengono segati contemporaneamente dalle stesse aziende; tuttavia, per la diversa fluitabilità dei solidi i componenti più pesanti dello scarico, vale a dire silice e ferro depositano abbastanza celermente, mentre la polvere di marmo ( $\text{CaCO}_3$ ), più fine e più leggera, viene in gran parte trasportata per un percorso maggiore diffondendo in aree più estese.

Nel corso d'acqua i materiali sedimentati provenienti dagli scarichi di granito, anche per l'effetto legante della calce presente, tendono col tempo a cementarsi: limatura di ferro, sabbia, silicati e polvere di marmo, riempiono gli interstizi tra i

**TAB. XIII - ANALISI CHIMICA DI CAMPIONI DI SUBSTRATO**

	PARMIGNOLA STAZIONE 4	CANALE DI MONTIGNOSO STAZIONE 3	CARRIONE STAZIONE 5
Ferro %	22,2	23,9	1,1
Piombo %	0,007	0,008	0,004
Zinco %	0,019	0,030	0,020
Rame %	0,05	0,08	0,00
Nichel %	0,04	0,09	0,10
Calcio insolubile <sup>(a)</sup> %	8,5	9,1	57,4
Calcio solubile <sup>(a)</sup> %	2,3	1,0	2,0
Magnesio <sup>(b)</sup> %	2,0	0,6	1,3
Sostanza organica %	tracce	0,81	tracce
Silice e silicati <sup>(c)</sup> %	49,2	46,1	31,6

a) espresso come  $\text{CaCO}_3$

b) espresso come  $\text{MgCO}_3$

c) espressa come  $\text{SiO}_2$

Notare che nei tratti interessati da scarichi di lavorazione del granito (T. Parmignola e Canale di Montignoso) il substrato, cementato, contiene elevatissime percentuali di ferro, mentre nel ramo di Colonnata del Carrione, interessato da segherie di marmo, il substrato è costituito in gran parte da polvere di marmo.

(I risultati sono espressi come % rispetto alla sostanza secca)



Foto 39: di aspetto curioso ma insaziabili predatori (persino cannibali) le larve dei coleotteri Diti-  
scidi sono dotate di due lunghe mandibole ricurve ed acuminatae con le quali azzannano qualunque  
preda, anche di dimensioni superiori alle proprie (es. girini, tritoni). Attraverso le mandibole cave  
iniettano nella preda un liquido paralizzante e succhi digestivi; aspirano poi dagli stessi canalicoli i  
liquidi derivanti da questa digestione esterna. Anche l'adulto è acquatico ed ugualmente vorace.  
(Torrente di Renara) 25 x



Foto 40: Frammenti di substrato prelevati dalla stazione 3 del Canale di Montignoso. Di elevata  
durezza e con forti percentuali di ferro, questo tipo di substrato è il prodotto della cementazione dei  
fanghi di lavorazione del granito.

ciottoli ed il lastrame costituendo un fondo compatto e durissimo. La caratteristica più peculiare degli scarichi di marmo invece è data dalla formazione di un deposito di consistenza pastosa i cui strati più superficiali sono facilmente rimossi dalle piene del fiume.

Come già precedentemente descritto, è stato accertato che l'azione più distruttiva ai danni delle comunità biologiche è senz'altro da imputarsi alla inconsistenza e uniformità dello strato di polvere di marmo che ricopre il fondo. I depositi duri e compatti hanno invece un impatto biologico apparentemente più contenuto, ma determinano un persistente innalzamento del letto fluviale con il grave pericolo di straripamento.

## CONCLUSIONI E PROPOSTE DI RISANAMENTO

Quando iniziammo il lavoro su questi quattro corsi d'acqua ci guidava una modesta esperienza acquisita con lo studio effettuato nell'82 sul torrente Parmignola. Avevamo verificato l'importanza dei fanghi della lavorazione del marmo e granito nel determinare una grave compromissione della qualità delle acque, ma eravamo ancora lontani dall'immaginare i reali danni ambientali, igienici ed economici che tali scarichi potevano complessivamente determinare.

La convinzione che abbiamo maturato in questi mesi di lavoro è che la situazione delle nostre acque superficiali è molto grave e probabilmente, per le difficoltà di riuscire ad esprimere in uno scritto tutto quanto si vorrebbe, questo nostro studio riuscirà solo in parte a darne un'esatta dimensione.

