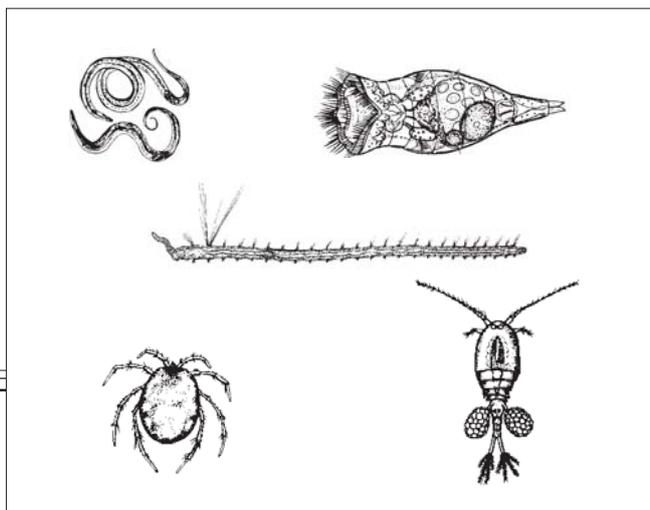


## BIOCORROSIONE



# MACROINVERTEBRATI COLONIZZANTI IL BIOFILM

Serena Bernabei<sup>(\*)</sup> e Laura Volterra<sup>(\*)</sup>

La presente memoria nasce dalle esperienze maturate in questo settore attraverso l'osservazione da parte degli Autori di circa 500 campioni di acqua di rete raccolti sul territorio italiano, ma tiene anche conto delle indicazioni riportate in letteratura. Dovrebbe consentire al biologo di riconoscere organismi quali briozoi, spugne, vermi segmentati e vermi tondi facenti parte del biofouling che può rivestire le strutture che vengono a contatto con l'acqua.

Nei moderni acquedotti gli impianti di trattamento delle acque superficiali, di sorgente e di falda dovrebbero costituire una barriera efficace nei confronti della maggior parte degli organismi, ma le vasche di deposito poco protette e le frequenti manutenzione ed ampliamenti della rete favoriscono contatti temporanei con l'ambiente esterno rendendo possibile anche l'accesso di invertebrati.

Gli organismi qui riportati non sono associati, se non in rari casi e non direttamente, con malattie umane. Si evidenziano mediante osservazione microscopica di sedimenti raccolti durante lo spurgo di

tubature e la pulizia di serbatoi e di spezzoni di condotte.

La presenza di numerosi animali acquatici nelle reti di distribuzione può essere spesso associata ad una generosa riserva di cibo, unitamente ad altri fattori favorevoli. Così, se un grande numero di invertebrati acquatici appare improvvisamente in una rete di distribuzione, l'operatore può sospettare che i processi di trattamento non abbiano abbattuto le sostanze organiche come dovrebbe avvenire a seguito anche della sola clorazione, e quindi non siano stati sufficienti a inibire la catena alimentare. Se lo stesso fenomeno si manifesta in un serbatoio si può ritenere che esso non sia stato sufficientemente protetto da contaminazioni esterne.

Ogni materiale che incrementa la fertilità (residui vegetali, sporcizia, altri contaminanti organici) attiva la catena alimentare degli organismi, analogamente a quello che avviene in un'acqua superficiale.

L'acqua di sorgente prelevata a scopo potabile è di solito sottoposta al solo processo di clorazione in quanto generalmente ritenuta priva od estremamente povera di forme viventi, mentre le acque superficiali

<sup>(\*)</sup> Istituto Superiore di Sanità - Roma

vengono sottoposte almeno ad un processo di filtrazione. Gli Autori hanno però potuto riscontrare in reti che captano acqua di sorgente l'abbondanza di elementi figurati probabilmente già presenti alla fonte. Questo dato è un'ulteriore conferma delle raccomandazioni dell'OMS di applicare la filtrazione anche alle acque di sorgente.

