



# Parco Ticino

## INDAGINI MICROBIOLOGICHE SULLE ACQUE DEL FIUME TICINO

eseguite nel periodo 1988-1998  
con particolare riferimento  
agli aspetti della balneazione

a cura di  
Luigi Guidetti

con la collaborazione di  
Chiara Foglio e Annalisa Ferrara

25 giugno 1999

## PREFAZIONE

Questa pubblicazione, che riguarda la condizione microbiologica di tutto il corso sub-lacuale del Ticino, è quanto di meglio si potesse fare raccogliendo i dati prodotti dalle varie Istituzioni nel corso del decennio 1988-98.

Oltre che per l'importanza statistica, la ricerca è meritevole per una serie di motivazioni:

- in poche pagine si danno indicazioni scientifiche accessibili a tutti circa il concetto di inquinamento, a che cosa il termine si riferisce, come è complessa ed articolata la sua definizione;
- mette in raffronto lavori di diverse équipes di tecnici dislocate nelle varie Province e fra loro non comunicanti, evidenziando limiti e pregi di ciascuna iniziativa in un ambito di crescita complessiva delle prestazioni e quindi del servizio reso alla comunità del Ticino;
- evidenzia, se ancora ce ne fosse bisogno, che se si vuole osservare un fenomeno legato agli aspetti naturali occorre prescindere dai confini comunali, provinciali o regionali, per riferirsi a bioregioni quali i due Parchi del Ticino cercano di rappresentare;
- vengono anche sottolineate le carenze di alcuni dati e le diverse modalità interpretative utilizzate dai diversi Enti nella applicazione delle leggi vigenti.

Da questo il Parco trae la convinzione che per il futuro occorrerà lavorare meglio e con obiettivi comuni prefissati.

Questo meritorio sforzo, prodotto su incarico del Parco dal Dr. Luigi Guidetti coadiuvato da Chiara Foglio ed Annalisa Ferrara, deve rappresentare solo l'inizio di una collaborazione fra tutti i tecnici del settore, affinché già dall'anno prossimo si possa venire a conoscenza di dati più certi e si possano ridurre i margini di dubbio interpretativo.

Intenzione del Parco è quella di arrivare a fornire, almeno sui dati sanitari del fiume, un resoconto veramente esteso al dettaglio, presupposto per mettere ciascuno di fronte alle proprie responsabilità nel campo degli scarichi nel fiume.

Un ringraziamento agli autori della ricerca con la speranza che anche per il futuro condividano con generosità l'iniziativa del Parco nel difficile settore della gestione delle acque.

LUCIANO SAINO

Presidente del Consorzio Parco lombardo della valle del Ticino

## 1. CONTAMINAZIONE MICROBIOLOGICA E INDICATORI DI QUALITÀ DELLE ACQUE SUPERFICIALI

La varietà e la variabilità di situazioni che si possono presentare in un ambiente acquatico, rendono difficile la definizione della condizione di normalità, soprattutto per collegare ad essa il concetto di inquinamento. Per queste ragioni la definizione di qualità di un'acqua viene indicata riferendosi alle possibilità d'impiego della stessa e viene valutata utilizzando parametri chimici, fisici e biologici pertinenti agli utilizzi specifici che di essa si intendono fare.

Tra i vari usi ricordiamo quelli civili (approvvigionamento in rete a scopi potabili ed alimentari), ricreativi con contatto diretto (balneazione) ed indiretto (navigazione da diporto, fruizione del paesaggio, ecc.), irrigazione ed acquacoltura.

Di particolare interesse è la definizione di "qualità microbiologica dell'acqua", intesa come accertamento della sicurezza rispetto alla possibile trasmissione di malattie infettive.

Gli agenti eziologici di malattie veicolate dall'acqua (batteri, virus, protozoi, ecc.) giungono ad essa attraverso il materiale fecale (feci ed urine) di individui in cui vi è stata infezione con sviluppo o meno di malattia. A seconda dell'uso cui è destinata l'acqua contenuta nel corpo idrico che ha ricevuto il carico di materiale fecale, con potenziale presenza di patogeni, devono essere definiti limiti di accettabilità della loro presenza, in termini di numerosità o di presenza/assenza.

Una volta raggiunto il bacino di ricezione, la concentrazione di organismi patogeni, e non, subisce una diluizione più o meno elevata, a seconda del recettore. La capacità autodepurativa delle acque, inoltre, contribuisce a diminuirne ulteriormente il numero, anche se è noto che la loro sopravvivenza risulta molto variabile e dipendente da aspetti incontrollabili, tra i quali la temperatura, la concentrazione di nutrienti, l'irraggiamento solare, il pH, la predazione e la competizione di microrganismi acquatici autoctoni, l'associazione con vettori come le amebe, protozoi e copepodi, la presenza di sali o soluti, ecc. Oltre a ciò, è stato dimostrato, con studi epidemiologici, che centinaia di microrganismi diversi possono essere implicati nelle malattie veicolate dall'acqua, ma è ovviamente impraticabile la ricerca di tutti i patogeni potenzialmente presenti nei campioni da esaminare, tenendo presente che devono essere utilizzate tecniche analitiche diverse, che richiedono in molti casi notevole specializzazione e risorse, a seconda che si tratti di ricercare batteri, virus o protozoi. È bene ricordare, a questo proposito, che alcuni virus non possono essere coltivati in laboratorio e i metodi per la ricerca di protozoi patogeni non sono nella maggior parte dei casi adeguati. Risulta, di conseguenza, complicato, costoso e spesso improduttivo ricercare germi patogeni nell'acqua a garanzia di un livello accettabile di sicurezza per l'utilizzatore.

Il grado di contaminazione delle acque viene quindi valutato con la ricerca di microrganismi indicatori di presenza di materiale fecale, partendo dall'ipotesi che maggiore è la quantità di materiale fecale maggiore è la probabilità che esso contenga anche patogeni.

Un indicatore microbiologico di contaminazione per essere tale deve possedere almeno i seguenti requisiti:

- ◆ essere sempre presente quando è presente la fonte di microrganismi patogeni di riferimento;
- ◆ essere presente in quantità maggiore rispetto al patogeno o ai patogeni di riferimento;
- ◆ avere una resistenza agli stress ambientali simile a quella dei patogeni potenzialmente presenti;
- ◆ essere facilmente isolabile, identificabile ed enumerabile.

Per poter stabilire idonee correlazioni tra un microrganismo indicatore ed un patogeno, è necessario possedere una precisa conoscenza del comportamento di entrambi nell'ambiente esterno, della loro sopravvivenza al variare dei parametri fisici e della loro resistenza ai trattamenti di depurazione.

I microrganismi utilizzati come indicatori sono quelli che si ritrovano nel tratto gastrointestinale dell'uomo e degli animali a sangue caldo. Tra questi sono compresi i coliformi totali, i coliformi

fecali e gli streptococchi fecali, che vengono impiegati per la definizione della idoneità delle acque all'uso balneare, secondo quanto previsto dal DPR 470/82.

### Coliformi totali

Questi batteri appartengono alla famiglia delle *Enterobacteriaceae* e generalmente includono *Escherichia coli* e vari membri dei generi *Enterobacter*, *Klebsiella* e *Citrobacter*.

A lungo si è ritenuto che essi fossero di esclusiva origine fecale, ma negli ultimi anni è stata messa in dubbio la loro validità come indicatori di tale contaminazione, perché tra loro sono comprese specie batteriche che possono provenire dall'ambiente, come le acque di scarico di industrie del legno e della cellulosa, le comunità algali epilitiche di corsi d'acqua non inquinati, biofilm nelle reti di distribuzione dell'acqua potabile, ecc. Sussistono, inoltre, incertezze circa la loro correlazione con patogeni di origine non batterica, la cui sopravvivenza in ambiente naturale è notevolmente diversa: virus enterici e probabilmente le cisti di protozoi patogeni sopravvivono più a lungo in ambiente acquatico e sono meno sensibili dei coliformi ai più tradizionali metodi di trattamento delle acque. Per le considerazioni sopra esposte, l'esperienza e la prudenza sono di vitale importanza nella corretta interpretazione dei risultati ottenuti da determinati ambienti acquatici

### Coliformi fecali

Questo sottogruppo dei coliformi totali è maggiormente specifico come indicatore di contaminazione fecale ed il termine "coliformi termotolleranti" sarebbe più indicato, poiché per la loro definizione vengono utilizzati tutti i criteri dei coliformi totali, in più viene richiesta la capacità di crescere e fermentare il lattosio con produzione di gas e acido a  $44.5 \pm 0.2$  °C.

È stato dimostrato che i batteri di questo sottogruppo possiedono una eccellente correlazione con la contaminazione fecale derivante da animali a sangue caldo. La base fisiologica della resistenza dei coliformi fecali a temperature elevate è stata interpretata come un adattamento delle loro proteine alle temperature che si trovano nel tratto intestinale degli animali, che sono costantemente più elevate di quelle della maggior parte degli ambienti acquatici e terrestri. Tuttavia i coliformi fecali che rispondono a questa definizione possono appartenere anche al genere *Klebsiella* e possono essere isolati da campioni di ambienti acquatici apparentemente indenni da contaminazione fecale. Osservazioni simili sono state fatte su acque recipienti alti livelli di effluenti industriali ricchi di carboidrati e in contatto con materiale vegetale.

L'utilizzo dei coliformi fecali come organismi indicatori presenta, quindi, alcuni limiti anche se in misura decisamente inferiore rispetto a quella dei coliformi totali. Numerosi studiosi, pertanto, ritengono necessario introdurre il parametro *Escherichia coli* come indice più specifico di contaminazione fecale.

La concentrazione di coliformi fecali è correlata con la presenza di *Salmonella*; studi effettuati dall'Environmental Protection Agency hanno dimostrato che acque che contengono una densità superiore a 2.000 coliformi fecali in 100 ml, sono pressoché costantemente contaminate da *Salmonella*. La tabella seguente mostra i risultati ottenuti dagli studi effettuati su acque correnti.

Media della densità di coliformi fecali (Unità Formanti Colonie/100ml)	% di campioni con <i>Salmonella</i>
1-200	31.7
201-1000	83.0
1001-2000	88.5
>2000	97.6

EPA, 1972, p.57

Altre informazioni su correlazioni con i patogeni sono giunte da indagini svolte su bagnanti del Lago Eire, Pennsylvania: per 5 anni (dal 1978 al 1982) i bagnanti sono stati intervistati durante i

7-10 giorni successivi alla fruizione del lago, per accertare se si fossero verificati problemi di salute in qualche modo imputabili alla presenza di patogeni di origine enterica nelle acque del lago.

I bagnanti che presentavano sintomi di malattie gastrointestinali (vomito, diarrea, mal di stomaco e nausea) sono stati successivamente suddivisi in nuotatori e non, facendo quindi distinzione tra coloro che avevano immerso la testa e chi no. L'incidenza di malattia nei due casi è stata poi rapportata alla presenza di microrganismi indicatori presenti nell'acqua. I risultati di quest'indagine hanno confermato che non solo non esiste una correlazione significativa tra manifestazione di malattia e numero di coliformi totali, ma anche, e questo con iniziale sorpresa dei ricercatori, di coliformi fecali. È stata trovata invece una correlazione tra incidenza di malattia ed *Escherichia coli* ed enterococchi. I ricercatori spiegarono questo fenomeno con il fatto che la presenza di *Klebsiella* aveva influenzato l'enumerazione dei coliformi, conducendo ad errate conclusioni. Da questa esperienza risulta confermata l'importanza di *Escherichia coli* come indicatore di contaminazione fecale.

### *Streptococchi fecali*

Seppur rappresentanti della flora batterica delle feci umane, essi sono presenti con una densità inferiore rispetto ai coliformi: questo li rende indicatori di contaminazione fecale meno sensibili. Alcuni Autori, tuttavia, sottolineano come essi possano comunque divenire di grossa utilità laddove la ricerca dei coliformi risulti insufficiente; infatti la loro maggiore sopravvivenza in ambiente acquatico può confermare la presenza di inquinamento fecale anche quando la ricerca dei coliformi non è più in grado di determinarla. La loro enumerazione può essere perciò utile nelle acque di balneazione di laghi e fiumi relativamente "puliti".

Similmente ai coliformi, tra gli streptococchi fecali il sottogruppo degli enterococchi (che comprende *Streptococcus faecalis* e *S. faecium*) è stato individuato come l'indicatore più specifico di contaminazione umana, mentre gli altri membri di questo gruppo come *S. bovis*, *S. equinus* e *S. avium* sono piuttosto caratteristici di contaminazione fecale derivante da animali e uccelli, sebbene queste ultime specie di streptococchi non sopravvivano nell'acqua come molti degli altri indicatori batterici e di alcuni patogeni.

Il significato che può venire assegnato alla presenza od assenza di ognuno di questi indicatori fecali varia per ogni organismo ed in particolare con il grado di relazione con cui esso può venire associato in modo specifico alla presenza di feci: sintomatico è il caso dei coliformi totali, tra i quali la presenza di generi di origine ambientale ne riduce l'efficacia come indicatori di contaminazione fecale. Può essere di grande utilità associare i risultati ottenuti da più analisi microbiologiche per avere una visione più ampia dell'ambiente preso in considerazione.

Il rapporto coliformi fecali/streptococchi fecali, ad esempio, può divenire significativo per supporre una contaminazione di origine animale od antropica: partendo dall'assunto che i coliformi fecali sono maggiormente rappresentati nelle feci umane e gli streptococchi in quelle di origine animale, risulta evidente che maggiore sarà il rapporto tra i due indicatori maggiore sarà la probabilità di trovarsi in presenza di contaminazione antropica: un rapporto FC/SF > 4 viene considerato come indice di contaminazione prevalentemente antropica.

Ulteriori informazioni potrebbero giungere dalla ricerca di altri indicatori, quali le spore dei clostridi solfito riduttori (*Clostridium perfringens* e *Clostridium welchii*), che pur essendo meno numerosi dei coliformi nelle acque contaminate da feci, hanno una maggiore sopravvivenza e possono per questo venire utilizzati per confermare una situazione di inquinamento laddove questa non sia possibile determinarsi con i tradizionali indicatori già ricordati. La resistenza ambientale delle spore dei clostridi solfito-riduttori fa assumere a questi batteri il significato di indicatori di inquinamento fecale remoto. Al contrario altri batteri anaerobi, come i bifidobatteri e *Bacteroides fragilis* sono molto più rappresentati dei coliformi nelle feci, ma hanno un tempo di

persistenza in acqua molto breve, per cui il loro ritrovamento può lasciar presupporre un inquinamento fecale recente.

### 1.1 - Altri indicatori comunemente utilizzati e patogeni.

#### Carica batterica aerobica

I metodi per il conteggio in piastra di microrganismi eterotrofi si basano sull'enumerazione di tutti i batteri aerobi capaci di crescere su alcuni terreni non selettivi comunemente utilizzati, quali R<sub>2</sub>A, HPC agar o PC agar. La quantità di batteri determinata con questa tecnica indica lo *status* microbiologico globale del sistema e non necessariamente il possibile rischio per la salute pubblica, sebbene batteri eterotrofi siano stati recentemente implicati quali potenziali patogeni nell'acqua potabile.

#### *Pseudomonas* spp.

Componenti del genere *Pseudomonas* possono essere isolati molto spesso da corpi idrici. Tuttavia, contrariamente agli indicatori sopra ricordati, la loro presenza non indica necessariamente un possibile rischio per la salute pubblica. Alcune specie sono state collegate ad infezioni associate all'esposizione con acque di balneazione e per questo sono stati proposti come indicatore della qualità delle acque destinate alla balneazione.

*Pseudomonas aeruginosa* è molto più stabile dei batteri acido-resistenti ai processi di ozonizzazione, pertanto per questa sua caratteristica di resistenza alla disinfezione chimica, si profila di grande utilità soprattutto nell'analisi delle acque di piscina

#### *Aeromonas* spp.

Il genere *Aeromonas* è costituito da batteri ubiquitari presenti soprattutto nell'ambiente acquatico. A lungo essi sono stati considerati patogeni unicamente per gli animali a sangue freddo (soprattutto pesci, anfibi e rettili), ma attualmente il loro potere infettivo è riconosciuto anche per l'uomo, nel quale provoca infezioni intestinali e manifestazioni infettive extra-intestinali. Acque superficiali e alimenti sono i principali veicoli di trasmissione di *Aeromonas* all'uomo. Nelle acque superficiali si ritrovano in maggiori concentrazioni durante il periodo estivo (che coincide con il periodo della loro maggiore fruizione) quando l'aumento della temperatura favorisce il moltiplicarsi di questi germi. Secondo alcuni autori, in acque lacustri contaminate, la loro concentrazione si avvicina e generalmente supera quella di *Escherichia coli*. Per questi motivi i batteri appartenenti a questo genere possono essere utilizzati come indicatori, insieme a quelli più tradizionali, delle condizioni igienico-sanitarie delle acque.

#### *Salmonella* spp.

Il genere *Salmonella* comprende oltre 1700 sierotipi di batteri patogeni enterici. La loro presenza nell'ambiente significa inequivocabilmente l'esistenza di una contaminazione fecale primaria (immissione diretta di acqua di scarico) o secondaria (dilavamento di suoli in un bacino idrografico). I rappresentanti del genere *Salmonella*, infatti, sono in grado di sopravvivere nella polvere e nel suolo (con una sopravvivenza media inferiore a 100 giorni) da cui possono secondariamente raggiungere l'acqua e da lì essere riveicolate all'uomo. Alcuni studi (Hendricks e Morrison) hanno riportato che le salmonelle potrebbero essere in grado di riprodursi in acque di fiume, inquinate e non, a temperature intorno ai 10°C. La temperatura sembra rappresenti un fattore limitante non solo alla replicazione, ma anche alla loro sopravvivenza: è stato dimostrato, infatti, che la sopravvivenza di *Salmonella* aumenta con la diminuzione della temperatura, come illustrato nello schema seguente:

Temperatura °C	vitalità <i>Salmonella</i> spp. (settimane)
0	9
5	7
10	5
18	4
27	3
37	2

Huston, 1913, modificata

Sebbene siano state dimostrate correlazioni tra la presenza di coliformi fecali e *Salmonella*, l'assenza di tali indicatori di contaminazione fecale non può escludere la presenza di *Salmonella*: essa, infatti, come già accennato, può giungere nel bacino idrico dal suolo in seguito ad un periodo di intense piogge; può essere il risultato della riproduzione in ambiente idrico oppure può essere presente perché sopravvissuta ai metodi di trattamento delle acque, cui gli indicatori microbici sono generalmente sensibili.

### Virus

Con le feci e con le urine possono venire escreti oltre 120 virus potenzialmente patogeni per l'uomo. Le statistiche imputano ai virus circa il 12% delle cause di malattie veicolate dall'acqua, ma la percentuale potrebbe essere molto più elevata: è probabile, infatti, che una grossa parte di quelle manifestazioni epidemiologiche di origine sconosciuta sia riconducibile alla presenza di virus nelle acque. La loro individuazione ed identificazione purtroppo presenta costi elevati e tempi lunghi e questo fa sì che si abbiano a disposizione dati troppo limitati.

Se la loro ricerca diretta è difficoltosa, sembra esserlo ancora di più l'individuazione di un loro indicatore, infatti:

- ◆ i virus possono sopravvivere in ambiente acquatico più a lungo rispetto agli indicatori di origine batterica;
- ◆ sono patogeni a concentrazioni inferiori a quelle dei batteri;
- ◆ la loro eliminazione mediante i tradizionali metodi di trattamento delle acque è meno efficiente che per qualsiasi altro batterio;
- ◆ i virus enterici sono generalmente più resistenti alla clorazione dei batteri.

Non essendo possibile finora un loro monitoraggio attraverso la ricerca indiretta di organismi indicatori, oggi si provvede a verificarne direttamente la presenza solo in particolari situazioni di rischio igienico-sanitario.

### Batteriofagi

In questi ultimi anni, diversi studi hanno focalizzato l'attenzione sul possibile utilizzo dei batteriofagi quali indicatori di presenza virale. Tra i numerosi tipi di batteriofagi presenti nelle acque di fognatura, ne sono stati proposti alcuni che possiedono, tra le caratteristiche di un indicatore, anche morfologia e diametro molto simili agli enterovirus di provenienza umana. A tutt'oggi non è stato possibile trovare una relazione significativa tra presenza di enterovirus e densità di batteriofagi, per cui il loro utilizzo come indicatori è ancora alquanto controverso. Tuttavia, sembra che essi possano essere ottimamente utilizzati come indici dell'efficienza di depurazione microbiologica in impianti di trattamento di liquami domestici, ospedalieri, zootecnici etc., potendone facilmente controllare la concentrazione nell'affluente, nei fanghi e nell'effluente di tali strutture.

## 2. - RISCHIO SANITARIO LEGATO ALL'UTILIZZO DI ACQUE SUPERFICIALI INQUINATE

Per rischio sanitario legato all'utilizzo di acque superficiali si intende la possibilità di trasmissione di malattie tramite il trasporto dei relativi agenti patogeni attraverso l'acqua.

Esistono numerosi organismi patogeni che possono essere virus, protozoi, elminti, batteri e funghi, per i quali l'acqua costituisce un habitat naturale, diventando essa stessa una riserva di microrganismi considerati sempre più importanti dall'epidemiologia moderna (*Legionella* spp., *Aeromonas* spp., *Listeria* spp., *Yersinia* spp., *Campylobacter* spp., *Cryptosporidium* spp., *Mycobacterium* spp., *Enterovirus*).

Una grande varietà di patogeni ad habitat intestinale si trovano abitualmente negli escrementi umani ed animali; ogni corso d'acqua, che riceve scarichi fognari non depurati, acque di drenaggio da campi coltivati, liquami e materiale fecale grezzo, può, quindi, contenere questi organismi. E' questo uno dei motivi per cui piani di risanamento e leggi attinenti alla salubrità dell'ambiente hanno come obiettivo primario la depurazione. Ciò non implica che fare il bagno in un fiume, bere acqua di lago o nuotare nel mare costituisca un pericolo per la salute, ma solo che in determinate situazioni e in soggetti particolarmente sensibili si può sviluppare malattia a seguito di un'infezione da parte di un singolo virus, batterio o protozoo. Nella maggioranza dei casi è necessaria una dose sufficiente a far sì che il patogeno, una volta penetrato nell'organismo, superi i nostri meccanismi di difesa naturali. Questa dose minima infettiva, dedotta da studi epidemiologici, varia tra 100 e 100 milioni di unità a seconda della specie interessata. L'evoluzione di una malattia dipende inoltre da due altri fattori che sono: la virulenza del patogeno e la recettività dell'individuo.