I danni prodotti da una politica di corto respiro, che valuta ogni cosa riferendosi ai vantaggi immediati, saranno soltanto accennati. Una loro quantificazione (iniziativa che suggeriamo caldamente agli enti locali) sarebbe certamente illuminante e potrebbe rappresentare l'argomento più convincente per spingere anche i più passivi ad affrontare con urgenza e decisione il risanamento dei corsi d'acqua e, più in generale, la difesa dell'ambiente. Comunque, pur nella loro attuale indeterminazione, questi danni, prodotti dagli scarichi di marmettola, sono bastanti per imporre all'attenzione di imprenditori, pubblici amministratori, forze politiche, cittadini, l'esigenza di un maggior rispetto delle vocazioni del territorio e di una gestione più oculata delle sue risorse.

Vediamone alcuni esempi concreti:

- 1) la marmettola ed il lastrame scaricati nei corsi d'acqua formano degli spessi depositi che col tempo, cementandosi, ne innalzano il letto favorendo gli straripamenti. A quanto ammontano i danni per i singoli cittadini e per la collettività provocati dalle sole piene e dalle esondazioni di quest'anno del Parmignola, Carrione, Frigido, Canale di Montignoso, Lago di Porta, che hanno causato il crollo del ponte sul Frigido, danni alle strade, opere pubbliche e abitazioni?
- 2) gli scarichi di marmettola provocano una tale torbidità dell'acqua dei nostri fiumi, che questa non è più utilizzabile, se non in minima parte, per usi civili, irrigui, industriali. Ne è derivato negli ultimi anni un crescente e generalizzato prelievo di acqua dai pozzi della pianura che, abbassando il livello della falda idrica, a sua volta, provoca ingressione di acqua di mare, corrosiva per le tubazioni e non potabile. Questo inconveniente, per ora ancora limitato, in mancanza di adeguati provvedimenti rischia di rendere inutilizzabili i numerosi pozzi presenti nella fascia costiera. Tra l'altro il fatto che la nostra provincia, una delle più ricche d'Italia in risorse idriche, importi acqua dal fiume Magra è un indice significativo di una non corretta gestione del patrimonio idrico locale.
- 3) la polvere di marmo, come è stato dimostrato nel presente studio, danneggia il potere autodepurante dei corsi d'acqua, creando rischi igienici di natura infettiva, soprattutto per la balneazione costiera.
- 4) la direttiva CEE, recepita nella nostra legislazione col DPR n. 470 dell'8.6.82 e che andrà in pieno vigore nel 1985, introduce anche la trasparenza tra i requisiti

richiesti alle acque di balneazione.

In mancanza di rapidi ed energici provvedimenti che interrompano gli scarichi di marmettola nei corsi d'acqua, la torbidità delle nostre acque costiere rischia di provocare il divieto generalizzato di balneazione su gran parte del litorale apuano, con le immaginabili conseguenze economiche ed occupazionali nel settore turistico.

Il bilancio non è certamente completo ma sufficiente per comprendere che la difesa ambientale non è un lusso che ci si può concedere solo nei tempi di espansione produttiva, ma è un elemento centrale e propulsore di ogni politica che voglia affrontare seriamente la crisi economica e la salvaguardia e sviluppo della produzione e dell'occupazione.

Del resto (e di questo soprattutto i lavoratori del marmo ed i loro sindacati devono essere ben coscienti) il timore che l'imposizione alle segherie e laboratori di

dotarsi di impianti di depurazione possa provocare la chiusura delle aziende più deboli e costituire quindi una minaccia per i livelli occupazionali è un falso problema che andrebbe in realtà ribaltato. Non è improbabile infatti che un pretore, nello svolgimento del suo dovere che è quello di far rispettare le leggi dello stato, ordini la chiusura di tutte le aziende che non sono in regola con la legislazione sugli scarichi, cioè la quasi totalità di quelle presenti nel nostro territorio. È esattamente quanto è successo l'anno scorso per le aziende che scaricavano nel torrente Parmignola e che, disattendendo l'ingiunzione del pretore di Sarzana di depurare i loro scarichi si sono meritate il sigillo degli impianti fino al loro adeguamento alle normative di legge.



Foto 41: Alcuni scarichi di segherie nel Carrione presso Avenza (staz. 7).