È stato comunque dimostrato che anche con la filtrazione, almeno con filtri a sabbia lenti, occasionalmente possono essere trovati animali nell'acqua filtrata.

Le più comuni forme che possono vivere negli acquiferi profondi sono poche specie di nematodi a vita libera, protozoi, alcuni rotiferi e piccoli crostacei.

Il rinvenimento di questi organismi in un sistema di distribuzione è indizio di una trasformazione in atto all'interno delle tubature la cui origine deve essere accertata. Le possibili fonti di contaminazione possono essere riassunte in cinque punti:

- 1) la presenza di queste forme nell'acquifero o nella facies crenobiotica che si installa alla sorgente o all'opera di presa;
- 2) la non completa efficienza dei trattamenti di potabilizzazione;
- 3) la penetrazione all'atto della posa in opera dei tubi o durante riparazioni;
- 4) la possibile formazione di reservoir nei serbatoi;
- 5) la gestione della rete acquedottistica soprattutto per quanto riguarda la continuità della portata.

## PROTOZOI

### Ciliati

Le forme che vivono nelle acque si nutrono di batteri, flagellati, alghe, di altri ciliati, granuli di amido e goccioline di grasso. Tra i ciliati più comunemente associati alle reti acquedottistiche sono riportati: *Vorticella* sp., *Aspidisca* sp., *Paramecium* sp., *Microthorax* sp., *Trachelophyllum* sp., *Hemiophrys* sp., *Chilodonella* sp., *Uronema* sp., *Euplotes* sp., *Bodo* sp., *Cinetochilum* sp. Le specie ritrovate possono indirettamente indicare altre presenze in rete: ad esempio *Chilodonella uncinata* si può nutrire di microfite; *Trachelophyllum pusillum* e *Hemiophrys bivaucolata* di protozoi flagellati; *Vorticella convallaria*, *Aspidisca cicada*, *Aspidisca lynceum*, *Cinetochilum margaritaceus*, *Paramecium* sp., *Microtho-*

*rax sulcatus* sono selettivamente batteriovore.

### Amebe

Sono organismi unicellulari caratterizzati da appendici mobili dette pseudopodi che consentono all'animale di avvolgere particelle di nutrimento, di strisciare e di muoversi. Le dimensioni variano da meno di 25 µm a più di 300 µm.

Nelle reti di distribuzione è riportata la presenza dei seguenti generi: *Naegleria* sp., *Echinamoeba* sp., *Vahlkampfia* sp., tra le Acanamebe; *Hartmannella* sp., *Diffugia* sp., *Arcella* sp. e *Thecamoeba* sp. tra le Tecamebe. Nelle condotte americane che prelevano acque superficiali sono frequenti le specie *Naegleria gruberi*, *Hartmannella glebae*, *Hartmannella agricola* e *Hartmannella rhysodes*. Di queste alcune possono avere un interesse sanitario come *Naegleria fowleri* che può ingenerare la meningoencefalite amebica primaria ed *Acanthamoeba*, agente a volte di meningite amebica e infezioni polmonari.

## METAZOI

### Poriferi

Le spugne non possiedono veri e propri organi, ma sono costituite da aggregati di diversi tipi di cellule specializzate. Sorrette da aghi scheletrici, le cellule formano una struttura cava molto ramificata divisa in settori che esibisce dei pori e comunica con l'esterno con larghi canali detti osculi.

Sono stati segnalati da PENNAK (1953) e MORGAN (1930) occasionali intasamenti di tubi e condotte foderate da un rivestimento di poriferi spesso anche più di 2,5 cm. L'incrostazione ostacolava il flusso attraverso il tubo, talvolta bloccandolo. Morgan riporta anche che la putrefazione delle spugne imprime all'acqua un sapore di marcio. In tubature di cemento è segnalata la presenza della specie *Trochospongilla leidy*.

### Celenterati

Sono organismi in cui generalmente si ha alternanza di una generazione polipoide con riproduzione asessuata e di una in forma di medusa con riproduzione sessuale. Quasi tutte le forme di acqua dolce hanno perso la fase di medusa ed assunto nella fase polipoide la riproduzione sessuale, che però interviene solo

in condizioni di stress ambientale.