La virulenza di un germe è la misura della sua attività patogena, che per una stessa specie può essere maggiore o minore. La ricettività è una caratteristica individuale che dipende da molti fattori sia ereditari che climatici, nutrizionali, dal sesso, dall'età, dalla razza ecc.

Visto il continuo utilizzo delle acque superficiali da parte dell'uomo è impensabile che queste possano risultare microbiologicamente sicure in quanto, più elevate sono le concentrazioni di patogeni, maggiori sono le probabilità di contrarre una malattia.

Il rischio sanitario si misura valutando l'incidenza di una determinata patologia nella popolazione esposta alla fonte di contaminazione. Non è facile, a questo proposito, avere dati e riscontri precisi, in quanto bisogna considerare l'efficienza dei metodi microbiologici applicati alla enumerazione degli indicatori, l'opportunità di avere studi statistici dei vari casi, studi che quasi sempre mancano. E' inoltre difficoltoso individuare tempestivamente le patologie in una determinata popolazione, sia per i costi, sia perché le testimonianze delle persone colpite sono spesso inesatte: è quindi difficile capire se una malattia sia stata causata da un contatto con l'acqua o da altre vie. Ad aumentare le difficoltà nel diagnosticare una patologia trasmessa dall'acqua e l'agente eziologico che la determina, dipende, in parte, anche dal fatto che spesso dall'esposizione alla manifestazione dei sintomi possono passare anche diversi giorni (periodo di incubazione) e quindi l'eventuale patogeno presente nel corpo idrico potrebbe non esserci al momento dell'analisi microbiologica di controllo.

Potrebbe essere utile, parlando di malattie trasmesse dall'acqua, riportare alcuni esempi di patologie e dei relativi organismi implicati. Fino all'inizio del XX secolo non erano rare epidemie di tifo e di colera legate all'utilizzo di acque contaminate; ai giorni nostri, in paesi con un buon livello igienico-sanitario, questo tipo di epidemie non si verificano più, se non in rari casi, ma tuttavia episodi epidemici di gastroenteriti acute, legate all'utilizzo di acque considerate potabili, sono possibili. In modo particolare intorno agli anni settanta si è verificato

un aumento di queste infezioni e da studi microbiologici è stato possibile individuare i principali agenti eziologici responsabili, quali i protozoi *Cryptosporidium* e *Giardia lamblia* e i batteri *Yersinia enterocolitica*, *Escherichia coli* enteropatogena, *Campylobacter*. Le più comuni infezioni associate a quelle che vengono definite acque di ricreazione (di laghi, di fiumi, ecc.) interessano pelle, occhi, orecchie e le vie respiratorie superiori.

Le patologie prese in considerazione in questo ambito riguardano quelle trasmissibili in acque dolci. Ad esempio, Hoadley e Knight riscontrarono in un campione di persone colpite da otite esterna, causata dal batterio *Pseudomonas aeruginosa*, che l'incidenza della malattia era decisamente superiore nei nuotatori rispetto ai non nuotatori. Tra i bagnanti, sono stati registrati anche molti casi di infezioni di ferite e di abrasioni causate da *Mycobacterium balnei* e da *Aeromonas hydrophila*, mentre la più diffusa e conosciuta micosi alla pelle è di solito causata da *Candida albicans*. Se le acque sono state contaminate da urina di animali, sia domestici che selvatici, non è da escludere anche il rischio di contrarre la leptospirosi (malattia causata da batteri del genere *Leptospira*), mentre organismi del genere *Naegleria* sono responsabili di una delle più gravi malattie trasmissibili con l'acqua, come la meningoencefalite amebica.

Sono poco frequenti infine i casi di disturbi gastrointestinali legati all'utilizzo ricreativo di acque superficiali. Uno dei casi meglio documentati è quello verificatosi negli U.S.A., dove il batterio *Shigella sonnei* è stato ritenuto la causa di dissenteria acuta nel 18% dei nuotatori che avevano bevuto acqua di una determinata zona del Missisipi, che presentava una concentrazione di coliformi pari a 17.500 UFC/100ml. Come riportato in letteratura, sembra possibile affermare che circa il 20% dei casi di infezioni siano imputabili a batteri del genere *Salmonella* e *Shigella*, agenti eziologici di malattie chiamate salmonellosi e shigellosi e che danno come sintomatologia febbre, vomito e diarrea. Le condizioni di sopravvivenza di questi batteri sono influenzati dalla temperatura e dalla disponibilità di nutrienti, soprattutto per quanto riguarda il genere *Salmonella*, che dimostra di solito una sopravvivenza maggiore rispetto a *Shigella*.

I virus enterici presenti nell'ambiente idrico ed in grado di provocare malattia nell'uomo sono ascrivibili a diverse famiglie (*Picornaviridae*, *Reoviridae*, *Caliciviridae*, *Coronaviridae*, *Adenoviridae*), generi e specie (Poliovirus, Coxsachievirus A e B, Echovirus, Enterovirus da 68 a 71, virus dell'epatite A ed E, virus di Norwalk). Le patologie provocate da questi virus sono individuabili come infezioni respiratorie, meningiti, miocarditi ed encefaliti, se riferite a virus appartenenti al genere Enterovirus; gastroenteriti se riferite a Reovirus e Rotavirus umani; infezioni respiratorie, congiuntiviti e gastroenteriti per i virus classificabili tra gli Adenovirus.

Il numero medio di virus enterici in un liquame potrebbe essere dell'ordine di 5.000 UFP (Unità Formanti Placche) per litro, ma, come già detto, condizioni epidemiologiche locali influenzano notevolmente queste cifre. La loro dose minima infettante è bassa e normalmente è compresa tra 1 e 10 unità infettanti. I virus enterici sono più resistenti nell'ambiente acquatico dei batteri enterici; tuttavia la loro sopravvivenza dipende da numerose caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche dell'acqua, così come dal tipo di virus. Il tempo stimato per la riduzione del 50% del virus dell'epatite A in acque profonde, a 25°C, è di circa 14 giorni. La prolungata resistenza nel tempo e le piccole dimensioni permettono ai virus di percorrere grandi distanze nel suolo e nell'acqua, ma contrario dei batteri i virus enterici non sono in grado di moltiplicarsi nell'ambiente. Il ritrovamento di virus in campioni di acqua è relativamente scarso e generalmente molti di essi non possono essere coltivati in vitro. Tuttavia lo sviluppo di nuove

tecniche molecolari di amplificazione e di ibridazione degli acidi nucleici ha migliorato la sensibilità dei metodi di ricerca dei virus nell'ambiente.

La rimozione e/o l'inattivazione degli enterovirus nei processi di trattamento dell'acqua variano a seconda del tipo di virus e delle modalità del trattamento. Per esempio è stato riportato che il 99% di poliovirus 1 e di *Rotavirus* viene inattivato a 5°C (pH da 6 a 7) con cloro libero da 1.1 a 2.5 e da 0.01 a 0.05 rispettivamente.

In diverse ricerche è stato messo in evidenza che le acque depurate possono contenere ancora particelle virali e che nelle acque di superficie (fiumi, laghi, torrenti o mare) in cui tali effluenti vengono successivamente eliminati, si ritrovano virus anche se, nella maggior parte dei casi, in concentrazione minore rispetto alle acque in ingresso agli impianti di depurazione, dipendendo questo aspetto dalla capacità delle particelle virali di adsorbirsi a sedimenti e di depositarsi con essi. Non da ultimo va considerato, che le acque di superficie, soprattutto di fiumi e laghi, in cui si può avere immissione di effluenti, vengono sempre con maggior frequenza trattate per essere destinate al consumo umano e, studi effettuati su tali potenziali risorse di acqua potabile, hanno evidenziato ancora presenza di particelle virali.

Qual è il livello di rischio accettabile per le infezioni legate all'acqua? Si può dire che lo scopo principale dell'epidemiologia moderna è rispondere a questa domanda, cioè valutare il rischio e determinare il cosiddetto "rischio accettabile", cioè il livello di contaminazione che può essere considerato tollerabile. Ovviamente un maggiore rispetto verso l'ambiente, cercando di salvaguardare le risorse naturali, non può che aiutare a migliorare la qualità della vita.

### 3. - CENNI SULLA NORMATIVA VIGENTE IN ITALIA SULLE ACQUE DI BALNEAZIONE

Tutti i piani di risanamento e le leggi attinenti alla salubrità dell'ambiente hanno come obiettivo prioritario la depurazione dei liquami, con trattamenti idonei ad abbattere il più possibile le popolazioni microbiche pericolose ed a privare le acque reflue di sostanze tossiche e di nutrienti.

La problematica della qualità delle acque di balneazione era già ampiamente dibattuta sia in ambito nazionale che internazionale alla fine degli anni sessanta. Nel 1971 il Ministero della Sanità, con lettera n.400.5/79DAG 67, dettò una prima regolamentazione nel settore, prescrivendo un limite numerico per il solo parametro dei coliformi fecali (100/100ml) ed una frequenza dei controlli almeno mensile nel periodo non balneare ed almeno quindicinale nel periodo balneare. Detta regolamentazione affidava all'Autorità locale di controllo la individuazione della frequenza spaziale dei campionamenti in rapporto a fattori locali, consigliando tuttavia un prelievo almeno ogni 2 km.

Il Consiglio delle Comunità Europee, l'8 dicembre 1976, emanò una Direttiva (76/160/CEE) concernente la qualità delle acque di balneazione.

La Direttiva, a tutt'oggi di riferimento per i Paesi dell'Unione, stabilisce per i parametri prescritti sia dei valori limite o *Imperativi*, cui le acque devono essere rese conformi entro un termine di dieci anni, sia dei valori *Guida*, che rappresentano l'obiettivo da raggiungere da tutti gli Stati membri; inoltre viene indicata la frequenza minima di campionamento ed i metodi di analisi da adottare.

Il Governo Italiano, recependo la Direttiva CEE, emanò a sua volta il DPR n.470, in data 8 giugno 1982, sulla qualità delle acque di balneazione, in cui vengono fissati valori più restrittivi per i parametri microbiologici (Tab.1).

Tab. 1 - Valori dei parametri microbiologici previsti nella Direttiva CEE 76/160 e nel DPR 470/82.

PARAMETRI	DIR CEE 76/160		DPR 470/82 e succ. int.
	Valori Guida	Valori Imperativi	Valori
Coliformi totali /100 ml	500	10.000	2.000
Coliformi fecali /100 ml	100	2.000	100
Streptococchi fecali /100 ml	100	-	100
Salmonelle /1 litro	-	0	0
Enterovirus /10 litri	-	0	0

In entrambe le normative, la ricerca di Salmonelle e/o di Enterovirus deve essere richiesta da parte delle Autorità competenti, qualora l'indagine effettuata nella zona di balneazione ne riveli la possibile presenza o il deterioramento della qualità delle acque.

I parametri fisici e chimici sono: pH, colorazione, ossigeno, trasparenza, olii minerali, sostanze tensioattive e fenoli.

La distanza tra due punti di prelievo adiacenti non può superare i 2 km, salvo a ridurla opportunamente nelle zone ad alta densità di balneazione, inoltre durante il periodo di campionamento (aprile-settembre) il DPR 470/82 prescrive una frequenza temporale di 2 campioni al mese per punto, salvo quanto disposto dall'art.7 che prevede la possibilità di applicare un criterio di giudizio più articolato per i parametri batteriologici, quando si disponga dei risultati analitici di un numero di campioni uguale o superiore a 5 per mese. Degno di nota è far rilevare che, in una zona dichiarata idonea alla balneazione, a seguito di un risultato sfavorevole vengono effettuate delle analisi suppletive.

Il funzionamento del programma di sorveglianza, previsto dal citato DPR 470, si può così sintetizzare:

- le Regioni modificano la consistenza e/o la posizione dei punti di campionamento ed aggiornano la relativa anagrafe; tali modifiche, così come ogni altra modifica nella situazione degli scarichi e dei corsi d'acqua, vengono comunicate al Ministero della Sanità;
- i Presidi Multizonali di Prevenzione (ora Dipartimenti dell'Agenzia Regionale per la protezione Ambientale, ad eccezione di alcune Regioni, tra cui la Lombardia), con il supporto dei servizi territoriali di Igiene Pubblica, che effettuano i prelievi, eseguono le relative analisi per tutta la durata della stagione balneare;
- quando si riscontra un evidente inquinamento ovvero i risultati delle analisi impongono un provvedimento di divieto alla balneazione, il Presidio Multizonale (o Dipartimento A.R.P.A.) ne dà immediata comunicazione al Sindaco per gli adempimenti di competenza. Analogamente viene comunicato al Sindaco il verificarsi delle condizioni per il ripristino della balneabilità di zone precedentemente vietate;
- il Sindaco emette l'ordinanza di divieto di balneazione ovvero il provvedimento di revoca dei divieti in atto;
- a partire dal mese di maggio i Presidi (o Dipartimenti ARPA) trasmettono i risultati delle analisi al Sistema Informativo Sanitario del Ministero della Sanità;
- a livello locale vengono trasmessi questi risultati anche alle Regioni ed ai competenti Servizi di Igiene Pubblica;
- entro il mese di marzo dell'anno successivo, sulla base dei risultati ottenuti, le Regioni individuano le zone idonee alla balneazione e ne danno comunicazione ai Sindaci per la delimitazione dei tratti non balneabili;
- i sindaci con propria ordinanza ed in tempo utile per l'apertura della stagione balneare, rendono esecutivi i divieti di balneazione per le zone indicate dalle Regioni con apposita deliberazione.

Il citato DPR 470/82 dal momento della sua entrata in vigore (1984) non ha subito sostanziali variazioni.

#### 4. - L'AMBIENTE FISICO E IL PAESAGGIO DEL PARCO DEL TICINO.

Il Parco Naturale della Valle del Ticino è situato al confine tra Piemonte e Lombardia ed è amministrativamente distinto in due Parchi separati, gestiti dalle rispettive Regioni. Il Parco Lombardo istituito nel 1974 si estende su entrambe le sponde del fiume per circa 110 km e comprende 46 comuni delle province di Varese, di Milano e di Pavia. Quello piemontese, nato nel 1978, tutela una fascia di circa 60 Km situata sulla sponda destra del Ticino e comprende 11 comuni della provincia di Novara.

Il territorio del Parco si trova in una zona fortemente industrializzata, dove sono presenti un centinaio di aziende diverse, oltre a tre autostrade, una fitta rete stradale e l'aeroporto internazionale "Malpensa 2000". Il Parco sorge quindi in una zona ad alto rischio ambientale, dove la tutela del territorio costituisce un aspetto di particolare rilevanza.

L'origine del paesaggio e la sua evoluzione possono essere accomunati a quelli della pianura padana, che sembrano risalire all'era neozoica o quaternaria, caratterizzata da importanti fenomeni di glaciazione. In quell'epoca le enormi masse di detrito trasportate dai ghiacciai ed i materiali alluvionali depositati dai fiumi hanno determinato il riempimento del "Golfo Padano". L'azione dei ghiacciai fu molto intensa e portò tra l'altro alla formazione del Lago Maggiore e di conoidi alluvionali che in forma di ampi ventagli giungono fino al Po; questi depositi sono stati erosi, durante l'innalzamento della pianura iniziato 15.000 anni fa, dal divagare delle acque.

Il Ticino è uno dei maggiori fiumi italiani, essendo la sua lunghezza di circa 248 Km dalle sorgenti, situate nel massiccio del S. Gottardo, allo sbocco nel Po a sud di Pavia. Nel territorio svizzero questo fiume si getta nel Lago Maggiore e ne fuoriesce a Castelletto sopra Ticino dove inizia il Parco.

Il fiume, all'uscita dal Lago Maggiore, scorre in una valle incassata tra cerchie di colline moreniche di altezza decrescente verso sud-est. Si possono distinguere una prima cerchia pedemontana, con altezza media variabile da 500 a 300 metri, una zona collinosa (100-200 metri), ed infine una zona di bassa pianura (100-50 metri). Il Ticino si è dunque scavato una via attraverso le grandi masse di detriti depositati durante le glaciazioni, ed ha iniziato un'opera di erosione e trasporto dei materiali verso valle. Un aspetto importante del fiume è che, in special modo nelle zone più pianeggianti, esso cambia spesso il suo corso a causa delle piene e delle erosioni di materiale, determinando una morfologia varia e articolata (andamento a meandri).

Lungo tutto il corso del fiume che interessa il Parco, sono noti fenomeni di "risorgenza in alveo", dovuti alla minore quota del letto fluviale rispetto alla superficie della falda freatica. All'altezza di Cameri, Galliate e Trecate si delinea la fascia dei fontanili.

Altro fenomeno importanti è il regime di magra e di piena del Ticino, che dipende dalla natura del suo bacino idrogeologico.

Annualmente il fiume presenta due periodi di piena: in maggio-giugno a causa delle piogge primaverili e del disgelo delle nevi ed in ottobre-novembre a causa delle piogge autunnali. I periodi di magra si verificano in estate ed in inverno. Le portate massime raggiungono anche i 2.000-3.000 mc/s che rappresenta un evento statisticamente ripetibile ogni 100 anni.

Un tempo i terrazzi e la valle del fiume erano occupati dall'originaria foresta padana, ma l'intervento dell'uomo attraverso i secoli ha modificato l'ambiente e oggi il manto boschivo è inframmezzato ai coltivi. All'interno di questo paesaggio si snodano in modo articolato i tracciati delle rogge e dei canali, lungo i quali si possono osservare mulini e cascinali, interessanti esempi di architettura agricola, spesso ricchi di storia e tradizioni.

## 5. - INDAGINI MICROBIOLOGICHE SULLE ACQUE DEL FIUME TICINO.

Le indagini microbiologiche condotte sulle acque del Fiume Ticino sono state eseguite dai competenti laboratori degli Enti istituzionalmente preposti a queste incombenze e più precisamente:

- per il territorio Piemontese, il Dipartimento Provinciale di Novara dell' Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale del Piemonte (già Laboratorio di Sanità Pubblica dell'ASL 13 di Novara), che riceve i campioni prelevati da personale del Servizio di Igiene Pubblica;
- per il territorio Lombardo, i Presidi Multizonali di Igiene e Prevenzione (P.M.I.P.) delle ASL di Varese, Milano e Pavia, che provvedono ai prelievi con il personale dei rispettivi Servizi di Igiene Pubblica.

Complessivamente, i punti sottoposti a controllo nel 1998, nel tratto compreso tra l'uscita dal Lago Maggiore a Sesto Calende e l'affluenza nel Fiume Po in provincia di Pavia, sono stati 29. Di questi, 3 sono ubicati sul territorio della provincia di Varese (sponda destra), 11 in quello della provincia di Novara (sponda sinistra), 6 in provincia di Milano e 9 in provincia di Pavia (Fig. 5). Solamente le acque scorrenti nelle prime due province sono state sottoposte, fin dall'inizio, alle analisi nel rispetto del DPR 470/82, per cui solo per queste ultime è stato possibile emettere un giudizio di idoneità o meno alla balneazione. Negli anni dal 1988 al 1990 sono state indagate, secondo i disposti legislativi, anche altre tre zone in provincia di Varese (una nel comune di Golasecca e due in quello di Somma Lombardo), mentre in provincia di Milano una sola, ma negli anni 1988, 1993, 1994 e 1995. Di tutte queste solo per una si è avuto un giudizio di idoneità alla balneazione: Capanno Barengi (Robecco sul Naviglio) nel 1993.

### 5.1 - *Qualità delle acque nel territorio delle province di Novara e Varese*

Delle 14 zone sempre indagate secondo il DPR 470/82, 11 insistono sul territorio Piemontese, in provincia di Novara e 3 su quello Lombardo, in provincia di Varese.

L'elaborazione annuale dei dati nazionali, iniziata nel 1986 a cura del Ministero della Sanità, ha sempre evidenziato che, nella maggior parte dei casi, il fattore limitante la qualità delle acque di balneazione (marine, lacustri, fluviali) è costituito quasi esclusivamente dai parametri microbiologici in generale e dai coliformi fecali in particolare. A questa regola non sfuggono le acque del Fiume Ticino, come riportato nella Fig. 5.1 che illustra la ripartizione percentuale dei parametri nei campioni non favorevoli, riferita alla stagione balneare 1998.

Come illustrato nella Tab.5.1 la maggior parte delle stazioni del Ticino è sempre risultata non idonea alla balneazione, soprattutto fino all'anno 1992; in questo periodo infatti non è mai stata segnalata più di una zona in cui fosse possibile bagnarsi.

Fatta eccezione per il 1993, in cui la percentuale delle zone idonee è stata pari al 27,6%, negli anni seguenti, una evidente, anche se modesta, tendenza al miglioramento incominciò a manifestarsi, soprattutto a partire dal 1995 (20%), raggiungendo la percentuale più elevata nell'ultima stagione balneare (1998) con il 37,5% di zone dichiarate idonee (Fig. 5.2). In questo anno, per la prima volta, viene tolto il divieto di balneazione in una spiaggia lombarda e più precisamente in quella ubicata nel comune di Lonate Pozzolo. Le altre quattro zone in cui la balneazione è consentita sono quattro e sono comprese nel tratto di fiume che va da Varallo Pombia a Marano Ticino.

La disponibilità e la relativa elaborazione dei risultati delle analisi microbiologiche, a partire dal 1988, rende possibile l'osservazione dei fenomeni evolutivi manifestatisi durante quest'ultimo decennio. Per ognuna delle stazioni indagate secondo la normativa vigente si è provveduto infatti calcolare sia la media aritmetica, sia quella geometrica, che meno risente della presenza di valori estremi, nonché la mediana, la deviazione standard nonché il valore minimo e massimo raggiunto.

#### *Circolo Sestese - Sesto Calende (VA) - 35VA*

Le acque di questo tratto di fiume possono essere in qualche modo influenzate da quelle del Lago Maggiore, da cui origina il Ticino. I valori medi dei parametri indagati evidenziano una tendenza al miglioramento a partire dal 1994, anno in cui le medie geometriche sia dei coliformi totali che fecali, sia degli streptococchi fecali non hanno mai superato i limiti imposti dal DPR 470/82. Negli ultimi due anni, inoltre, anche i valori massimi dei coliformi totali sono stati inferiori al limite di 2.000 UFC/100 ml. Negli ultimi undici anni, le concentrazioni medie di streptococchi fecali sono sempre state inferiori al limite di 100 UFC/100 ml (Tab. 5.2 e Fig. 5.3). Pur possedendo modesti valori medi dei parametri batteriologici, nell'applicazione delle disposizioni legislative le acque di questa stazione sono sempre state vietate all'uso ricreazionale.