La soluzione ottimale al problema dello smaltimento dei residui della lavorazione del marmo non sta nè nelle discariche controllate, nè tantomeno nel continuare a riversarli nei corsi d'acqua, ma consiste nel loro riutilizzo, trasformandoli da rifiuti inquinanti in materia prima per altre lavorazioni.

Tale impostazione non solo eviterebbe danni all'ambiente e consentirebbe di risparmiare i costi di trasporto dei residui e quelli di gestione delle discariche controllate, ma sarebbe fonte di nuova occupazione e nuovo reddito e dovrebbe essere pertanto uno degli obiettivi centrali di un'imprenditorialità più lungimirante e di un'amministrazione più attenta all'integrità del territorio.

Tra gli imprenditori locali del marmo tale lungimiranza è purtroppo assente, ma prevale una mentalità miope e gretta che, valutando solo il risparmio immediato, considera più economico scaricare direttamente la marmettola nei corsi d'acqua.

Non può essere portato a giustificazione il fatto che attualmente non si conoscono sistemi di riutilizzazione delle enormi quantità di marmettola prodotte. Invero, se l'obbiettivo del riutilizzo non è stato raggiunto, è perchè non è stato perseguito, perlomeno non con la necessaria volontà e determinazione. Siamo convinti che nell'era della tecnologia più sofisticata non sia poi così difficile, se lo si vuole, trovare impieghi della polvere di marmo nella preparazione di impasti per piastrelle, pannelli prefabbricati, intonaci o altri manufatti, modificando, se necessario, anche gli attuali sistemi di lavorazione, prevedendo il riciclaggio delle acque usate, la separazione degli scarichi di marmo da quelli di granito e la riduzione della quantità di scarti prodotta.

Pertanto non è più rinviabile, da parte degli imprenditori del marmo, l'investimento di fondi per finanziare seriamente ricerche finalizzate al riutilizzo dei fanghi di lavorazione. Il loro deposito in discariche controllate potrebbe divenire allora una valida soluzione per un periodo di transizione, che può e deve essere breve, impegnando le aziende, con la collaborazione degli enti locali, ad un sollecito reperimento di aree idonee ed opportunamente attrezzate.

Oltre a soluzioni diverse per la marmettola sarebbe necessaria una generalizzata ripulitura degli alvei dai depositi dei fanghi di lavorazione del marmo e granito. In particolare, tutto il Carrione da Carrara alla foce, il Parmignola nel tratto finale e il Canale di Montignoso dall'Aurelia in poi, presentano ampie zone di alveo, sia asciutto che bagnato, fortemente cementato ed indurito, conseguenza, come descritto nel capitolo precedente, della particolare composizione degli scarichi delle segherie che lavorano il granito.

La quantità di tali depositi cementati ha raggiunto livelli preoccupanti, non solo perchè limita la colonizzazione da parte degli organismi viventi ma anche perchè, alzando continuamente gli alvei, aumenta i già citati pericoli di straripamenti e ne moltiplica i danni. Sarà perciò necessario provvedere ad una drastica dragatura degli alvei, asportandone lo strato cementato e i depositi permanenti di fanghiglia e ripristinandone la tipologia naturale in modo da ridurre i pericoli di esondazioni e permettere il rapido instaurarsi dei normali processi biologici (\*).

---

(\*) Nel caso lo strato di fondo da asportare dovesse essere notevole (oltre 1-2 metri) potrà essere presa in considerazione la sua parziale sostituzione con pietrame proveniente dai ravaneti per assicurare il livello della falda acquifera planiziale.



Foto 42: il Frigido dal ponte della statale Aurelia, tra le stazioni B.P. e 8. La forte lattescenza delle acque nasconde solitamente all'osservazione la presenza dell'inquinamento fognario. La foto, scattata nel periodo di ferragosto, con la quasi totalità delle segherie chiuse, mostra l'aspetto delle acque inquinate da scarichi civili e il suo mascheramento (a destra) da parte di uno scarico di segheria.