Le idre, piccoli polipi d'acqua dolce (da 10 mm a 2,5 cm) hanno il corpo costituito da un piede, con cui aderiscono a sostegni fissi, un tronco, che delimita il vano dello stomaco, un disco orale con la bocca ed i tentacoli per la cattura delle prede disposti attorno al disco orale.

Le idre si cibano prevalentemente di copepodi, cladoceri ed anellidi. Il loro colore varia dal verde al bronzo, al rosso, al marrone.

Le idre sono state riportate tra gli organismi in grado di svilupparsi sulle pareti dei letti di filtrazione dell'impianto di New York (MORGAN, 1930) conferendo un colorito rosa ai muri del letto. La loro abbondanza è correlata con una disponibilità dei crostacei di cui si nutrono. Anche nell'impianto di filtrazione di Chicago (BAYLIS, 1957) è stata segnalata una invasione di idre.

### Rotiferi

I rotiferi sono piccoli organismi lunghi dai 40 µm ai 3 mm, ciliati all'estremità anteriore per la presenza di un apparato rotatorio che produce vortici d'acqua per la nutrizione ed il nuoto. Sono articolati in testa, tronco e piede. Vivono come predatori e parassiti in tutti i tipi di acque, dai laghi più profondi alle pozze.

Sono stati raccolti dalla superficie dei filtri ed in altre strutture di impianti di potabilizzazione. I seguenti generi sono stati riportati da HOBBS (1950) in impianti inglesi: *Diglena*, *Colurella*, *Anurea*, *Polyarthra* e *Triarthra*.

### Nematodi

I nematodi costituiscono il gruppo di metazoi più frequentemente ritrovabile negli acquedotti. Individuati nelle acque potabili fin dal 1865, solo 50 anni più tardi si cominciò a studiare il fenomeno (COBB, 1918). Segnalazioni riguardano l'Ungheria, gli USA, il Canada, l'India, Puertorico, il Sud Africa, la Germania, l'Italia e molti altri Paesi.

Le specie di nematodi esistenti sono stimate intorno a 100.000. Molte sono parassite e quasi tutte si assomigliano per forma e struttura del corpo, sicché una loro classificazione è piuttosto complessa. Gli animali sono rivestiti da una spessa cuticola per lo più liscia, talvolta ad anelli. Contrariamente agli anellidi

però non presentano segmentazione del corpo. Il nematode *Diplogaster nudicapitatus* (0,6-1,2 mm) è stato riportato nelle condotte americane (CHANG, 1959 e 1960) insieme ai generi *Seinura*, *Monhystera*, *Aphelenchus*, *Rhabditis*, *Cephalobus*, *Turbatrix* e *Dorilaimus* (1-3 cm). In Inghilterra è stata riportata (KELLY, 1955) la specie *Trilobus gracilis* negli effluenti dei filtri a sabbia lenti ed i generi *Dorylaimus* e *Rhabdolaimus* nei filtri e nelle tubature. Le prime segnalazioni di nematodi in reti acquedottistiche sono venute da Paesi che utilizzano acque di superficie; la loro presenza è probabilmente legata al dilavamento dei terreni circostanti e quindi correlata ad alti valori di torbidità. In Italia, soprattutto al nord, si sono avuti problemi per la presenza di nematodi della famiglia Rhabditidae e dalle specie *Plectus cirratus* e *Paractinolaimus macrolaimus*. Dalla nostra esperienza maturata su campioni d'acqua di rete provenienti da tutta Italia abbiamo potuto appurare la presenza dei nematodi anche nelle acque di falda; questi organismi fanno probabilmente parte della fauna originale dell'acquifero e non vengono abbattuti con il solo processo di clorazione a cui spesso queste acque sono sottoposte. E' stato supposto che i nematodi fungano da vettori di microrganismi patogeni di cui possono nutrirsi. Altri generi che possono ritrovarsi sono: *Aphelenochoides* sp., *Cephalobus* sp., *Ditylenchus* sp., *Eudorylaimus* sp., *Ironuss* sp., *Monhystrella* sp., *Mononchus* sp., *Nothotylenchus* sp., *Panagrolaimus* sp., *Pratylenchus* sp., *Pristionchus* sp., *Rhabditis* sp., *Tobrilus* sp., *Triphyla* sp. (SMERDA et al., 1971).