#### *Ramè - Varallo Pombia (NO) - 36NO*

Di tutte le zone indagate, è quella che per più anni ha avuto acque idonee alla balneazione (7 sugli 11 considerati). Inoltre, dal 1993, con l'eccezione del 1995, le acque di questa stazione sono sempre state autorizzate all'uso balneare. Le concentrazioni medie annuali dei parametri indagati sono sempre risultate modeste; in particolare i coliformi fecali solo una volta, nel lontano 1991, hanno superato le 2.000 UFC/100 ml, mentre quelle dei coliformi fecali, dal 1992, sono state ben al di sotto del limite di legge di 100 UFC/100 ml. I valori medi (Mg) degli streptococchi fecali sono sempre stati inferiori a 50 UFC/100 ml (Tab. 5.3 e Fig. 5.4).

#### *Panperdù - Varallo Pombia (NO) - 37NO*

Nelle ultime tre stagioni balneari è sempre stato consentito l'uso balneare delle acque di questa stazione, che risulta, insieme alle altre comprese nel tratto tra Varallo Pombia e Marano Ticino, la meno contaminata tra quelle prese in esame.

I coliformi totali hanno evidenziato valori medi sempre inferiori ai limiti stabiliti per legge, ad eccezione della stagione 1991, mentre i loro valori massimi più elevati sono stati riscontrati nel 1988 e nel 1996 con 10.000 UFC/100 ml (Tab. 5.4). La Fig. 5.5 evidenzia la tendenza alla riduzione della contaminazione fecale di queste acque a partire dall'anno 1992.

#### *Bui-Pralungo-Casone - Pombia (NO) - 38NO*

Con l'eccezione degli anni 1994 e 1996, queste acque sono idonee alla balneazione dal 1992. I valori medi delle concentrazioni dei parametri batteriologici sono risultate pressoché sovrapponibili a quelli delle stazioni precedentemente commentate.

Le concentrazioni medie dei coliformi totali non hanno mai superato il limite imposto dalla legislazione italiana (2.000 UFC/100 ml) e quelle massime sono sempre state inferiori al valore imperativo della Direttiva CEE (10.000 UFC/100 ml).

I coliformi fecali, dal 1990, hanno presentato concentrazioni medie (Mg) sempre inferiori a 100 UFC/100 ml, tranne il 1996 con 106 UFC), mentre i valori medi degli streptococchi fecali sono sempre stati al di sotto del limite imposto dal DPR 470/82 e dalla direttiva CEE 76/160 ((Tab. 5.5 e Fig. 5.6).

#### *Porto - Marano Ticino (NO) - 39NO*

Il grado di contaminazione fecale delle acque di questa stazione non è rilevante e più o meno simile a quello dei punti precedenti. Dal 1991, primo anno in cui la balneazione è stata permessa, queste

acque sono state vietate all'uso ricreativo solamente in tre stagioni (nel 1992, nel 1994 e nel 1996). I coliformi totali non hanno mai superato il limite imperativo della direttiva CEE, mentre le loro concentrazioni medie (Mg) sono sempre state inferiori al limite della normativa italiana. Dal 1988 le concentrazioni medie (Mg) streptococchi fecali sono sempre state inferiori a 100 UFC/100 ml. (Tab. 5.6 e Fig. 5.7).

#### *Spiaggia - Vizzola Ticino (VA) - 46VA*

La modesta contaminazione fecale di queste acque è rimasta costante negli anni, senza significative variazioni di tendenza, come dimostrano i valori medi annuali dei singoli parametri batteriologici indagati. Unica nota degna di rilievo riguarda le alte concentrazioni raggiunte dai coliformi totali negli anni 1988, 1989, 1994 e 1995 e quelle, in minor misura, dei coliformi fecali negli anni 1989, 1991, 1995 e 1996, che hanno superato anche il limite imperativo della già citata direttiva CEE. (Tab. 5.7 e Fig. 5.8). Anche se le concentrazioni medie geometriche dei parametri batteriologici non hanno quasi mai superato i limiti dettati dal DPR 470/82, le acque di questa stazione sono sempre state vietate alla balneazione (Tab. 5.1).

#### *Spiaggia - Lonate Pozzolo (VA) - 47VA*

Nel 1998 le acque di questa stazione sono state dichiarate per la prima volta idonee alla balneazione secondo il disposto del DPR 470/82 (Tab. 5.1).

Le concentrazioni medie dei coliformi totali sono state sempre al di sotto del limite legislativo italiano, mentre le concentrazioni massime hanno raggiunto valori molto elevati nel 1989 con 190.000 UFC/100 ml. I coliformi fecali negli ultimi due anni sono diminuiti sia nei valori medi che in quelli assoluti, mentre gli streptococchi fecali hanno fatto registrare in tutti gli undici anni di indagini valori più che modesti delle loro concentrazioni (Tab. 5.8 e Fig. 5.9).

#### *Ponte - Oleggio (NO) - 41NO*

Le acque di questa stazione non sono mai state dichiarate agibili per la balneazione secondo la legislazione italiana (Tab. 5.1).

La contaminazione fecale del Fiume Ticino in questo tratto è maggiore di quella riscontrata finora nelle zone controllate a monte e fin qui descritte. Le concentrazioni medie di coliformi totali, rimaste pressoché costanti fino al 1994, hanno subito una significativa riduzione nel 1995, da allora è in atto una costante e non trascurabile tendenza all'aumento che ha raggiunto nel 1998 il valore medio più elevato pari a 2.971 UFC/100 ml, superiore anche al limite di legge italiano.

I valori medi dei coliformi fecali (Mg) hanno sempre superato le 100 UFC/100 ml e durante l'ultima stagione balneare del 1998 hanno raggiunto il valore massimo mai registrato di 4.000 UFC/100 ml.

Diverso è l'andamento degli streptococchi fecali, che sembra più costante degli altri due indicatori batterici con concentrazioni medie modeste e sempre inferiori a 100 UFC/100 ml negli ultimi quattro anni (Tab. 5.9 e Fig. 5.10).

#### *Cascinone - Bellinzago (NO) - 42NO*

L'unica stagione in cui questa stazione ha avuto le acque idonee per la balneazione è stata durante l'anno 1995, anno che segna l'inizio di una tendenza verso la diminuzione della contaminazione fecale. Nel corso di questo anno, infatti, sono stati registrati anche i valori medi meno elevati di tutti e tre gli indicatori batteriologici e negli anni successivi le concentrazioni medie dei coliformi totali e fecali e, in minor misura, degli streptococchi fecali sono risultate nettamente meno elevate rispetto a quelle degli anni precedenti. Unica eccezione il 1997, dove compare un anomalo ed isolato rialzo

dei valori medi dei coliformi totali e fecali, mentre le concentrazioni medie degli streptococchi fecali rimangono abbondantemente inferiori alle 100 UFC/100 ml (Tab. 5.10 e Fig. 5.11).

#### *Presa Langosco - Cameri (NO) - 43NO*

Le acque di questo tratto di fiume non sono mai state dichiarate agibili per la balneazione e la contaminazione fecale, di una certa consistenza, è simile a quella riscontrata nella stazione n. 041 - Ponte - Oleggio (NO), la più elevata, tra quelle controllate secondo il DPR 470/82.

Le medie (Mg) delle concentrazioni di coliformi totali negli ultimi due anni hanno superato le 2000 UFC/100 ml ed i valori massimi hanno quasi sempre superato il limite imperativo della direttiva CEE. Le concentrazioni medie di coliformi fecali sono sempre state superiori al limite della normativa italiana e quelle massime hanno raggiunto valori di un certo rilievo, soprattutto nel 1997, tra gli ultimi anni di controlli. Gli streptococchi fecali, sebbene in minor misura, hanno mostrato lo stesso andamento degli altri indicatori batterici (Tab. 5.11 e Fig. 5.12).

In questa stazione la contaminazione fecale delle acque è rimasta costante nel tempo e non è possibile ravvisare tendenze evolutive di alcun tipo.

#### *Ponte - Galliate (NO) - 44NO*

Come per la stazione di Sesto Calende, di Vizzola Ticino, di Oleggio e di Cameri, in nessuna stagione balneare le acque, in questo tratto del Fiume Ticino, sono risultate idonee agli usi ricreativi.

La contaminazione evidenziata potrebbe definirsi simile a quella descritta per la zona precedente, sebbene i valori delle concentrazioni medie e massime degli indicatori fecali siano risultate leggermente inferiori.

Le concentrazioni medie dei coliformi totali non hanno mai superato le 2.000 UFC/100 ml, tranne nel 1988 e nel 1997, mentre i valori massimi sono sempre stati inferiori al limite imperativo di 10.000 UFC/100 ml della direttiva CEE 76/160.

I valori medi dei coliformi fecali sono sempre stati superiori al limite previsto dalla legge italiana, mentre quelli massimi sono sempre stati più elevati di 2.000 UFC/100 ml (limite imperativo della direttiva CEE), tranne che nella stagione 1996 e 1990.

Gli streptococchi fecali, presenti in minor quantità, hanno evidenziato concentrazioni medie annuali superiori alle 100 UFC/100 ml una sola volta negli ultimi quattro stagioni di indagini (Tab. 5.12 e Fig. 5.13).

La moderata contaminazione fecale di queste acque è rimasta pressoché invariata dal 1988.

#### *Boscaccio - Romentino (NO) - 45NO*

La contaminazione fecale di queste acque è pressappoco simile a quella riscontrata nella stazione precedente al Ponte di Galliate (NO) e, come in quest'ultima, non è mai stata autorizzata la balneazione in questo tratto di fiume.

Le concentrazioni medie dei coliformi totali sono sempre state inferiori a 2.000 UFC/100 ml, così come i valori massimi non hanno mai superato 10.000 UFC/100 ml.

Fatta eccezione per il 1990, le concentrazioni medie dei coliformi fecali hanno sempre superato il limite previsto dal DPR 470/82 ed i loro valori massimi sono stati superiori, in diversi anni, al limite imperativo della direttiva CEE (2.000 UFC/100 ml).

Le concentrazioni di streptococchi fecali sono risultate invece decisamente inferiori rispetto a quelle degli due indicatori sopra ricordati e negli ultimi quattro anni i loro valori medi sono sempre stati inferiori a 100 UFC/100 ml (Tab. 5.13 e Fig. 5.14).

La contaminazione fecale, dopo una evidente riduzione nel 1990, ha mostrato una tendenza all'aumento dal 1991 al 1995 che si è interrotta negli ultimi tre anni, assestandosi sui livelli del periodo 1991-'93.

#### *Colonia elioterapica - Trecate (NO) - 46NO*

Il grado di compromissione di queste acque è paragonabile con quello riscontrato nella stazione Cascinone, nel comune di Bellinzago Novarese (042).

Nella sola stagione 1996 le acque erano conformi ai criteri contenuti nel DPR 470/82 e quindi balneabili.

I coliformi totali, ad eccezione degli anni 1988-'89, hanno evidenziato concentrazioni medie modeste, inferiori ai valori limite della legge italiana e, negli ultimi tre anni, minori anche del valore guida (500 UFC/100 ml) della direttiva CEE 76/160.

Le concentrazioni medie dei coliformi fecali negli ultimi tre anni sono state più che modeste, inferiori a 100 UFC/100 ml, mentre i valori massimi hanno superato, a volte, anche i limiti imperativi della direttiva CEE.

Gli streptococchi fecali hanno rivelato concentrazioni sempre ridotte e alquanto inferiori a quelle dei coliformi (Tab. 5.14 e Fig. 5.15).

La contaminazione fecale di queste acque sembra essersi ridotta in modo significativo negli ultimi tre anni di indagini. Se questa tendenza continuerà, anche questo tratto del Ticino sarà idoneo alla balneazione.

#### *Cava Elmit - Cerano (NO) - 47NO*

Procedendo verso valle, questa è l'ultima stazione situata in provincia di Novara.

Le acque in questo tratto non sono mai state idonee alla balneazione e presentano una moderata contaminazione fecale.

Dal 1989 le concentrazioni medie dei coliformi totali non hanno mai superato 2.000 UFC/100 ml ed i loro valori massimi sono sempre stati inferiori a 10.000 UFC/100 ml.

I coliformi fecali hanno rivelato, al contrario, concentrazioni medie superiori al limite del DPR 470/82, in tutti gli anni in cui si sono eseguiti i controlli ed i loro valori massimi hanno spesso superato 1000 UFC/100 ml.

Di modesta entità si sono rivelate le concentrazioni medie degli streptococchi fecali, di molto inferiori a quelle dei coliformi totali e fecali, mai superiori, nelle ultime quattro stagioni, a 100 UFC/100 ml; anche le loro concentrazioni più elevate non hanno mai raggiunto valori notevoli, ad eccezione del 1992 con 3.200 UFC/100 ml.

Dai dati presentati non sembra potersi individuare alcuna tendenza evolutiva della contaminazione fecale di queste acque, che è rimasta pressoché costante in questi ultimi undici anni di controlli (Tab. 5.15 e Fig. 5.16).

### *5.2 - Qualità delle acque nel territorio della provincia di Milano*

Come precedentemente detto, anche le acque del Fiume Ticino scorrenti nel territorio della provincia di Milano sono state sottoposte a controlli fisico-chimici e microbiologici, ma con una frequenza più ridotta rispetto a quella prevista dal DPR 470/82. I risultati ottenuti non sono quindi stati trasmessi al Ministero della Sanità per la loro pubblicazione, in forma elaborata, sul Rapporto che ogni anno viene pubblicato dal Ministero per informare i cittadini sulla condizione igienica delle acque di balneazione italiane marine, lacustri e fluviali.

Gli Enti competenti (U.O. Medica del PMIP di Parabiago) hanno cortesemente messo a disposizione i risultati delle analisi da loro effettuate nei periodi estivi del triennio 1996-'98,

relativamente ai parametri coliformi totali, coliformi fecali e streptococchi fecali, per poter fare un raffronto con quelli della sponda piemontese e quelli delle province di Varese e Pavia.

In questo territorio sono state prese in considerazione 6 stazioni, ubicate in cinque comuni (Castano Primo, Turbigo, Robecchetto c/I, Cuggiono e Bernate Ticino) la frequenza dei prelievi è stata mensile da aprile a settembre. Il metodo utilizzato è stato quello del numero più probabile (MPN), previsto dal DPR 470/82 come alternativo a quello delle membrane filtranti. Complessivamente, dal 1996 al 1998, sono stati prelevati ed esaminati 108 campioni di acque del Ticino (36 per anno) destinate alla balneazione, nel territorio provinciale di Milano.

I risultati evidenziano una contaminazione fecale delle acque del territorio milanese leggermente più elevata di quella riscontrata in provincia di Novara e di Varese.

Le concentrazioni medie dei coliformi totali, nel 1998, hanno sempre superato 1.000 UFC/100 ml, fatta eccezione per le acque della stazione nel comune di Castano Primo ed in tre località, su sei controllate, sono state superiori a 3500 UFC/100 ml. Dei complessivi 36 campioni esaminati nella stagione 1998, 11, pari al 30,6%, hanno evidenziato valori superiori al limite imperativo di 10.000 UFC/100ml della Direttiva Europea 76/160. Nel mese di settembre sono state reperite le concentrazioni di coliformi totali più elevate in tutte le stazioni.

Prendendo in considerazione solamente i valori medi dei mesi estivi di giugno, luglio e agosto non pare di poter cogliere differenze significative rispetto a quelli di tutto il periodo di indagine, tranne che per le acque della stazione *Casa delle barche*, in comune di Castano Primo. La stessa valutazione può essere fatta riferita ai due anni precedenti, con l'eccezione delle acque della stazione di Cuggiono, nel 1997, dove nei mesi estivi la concentrazione media di coliformi totali è risultata più elevata (Tabb. 5.16 - 5.17 - 5.18).

Mettendo a confronto i valori medi dei coliformi totali del 1998 con quelli dei due anni precedenti non si notano significative tendenze evolutive, se non un lieve aumento della contaminazione nelle acque delle stazioni site nei comuni di Robecchetto c/I e di Cuggiono (Fig. 5.17).

Le tabelle 5.19 - 5.20 - 5.21 riportano i valori delle concentrazioni di coliformi fecali riferiti alle indagini svolte nel triennio 1996-'98.

Nel 1998, fatta eccezione per le stazioni nei comuni di Castano Primo (EMI) e di Bernate Ticino (LMI), il conteggio dei coliformi fecali ha sempre superato il valore medio di 300 UFC/100 ml e nelle acque di Robecchetto con Induno ha raggiunto la concentrazione media massima di 1.623 UFC/100 ml. In questa stazione, come nel 1996, è stato reperito il valore massimo più elevato di 11.000 UFC/100 ml, ritrovato anche negli anni precedenti a Cuggiono (maggio '97), a Castano Primo (settembre '96) e a Turbigo (agosto '96). Valori così elevati di coliformi fecali non sono mai stati reperiti nelle stazioni delle province di Novara e di Varese in undici anni di indagini, che hanno coinvolto il prelievo e l'analisi di 2.211 campioni di acqua, se si eccettua l'anomalo valore di 15.000 UFC/100 ml della stazione *Presa Langosco*, nel comune di Cameri, nel lontano 1989.

Anche per questo parametro non sembrano esserci sostanziali differenze tra i valori medi dei tre mesi estivi (giugno-agosto) e quelli dell'intero periodo di monitoraggio (aprile-settembre), sia nel 1998 che nei due anni precedenti. Le uniche più che modeste differenze sono riscontrabili a Turbigo, nel 1998, a Cuggiono (Baragge), nel 1997 e, in minor misura, a Robecchetto c/I, nel 1996.

Le concentrazioni medie dei coliformi fecali non sembrano evidenziare, negli ultimi tre anni, tendenze evolutive di alcun tipo, tranne che per le acque di Robecchetto con Induno, dove il loro valore medio del 1998 è pressoché quadruplicato rispetto ai due anni precedenti (Fig. 5.18).

Gli streptococchi fecali, nei tre anni ricordati, hanno presentato concentrazioni medie modeste e di solito inferiori a 100 UFC/100 ml nelle acque di tutte le stazioni indagate (Tabb. 5.22 - 5.23 - 5.24). Anche le medie dei tre mesi estivi (giugno-agosto) sono pressoché sovrapponibili a quelle di tutto il periodo di indagine (aprile-settembre). Nel 1998, dei 36 campioni esaminati, 15 (pari al 41,7%) hanno presentato concentrazioni di streptococchi fecali > 100 UFC/100 ml, mentre nel 1996 questa situazione ha coinvolto 4 (11,1%) campioni e 6 (16,7%) nel 1996.

Il valore più elevato è stato riscontrato, nel 1998, nelle acque della stazione *Baragge* (Cuggiono) con 280 UFC/100 ml.

I valori medi degli ultimi tre anni di questo parametro, anche se modesti, sembrano evidenziare una lieve tendenza all'aumento della contaminazione, soprattutto a carico delle acque delle quattro stazioni situate più a valle (Fig 5.19).

### 5.3 - *Qualità delle acque nel territorio della provincia di Pavia*

Le acque del fiume Ticino scorrenti in provincia di Pavia, nel 1998, sono state oggetto di controlli ai fini della qualità igienica per la balneazione in nove stazioni, ubicate sul territorio di 6 comuni rivieraschi e più precisamente: Vigevano, Bereguardo, Carbonara, Torre d'Isola, Pavia e Valle Salimbene. Complessivamente, nel 1998, sono stati prelevati ed esaminati 45 campioni di acqua del fiume.

Il periodo del campionamento (luglio-settembre) e la frequenza dei prelievi sono stati, come per la provincia di Milano, ridotti rispetto a quanto previsto dal DPR 470/82, per cui i risultati non sono stati pubblicati in forma elaborata sul già citato Rapporto annuale sulle acque di balneazione del Ministero della Sanità.

I risultati, riportati nelle tabelle 5.25, 5.26 e 5.27, evidenziano una contaminazione fecale superiore a quella riscontrata nelle acque delle stazioni a monte, in provincia di Novara, Varese e Milano.

I coliformi totali hanno raggiunto concentrazioni alquanto elevate soprattutto nel mese di luglio, con valori superiori a 150.000 UFC/100 ml in cinque stazioni, comprese nel tratto da Bereguardo a Pavia. Il valore massimo è stato reperito in località *Ponte della Libertà (RPV)* nel mese di agosto con 400.000 UFC/100 ml. Tutti i campioni hanno consegnato concentrazioni superiori al valore imperativo, previsto dalla direttiva europea, di 10.000 UFC/100 ml. Mettendo a confronto i valori medi non sembra si possano evidenziare differenze di una certa importanza tra le varie stazioni indagate.

I coliformi fecali, come già ricordato, sono sempre risultati più elevati, sia nelle loro concentrazioni medie che nei singoli valori analitici, a quelli delle acque a monte delle stazioni di questa Provincia. Come per i coliformi totali, le concentrazioni massime sono state reperite nel mese di luglio, in particolare nella stazione di Torre d'Isola (*QPV*) e nelle due stazioni di Pavia (*RPV*, *SPV*), dove hanno varcato il valore di 50.000 UFC/100 ml. Nel 62,2% dei campioni esaminati i coliformi fecali hanno oltrepassato il valore imperativo della Direttiva Europea di 2.000 UFC/100 ml e in nessuno è stato riscontrato un valore inferiore a 100 UFC/100 ml. Anche i valori medi, di conseguenza, sono risultati alquanto elevati, infatti, tranne la stazione più a valle (*Ponte della Becca - 25PV*), hanno tutti superato le 3.000 UFC/100 ml, con un massimo di 6.834 UFC/100 ml, a carico delle acque della stazione Ajala, nel territorio comunale di Vigevano (*NPV*).

Gli streptococchi fecali hanno fatto rilevare concentrazioni notevolmente inferiori a quelli dei due succitati gruppi di coliformi, ma sempre, o quasi, superiori al limite di 100 UFC/100 ml disciplinato sia dal DPR 470/82, che dalla Direttiva Europea 76/160. Infatti nel 82,2% dei campioni esaminati è stato accertato un valore superiore al predetto limite ed il rimanente 17,8% lo ha eguagliato. Anche per questo parametro le concentrazioni massime sono state trovate nel mese di luglio, dove in 6 stazioni sono state superate le 1.500 ed in 5 le 2.500 UFC/100 ml. I valori medi, tutti superiori a 100 UFC/100 ml, non hanno evidenziato differenze di un certo rilievo tra le varie stazioni, tranne forse quella più a valle, nel Comune di Valle Salimbene (*25PV*), che ha fatto registrare un valore leggermente inferiore, come è stato constatato anche per i coliformi fecali (Fig. 5.20).

