

“La diffusione degli inquinanti nei canali interni di Venezia”

MARINA VAZZOLER, Agenzia Regionale Protezione e Prevenzione Ambiente Veneto

La presente sezione di ricerca sui canali interni di Venezia si riferisce allo studio della diffusione degli inquinanti. Il progetto, promosso da UNESCO, è stato sviluppato da un gruppo di esperti europei di diverse discipline scientifiche: chimici, microbiologi e modellisti, con il coordinamento del professor Ravera (CNR Istituto Idrobiologia-Pallanza). Lo studio si propone di ricercare la relazione che intercorre tra la qualità delle acque interne e il sistema urbano a Venezia. Lo stretto rapporto di continuità tra la vita degli abitanti, dei lavoratori, dei visitatori e l'acqua dei canali giustifica abbondantemente l'interesse a misurarne la qualità. L'acqua entra in contatto con la vita della città in vario modo: attraverso il fenomeno dell'acqua alta, attraverso le infiltrazioni nei muri delle case, attraverso l'aerodispersione e come matrice di supporto per lo scarico, lo smaltimento e l'allontanamento dei prodotti di rifiuto. La situazione dell'inquinamento dei rii è stata determinata attraverso un'indagine chimica e microbiologica, quest'ultima con l'intenzione di fornire una valutazione di tipo igienico-sanitario, su cinque stazioni campione. L'indagine è stata realizzata nel periodo compreso fra marzo 1998 e febbraio 1999 e si è articolata attraverso l'esecuzione di sei campagne di prelievo. Per seguire l'andamento stagionale, le campagne sono state realizzate con frequenza bimensile, ridotta nel periodo estivo a scansione mensile. Ciascuna campagna ha previsto misure atte a sottolineare l'influenza delle maree. La strategia di campionamento è scelta in funzione della marea; i cicli di prelievi durante una campagna hanno avuto la durata di 12 ore e sono stati effettuati prelievi di acqua e di sedimento sia con la marea di sizigia sia con la marea di quadratura. A completamento dello studio è stata messa in atto una campagna nictemerale (ciclo di 24 ore).

Le stazioni di prelievo sono situate nel sestiere di Castello in un'area compresa fra Santa Maria Formosa, campo Santi Giovanni e Paolo e campo dell'Arsenale.

Due di queste stazioni sono collocate in canali rettilinei di dimensioni medio grandi, la stazione B e la stazione D, due in aree più confinate di piccole dimensioni, la stazione C e la stazione E. A queste è stata affiancata una stazione A esterna alla rete dei rii. Si evidenziano rispettivamente il canale delle Fondamente Nove dove è collocata la stazione A, il

rio dei Mendicanti con la stazione B, il rio del Piombo e il rio Santa Giustina con le stazioni C e D, ed il rio delle Gorne stazione E. Va precisato che tutte le stazioni sono state scelte in canali non sottoposti ad operazioni di scavo.

Il numero di campioni totali realizzati, che rappresenta la dimensione del nostro studio, è stato di 345, di cui 260 sottoposti ad analisi chimiche e 85 ad analisi microbiologiche, distinti in campioni d'acqua e sedimenti. In totale sono state eseguite più di ottomila misure e determinazioni analitiche, di queste oltre cinquemila determinazioni sul campo, 1845 determinazioni di parametri chimici e 935 di tipo microbiologico, distinte in 680 determinazioni di parametri batteriologici e 255 determinazioni di parametri virologici.

Per quanto riguarda i parametri chimici, da determinarsi nelle acque, sono stati scelti: ammoniaca, nitriti, nitrati, fosfati, carbonio organico totale (TOC), solidi sospesi e clorofilla. Nei sedimenti, oltre ad azoto, fosforo, sostanza organica totale e solfuri, sono stati misurati ferro, mercurio, piombo e cadmio.

La tipologia e il numero dei parametri analitici delle misure di campo, definiti da un gruppo d'esperti, avevano lo scopo primario di alimentare il modello idrodinamico e il modello di qualità dei canali. Va precisato che le determinazioni analitiche dei parametri chimici riguardanti la matrice acqua sono stati eseguiti utilizzando metodi IRSA, validati da partecipazione a *proficiency test* e da prove di interlaboratorio. Le tecniche analitiche utilizzate per la determinazione dei metalli e dei sedimenti sono state validate dall'uso di materiali di riferimento certificati e dalla partecipazione a numerosi *ring test*; va sottolineato inoltre che i laboratori di chimica ambientale del dipartimento di Venezia forniscono supporto tecnico-scientifico al gruppo europeo di Bruxelles per la certificazione dei materiali di riferimento. Al di là del fatto che tutte le informazioni chimiche sono state fornite ai modellisti, una prima analisi statistica effettuata sul totale dei dati a disposizione ha portato comunque a formulare le considerazioni sotto riportate.