E' frequente il ritrovamento di più generi nello stesso campione: 8 in USA (CHANG et al., 1960); 28 generi comprendenti 42 specie in Ungheria a Budapest (DOZSA-FARKAS, 1965); 30 generi nelle reti di distribuzione di Puertorico (ROMAN e RIVAS, 1971); 63 generi in 3 città canadesi (MOTT e HARRISON, 1983); 6 generi in Sud Africa (SMITH e VAN MIEGHEM, 1983).

In Italia sono stati segnalati a Cremona con un episodio di infestazione da *Mononchus* (BONETTI e TAMPIERI, 1968), ma attualmente si sono dimostrati più frequenti di quanto si credesse con ritrovamenti in acquedotti del Veneto, del Friuli Venezia Giulia, del Lazio, della Toscana, dell'Emilia Romagna e delle Marche (VOLTERRA, AULICINO, BERNABEI, MANCINI, comunicazione personale).

I titoli ritrovabili oscillano dalle unità per litro (TOM-BES et al., 1979), alle decine per litro (MOTT et al., 1981), con punte eccezionali di centinaia per litro (LUPI, 1987).

Per uccidere un nematode occorrono 20 mg di cloro per litro con un tempo di contatto di due ore e 30 minuti, ma per inattivare le uova non bastano dosi 10 volte maggiori mantenute per giorni.

### Gordiacei

I gordiacei o nematomorfi sono, allo stadio larvale, parassiti vermiformi lunghi e sottili di insetti e crostacei ma, allo stadio adulto, conducono vita libera. La loro lunghezza varia da 10 a 700 mm, con un diametro di soli 0,3-2,5 mm. In un recente lavoro di ricerca degli elementi figurati nelle reti acquedottistiche italiane sono stati ritrovati esemplari di gordiacei in acquedotti alimentati con acqua di falda.

### Briozoi

I briozoi sono organismi sessili coloniali fissati ad un substrato e forniti di una corona di tentacoli attorno alla bocca. ROGICK riporta (1959) che i generi *Plumatella*, *Fredericella* e *Paludicella* sono ben conosciuti per ostruire o ridurre il diametro delle condutture con i loro materiali di crescita.

### Anellidi - Oligocheti

Gli oligocheti sono estremamente difficili da classificare. Si articolano in segmenti; il corpo presenta un lobo encefalico e un piccolo lobo anale fra cui sono interposti da 7 a 200 segmenti quasi uguali.

I filtri a sabbia rapidi, che raccolgono detriti organici negli interstizi tra i granelli, possono rappresentare un luogo ideale per la riproduzione degli oligocheti. In caso di infestazione la bonifica del letto filtrante può essere eseguita con un controlavaggio con una soluzione forte di soda caustica. Al contrario dei filtri a sabbia rapidi che li bloccano, quelli lenti ne permettono il passaggio in rete. In acque non filtrate e clorate della California è stato trovato il genere *Nais* sp. (2-8 mm) (BELL, 1955). Lo stesso genere è riportato dall'OMS (WHO, 1992) in quanto frequentemente se ne ritrovano le setole in campioni di acqua da bere.