● CF < 100 UFC/100 ml  
 ● CF > 100 < 1.000 UFC/100 ml  
 ● CF > 1.000 UFC/100 ml

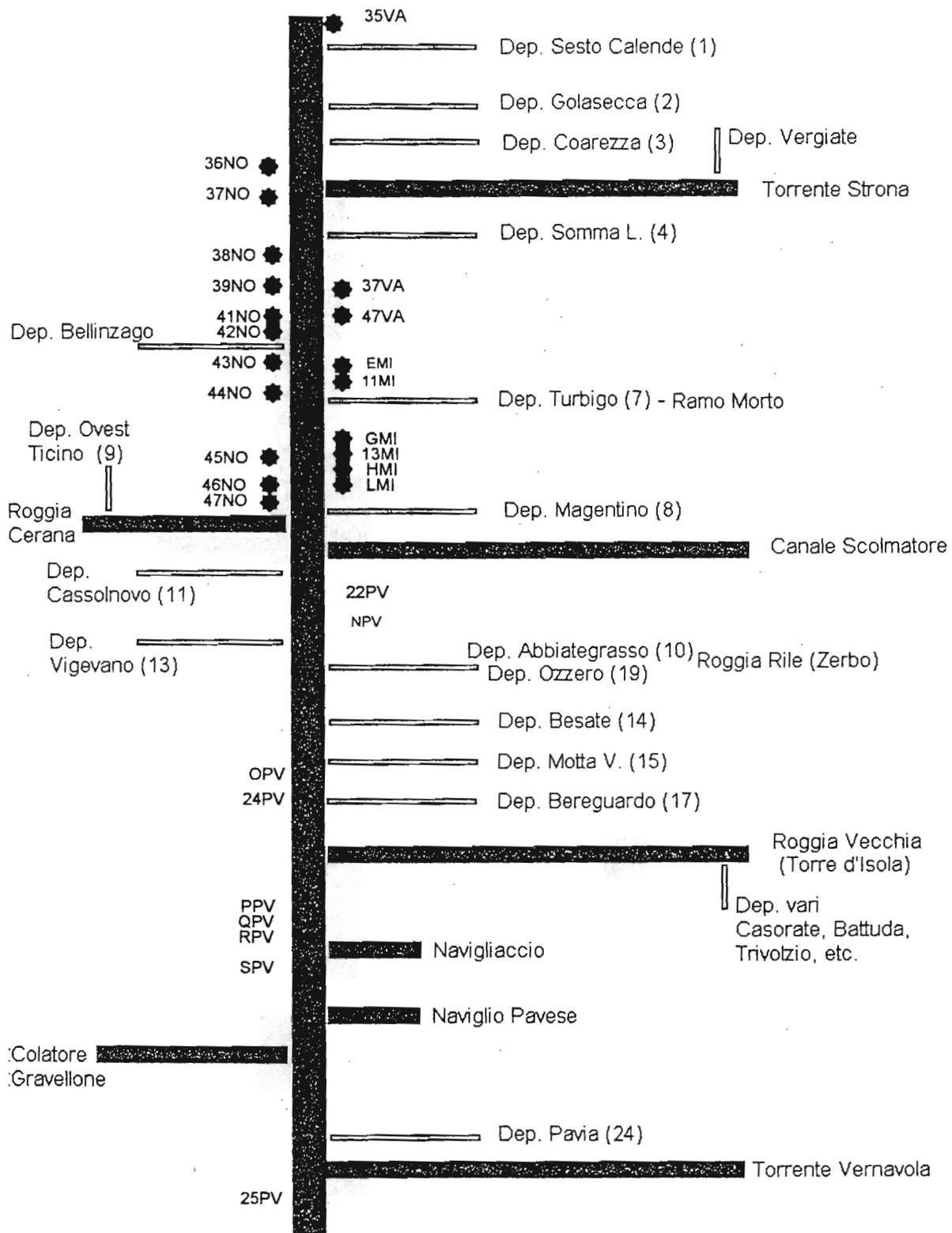


Fig. 5. – Schema idrografico del Fiume Ticino con stazioni di monitoraggio microbiologico. Anno 1998.  
 (CF = coliformi fecali)

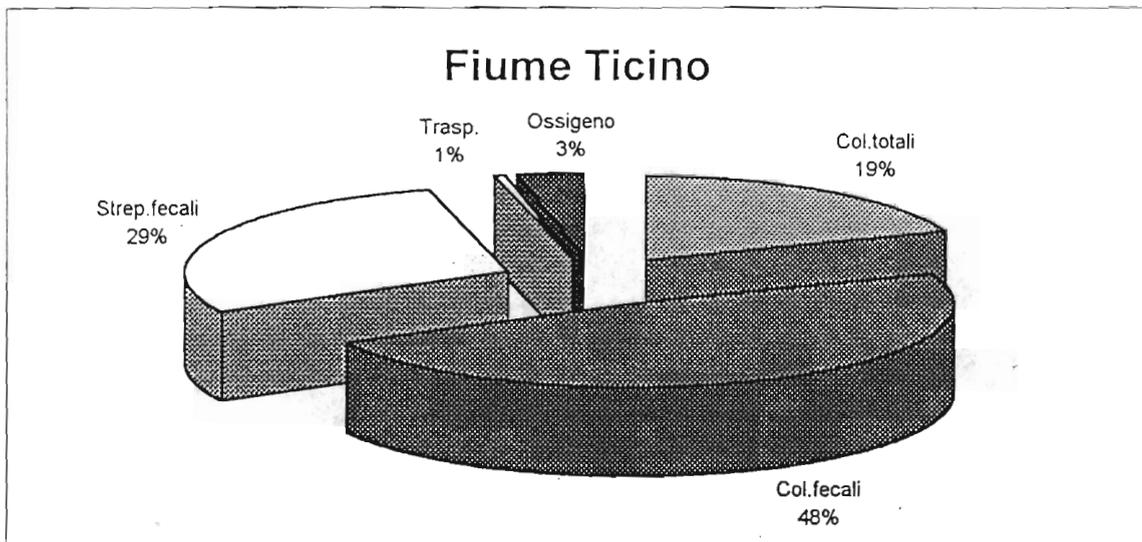


Fig. 5.1 - Ripartizione percentuale dei parametri nei campioni non favorevoli delle acque di balneazione del Fiume Ticino. Anno 1998.

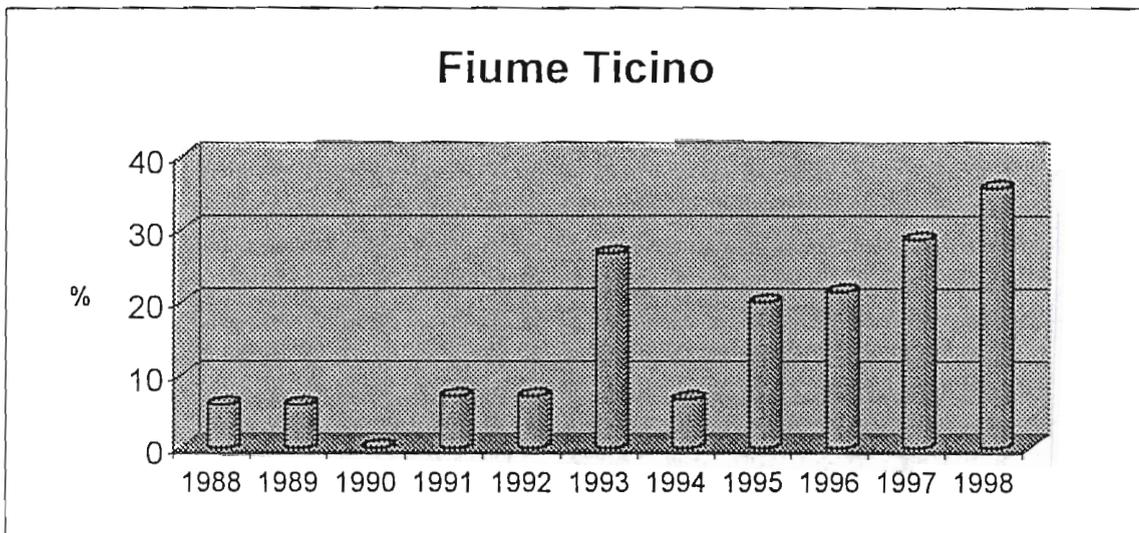


Fig. 5.2 - Andamento delle zone idonee alla balneazione nelle acque del Fiume Ticino dal 1988.

Tab. 5.1 - Andamento del giudizio di balneabilità delle acque del Fiume Ticino, controllate secondo il DPR

cod	stazione	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
35VA	Circolo Sestese - Sesto Calende	NO										
43VA	Spiaggia - Golasecca	NO	NO	NO	-	-	-	-	-	-	-	-
44VA	Lido Fogartor - Somma Lombard	NO	NO	NO	-	-	-	-	-	-	-	-
45VA	Lido canottieri - Somma Lombard	NO	NO	-	-	-	-	-	-	-	-	-
36NO	Ramè - Varallo Pombia	SI	SI	NO	NO	NO	SI	SI	NO	SI	SI	SI
37NO	Panperdù - Varallo Pombia	NO	SI	SI	SI							
38NO	Bui Pralungo Casone - Pombia	NO	NO	NO	NO	SI	SI	NO	SI	NO	SI	SI
39NO	Porto - Marano Ticino	NO	NO	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	SI
46VA	Spiaggia - Vizzola Ticino	NO										
47VA	Spiaggia - Lonate Pozzolo	NO	SI									
41NO	Ponte - Oleggio	NO										
42NO	Cascinone - Bellinzago Novaresi	NO	SI	NO	NO	NO						
43NO	Presa Langosco - Cameri	NO										
44NO	Ponte - Galliate	NO										
45NO	Boscaccio - Romentino	NO										
46NO	Colonia elioterapica - Trecate	NO	SI	NO	NO							
47NO	Cava Elmit - Cerano	NO										
96MI	Capanno Barengi - Robecco s/I	-	NO	-	-	-	SI	NO	NO	-	-	-

SI = Balneazione consentita

NO = Balneazione vietata

Tab. 5.2 - Valori medi, minimi e massimi dei parametri microbiologici rilevati nella stazione di Circolo Sestese - Sesto Calende (VA) dal 1988.

	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
<b>coliformi totali</b>											
Ma	1.900	1.316	1.230	1.560	1.673	2.492	434	592	439	184	565
Mg	1.431	654	462	986	668	678	362	184	190	76	331
mediana	1.575	593	385	1.250	625	750	475	250	188	60	500
ds	1.398	2.245	2.424	1.377	2.936	5.420	215	858	891	362	474
min	340	100	50	50	140	50	90	10	30	10	40
max	4.700	8.300	8.700	5.300	10.000	20.000	700	2.500	3.500	1.500	1.500
<b>coliformi fecali</b>											
Ma	235	178	268	533	280	948	114	162	144	85	110
Mg	142	114	103	391	132	280	91	48	66	28	53
mediana	195	105	70	520	85	400	110	30	60	20	40
ds	203	168	596	359	449	2.141	60	281	206	191	142
min	20	30	30	20	20	40	10	10	10	10	10
max	680	570	2.150	1.400	1.600	8.000	200	1.000	700	800	400
<b>streptococchi fecali</b>											
Ma	68	38	27	87	62	342	56	62	39	19	45
Mg	46	29	11	51	25	85	33	37	24	16	25
mediana	30	30	15	40	25	60	35	50	25	10	20
ds	67	29	32	100	86	814	61	58	51	15	55
min	15	10	0	3	0	20	10	10	10	10	10
max	210	110	90	390	280	3.000	200	150	200	60	200

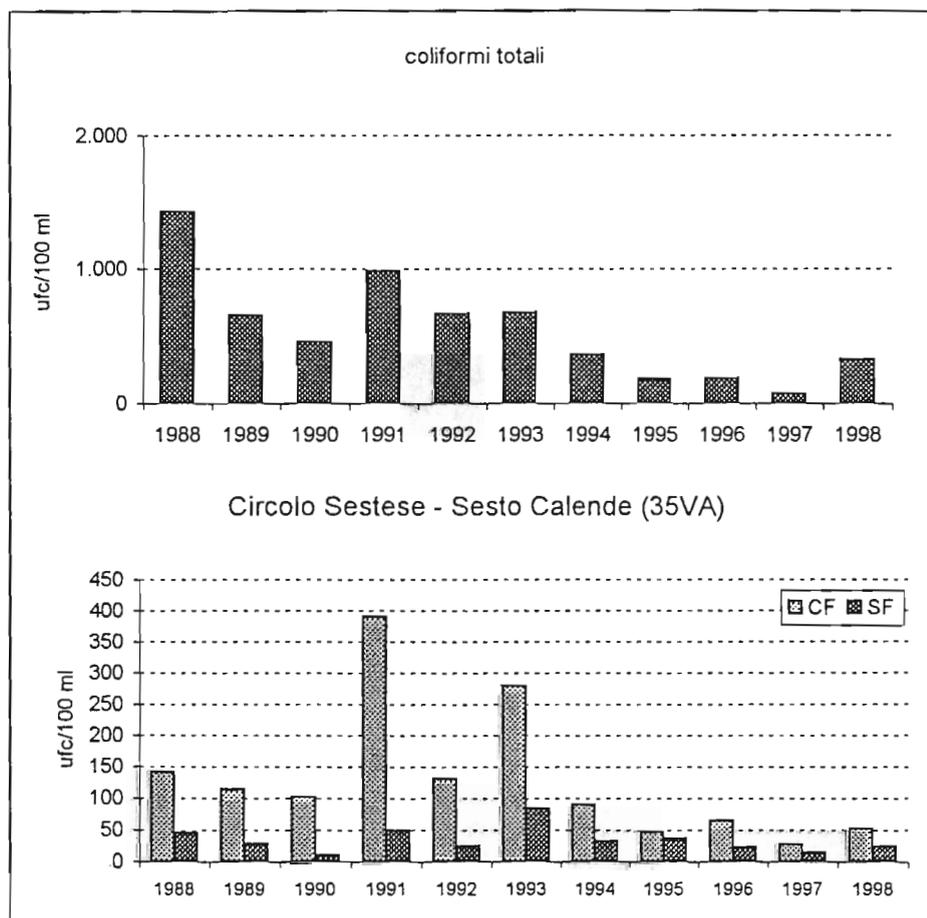


Fig. 5.3 Medie (Mg) annuali di coliformi totali, coliformi fecali (CF) e di streptococchi fecali (SF).

Tab. 5.3 - Valori medi, minimi e massimi dei parametri microbiologici rilevati nella stazione di Ramè - Varallo Pombia (NO) dal 1988.

	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
<b>coliformi totali</b>											
Ma	317	445	1.025	2.718	635	236	458	371	288	275	425
Mg	256	319	558	2.571	449	210	320	204	208	225	289
mediana	250	300	650	3.000	600	200	300	100	200	250	250
ds	252	452	1.254	898	458	136	485	573	252	171	519
min	100	100	100	1.400	100	100	100	100	100	100	100
max	1.000	1.700	4.800	4.000	1.300	600	1.800	2.400	800	600	2.000
<b>coliformi fecali</b>											
Ma	57	90	189	197	114	50	54	129	90	61	57
Mg	47	88	113	180	65	37	43	55	63	50	46
mediana	60	100	140	190	80	40	50	60	80	65	60
ds	29	16	179	92	114	39	31	280	84	28	33
min	10	50	10	100	10	10	10	10	20	10	10
max	100	100	650	400	350	130	100	1.200	300	100	100
<b>streptococchi fecali</b>											
Ma	44	35	88	63	63	58	50	56	98	33	38
Mg	35	22	46	36	47	45	33	36	49	24	25
mediana	35	10	55	30	50	50	35	50	60	25	20
ds	31	34	138	75	47	36	40	51	150	27	33
min	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
max	100	100	580	260	160	120	100	190	650	90	90

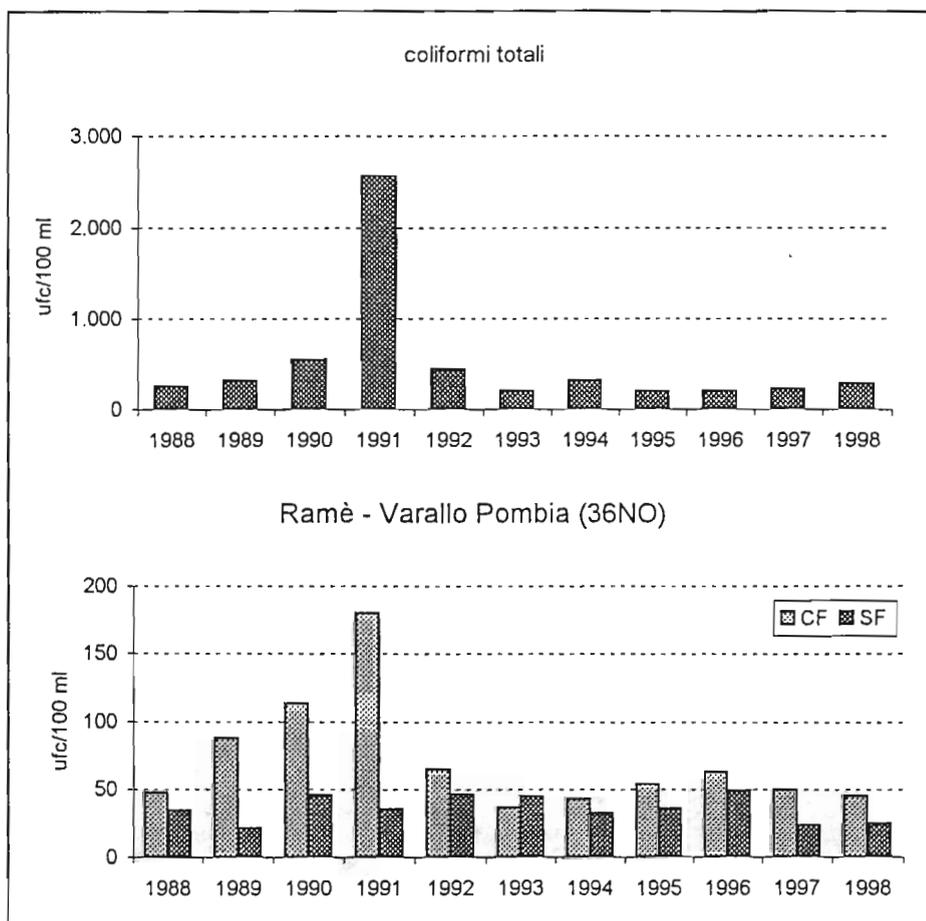


Fig. 5.4 Medie (Mg) annuali di coliformi totali, coliformi fecali (CF) e di streptococchi fecali (SF).

Tab. 5.4 - Valori medi, minimi e massimi dei parametri microbiologici rilevati nella stazione di Pan Perdù - Varallo Pombia (NO) dal 1988.

	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
<b>coliformi totali</b>											
Ma	2.167	873	1.822	2.364	1.529	782	883	381	1.178	375	400
Mg	1.041	658	1.182	2.137	857	632	631	216	328	291	293
mediana	950	600	1.100	2.200	900	500	600	200	200	300	350
ds	2.935	773	1.556	1.120	1.790	618	703	664	2.496	253	302
min	200	200	150	1.000	100	300	200	100	100	100	100
max	10.000	2.700	4.600	4.500	5.800	2.400	2.100	2.800	10.000	800	1.000
<b>coliformi fecali</b>											
Ma	689	430	312	204	289	191	363	155	391	57	48
Mg	353	287	184	177	98	131	192	58	100	46	34
mediana	290	180	210	180	100	150	230	65	60	50	55
ds	914	471	335	120	488	173	403	314	847	33	34
min	110	120	30	50	10	40	20	10	10	10	10
max	3.000	1.600	1.200	520	1.800	600	1.200	1.300	3.500	100	100
<b>streptococchi fecali</b>											
Ma	237	51	56	70	151	98	82	45	33	23	20
Mg	102	34	36	41	66	75	62	29	22	18	16
mediana	80	40	35	40	60	80	55	30	20	15	10
ds	362	47	50	68	233	73	61	42	40	18	16
min	20	10	10	10	10	20	20	10	10	10	10
max	1.300	150	140	180	750	220	190	140	180	70	60

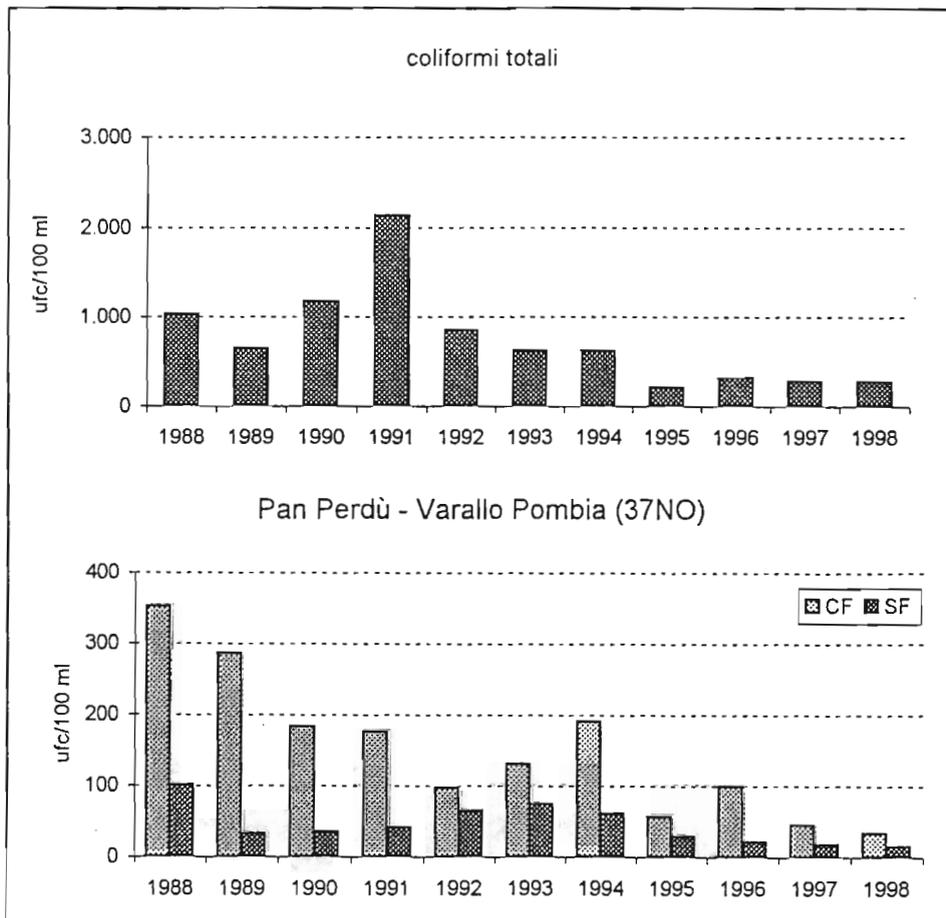


Fig. 5.5 Medie (Mg) annuali di coliformi totali, coliformi fecali (CF) e di streptococchi fecali (SF).