Le concentrazioni dei nutrienti nelle acque mostrano differenze rilevanti fra le cinque stazioni a differenza dell'andamento temporale che si mantiene abbastanza simile. L'analisi statistica dei dati (ANOVA) evidenzia che la differenza più consistente si realizza in corrispondenza della

stazione C la quale, mostrando valori medi sistematicamente più elevati, si isola dalle altre stazioni. L'analisi della varianza sul totale dei dati, dimostra che tutti i parametri, a parte la clorofilla, sono significativamente diversi ($p < 0.01$).

La fase di marea non influisce sulla concentrazione di clorofilla e solidi sospesi, mentre è rilevante per tutti gli altri parametri. L'analisi della varianza tra i dati in sizigie e in quadratura dimostra che i parametri fosfati (P_2O_5) e nitrati (NO_2) sono significativamente diversi tra tutte le stazioni ($p < 0.01$) e che il parametro ammoniaca (NH_4) lo è per le stazioni A, C ed E ($p < 0.01$ e $p < 0.05$).

Si osservano interessanti correlazioni positive tra TOC e nutrienti ($p < 0.0001$) e tra clorofilla e solidi sospesi ($p < 0.0001$), mentre i nitrati risultano correlati negativamente con clorofilla e solidi sospesi (rispettivamente $p < 0.0001$ e $p = 0.001$).

I trend stagionali di nitrati e clorofilla si mostrano complementari. Da questo quadro si può dedurre che la maggior parte dei solidi sospesi in acqua è composta da fitoplancton che utilizza, soprattutto durante i mesi estivi, i nitrati presenti nelle acque. I nitrati deriverebbero a loro volta, assieme agli altri nutrienti, dai reflui urbani come indicato dalla loro correlazione con il TOC.

Marcati fenomeni di ipossia si osservano solo nella stazione C dove l'ossigeno disciolto è di frequente inferiore a 4 mg/L con punte al di sotto di 2 mg/L nel mese di giugno. In questa stazione il TOC mostra sempre i valori più elevati. Ciò sembra imputabile al consumo di ossigeno da parte dei batteri e al lento ricambio idrico. E' inoltre probabile, considerati i bassi valori di concentrazione della clorofilla, che la produzione di ossigeno di origine fotosintetica non abbia influenza sulla concentrazione di ossigeno disciolto. La concentrazione di clorofilla misurata nella stazione E è dello stesso ordine di grandezza di quello riscontrato nella stazione C. La maggior ossigenazione non sembra quindi dovuta all'attività fotosintetica, ma al più attivo ricambio idrico e presumibilmente all'inferiore carico dei nutrienti. Le concentrazioni d'ammoniaca riscontrate nei rii a bassa velocità di ricambio d'acqua risultano superiori a quelle relative alla parte di laguna vicino alla zona industriale. Per i nutrienti i valori medi ottenuti sono paragonabili a quelli relativi alla parte di laguna vicino alla zona industriale e sono più elevati per i rii interni che presentano una velocità di corrente minima. Sono inoltre maggiori di due ordini di grandezza rispetto ai valori dei nutrienti riscontrati nelle acque superficiali dell'Adriatico settentrionale.

Per quanto riguarda la caratterizzazione chimica dei sedimenti, il grado di contaminazione risulta essere cospicuo per i parametri piombo e mercurio.

I valori medi riscontrati per il piombo risultano essere due volte superiori ai limiti proposti per la valutazione di un alto grado d'inquinamento e per il

mercurio risultano essere tre volte superiori. Il basso valore del cadmio può essere imputato alla maggiore solubilità che tale elemento presenta rispetto a quello degli altri metalli. Tutti i valori dei parametri analizzati nei rii del centro storico risultano superiori ai valori riscontrati nella laguna di Venezia e sono paragonabili a quelli dei sedimenti nella zona prospiciente Porto Marghera. I risultati relativi alle analisi delle acque comparati con quelli dei sedimenti denotano un comportamento corrispondente per le stazioni A, B, e C, mentre per la stazione E vi è un andamento opposto. Non vi è nessuna chiara corrispondenza invece per i dati della stazione D.

L'osservazione dei risultati ha permesso di formulare le seguenti considerazioni:

- i rii studiati possono essere suddivisi in due gruppi: il primo, composto dal canale delle Fondamente Nove (stazione A) e dal rio de Santa Giustina (stazione D), presenta complessivamente un grado di inquinamento inferiore al gruppo costituito dal rio dei Mendicanti (stazione B) e dal rio del Piombo (stazione C). Il rio delle Gorne (stazione E), per la sua particolare collocazione, presenta una velocità d'acqua generalmente inferiore a quella degli altri rii. Per tale motivo e per lo scarsissimo transito di natanti, questo tratto di rio sembra funzionare come un bacino di sedimentazione dove il particolato sospeso sedimenta e trascina al fondo una maggiore quantità di inquinanti;
- il sistema studiato appare nel suo complesso caratterizzato da un alto livello di nutrienti che potrebbero costituire un supporto non indifferente ai processi eutrofici.