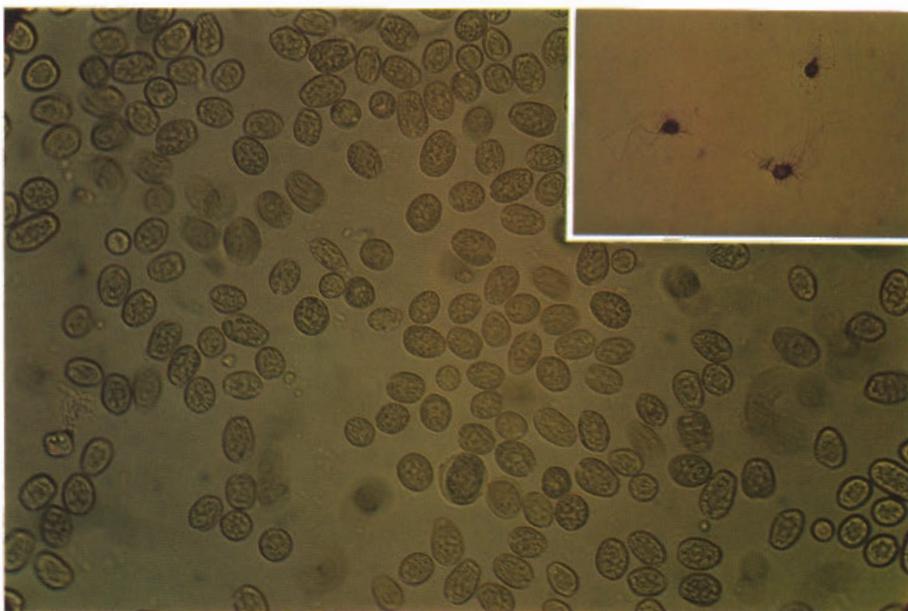


Foto 43: L'alga Raphidomonadacea responsabile delle «acque gialle» dell'estate 83 sul litorale apuo-versiliese. Nel riquadro sono visibili i lunghi filamenti mucosi di cui è dotata: con questi aderisce al corpo dei bagnanti, insudiciandoli, e alle branchie dei pesci, provocandone la morte per soffocamento. Le fioriture algali sono favorite dalla presenza di nutrienti (nitrati e fosfati) provenienti da scarichi civili, industriali ed agricoli.

Foto grande 280 x, Riquadro 100 x

Un discorso a parte meritano gli scarichi fognari. Abbiamo visto che nei nostri corsi d'acqua gli effetti distruttivi più gravi sono imputabili agli scarichi di marmettola. Purtroppo non può essere ignorato l'effetto degli scarichi fognari anche se la forte lattescenza dei nostri corsi d'acqua, dovuta alla marmettola, è in grado di mascherarli solitamente all'osservazione (foto 42).

Le numerose immissioni di acque luride non trattate, l'inadeguatezza della rete fognaria che, salvo rare eccezioni, convoglia acque miste, l'insoddisfacente funzionamento dei piccoli depuratori delle frazioni collinari di Massa e di Carrara, l'aumento della popolazione congiuntamente alle condizioni di magra nel periodo estivo, concorrono a determinare, oltre al decadimento della qualità biologica delle acque, anche rischi di natura igienica. Il carico organico generalmente non raggiunge valori molto elevati, anche perchè parte di esso viene sepolto dalla polvere di marmo che sedimenta, ma in occasione delle piogge, che rimuovono la melma del fondo, viene trasportato massivamente al mare creando, sia pur temporaneamente, seri problemi alla balneazione. Inoltre, dalle analisi di acque di mare effettuate sul litorale apuano, si rileva la presenza di tracce di nitrati e fosfati, responsabili dell'eutrofizzazione delle acque. L'abnorme proliferazione algale dell'estate 83 che ha causato il fenomeno delle «acque gialle», interessando tutto il litorale compreso tra Marina di Carrara e Marina di Pisa, è infatti imputabile ai nutrienti (nitrati e fosfati) provenienti da scarichi civili ed industriali e dall'uso dei fertilizzanti agricoli.

Anche se l'alga in questione (foto 43) non è risultata tossica, tuttavia il fatto che il fenomeno delle fioriture algali incominci a comparire anche sulle coste dell'alto Tirreno, è un campanello d'allarme che deve indurre tutte le pubbliche amministrazioni ad adottare misure concrete di risanamento ambientale.

Comunque, tra tanti aspetti negativi è giustificabile un moderato ottimismo per il fatto che le soluzioni a questi problemi esistono e sono attuabili interrompendo gli scarichi di marmettola e ripulendo gli alvei fluviali, completando le reti fognarie, dotando gli impianti di depurazione del trattamento terziario (denitrificazione e defosfatazione) e riducendo l'uso dei fertilizzanti agricoli.