Tab. 5.5 Valori medi, minimi e massimi dei parametri microbiologici rilevati nella stazione di Bui-Pralungo-Casone - Pombia (NO) dal 1988.

	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
<b>coliformi totali</b>											
Ma	1.831	1.391	438	880	417	531	500	400	1.655	217	350
Mg	1.199	855	287	611	298	399	442	183	508	166	244
mediana	1.200	1.200	300	600	350	350	400	100	300	100	200
ds	1.696	1.199	475	673	316	557	236	800	2.687	190	332
min	170	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
max	6.200	3.800	1.800	1.800	1.000	2.500	1.000	2.900	9.000	600	1.100

<b>coliformi fecali</b>											
Ma	890	660	70	80	54	111	85	153	522	38	47
Mg	550	326	48	57	45	55	74	38	109	29	32
mediana	615	360	40	65	55	60	90	30	90	35	45
ds	936	796	67	57	30	203	39	394	986	26	35
min	140	50	20	10	10	10	20	10	10	10	10
max	3.400	2.500	240	180	90	850	140	1.400	4.000	90	100

<b>streptococchi fecali</b>											
Ma	313	106	102	32	41	88	97	35	35	24	37
Mg	97	52	56	23	28	50	53	21	20	17	24
mediana	115	60	50	20	35	65	50	10	10	10	20
ds	451	111	94	26	33	115	110	37	54	24	35
min	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
max	1.500	350	280	70	100	470	380	100	240	80	100

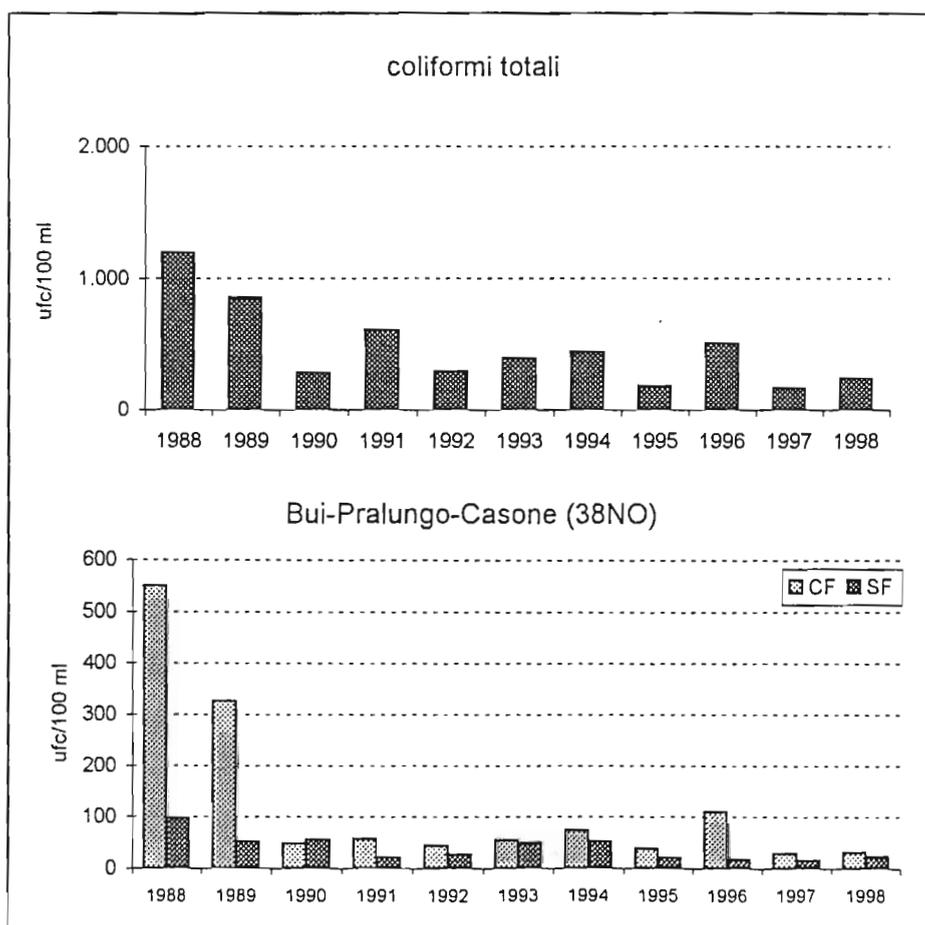


Fig. 5.6 Medie (Mg) annuali di coliformi totali, coliformi fecali (CF) e di streptococchi fecali (SF).

Tab. 5.6 Valori medi, minimi e massimi dei parametri microbiologici rilevati nella stazione di Porto - Marano Ticino (NO) dal 1988.

	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
<b>coliformi totali</b>											
Ma	1.817	1.218	527	573	539	563	1.076	408	1.519	208	208
Mg	1.234	774	266	334	438	375	567	193	533	165	176
mediana	1.050	900	200	200	500	300	600	100	400	100	150
ds	1.707	1.096	825	608	314	632	1.406	749	2.364	162	124
min	300	200	100	100	100	100	100	100	100	100	100
max	5.900	3.100	3.100	1.800	1.200	2.800	5.000	2.700	8.000	500	400
<b>coliformi fecali</b>											
Ma	869	580	88	46	120	109	426	194	433	40	36
Mg	542	290	59	29	79	58	176	41	150	33	26
mediana	485	430	60	20	70	60	100	30	105	45	35
ds	1.003	600	83	52	109	196	630	538	705	22	28
min	150	10	10	10	10	10	30	10	10	10	10
max	3.600	1.800	300	180	410	900	2.000	1.900	2.400	70	100
<b>streptococchi fecali</b>											
Ma	130	140	98	29	91	75	87	33	54	21	28
Mg	74	55	48	20	57	40	50	22	28	16	19
mediana	125	60	50	20	65	60	30	15	20	10	10
ds	117	195	104	29	84	111	86	33	86	20	29
min	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
max	400	640	290	90	270	510	250	90	360	80	90

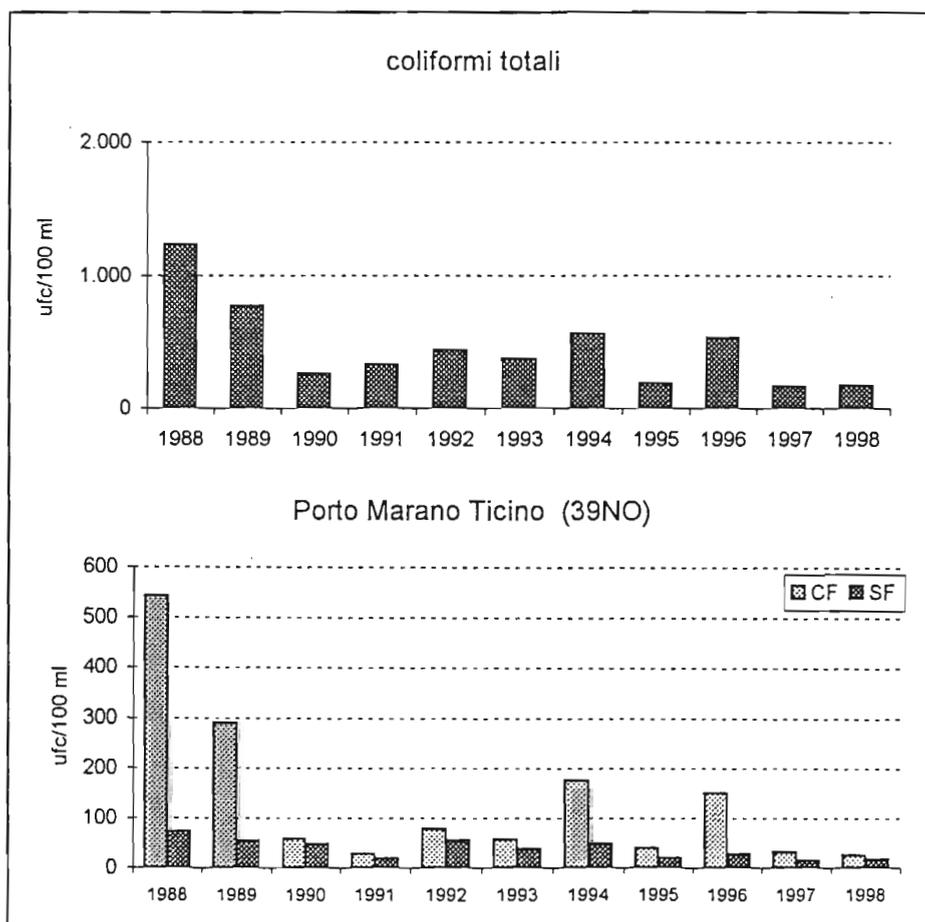


Fig. 5.7 Medie (Mg) annuali di coliformi totali, coliformi fecali (CF) e di streptococchi fecali (SF).

Tab. 5.7 Valori medi, minimi e massimi dei parametri microbiologici rilevati nella stazione di Spiaggia - Vizzola Ticino (VA) dal 1988.

	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
<b>coliformi totali</b>											
Ma	3.214	4.437		1.227	1.320	442	2.831	1.824	921	625	1.331
Mg	1.123	516		379	655	254	802	303	266	175	451
mediana	975	378		600	680	250	750	150	175	125	400
ds	6.056	13.109		1.590	1.372	395	7.003	3.945	1.180	1.254	2.425
min	250	50		3	40	10	100	20	20	20	70
max	19.600	46.000		4.700	4.500	1.200	25.000	14.000	3.000	4.500	8.000
<b>coliformi fecali</b>											
Ma	261	450		538	306	58	243	268	447	92	128
Mg	72	43		95	83	34	139	48	86	62	45
mediana	80	30		100	80	40	120	30	45	75	30
ds	582	1.167		1.049	500	53	270	763	813	83	252
min	10	0		3	1	1	30	10	10	10	10
max	1.910	4.100		3.800	1.700	170	900	3.000	3.000	300	900
<b>streptococchi fecali</b>											
Ma	111	189		73	72	102	94	31	23	17	38
Mg	64	51		19	4	21	52	20	16	14	19
mediana	75	60		20	1	10	60	10	10	10	10
ds	108	219		138	225	180	94	31	26	12	58
min	10	0		3	1	1	10	10	10	10	10
max	340	610		520	750	500	300	90	100	40	200

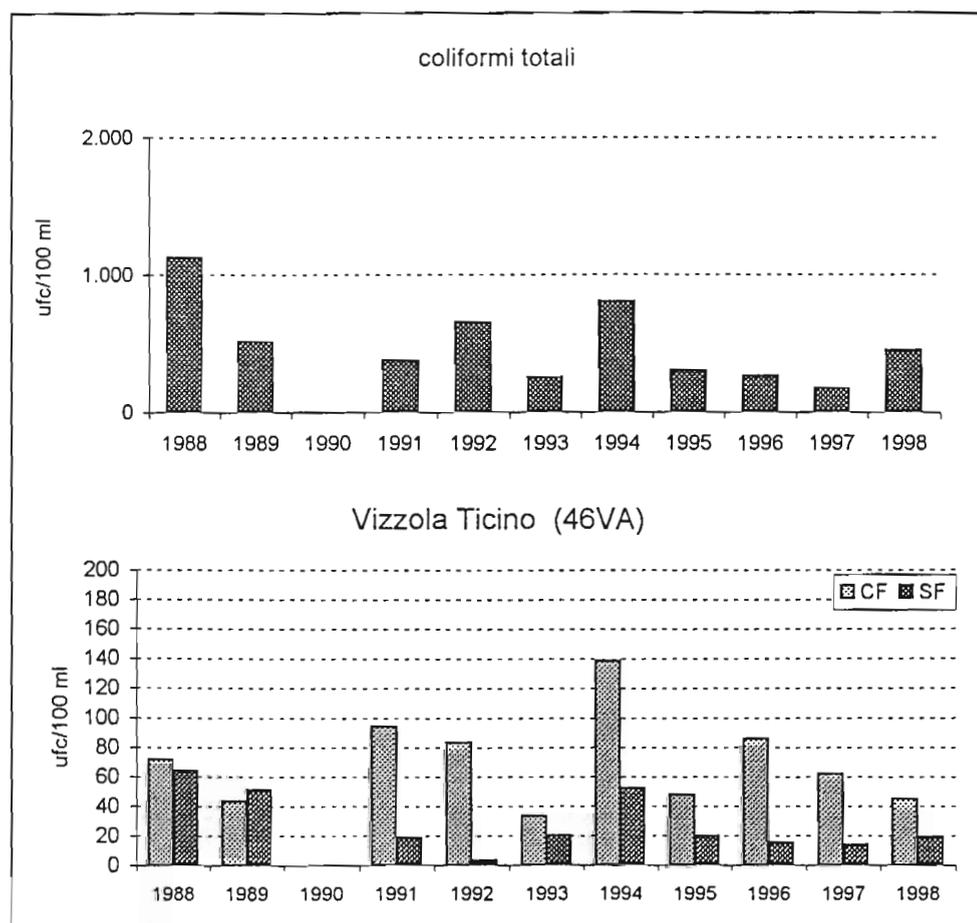


Fig. 5.8 Medie (Mg) annuali di coliformi totali, coliformi fecali (CF) e di streptococchi fecali (SF).

Tab. 5.8 Valori medi, minimi e massimi dei parametri microbiologici rilevati nella stazione di Spiaggia - Lonate Pozzolo (VA) dal 1988.

	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
<b>coliformi totali</b>											
Ma	3.282	16.918	793	1.713	975	769	3.658	1.485	832	753	1.108
Mg	1.323	1.321	626	1.001	769	623	1.123	606	367	286	546
mediana	925	1.300	665	750	725	700	625	500	225	400	550
ds	6.381	54.513	553	2.387	699	652	7.586	2.351	1.065	1.122	1.898
min	420	190	170	150	250	250	250	90	70	20	100
max	21.100	190.000	1.750	9.700	2.500	2.800	27.000	8.500	3.000	4.000	7.000

	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
<b>coliformi fecali</b>											
Ma	89	457	298	655	268	115	368	386	414	178	77
Mg	65	199	236	300	73	75	181	121	114	88	32
mediana	100	225	290	240	70	70	125	125	100	100	25
ds	57	819	173	1.125	557	145	488	906	603	177	124
min	10	30	30	60	0	10	50	10	10	10	10
max	180	3.000	610	4.500	2.000	580	1.700	3.500	2.000	500	400

	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
<b>streptococchi fecali</b>											
Ma	131	174	46	17	34	39	59	68	25	20	41
Mg	67	91	17	13	7	10	34	30	19	17	21
mediana	75	110	35	20	10	10	40	25	15	20	10
ds	160	190	50	10	60	47	72	105	20	12	59
min	10	10	0	3	0	0	10	10	10	10	10
max	530	660	150	30	160	150	250	400	60	50	200

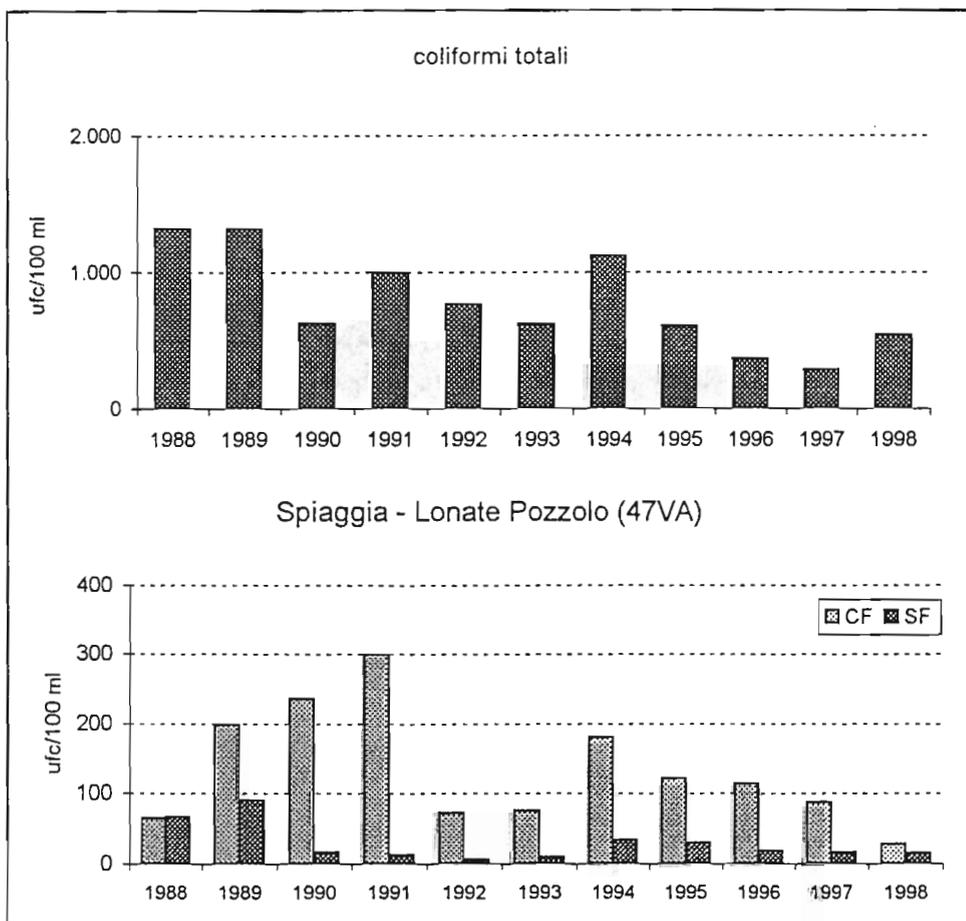


Fig. 5.9 Medie (Mg) annuali di coliformi totali, coliformi fecali (CF) e di streptococchi fecali (SF).

Tab. 5.9 Valori medi, minimi e massimi dei parametri microbiologici rilevati nella stazione di Ponte - Oleggio (NO) dal 1988.

	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
<b>coliformi totali</b>											
Ma	2.691	2.118	1.707	1.820	1.345	1.770	1.842	733	1.106	1.233	3.608
Mg	1.961	1.711	1.158	1.361	1.002	1.472	1.515	388	705	965	2.971
mediana	2.500	1.600	1.400	2.200	800	1.400	2.050	300	800	800	4.050
ds	2.170	1.424	1.212	1.065	1.330	1.221	977	1.222	1.091	950	1.780
min	600	600	100	200	400	600	300	100	100	300	500
max	7.500	4.800	3.500	3.300	5.000	4.500	3.200	5.000	4.000	3.500	6.000
<b>coliformi fecali</b>											
Ma	1.318	878	381	153	319	335	808	236	432	305	1.110
Mg	890	636	270	115	254	288	591	101	215	260	617
mediana	1.300	700	315	160	220	325	800	130	205	245	700
ds	1.112	797	294	97	304	176	558	352	648	180	1.115
min	170	160	40	10	140	80	140	10	50	90	50
max	3.800	2.800	1.000	390	1.200	650	1.800	1.300	2.600	700	4.000
<b>streptococchi fecali</b>											
Ma	530	271	281	136	208	187	298	163	172	78	208
Mg	224	142	149	63	121	131	140	67	91	49	82
mediana	210	180	285	70	140	195	125	90	100	55	70
ds	668	338	242	213	260	123	361	239	207	74	264
min	20	10	10	10	10	10	20	10	10	10	10
max	1.800	1.200	880	850	950	360	1.200	950	620	240	800

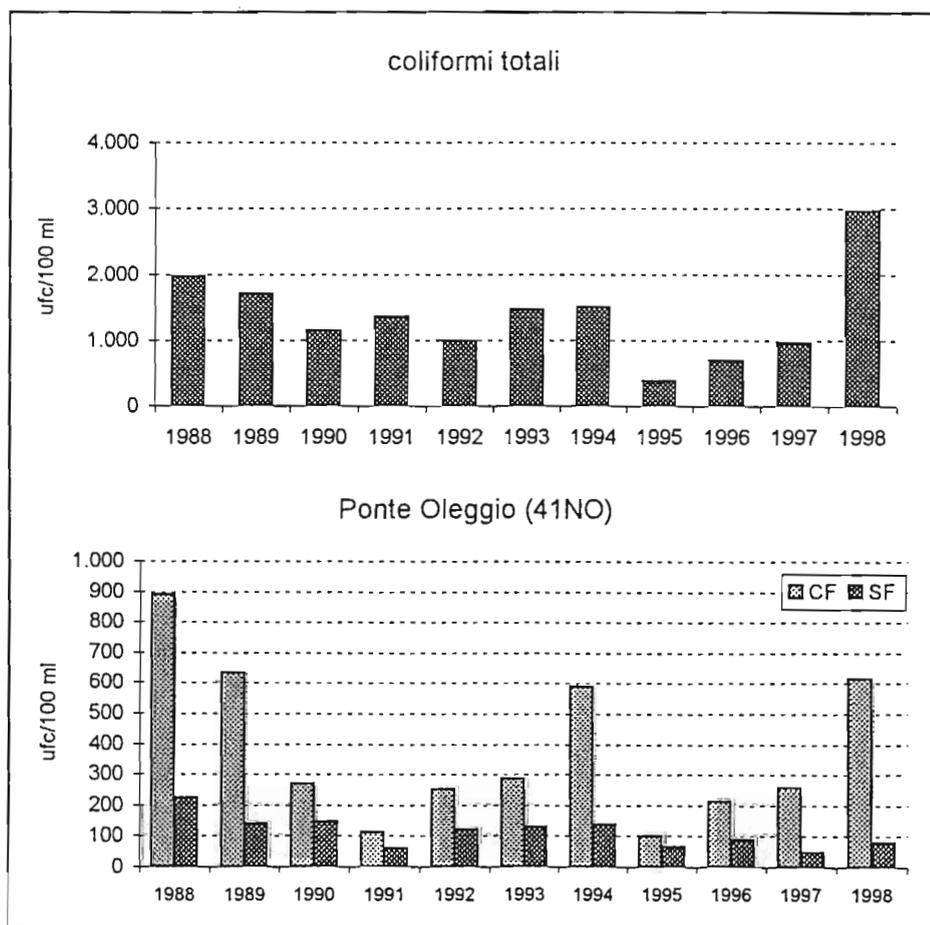


Fig. 5.10 Medie (Mg) annuali di coliformi totali, coliformi fecali (CF) e di streptococchi fecali (SF).