### Crostacei - Cladoceri

In generale i cladoceri sono lunghi 0,2-3,0 mm. Il

loro corpo non è chiaramente segmentato. Sotto il microscopio gli animali appaiono traslucidi; una illuminazione appropriata rivela i loro organi interni ricoperti da un guscio bivalve. La parte posteriore del corpo termina spesso con una lunga spina. Una larga struttura scura sulla testa è un occhio composito, che è la caratteristica principale di questi animali. Il secondo paio di appendici, o antenne, attaccate al capo sono molto larghe e ramificate. Le antenne sono usate come organo propulsore per il nuoto. I cladoceri si nutrono di materia organica particolata, batteri, protozoi, alghe, rotiferi e a volte di altri crostacei. Questi piccoli crostacei possono a volte essere osservati in riserve di acque potabili non filtrate. Negli anni '50 in America (HART, 1957) è stata riportata la loro presenza in reti di distribuzione. COX (1946) indica che i cladoceri, frequenti nelle acque superficiali, possono essere rimossi dalle riserve d'acqua con la filtrazione; KELLY (1955) riporta invece la presenza di *Daphnia* sp. negli effluenti dei filtri a sabbia lenti. *Alona* sp. è stata inclusa tra i gruppi di animali acquatici rinvenibili in rete (GERARDI e GRIMM, 1982).

### Crostacei - Copepodi

CRABILL (1956) ha riferito la presenza nei filtri dell'impianto di Indianapolis di copepodi adulti dei generi *Cyclops* e *Canthocampus*. La lunghezza dei *Cyclops* è di 0,3-3,2 mm. Le appendici pari sono attaccate al capo e al torace. Spesso due corpi oblungi ed ovali si osservano ai lati del corpo delle femmine, sono gli ovisacchi pieni di uova. Da ogni uovo esce una larva chiamata nauplius. I copepodi sono componenti comuni del plancton. Si cibano di animali e piante unicellulari e detrito organico. Sono state ritrovate anche le specie *Paracyclops fimbriatus* e *Chydorus sphaericus* (WHO, 1992). Le loro uova (HART, 1957) comunque passano attraverso i filtri e arrivano nelle acque trattate, così che le forme adulte possono essere ritrovate ai rubinetti dei consumatori. In casi di infestazione sono stati osservati picchi con circa 20 uova/litro nelle acque trattate e negli effluenti dei filtri. In Italia è stata segnalata la presenza in una rete del nord della specie *Paracyclops fimbriatus*.

### Crostacei - Isopodi

Gli isopodi sono lunghi in media 0,5-1,5 cm e di colore grigio o marrone. Il corpo è fortemente seg-

mentato, con sette paia di appendici: il primo paio costituisce un apparato raschiatore. L'ultimo paio di appendici è molto più lungo del primo. Il gruppo più comune di Isopode acquatico e di interesse nelle acque potabili è il genere *Asellus*. HOBBS (1950) riporta *Asellus* con altri tipi di crostacei come *Gammarus* ed *Eucrangonyx* nei filtri a sabbia lenti. Sono usualmente presenti in piccolo numero e provocano problemi ai consumatori solo perché sono visibili.

### Crostacei - Anfipodi

Gli anfipodi presentano il corpo compresso lateralmente e l'addome flesso ventralmente. Nelle reti americane è comunemente riportata la presenza della specie *Hyaella azteca*, organismo bentonico e onnivoro. Sempre in America, sono stati condotti vari studi sulle possibili implicazioni sanitarie dovute alla presenza di questi organismi come accumulatori di patogeni potenziali (LEVY, 1984-1986). La presenza di *Gammarus pulex* in reti acquedottistiche è segnalata dall'OMS (WHO, 1992).

### Acari - Idracarini

Gli idracarini sono un gruppo di organismi caratterizzati dal corpo indiviso e da 4 paia di zampe negli adulti e ninfe e da 3 paia nelle larve. Le dimensioni degli acari acquatici varia da 0,5 a 5 mm. Tutti gli acari di acqua dolce sono predatori. Viene riportata la presenza nelle reti della specie *Tyrophagus putrescentie* (WHO, 1992). Si tratta, in genere di forme che fanno parte della faunula stigo e crenobionte.