Tra l'altro, oltre ad ovviare ai pericoli derivanti dall'odierna situazione (straripamenti, intorbidamento delle acque balneari, impoverimento e inquinamento della falda acquifera, minaccia ai livelli occupazionali complessivi, incapacità di autodepurazione) una seria politica di recupero dei nostri corsi d'acqua riconsegnerebbe al godimento di tutti l'utilizzo di ambienti di elevato valore naturalistico per la loro unicità. Tutta la fascia prossima ai nostri corsi d'acqua andrebbe ulteriormente indagata evidenziandone le zone più suggestive e garantendone la loro integrità. Pensiamo in particolare a tutto il Frigido e ai suoi affluenti Renara e Fosso di Antona, al Canale di Montignoso nel tratto che scorre nell'alveo del Lago di Porta e alla parte alta del Canale di Gragnana e del Parmignola.

La nostra speranza è che queste conclusioni siano anche altri a trarle, ognuno secondo le proprie competenze e responsabilità, e che, con interventi concreti, vengano ripristinati quel rispetto culturale e quell'attenzione ecologica che i fiumi meritano.



**CARTA DELLA QUALITÀ DEI CORSI D'ACQUA DEL LITORALE APUANO**

- TORRENTE PARMIGNOLA (1983)
- TORRENTE CARRIONE (1983)
- FIUME FRIGIDO (1982)
- CANALE DI MONTIGNOSO (1983)



- ..... SPARTIACQUE
- ◁ STAZIONI DI CAMPIONAMENTO

CLASSE DI QUALITÀ	GIUDIZIO
	1° Non inquinato
	2° Leggermente inquinato
	3° Inquinato
	4° Nettamente inquinato
	5° Fortemente inquinato
	Condizioni intermedie tra le classi di qualità

Nota: Il bordo delle foto dei popolamenti di macroinvertebrati riscontrati nell'indagine indica col suo colore il tratto di corso d'acqua al quale ogni foto va riferita.

## BIBLIOGRAFIA

- AA.VV., 1956 - 83 *Fauna d'Italia.*  
Ed. Calderini - Bologna.
- CNR, 1977 - 82 *Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane.*  
Collana Progetto Finalizzato «Promozione Qualità dell'Ambiente» - Roma.
- COOP. GEOPISA, 1983 *Problemi e prospettive per il riutilizzo dei residui di lavorazione dell'industria marmifera.* Relazione su commissione ERTAG - Regione Toscana presentata all'Internazionale Marmi-Macchine - Carrara, aprile 83.
- COOP. GEOVERSILIA, 1981 *Progetto per la ricerca delle risorse idriche e formazione della Carta delle acque del territorio comunitario.*  
Comunità montana N. 3 Apuo-Versiliese - Seravezza.
- GHETTI P.F.,  
BONAZZI G., 1981 *I macroinvertebrati nella sorveglianza ecologica dei corsi d'acqua.*  
Consiglio Naz. Ricerche - AQ/1/127.
- HYNES H.B.N., 1960 *The biology of polluted waters.*  
University Press, Liverpool.
- ODUM E., 1973 *Principi di ecologia.*  
Piccin Ed., Padova.
- PERRONE, 1912 *Carta idrografica d'Italia. Corsi d'acqua del litorale toscano a N del Serchio e della Riviera Ligure.*  
Min. Agric. Ind. Comm. Roma.
- REGIONE TOSCANA, 1976 *Progetto Marmi. Relazione sui problemi dello smaltimento dei residui di lavorazione dell'industria marmifera.*
- TACHET H., BOURNAUD M.  
RICHOUX Ph., 1980 *Introduction à l'étude des macroinvertebres des eaux douces.*  
Association Française de Limnologie, Paris.
- TUSINI L., 1979 *Inquinamento delle acque interne dei fiumi Versilia e Frigido. Rilievi chimico-fisici, batteriologici ed ittiotossici, con particolare riferimento alle lesioni dell'ittiofauna.*  
Tesi di laurea in Sc. Biologiche. Univ. di Pisa.
- WOODIWISS, 1978 *Second Technical Seminary - Background information.*  
Commission of European Communities.

*Finito di stampare  
nell'Industria Grafica Zappa - Sarzana  
nell'ottobre 1983*