Tab. 5.10 - Valori medi, minimi e massimi dei parametri microbiologici rilevati nella stazione di CASCINONE - Bellinzago Novarese (NO) dal 1988.

	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
<b>coliformi totali</b>											
Ma	2.322	1.636	1.608	1.773	989	1.440	1.492	396	964	2.517	1.225
Mg	1.203	812	906	1.419	798	836	776	233	345	1.234	360
mediana	1.500	800	1.150	2.100	750	950	750	200	300	1.200	150
ds	2.760	1.773	1.815	988	710	822	2.063	425	2.180	2.517	1.989
min	160	100	100	300	300	200	200	30	100	100	100
max	10.000	5.000	6.500	3.000	2.500	3.000	7.500	1.600	10.000	6.000	6.500
<b>coliformi fecali</b>											
Ma	1.018	637	263	98	271	398	482	131	565	1.243	370
Mg	550	275	135	62	201	207	227	45	66	520	52
mediana	375	180	120	110	230	240	140	45	40	480	35
ds	1.312	943	403	82	219	166	568	294	1.736	1.525	993
min	140	30	10	10	20	40	60	10	10	10	10
max	4.600	2.900	1.500	290	800	580	1.600	1.200	7.800	4.500	3.500
<b>streptococchi fecali</b>											
Ma	309	156	96	51	91	143	82	43	199	561	50
Mg	93	89	53	33	61	92	51	31	31	75	36
mediana	90	160	65	30	60	100	65	30	30	75	40
ds	696	136	120	50	99	117	105	33	760	1.128	41
min	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
max	2.500	450	450	150	400	310	400	100	3.600	3.500	140

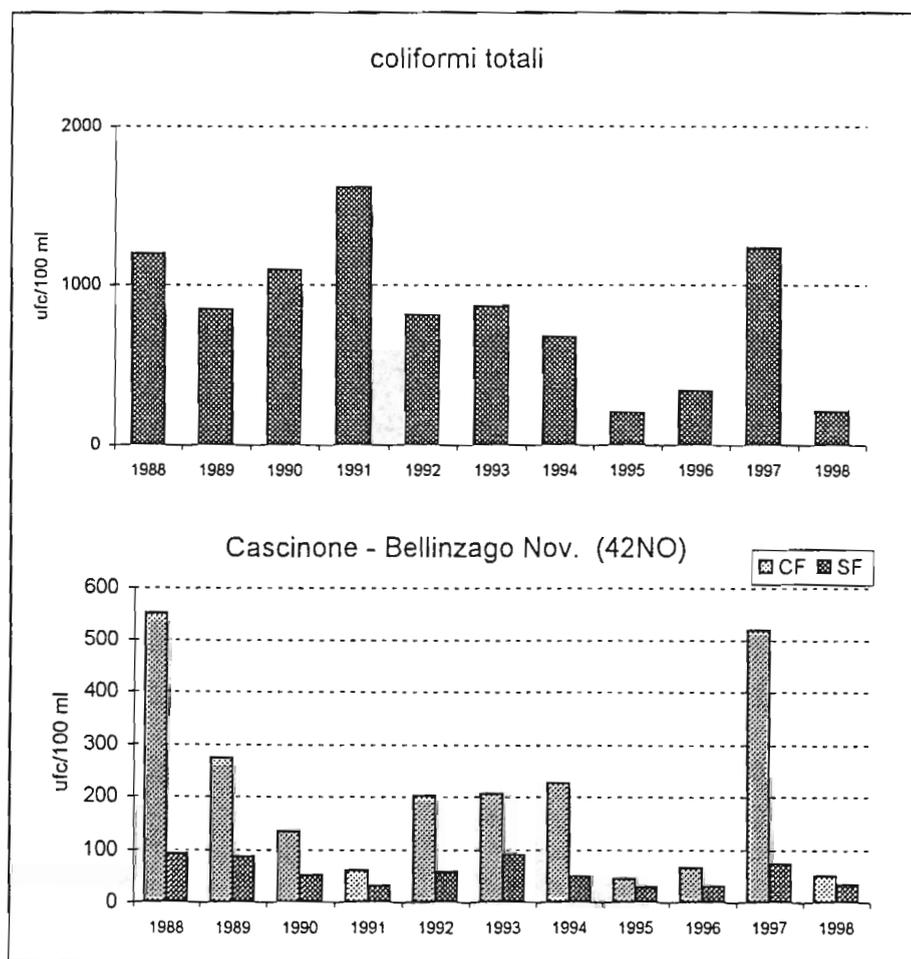


Fig. 5.11 Medie (Mg) annuali di coliformi totali, coliformi fecali (CF) e di streptococchi fecali (SF).

Tab. 5.11 - Valori medi, minimi e massimi dei parametri microbiologici rilevati nella stazione di PRESA LANGOSCO - Cameri (NO) dal 1988.

	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
<b>coliformi totali</b>											
Ma	4.683	5.145	2.175	4.883	2.458	3.008	3.345	2.783	2.079	4.842	3.617
Mg	3.609	2.859	1.682	4.407	1.666	1.880	1.681	1.935	1.462	4.165	2.235
mediana	4.950	3.200	1.850	4.550	1.350	2.250	1.700	2.300	1.950	4.400	2.550
ds	3.004	7.070	1.408	2.262	2.931	2.969	4.244	2.475	1.302	2.761	3.209
min	800	500	200	1.600	600	300	250	400	100	1.000	300
max	10.000	25.000	4.700	10.000	11.000	11.000	14.000	9.000	4.000	12.000	9.600
<b>coliformi fecali</b>											
Ma	2.563	2.346	428	1.540	993	920	1.458	1.017	594	2.133	1.130
Mg	1.860	937	309	1.092	495	633	726	723	325	1.397	518
mediana	2.400	500	285	1.300	430	1.150	850	825	700	1.300	380
ds	1.794	4.329	398	1.149	1.532	623	1.946	833	416	2.141	1.450
min	300	250	120	240	140	80	140	180	10	380	50
max	6.000	15.000	1.400	3.500	5.500	1.600	6.500	2.700	1.200	7.500	4.000
<b>streptococchi fecali</b>											
Ma	930	1.723	158	409	615	257	857	247	187	401	210
Mg	498	180	101	292	111	225	240	79	93	258	136
mediana	375	100	125	300	85	265	135	75	110	345	105
ds	1.564	4.758	131	393	1.263	118	1.123	498	217	334	188
min	160	10	10	50	10	50	20	10	10	40	30
max	5.800	16.000	430	1.500	4.300	510	3.000	1.800	800	1.100	580

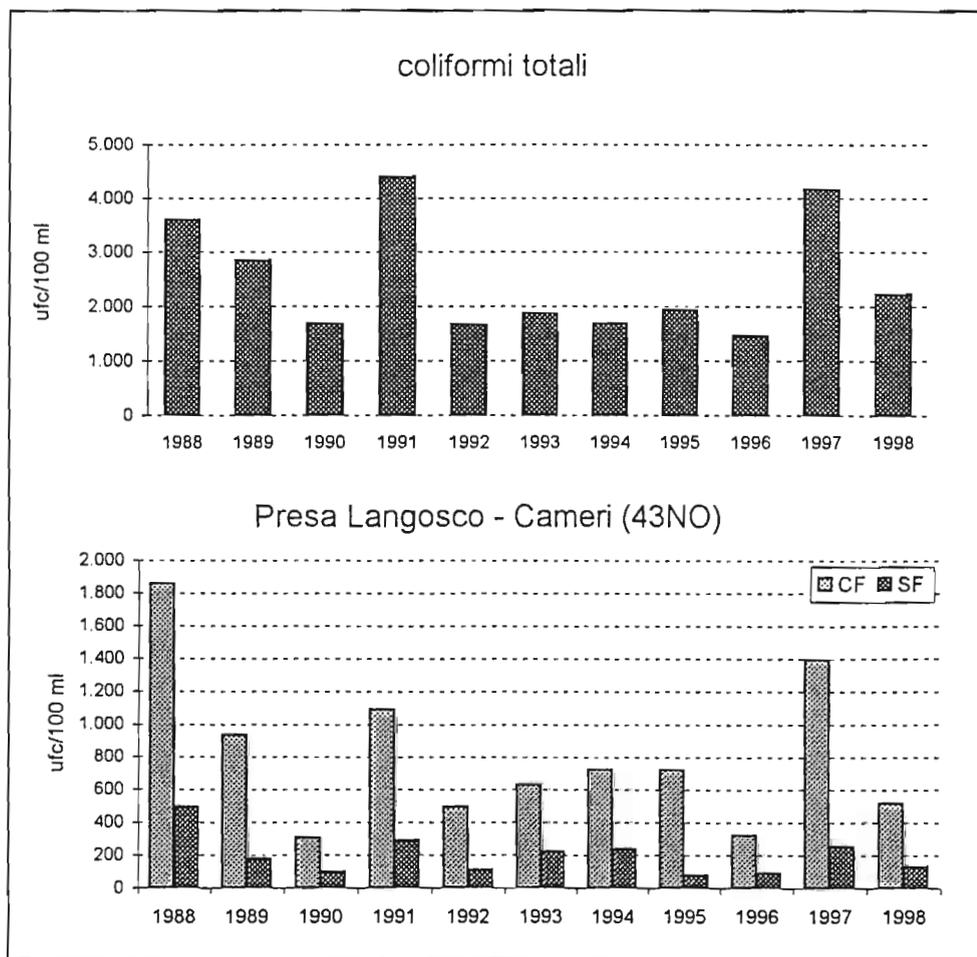


Fig. 5.12 Medie (Mg) annuali di coliformi totali, coliformi fecali (CF) e di streptococchi fecali (SF).

Tab. 5.12 - Valori medi, minimi e massimi dei parametri microbiologici rilevati nella stazione di Ponte - Galliate (NO) dal 1988.

	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
<b>coliformi totali</b>											
Ma	3.283	2.700	1.464	3.217	2.283	2.292	1.930	2.967	1.336	2.950	2.417
Mg	2.297	1.921	1.044	2.684	1.262	1.491	1.409	1.950	895	2.058	1.687
mediana	2.500	2.000	1.100	2.350	1.100	1.400	2.450	2.500	1.050	2.050	1.900
ds	2.847	2.090	1.282	2.406	3.014	2.565	1.246	2.578	1.018	2.633	2.346
min	600	400	200	1.400	200	500	300	200	100	500	300
max	10.000	6.800	4.100	10.000	9.500	9.500	3.800	8.000	3.000	8.000	9.000
<b>coliformi fecali</b>											
Ma	1.834	1.147	266	504	736	681	930	1.088	471	1.218	500
Mg	1.193	747	193	382	347	365	662	831	291	761	334
mediana	1.250	580	160	380	320	450	1.100	1.150	420	660	280
ds	1.797	1.075	234	547	900	735	648	684	469	1.273	625
min	200	190	60	130	20	40	170	150	40	160	100
max	6.500	3.500	750	2.200	2.600	2.400	1.800	2.200	1.800	3.800	2.400
<b>streptococchi fecali</b>											
Ma	733	210	78	127	491	203	339	117	76	270	103
Mg	355	65	66	83	131	145	219	54	37	146	67
mediana	380	50	80	95	95	140	185	50	40	130	60
ds	776	435	45	102	959	231	318	219	120	352	117
min	30	10	20	10	20	50	60	10	10	30	20
max	2.300	1.500	160	320	3.100	900	900	800	470	1.200	430

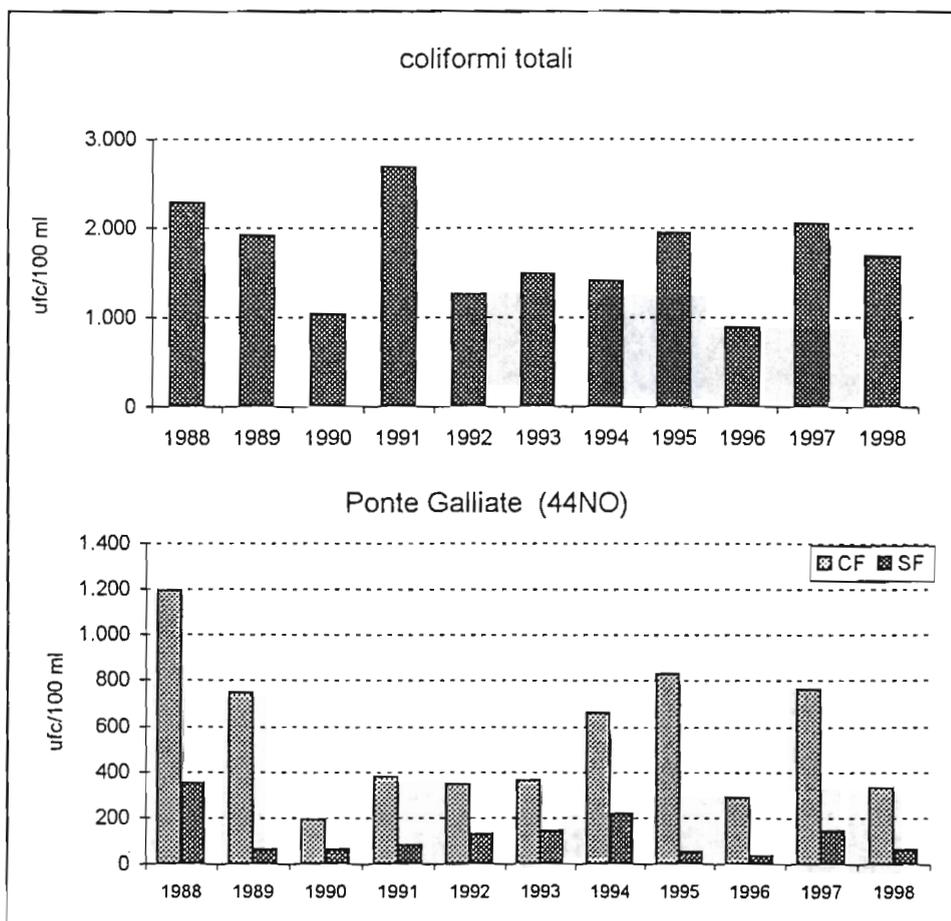


Fig. 5.13 Medie (Mg) annuali di coliformi totali, coliformi fecali (CF) e di streptococchi fecali (SF).

Tab. 5.13 - Valori medi, minimi e massimi dei parametri microbiologici rilevati nella stazione di Boscaccio - Romentino (NO) dal 1988.

	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
<b>coliformi totali</b>											
Ma	2.817	1.400	640	1.683	1.713	1.583	1.780	1.842	1.575	1.792	1.842
Mg	1.953	988	324	1.179	1.114	1.042	1.328	1.665	560	1.280	1.116
mediana	2.100	700	300	1.650	1.075	795	1.250	1.550	350	1.500	1.100
ds	2.412	1.515	883	1.086	1.788	1.555	1.331	858	2.500	1.414	2.333
min	300	400	100	100	200	200	400	600	100	300	300
max	8.000	5.400	2.900	3.600	6.100	4.800	4.000	3.500	10.000	4.800	8.500
<b>coliformi fecali</b>											
Ma	1.615	547	161	302	793	571	786	777	725	666	350
Mg	1.045	313	74	169	363	323	603	654	208	468	268
mediana	975	310	80	150	340	265	865	750	130	380	230
ds	1.685	777	261	455	1.143	597	507	426	1.599	645	352
min	250	120	10	20	60	30	150	170	20	180	130
max	6.000	2.700	980	1.700	3.200	1.700	1.500	1.500	6.500	2.100	1.400
<b>streptococchi fecali</b>											
Ma	260	47	48	63	557	136	210	118	45	129	96
Mg	188	31	32	47	84	118	107	47	32	73	59
mediana	265	40	30	65	70	125	90	45	40	60	75
ds	192	46	47	41	1.165	71	353	220	37	173	104
min	40	10	10	10	10	40	20	10	10	10	10
max	700	150	180	140	3.100	250	1.200	800	130	620	320

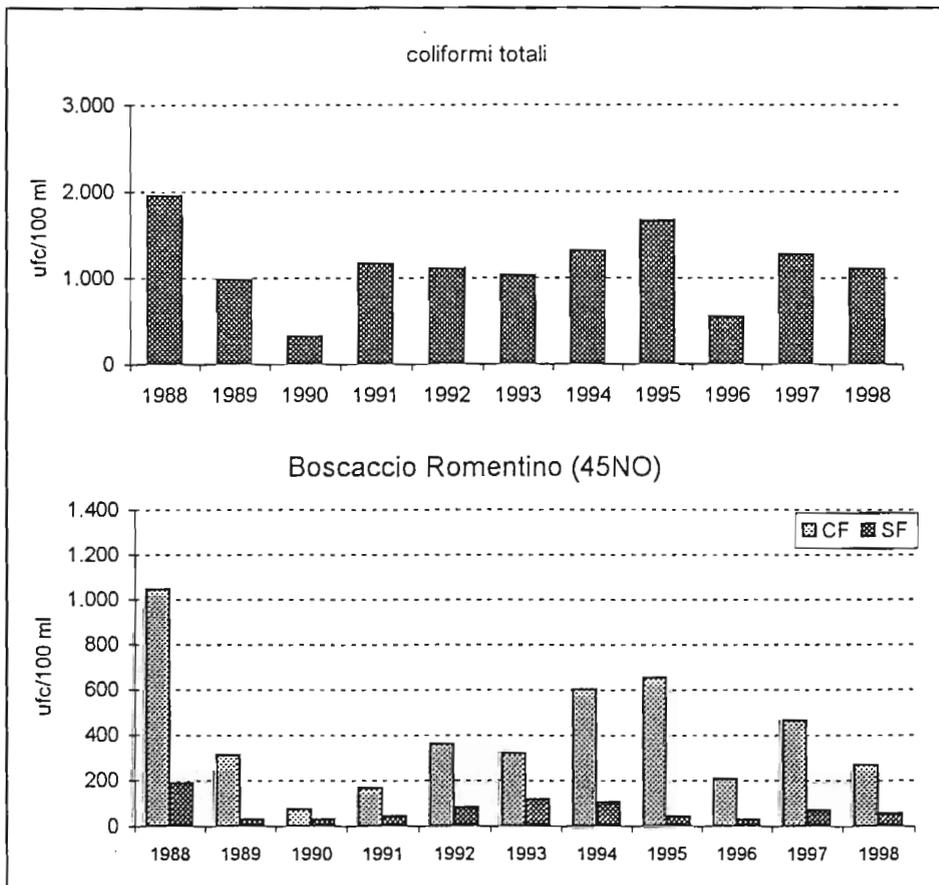


Fig. 5.14 Medie (Mg) annuali di coliformi totali, coliformi fecali (CF) e di streptococchi fecali (SF).

Tab. 5.14 - Valori medi, minimi e massimi dei parametri microbiologici rilevati nella stazione di Colonia elioterapica - Trecate (NO) dal 1988.

	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
<b>coliformi totali</b>											
Ma	3.725	2.391	745	1.442	1.842	1.167	1.260	1.117	258	1.164	550
Mg	2.432	1.500	361	1.094	1.082	844	827	545	176	390	375
mediana	2.400	1.300	300	1.300	850	800	950	600	100	300	650
ds	3.629	2.186	1.165	1.045	2.522	889	1.130	1.295	284	1.831	394
min	800	300	100	300	400	200	100	100	100	100	100
max	12.000	7.000	4.100	3.600	8.800	2.800	3.800	4.400	900	5.700	1.200
<b>coliformi fecali</b>											
Ma	1.833	1.130	138	260	913	385	619	547	40	401	142
Mg	1.080	539	93	169	393	233	335	162	22	70	77
mediana	775	350	100	155	295	170	510	245	10	55	130
ds	2.025	1.714	148	279	1.382	389	509	881	44	847	119
min	210	110	10	20	90	20	10	10	10	10	10
max	5.800	6.000	560	1.000	4.200	1.100	1.400	3.100	100	3.200	370
<b>streptococchi fecali</b>											
Ma	312	101	80	81	848	114	120	36	18	61	38
Mg	206	59	47	63	114	92	92	24	15	29	23
mediana	190	60	80	75	80	90	105	25	10	30	15
ds	355	97	74	56	1.954	80	72	37	15	97	39
min	50	10	10	10	10	30	10	10	10	10	10
max	1.300	300	220	210	6.400	280	250	140	60	380	110

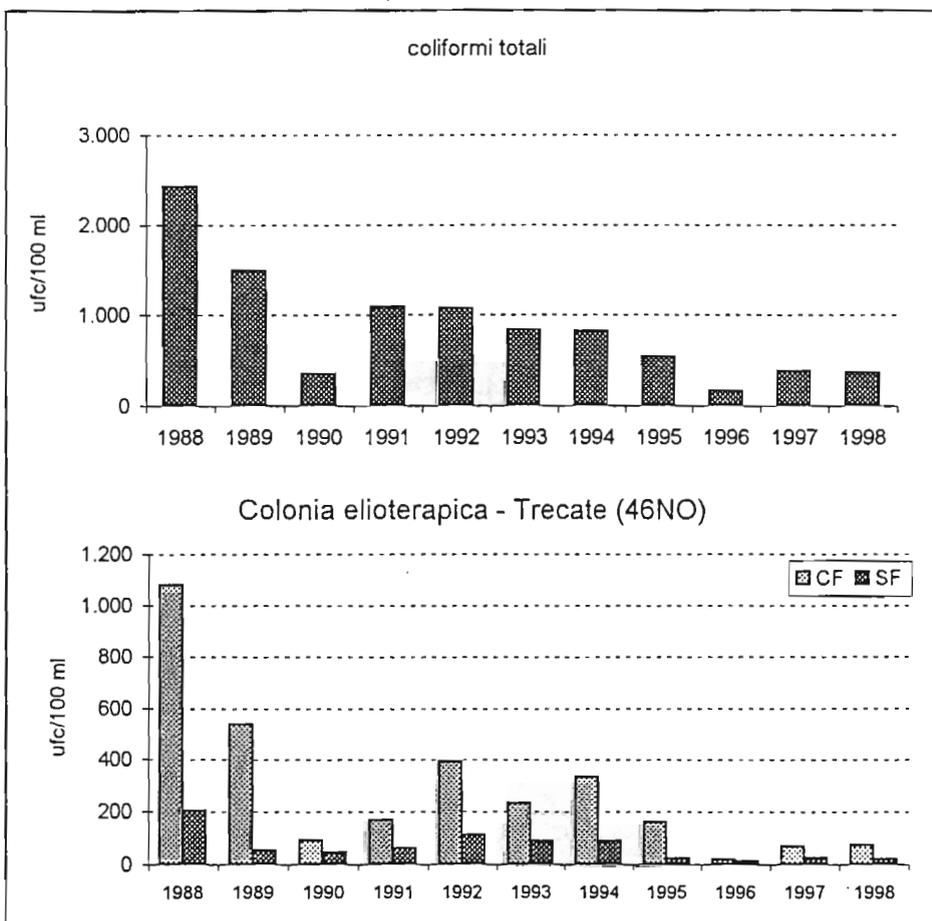


Fig. 5.15 Medie (Mg) annuali di coliformi totali, coliformi fecali (CF) e di streptococchi fecali (SF).