### Insetti - Chironomidi

Molti tipi di chironomidi sono lunghi 20-25 mm. Il corpo cilindrico porta ventralmente 2 paia di pseudopodi (false zampe): un paio toracico e l'altro anale. L'ultimo segmento addominale porta generalmente ciuffetti di setole. BAHLMAN (1931) ha indicato la presenza di chironomidi in un impianto di trattamento delle acque di Cincinnati. In quell'occasione, da un rubinetto di acqua trattata dell'impianto sono stati raccolti in 24 ore dai 5 ai 20 esemplari. Le foglie e la ricrescita algale, che sono associate alla formazione del fango di fondo dei serbatoi, formano un habitat ideale per le larve di chironomidi. HECHMER (1932) riporta la presenza di chironomidi in serbatoi di acqua trattata, in bacini di coagulazione e sulla superficie dei

filtri a sabbia nell'impianto di distribuzione di Washington D.C. In Italia si hanno segnalazioni della presenza in acquedotti del nord della specie *Stygotanytarsus inquilinus*.

### Insetti - Culicidi

I culicidi sono caratterizzati dall'addome dilatato e da segmentazione apparentemente assente e dal capo largo. Le larve sono detritivore. La loro presenza nelle reti è segnalata dall'OMS (WHO, 1992).

### Molluschi - Gasteropodi

Appartengono a questo gruppo di animali le comuni lumache e le chioccioline. Le conchiglie degli adulti che possono ritrovarsi sono lunghe da 9,5 a 15 mm, con una larghezza massima di 6-7 mm. La conchiglia è trasparente o opaca. In acquedotti americani è stata segnalata la presenza dei generi *Physa*, *Gonio-basis*, *Helisoma*, *Lymnaea*, *Ancylus*, *Pleurocera* e *Bythinia* (MACKENTUM, KEUP, 1970). Nell'acquedotto di Singapore vi sono state difficoltà attribuite alla presenza della specie *Melania tuberculata* (INGRAM, BARTSCH, 1960).

### Molluschi - Bivalvi

I bivalvi sono molluschi con una conchiglia costituita da due valve laterali, tipicamente simmetriche. Si nutrono per filtrazione trattenendo le particelle sospese in acqua. Le dimensioni della conchiglia variano da 1 a 50 mm di lunghezza. In Europa si sono avuti per molti anni, dal 1886 al 1952, problemi causati dal bivalve *Dreissena polymorpha*, che impediva il libero passaggio dell'acqua restringendo il diametro delle tubature (INGRAM, 1956; CLARKE, 1952; GREENSHIELD, RIDLEY, 1957; WHO, 1992). Questo mollusco si ciba di limo di origine vegetale. Si pensa che i molluschi giungano nelle acque trattate che sono state sottoposte al processo di filtrazione passando dal fondo dei filtri.

Altri animali possono ritrovarsi nelle reti idriche, probabilmente per intrusioni accidentali. Dalla nostra esperienza di lavoro possono citarsi gli adulti alati di insetti che depongono le uova in ambiente umido e altri insetti quali le formiche che colonizzano bracci morti dell'acquedotto.

## TECNICHE DI RILEVAMENTO

Il DPR 236/88 riporta tra i parametri del gruppo C4 il rilevamento di protozoi e metazoi. Né la direttiva comunitaria né il suo recepimento nel nostro Paese, però, fissano limiti ed indicano metodiche di rilevamento. La sperimentazione effettuata nell'Istituto Superiore di Sanità con la collaborazione di organi di controllo periferici e gestori di impianti ha evidenziato che i risultati migliori per il rilevamento di elementi figurati sono raggiungibili con 3 tecniche: a) l'osservazione diretta; b) la filtrazione; c) la filtrazione tangenziale.

**a)** L'osservazione diretta è sufficiente quando le acque sono particolarmente ricche di organismi e quando risultano colorate (marroni, ruggine, verdi ecc.). In generale sarebbe opportuno, prima di utilizzare gli altri due metodi consigliati effettuare una prima analisi diretta in quanto la maggior parte di protozoi e rotiferi possono essere classificati con esattezza solo in vivo.