Tab. 5.15 Valori medi, minimi e massimi dei parametri microbiologici rilevati nella stazione di Cava Elmit - Cerano (NO) dal 1988.

	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
<b>coliformi totali</b>											
Ma	3.033	1.395	1.075	1.275	1.500	1.450	1.920	1.283	933	1.525	983
Mg	2.191	1.115	545	882	931	968	1.464	1.019	530	1.116	771
mediana	2.550	1.200	400	1.300	750	800	1.400	850	400	1.100	800
ds	2.680	960	1.317	941	1.910	1.715	1.675	906	1.066	1.229	697
min	700	400	100	200	200	300	500	300	200	400	200
max	10.000	3.200	3.800	2.700	6.800	6.500	6.100	2.700	3.500	4.300	2.600
<b>coliformi fecali</b>											
Ma	1.728	445	264	226	870	413	958	545	332	413	207
Mg	1.149	350	154	173	386	276	789	432	190	329	196
mediana	1.300	300	135	130	235	245	615	425	150	435	180
ds	1.670	339	367	208	1.357	385	667	401	485	264	78
min	150	110	40	80	110	40	360	170	60	80	130
max	6.300	1.300	1.500	800	4.400	1.200	2.400	1.400	1.800	960	410
<b>streptococchi fecali</b>											
Ma	397	90	96	86	543	123	170	68	58	108	108
Mg	286	57	62	65	116	105	128	49	35	67	65
mediana	250	60	95	100	100	125	115	55	35	65	60
ds	343	109	80	50	1.089	71	153	50	69	134	119
min	60	10	10	10	10	40	50	10	10	20	20
max	1.200	400	280	150	3.200	280	500	160	250	500	400

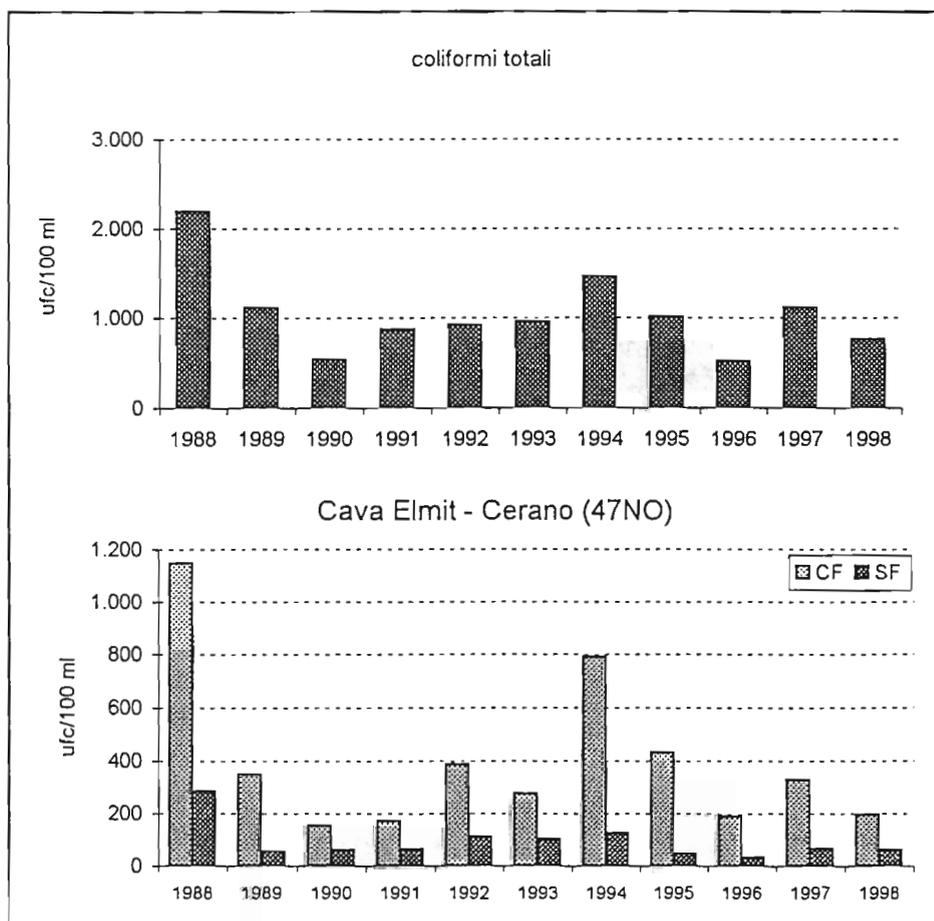


Fig. 5.16 Medie (Mg) annuali di coliformi totali, coliformi fecali (CF) e di streptococchi fecali (SF).

Tab. 5.16 - Concentrazioni di coliformi totali rilevate nelle acque di balneazione del Ticino in provincia di Milano nel 1996.

codice stazione	Comune	Località	data prelievi						Media geometrica (Mg)	giu-ago (Mg)
			apr-96	mag-96	giu-96	lug-98	ago-98	set-98		
EMI	Castano Primo	<i>Casa delle barche</i>	36	430	430	230	11.000	11.000	755	1.028
11MI	Turbigo	<i>Lido</i>	750	930	4.600	750	11.000	4.600	2.226	3.361
GMI	Robecchetto C/I	<i>Regina Residence</i>	2400	930	930	430	930	11.000	1.446	719
13MI	Cuggiono	<i>Baragge</i>	430	930	2.400	4.600	4.600	11.000	2.463	3.703
HMI	Cuggiono	<i>San Rocco</i>	930	230	2.400	2.400	2.400	11.000	1.787	2.400
LMI	Bernate Ticino	<i>Ponte autostrada</i>	430	1500	2.400	930	11.000	4.600	2.044	2.906

Tab. 5.17 - Concentrazioni di coliformi totali rilevate nelle acque di balneazione del Ticino in provincia di Milano nel 1997.

codice stazione	Comune	Località	data prelievi						Media geometrica (Mg)	giu-ago (Mg)
			apr-97	mag-97	giu-97	lug-97	ago-97	set-97		
EMI	Castano Primo	<i>Casa delle barche</i>	930	4600	1.500	2.400	230	4.600	1.592	939
11MI	Turbigo	<i>Lido</i>	4600	2400	2.400	930	230	1.500	1.429	801
GMI	Robecchetto C/I	<i>Regina Residence</i>	2400	2400	2.400	2.400	930	750	1.688	1.750
13MI	Cuggiono	<i>Baragge</i>	1500	2400	2.400	2.400	930	750	1.561	1.750
HMI	Cuggiono	<i>San Rocco</i>	930	11000	2.400	2.400	930	2.400	2.255	1.750
LMI	Bernate Ticino	<i>Ponte autostrada</i>	2400	2400	750	2.400	930	2.300	1.676	1.187

Tab. 5.18 - Concentrazioni di coliformi totali rilevate nelle acque di balneazione del Ticino in provincia di Milano nel 1998.

codice stazione	Comune	Località	data prelievi						Media geometrica (Mg)	giu-ago (Mg)
			apr-98	mag-98	giu-98	lug-98	ago-98	set-98		
EMI	Castano Primo	<i>Casa delle barche</i>	2100	11000	430	4.600	230	11000	2.207	769
11MI	Turbigo	<i>Lido</i>	930	2400	430	4.600	930	4600	1.632	1.225
GMI	Robecchetto C/I	<i>Regina Residence</i>	11000	11000	2.400	11.000	2.400	11000	6.622	3.987
13MI	Cuggiono	<i>Baragge</i>	1500	4600	930	4.600	11.000	11000	3.910	3.610
HMI	Cuggiono	<i>San Rocco</i>	2100	4600	4.600	11.000	2.400	11000	4.843	4.952
LMI	Bernate Ticino	<i>Ponte autostrada</i>	2400	2400	430	4.600	2.400	11000	2.588	1.681

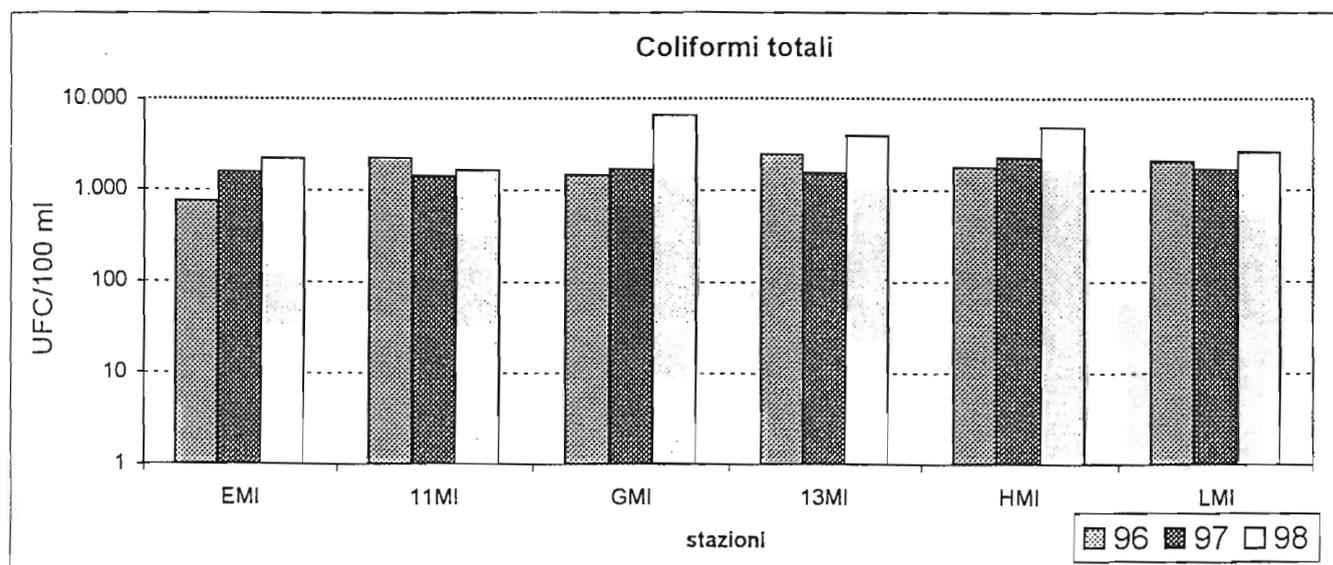


Fig. 5.17 - Fiume Ticino - Concentrazioni medie (Mg) di coliformi totali (CT) nelle stazioni di balneazione in provincia di Milano riscontrate nel triennio 1996-'98.

Tab. 5.19 - Concentrazioni di coliformi fecali rilevate nelle acque di balneazione del Ticino in provincia di Milano nel 1996.

codice stazione	Comune	Località	data prelievi						Media geometrica (Mg)	giu-ago (Mg)
			apr-96	mag-96	giu-96	lug-96	ago-96	set-96		
EMI	Castano Primo	<i>Casa delle barche</i>	36	430	150	230	4.600	11.000	548	541
11MI	Turbigo	<i>Lido</i>	230	930	1.500	96	11.000	4.600	1.077	1.166
GMI	Robecchetto C/I	<i>Regina Residence</i>	430	230	230	230	30	11.000	346	117
13MI	Cuggiono	<i>Baragge</i>	230	230	2.400	230	200	4.600	547	480
HMI	Cuggiono	<i>San Rocco</i>	230	230	930	930	230	350	393	584
LMI	Bernate Ticino	<i>Ponte autostrada</i>	230	380	430	430	2.400	1.500	622	763

Tab. 5.20 - Concentrazioni di coliformi fecali rilevate nelle acque di balneazione del Ticino in provincia di Milano nel 1997.

codice stazione	Comune	Località	data prelievi						Media geometrica (Mg)	giu-ago (Mg)
			apr-97	mag-97	giu-97	lug-97	ago-97	set-97		
EMI	Castano Primo	<i>Casa delle barche</i>	230	930	430	430	92	230	307	257
11MI	Turbigo	<i>Lido</i>	430	430	2.400	930	92	230	454	590
GMI	Robecchetto C/I	<i>Regina Residence</i>	230	230	2.400	430	150	750	428	537
13MI	Cuggiono	<i>Baragge</i>	750	230	2.400	2.400	230	230	612	1.098
HMI	Cuggiono	<i>San Rocco</i>	430	11000	2.400	930	230	430	1.007	801
LMI	Bernate Ticino	<i>Ponte autostrada</i>	430	230	430	930	92	430	341	333

Tab. 5.21 - Concentrazioni di coliformi fecali rilevate nelle acque di balneazione del Ticino in provincia di Milano nel 1998.

codice stazione	Comune	Località	data prelievi						Media geometrica (Mg)	giu-ago (Mg)
			apr-98	mag-98	giu-98	lug-98	ago-98	set-98		
EMI	Castano Primo	<i>Casa delle barche</i>	200	2900	230	4.600	92	1500	663	460
11MI	Turbigo	<i>Lido</i>	930	2400	230	2.400	92	2400	805	370
GMI	Robecchetto C/I	<i>Regina Residence</i>	2100	430	930	11.000	430	4600	1.623	1.639
13MI	Cuggiono	<i>Baragge</i>	430	430	92	930	2.400	4600	748	590
HMI	Cuggiono	<i>San Rocco</i>	750	430	2.400	430	930	4600	1.061	986
LMI	Bernate Ticino	<i>Ponte autostrada</i>	230	2400	230	430	430	2400	619	349

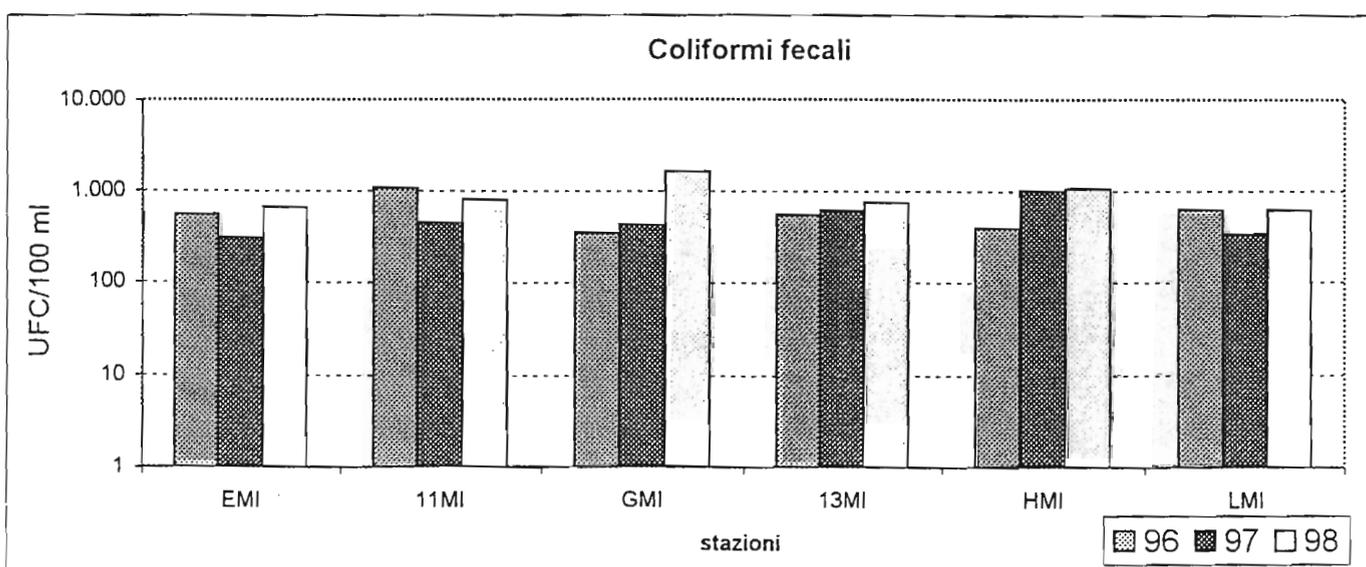


Fig. 5.18 - Fiume Ticino - Concentrazioni medie (Mg) di coliformi fecali (CF) nelle stazioni di balneazione in provincia di Milano riscontrate nel triennio 1996-'98.

Tab. 5.22 - Concentrazioni di streptococchi fecali rilevate nelle acque di balneazione del Ticino in provincia di Milano nel 1996.

codice stazione	Comune	Località	data prelievi						Media geometrica (Mg)	giu-ago (Mg)
			apr-96	mag-96	giu-96	lug-98	ago-98	set-98		
EMI	Castano Primo	<i>Casa delle barche</i>	116	47	15	55	550	42	69	77
11MI	Turbigo	<i>Lido</i>	11	71	16	50	1.100	78	61	96
GMI	Robecchetto C/I	<i>Regina Residence</i>	20	52	12	29	92	64	36	32
13MI	Cuggiono	<i>Baragge</i>	12	14	26	61	59	96	34	45
HMI	Cuggiono	<i>San Rocco</i>	18	90	45	87	170	101	69	87
LMI	Bernate Ticino	<i>Ponte autostrada</i>	12	25	37	82	118	112	48	71

Tab. 5.23 - Concentrazioni di streptococchi fecali rilevate nelle acque di balneazione del Ticino in provincia di Milano nel 1997.

codice stazione	Comune	Località	data prelievi						Media geometrica (Mg)	giu-ago (Mg)
			apr-97	mag-97	giu-97	lug-97	ago-97	set-97		
EMI	Castano Primo	<i>Casa delle barche</i>	130	192	56	13	52	33	56	34
11MI	Turbigo	<i>Lido</i>	54	108	55	13	53	57	48	34
GMI	Robecchetto C/I	<i>Regina Residence</i>	77	33	56	25	62	69	50	44
13MI	Cuggiono	<i>Baragge</i>	14	12	48	34	48	67	31	43
HMI	Cuggiono	<i>San Rocco</i>	40	50	28	32	61	60	43	38
LMI	Bernate Ticino	<i>Ponte autostrada</i>	120	32	79	26	74	47	55	53

Tab. 5.24 - Concentrazioni di streptococchi fecali rilevate nelle acque di balneazione del Ticino in provincia di Milano nel 1998.

codice stazione	Comune	Località	data prelievi						Media geometrica (Mg)	giu-ago (Mg)
			apr-98	mag-98	giu-98	lug-98	ago-98	set-98		
EMI	Castano Primo	<i>Casa delle barche</i>	30	144	21	141	84	57	63	63
11MI	Turbigo	<i>Lido</i>	52	81	32	89	116	75	69	69
GMI	Robecchetto C/I	<i>Regina Residence</i>	63	100	27	110	173	215	94	80
13MI	Cuggiono	<i>Baragge</i>	45	56	26	280	185	168	91	110
HMI	Cuggiono	<i>San Rocco</i>	64	70	25	268	183	182	100	107
LMI	Bernate Ticino	<i>Ponte autostrada</i>	47	64	38	116	104	121	74	77

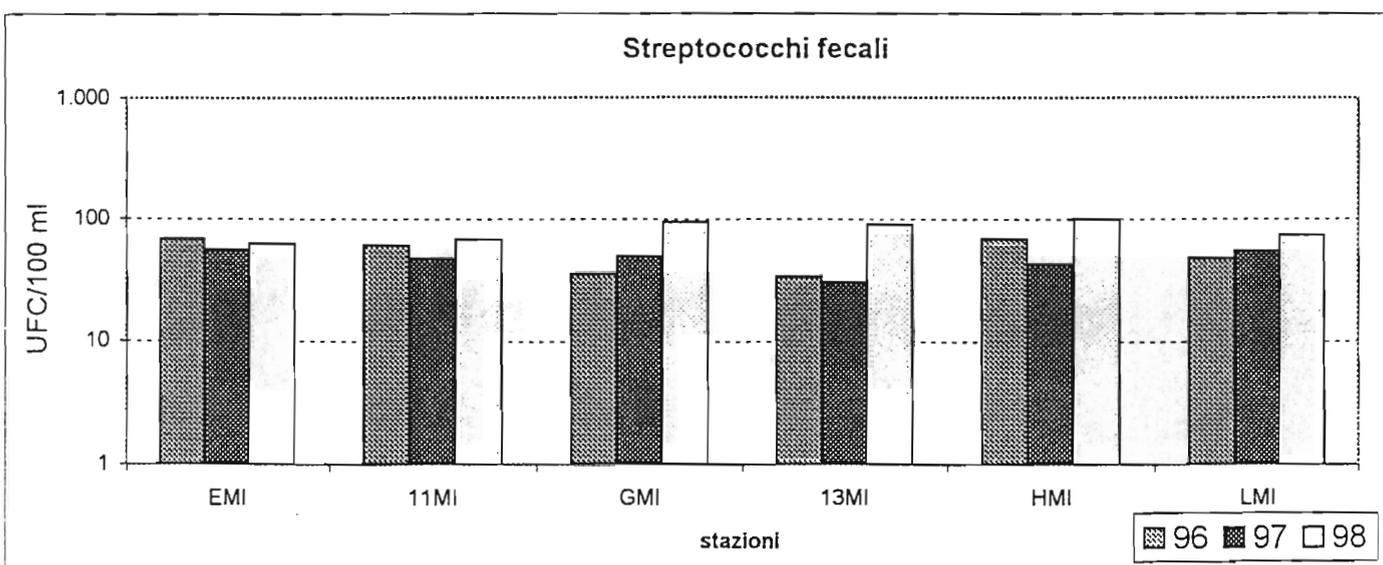


Fig. 5.19 - Fiume Ticino - Concentrazioni medie (Mg) di streptococchi fecali (SF) nelle stazioni di balneazione in provincia di Milano riscontrate nel triennio 1996-'98.