Porre una goccia d'acqua sopra un vetrino, coprire con coprioggetto ed osservare al microscopio a 100 o più ingrandimenti.

Ripetere almeno dieci osservazioni del campione dopo opportuna sedimentazione o centrifugazione.

**b)** Procedere alla raccolta di 50 litri di acqua in una tanica di plastica (in alcuni casi si è osservato che possono essere sufficienti dai 10 ai 20 litri). La filtrazione può essere eseguita in laboratorio entro poche ore dalla raccolta.

Le maglie utili per la filtrazione frazionata sono le seguenti:

- rete da 500  $\mu\text{m}$  (raccoglie il materiale più grossolano, insetti, frammenti vegetali e minerali);
- rete da 150  $\mu\text{m}$  (trattiene idraccarini, artropodi di dimensioni minori, rotiferi e materiale inorganico);
- rete da 25  $\mu\text{m}$  (separa nematodi, rotiferi e materiale inorganico).

Il volume d'acqua risultante dalla filtrazione frazionata deve poi essere sottoposto ad una filtrazione su membrana di porosità variabile (1,2 - 1,0 - 0,8 - 0,45  $\mu\text{m}$ ).

Il materiale così concentrato può essere osservato a fresco al microscopio in piccole frazioni come in a) o all'invertoscopio utilizzando una capsula Petri quadrata. In caso l'osservazione non sia immediata,

fissare con acido acetico o propionico al 5-15% e formaldeide al 2-5%.

Questo metodo si è dimostrato particolarmente efficace per il rinvenimento di nematodi e rotiferi.

**c)** La procedura è come in b), ma si differenzia per il tipo di filtrazione utilizzata che in questo caso è tangenziale. Questo metodo si è dimostrato particolarmente utile per il rinvenimento di protozoi che, non subendo una pressione perpendicolare diretta, restano maggiormente integri e quindi più facilmente osservabili ed identificabili.

## Bibliografia

BAHLMAN C. - 1931. Larval contamination of a clear reservoir.

11th Annual Rept., Ohio Conf. on Water Purification. State Dept. of Health, Columbus, Ohio, p.56

BAYLIS J.R. - 1957. Microorganism that have caused trouble in the Chicago water system. *Pure Water*, **9**: 47

BELL R.J - 1955. Problems caused by the presence of *Nais* worms and other organism in the public water supply of Norwich. *J. Waterworks Officers Assn.*, **4** (4): 119

BONETTI F., TAMPIERI A. 1968. Su un episodio di contaminazione di un civico acquedotto da parte di nematodi del genere *Mononchus* (Bastian, 1965). *Ann. SCLAVO*, **10**: 410-423.

CHANG S.L., et al. - 1959. Occurrence of a nematode worm in a city water supply. *Jour. AWWA*, **5**: 671

CHANG S.L., et al. - 1960. Survey of free-living nematodes and amebas in municipal supplies. *Jour. AWWA*, **52**: 613