Tab. 5.25 - Concentrazioni di coliformi totali rilevate nelle acque di balneazione del Ticino in provincia di Pavia

codice stazione	Comune	Località	data prelievi					Media geometrica (Mg)
			08-lug-98	05-ago-98	19-ago-98	15-set-98	29-set-98	
22PV	Vigevano	Ponte F.S.	50.000	170.000	40.000	15.000	22.000	40.738
NPV	Vigevano	Ajala	40.000	20.000	80.000	29.000	16.000	31.228
OPV	Bereguardo	La Zelata	60.000	10.000	14.000	38.000	24.000	23.815
24PV	Bereguardo	Ponte di barche	220.000	20.000	20.000	20.000	12.000	29.170
PPV	Carbonara	Cantarana	250.000	24.000	20.000	30.000	22.000	37.997
QPV	Torre d'Isola	Poligono	380.000	29.000	50.000	38.000	18.000	51.909
RPV	Pavia	Casa sul Fiume	240.000	11.000	30.000	20.000	26.000	33.338
SPV	Pavia	Ponte Libertà	190.000	12.000	400.000	18.000	13.000	46.328
25PV	Valle Salimbene	Ponte della Becca	60.000	10.000	20.000	24.000	30.000	24.395

Tab. 5.26 - Concentrazioni di coliformi fecali rilevate nelle acque di balneazione del Ticino in provincia di Pavia

codice stazione	Comune	Località	data prelievi					Media geometrica (Mg)
			08-lug-98	05-ago-98	19-ago-98	15-set-98	29-set-98	
22PV	Vigevano	Ponte F.S.	9.000	5.000	36.000	700	1.900	4.642
NPV	Vigevano	Ajala	22.000	10.000	14.000	2.200	2.200	6.834
OPV	Bereguardo	La Zelata	28.000	6.000	3.100	1.200	2.600	4.387
24PV	Bereguardo	Ponte di barche	28.000	2.000	10.000	2.100	1.300	4.334
PPV	Carbonara	Cantarana	24.000	3.000	2.000	1.000	2.100	3.134
QPV	Torre d'Isola	Poligono	56.000	3.000	6.000	1.800	1.900	5.099
RPV	Pavia	Casa sul Fiume	52.000	3.000	9.000	1.700	1.900	5.387
SPV	Pavia	Ponte Libertà	55.000	3.000	2.000	1.500	1.700	3.846
25PV	Valle Salimbene	Ponte della Becca	1.000	1.000	5.000	600	2.400	1.484

Tab. 5.27 - Concentrazioni di streptococchi fecali rilevate nelle acque di balneazione del Ticino in provincia di Pavia

codice stazione	Comune	Località	data prelievi					Media geometrica (Mg)
			08-lug-98	05-ago-98	19-ago-98	15-set-98	29-set-98	
22PV	Vigevano	Ponte F.S.	800	200	2.000	100	400	418
NPV	Vigevano	Ajala	600	600	800	700	200	526
OPV	Bereguardo	La Zelata	1.800	300	1.100	500	400	653
24PV	Bereguardo	Ponte di barche	3.000	200	1.000	100	100	359
PPV	Carbonara	Cantarana	3.200	100	700	900	200	526
QPV	Torre d'Isola	Poligono	5.000	200	500	400	200	525
RPV	Pavia	Casa sul Fiume	3.000	100	300	600	300	438
SPV	Pavia	Ponte Libertà	2.600	3.000	200	500	400	792
25PV	Valle Salimbene	Ponte della Becca	100	100	500	300	100	172

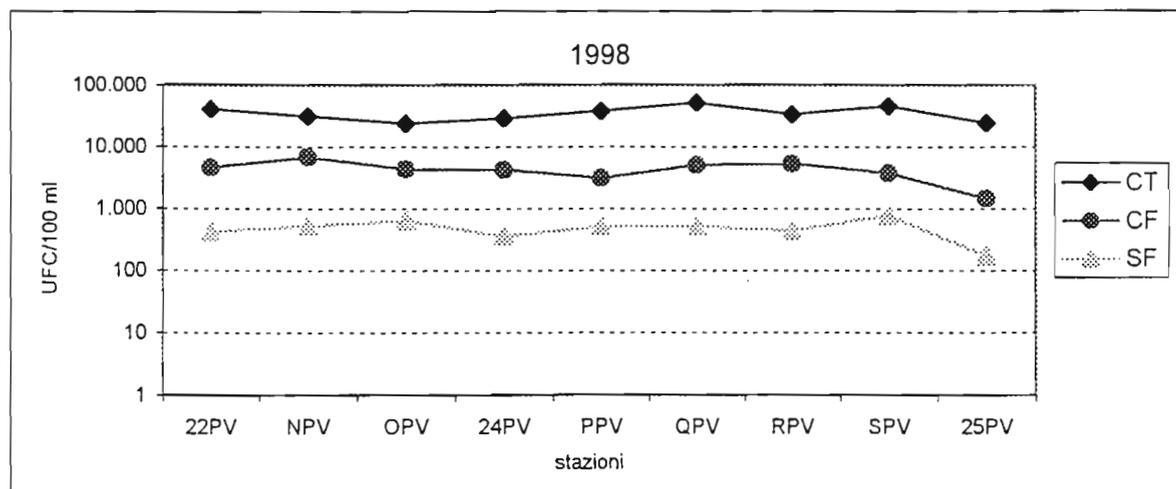


Fig. 5.20 - Fiume Ticino - Concentrazioni medie (Mg) di coliformi totali (CT), coliformi fecali (CF) e di streptococchi fecali (SF) nelle stazioni di balneazione in provincia di Pavia riscontrate nel 1998

## 6. Considerazioni finali

I dati ricavati dall'esame microbiologico dei campioni di acqua del Fiume Ticino, durante la stagione balneare 1998, hanno permesso di evidenziare, lungo il suo corso, tre diversi gradi di inquinamento fecale. (Fig 6.1).

Il primo, di modesta entità, interessa il corso d'acqua dall'uscita dal Lago Maggiore, a Sesto Calende, fino alla stazione di Lonate Pozzolo (47VA). I valori medi delle concentrazioni di coliformi fecali delle sette stazioni comprese in questo tratto, in provincia di Novara e di Varese, sono state inferiori a 100 UFC/100 ml e tutte, tranne due, al termine della campagna di indagini svolte nel 1998 sono state dichiarate idonee alla balneazione. Tale situazione, la migliore riscontrata dal 1988 e simile a quella dell'anno precedente, potrebbe essere conseguente ad opere di risanamento attuate negli anni precedenti, che hanno portato alla eliminazione e/o alla depurazione di scarichi fognari che affluivano direttamente al F. Ticino senza alcun tipo di trattamento. Non minore importanza, tuttavia, potrebbe rivestire l'influenza del Lago Maggiore (da cui origina il Ticino sublacuale), le cui acque, con concentrazioni degli indicatori fecali più che modeste, potrebbero operare una apprezzabile diluizione degli scarichi, che affluiscono nella parte iniziale del fiume. I divieti alla balneazione delle due stazioni citate, nonostante che i valori medi degli indicatori di contaminazione fecale siano stati al disotto dei limiti di legge, potrebbero trovare una giustificazione nella vicinanza e nell'intermittenza di piccoli apporti inquinanti.

Una alterazione delle acque più pesante si riscontra invece nel tratto che va dal Ponte di Oleggio (41NO), in provincia di Novara, a Bernate Ticino (LMI), ultima stazione controllata in provincia di Milano. Le zone sorvegliate in questo tratto insistono sul territorio della provincia di Novara ed su quello della provincia di Milano, rispettivamente. Le concentrazioni medie dei coliformi fecali sono risultate in genere maggiori, di circa un logaritmo, rispetto a quelle delle acque indagate a monte. Inoltre, procedendo verso valle, si denota una tendenza all'aumento delle concentrazioni degli indicatori di contaminazione fecale; infatti, i relativi valori medi riscontrati nelle acque scorrenti in provincia di Novara sono risultati meno elevati di quelli in provincia di Milano. Nelle prime, in due stazioni (42NO e 46NO) sono stati osservati valori inferiori a 100 UFC/100 ml, mentre nelle seconde sono state riscontrate, in due punti (GMI e HMI), densità medie superiori a 1.000 UFC/100 ml.

La maggior compromissione delle acque di questo secondo tratto potrebbe essere causata sia da un apporto di inquinanti che giungono al fiume senza idonei trattamenti depurativi, sia dalla numerosità degli stessi, che rendono insufficiente la capacità autodepurativa del corso d'acqua, sia infine dall'assenza dell'apporto diluente delle acque del Lago Maggiore. Negli ultimi tre anni di indagini non si sono notate tendenze evolutive verso un alleggerimento della contaminazione fecale di queste acque, al contrario parrebbe di poter scorgere, nel 1998, un deterioramento, anche se molto lieve, della loro qualità igienica.

L'ultimo tratto del Fiume Ticino è caratterizzato da acque pesantemente compromesse dal punto di vista batteriologico-igienistico. Da Vigevano a Pavia, infatti, le concentrazioni medie dei coliformi fecali oscillano, in tutte le zone indagate, da 1.000 a 7.000 UFC/100 ml. Il potere depurativo delle acque, in quest'ultima parte del suo percorso, è insufficiente per far fronte al cospicuo apporto di materiale fecale proveniente sia da tributari secondari notevolmente alterati, sia dai numerosi effluenti di depuratori esistenti sul territorio attraversato, in particolare sulla sponda lombarda. È utile ricordare, a questo proposito, che gli impianti di depurazione, anche nel pieno della loro funzionalità, con un abbattimento della flora batterica prossimo al 99%, possono contenere ancora un numero considerevole di microrganismi.

La stessa legge n.319 del 10.5.76 "Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento" prevede un limite batteriologico anche per le acque di rifiuto, che si immettono in acque superficiali, di 20.000 UFC/100 ml per i coliformi totali, di 12.000 UFC/100 ml per i coliformi fecali e di 2.000 UFC/100 ml per gli streptococchi fecali, limitandone però l'applicazione alla discrezione della Autorità competente per il controllo, quando lo richiedano gli usi concomitanti del corpo idrico recettore.

Questo significa che potrebbe essere richiesto qualora, a valle dello scarico, vi siano approvvigionamenti idrici a scopo potabile, di irrigazione o anche semplicemente una zona adibita a balneazione. Comunque, anche quando venissero rispettati i limiti batteriologici, secondo quanto stabilito dalla legge n.319, molto probabilmente non si è in grado di assicurare lo standard di qualità delle acque adibite a balneazione (DPR 470/82), se gli effluenti vengono immessi in prossimità di tali zone.

Interessante è apparso, inoltre, il calcolo del rapporto coliformi fecali/streptococchi fecali, calcolato sulla media geometrica dei dati ottenuti nel 1998. Esso può, in via di larga presunzione, informare sulla natura dell'inquinamento, se da prevalenti fonti umane ( $CF/SF >4$ ) o se da prevalenti fonti animali ( $CF/SF \leq 0,7$ ); se il rapporto si colloca nell'intervallo dei valori sopra ricordati il significato sarà da valutarsi sulla base della relativa distanza dai valori di riferimento indicati.

Nel ribadire che le indicazioni fornite sono sempre e soltanto di larga presunzione, si deve tenere presente che influiscono sulla affidabilità del rapporto il verificarsi o meno delle seguenti indicazioni:

- costanza delle campionature entro 24 ore dall'immissione nel corpo idrico delle fonti inquinanti. Oltre tale tempo problemi connessi ai fenomeni di autodepurazione possono alterare il significato dei valori registrati;
- mantenimento del pH nell'intervallo tra 4 e 9. Qualora si debordi da tali estremi, la sopravvivenza batterica è ovviamente compromessa;
- sicurezza che la colimetria interessi esclusivamente i coliformi fecali.

La Fig 6.2 mostra che nel primo tratto del Ticino il valore di questo rapporto si è mantenuto al di sotto di 4 e in genere compreso nell'intervallo tra 1 e 2, tranne che in tre stazioni in provincia di Novara (41NO, 44NO, 45NO). La maggior riduzione dei coliformi fecali rispetto agli streptococchi fecali, a conferma di quanto sopra esposto, potrebbe essere la conseguenza sia di una autodepurazione ancora efficiente delle acque del fiume (compreso l'effetto diluente del lago nel primo tratto), sia di trattamenti dei liquami prima della loro immissione nel Ticino, sia della presenza di una fonte di inquinamento lontana o di uno scarico di natura prevalentemente animale. Scartata quest'ultima ipotesi, vista l'assenza di allevamenti animali di una certa consistenza nel territorio considerato e dati i modesti valori riscontrati, rimangono verosimilmente attendibili le prime due considerazioni. L'elevato valore della stazione di Oleggio (41NO) fa supporre la presenza di uno scarico non trattato nelle immediate vicinanze del punto di prelievo, di origine prevalentemente umana.

Tutte le altre stazioni, in provincia di Milano e di Pavia, hanno presentato un valore del rapporto CF/SF largamente superiore a 4, che testimonia la natura prettamente civile dei reflui recapitati al fiume ed evidenzia la non idoneità dello stesso a ricevere apporti inquinanti così numerosi e consistenti. Sulla base dei dati raccolti, si può senza dubbio affermare che la qualità microbiologica delle acque del fiume Ticino non è soddisfacente, dal punto di vista igienico sanitario, soprattutto nell'ultimo tratto in provincia di Pavia, dove, potenzialmente, il rischio sanitario derivante dall'utilizzo di queste acque è certamente più elevato di quelle a monte. A questo proposito, è bene ricordare che i normali indicatori di contaminazione fecale mal si adattano a segnalare un'eventuale presenza di virus nelle acque. Questi ultimi infatti, come già ricordato, sono di gran lunga più resistenti dei batteri nell'ambiente idrico, per cui acque batteriologicamente "sicure" potrebbero contenere particelle virali in grado di provocare la malattia in un soggetto recettivo.

Per queste ragioni, in questi ultimi tempi, la necessità di attuare anche ricerche virologiche nelle acque superficiali utilizzate dall'uomo, si è fatta sempre più pressante ed ha stimolato gli Enti preposti ai controlli ambientali ad organizzarsi per far fronte ad esigenze di questo tipo. L'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale del Piemonte, nell'anno della sua costituzione (1997) e prima tra quelle istituite in Italia, ha formalizzato la presenza del Laboratorio di virologia ambientale, presso il Dipartimento Provinciale di Novara, per la ricerca e la valutazione della presenza di virus nell'ambiente. Le acque primariamente oggetto di studio sono state individuate tra quelle destinate all'uso balneare: già nei primi anni di attività i risultati ottenuti hanno evidenziato

la presenza di virus nell'ambiente idrico, anche in zone idonee alla balneazione, valutate con i soli parametri batteriologici.

Analoghe ricerche di enterovirus, nelle acque lombarde del Ticino, sono state eseguite da ricercatori della Università di Milano in quattro punti ubicati a Lonate Pozzolo, a Castelnovate, a Golasecca e a Sesto Calende. La presenza di enterovirus è stata accertata in tutto il tratto campionato, con il riscontro di almeno un campione per ciascuna stazione.

Ultimamente, anche da più parti del territorio del bacino del Lago Maggiore, di cui il Fiume Ticino fa parte, viene denunciato il progressivo esaurimento o perlomeno l'insufficienza delle fonti tradizionali di approvvigionamento idrico, rendendo sempre più attuale l'utilizzo a scopo potabile delle acque del lago e del fiume, sia per i centri rivieraschi che per grandi aggregazioni urbane vicine. A maggior ragione, diventa quindi doveroso e perfino eticamente obbligante ogni misura di risanamento e di controllo atta a salvaguardare la buona qualità igienica di una così importante riserva e risorsa.

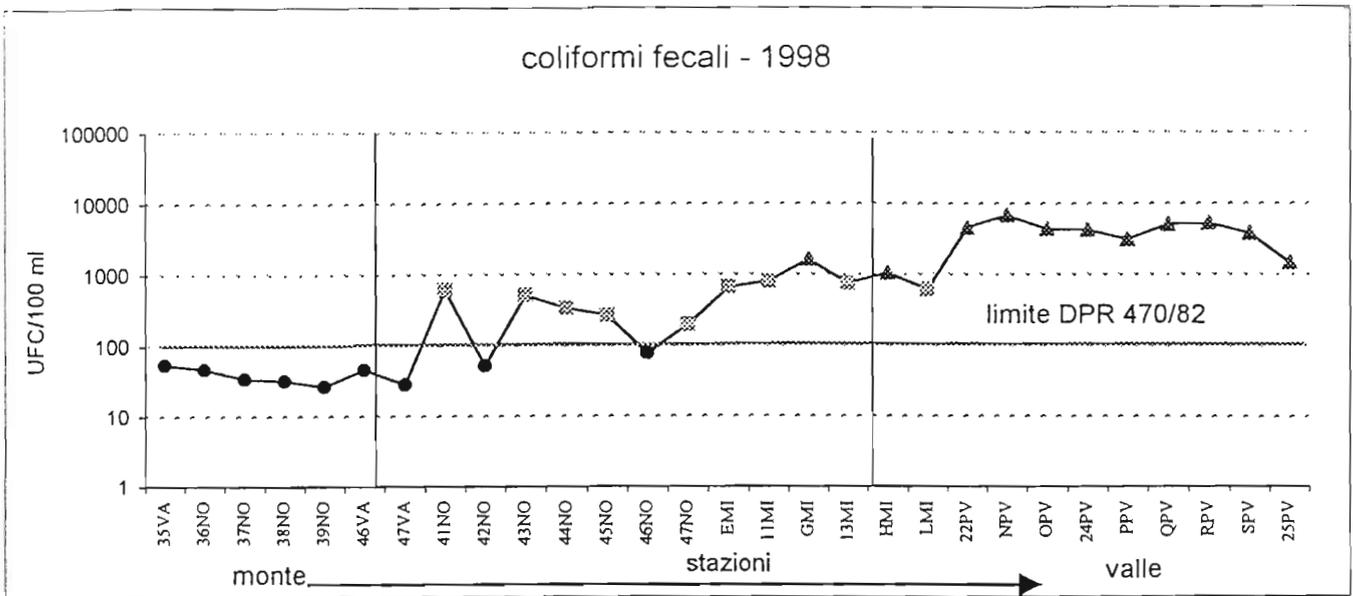


Fig. 6.1 - Andamento delle concentrazioni medie (Mg) di coliformi fecali nelle acque del F. Ticino, dall'uscita dal Lago Maggiore (a monte) alla confluenza con il Fiume Po (a valle).

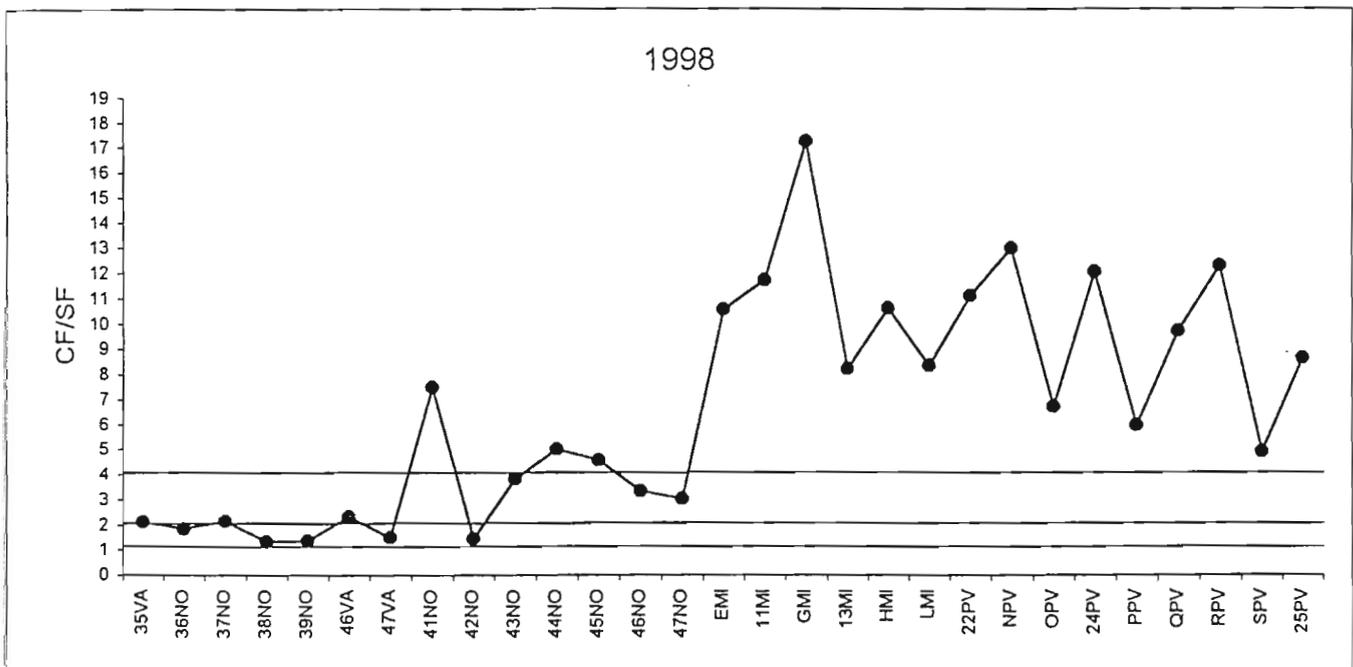


Fig. 6.2 - Valore del rapporto CF/SF riferito alle concentrazioni medie (MG) dell'anno 1998 nelle singole stazioni indagate

## Bibliografia essenziale

- A.R.P.A. Novara, Laboratorio di Sanità Pubblica - USL 13 Novara - 1998 - *Ricerche sull'evoluzione del Lago Maggiore. Aspetti microbiologico-igienisti e biologici - Campagna 1996*. Commissione internazionale Italo-Svizzera (Ed.)
- Decreto del Presidente della Repubblica n. 470 del 8 giugno 1982. *Attuazione della Direttiva CEE n. 76/160 relativa alla qualità delle acque di balneazione*. Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, n. 203, 5239 - 5242, 1981.
- Edward A. L. 1993. *Aquatic Pollution*. Jhon Wiley & Sons, Inc. 611 pp.
- Enviromental Protection Agency, 1972. *Water Quality Criteria*. EPA-R3-73-033. Washington, D.C. 594 pp.
- Geldreich E.E. and B.A. Kenner. 1969. *Concepts of Fecal Streptococci in Stream Pollution*. Journ. W. P.C.F. 41: part 2, A336-352.
- Ministero della Sanità. *Qualità delle acque di balneazione. Rapporto numerico*. Anni: dal 1988 al 1998. Direzione Generale Servizi di Igiene Pubblica. Istituto Superiore di sanità.
- Sykes G. and Skinner F.A., 1976. *Microbial Aspects of Pollution*. Academic Press, London, New York.
- Vismara R. 1982. *Depurazione Biologica*. Hoepli 468 pp.
- Wesley O. Pipes, 1982. *Bacterial Indicators of Pollution*. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida. P.31-35