CLARKE K.B. - 1952. The infestation of water works

- by *Dreissensia polymorpha*, a fresh water mussel.  
*J. Inst. Water Engrs.*, **6** (5): 370
- COBB N.A. - 1918. Nematodes of the slow sand filter of American City.  
*Contrib. SC. Nematol.*, **7**: 189-212.
- COX C.R. - 1946. Laboratory control of water purification.  
*Case-Shepperd-Mann Publishing Corp.*, New York.
- CRABILL M.P. - 1956. Biologic infestation at Indianapolis.  
*Jour. AWWA*, **48** (3):269
- DOZSA-FARKAS K. - 1965. Untersuchungen über die Fauna des Budapester Leitungswasser, mit besonderer Berücksichtigung der Nematoden.  
*Opusc. Zool. Budapest*, **5**: 173-181.
- GERARDI M.H., GRIMM J.K. - 1982. Aquatic invaders.  
*Water Engineering & Management*, October: 22-23
- GREESHIELD F., RIDLEY J.E. - 1957. Some researches on the control of mussels in water pipes.  
*J. Inst. Water Engrs.*, **11** (3):300
- KELLY S.N. - 1955. Infestation of the Norwich, England, Water system.  
*Jour. AWWA*, **42**: 330
- HART K.M. - 1957. Living organism in public water mains.  
*Jour. Inst. Munic. Engrs.*, **83** (10): 324
- HECHMER C.A. - 1932. Chironomus in water supply.  
*Jour. AWWA*, **24**: 665
- HOBBS A.T. - 1950. Manual of British water supply practice.  
*Inst. of Water Engrs.*, W. Heffer & Son Ltd., Cambridge, England.
- HUQ A., et al. - 1983. Ecological relationships between *Vibrio colerae* and planktonic Crustacea Copepods.  
*Appl. Env. Microbiol.*, **45** (1): 275
- INGRAM W.M. - 1956. Snail and Clam infestations of drinking water supplies.  
*Jour. AWWA*, **43**: 258
- INGRAM W.M., BARTSCH A.F. - 1960. Operators identification guide to animals associated with potable water supplies.  
*Jour. AWWA*, **47**: 1521-1550
- LEVY R.V., et al. - 1984. Novel method for studying the public health significance of macroinvertebrates occurring in potable water.  
*Appl. Env. Microbiol.*, **47** (5): 889
- LEVY R.V., et al. - 1986. Occurrence and public health significance of invertebrates in drinking water systems.  
*Jour. AWWA*, **73**: 105
- LUPI E., 1987. Valutazione quantitativa dei nematodi in un impianto di potabilizzazione di acque superficiali e loro significato da un punto di vista igienico-sanitario.  
Università degli Studi di Firenze. Tesi di Biologia: 132 pp.
- MACKENTUM K.M., KEUP C.E. - 1970. Biological problems encountered.  
*J. AWWA*, August: 520-526
- MORGAN A.H. - 1930. Fieldbook of ponds and stream.  
*G.P. Putnam's sons*, New York.
- MOTT J.B., HARRISON A.D. - 1983. Nematodes from river drift and surface drinking water supplies in southern Ontario.  
*Hydrobiologia*, **102**: 27-38.
- MOTT J.B., MULAMOOTIL G., HARRISON A.D. - 1982. A 13-month survey of nematodes at three water treatment plants in southern Ontario, Canada.  
*Water Res.*, **15**: 729-738.
- PENNAK R.W. - 1949. Annual limnological cycles in some Colorado reservoir lakes.  
*Ecol. Monographs*, **19**: 233

- PENNAK R.W. - 1953. Fresh-water invertebrates of the United States.  
*Ronald Press*, New York.
- ROGICK M.D. - 1959. Bryozoa.  
In Ward & Whipple's "Fresh-Water Biology", *John Wiley & sons*, New York (2nd ed.)
- ROMAN J., RIVAS X. - 1971. Nematode contamination in tap water.  
*Nematologica*, **1**: 39.
- SILVEY J.K.G. - 1960. Bloodworms in distribution system.  
*Jour. AWWA*, **48**: 275
- SMERDA S.M., JENSEN H.J., ANDERSON A.W. - 1971. Escape of *Salmonella* from chlorination during ingestion by *Pristionchus lheritieri* (Nematoda Diplogasterinae).  
*J. Nematol.*, **3**: 201-204.
- SMITH P.C., VAN MIEGEM A.P. - 1983. First report of the occurrence of nematodes in municipal water in South Africa.  
*Phytophylactica*, **15**: 79.
- STREBLE H., KRAUTER D. - 1984. Atlante dei microrganismi acquatici. La vita in una goccia d'acqua.  
*Franco Muzzio Ed.*, Padova.
- TOMBES A.S., ABERNATHY A.R., WELCH D.M., LEWIS S.A. - 1979. The relationship between rainfall and nematode density in drinking water.  
*Water Res.*, **13**: 619-622.
- WHO - 1992. Revision of the WHO guidelines for drinking water quality.  
Medmenham, U.K., 27-29 January, 1992.