Prima di passare all'analisi dei risultati microbiologici, è opportuno fare alcune premesse. In generale le indagini microbiologiche su matrici ambientali sono caratterizzate da un'elevata variabilità interna del dato, da una notevole complessità, da scarsa automazione e standardizzazione delle procedure e da tempi di esecuzione lunghi. Gli studi e le ricerche prodotti in generale sono poco potenti, necessitano di indagini campionarie ampie e di lunghe serie temporali di dati. La ricerca attuale rappresenta esclusivamente uno studio preliminare che fornisce solo indicazioni di carattere orientativo sull'entità della contaminazione microbica delle acque dei canali e ha come obiettivo finale la definizione di un eventuale impatto igienico sanitario. I risultati vanno quindi considerati esplorativi e rappresentano il punto di partenza per ipotesi future di studio.

Studi precedenti, riguardanti la composizione microbica delle acque interne di Venezia, si riferiscono solo ad indicatori batterici di contaminazione fecale con scarso approfondimento sull'isolamento dei batteri patogeni. Si rileva

assenza d'informazioni sull'inquinamento virale, legata al fatto che la virologia ambientale è una scienza relativamente nuova. Il presente studio quindi rappresenta la prima indagine sistematica sull'inquinamento virale.

Anche per quanto riguarda la parte microbiologica, i metodi analitici sono stati concordati in fase di progettazione dello studio con un'equipe d'esperti UNESCO. Tutte le ricerche microbiologiche sono state validate dalla partecipazione di *ring-test* e controlli di laboratorio. Al riguardo vale la pena sottolineare, data la relativa novità della disciplina, che anche le analisi virologiche sono state validate attraverso la partecipazione a *proficiency test* e più precisamente al Water Virology Quality Assessment distribuito dal Public Laboratory Service di Londra e da un *ring-test* con altri gruppi di ricerca nazionali, che operano nell'ambito della virologia ambientale coordinati dalla Virologia Ambientale dell'Istituto di Bio-Medicina dell'Università di Pisa. L'indagine microbiologica è stata estesa anche in

Fig. 1
Caratterizzazione microbiologica dei ri



questo caso (Fig.1) contemporaneamente a campioni d'acqua e di sedimento. Su tali matrici è stata effettuata una determinazione quali-quantitativa dei seguenti microrganismi indicatori di contaminazione fecale: coliformi totali, coliformi fecali, Escherichia coli, streptococchi fecali, e batteriofagi anti-Escherichia coli. E' stata inoltre effettuata un'analisi qualitativa dei microrganismi patogeni del tratto gastroenterico: salmonella, vibrio cholerae, vibrio parahaemolyticus e, all'interno del grande gruppo dei virus enterici, sono stati ricercati gli enterovirus. In Tabella 1 sono riportate le concentrazioni degli indicatori di contaminazione fecale nelle diverse stazioni per i campioni d'acqua. Si sottolinea il diffuso inquinamento di origine fecale nelle stazioni oggetto di studio. Il dato presenta comunque elevata variabilità all'interno di ciascuna stazione, come si deduce dai valori di minimo e massimo. Nel sedimento la distribuzione dell'inquinamento fecale risulta essere più uniforme. Il parametro streptococchi fecali, caratterizzato da una maggiore resistenza fecale, subisce un incremento di due

TABELLA 1: Livello medio dell'inquinamento microbico nell'acqua dei ri

Stazione		Coliformi totali	Coliformi fecali	Escherichia coli	Streptococchi fecali	Batteriofago anti E.coli
		UFC/100mL	UFC/100mL	UFC/100mL	UFC/100mL	UFP/100mL
A	log	3,43	3,00	3,21	2,26	2,84
	media	2.676	989	1.633	180	699
	MIN	60	0	0	20	90
B	log	4,69	4,17	4,05	3,14	3,48
	media	48.589	14.798	11.256	1.384	3.034
	MIN	2.300	80	2.500	350	170
C	log	5,24	4,77	4,84	3,99	3,63
	media	175.778	58.960	69.556	9.789	4.241
	MIN	5.000	560	600	520	890
D	log	3,75	3,26	3,49	2,74	3,05
	media	5.599	1.804	3.122	553	1.133
	MIN	200	100	400	120	370
E	log	4,18	3,53	3,69	3,16	3,37
	media	15.039	3.376	4.878	1.441	2.361
	MIN	1.000	240	700	180	510
	MAX	54.000	9.000	16.600	4.500	11.600

TABELLA 2: Livello medio dell'inquinamento microbico nel sedimento dei ri

Stazione		Coliformi totali	Coliformi fecali	Escherichia coli	Streptococchi fecali	Batteriofago anti E.coli
		MPN/100 g	MPN/100 g	UFC/100 g	MPN/100 g	UFP/100 g
A	log	4,19	4,01	3,27	4,37	3,48
	media	15.383	10.268	1.850	23.267	3.000
	MIN	2.400	280	200	4.600	0
B	log	4,73	4,38	4,31	5,22	4,83
	media	53.950	24.033	20.617	164.500	34.083
	MIN	1.200	1.200	700	11.000	400
C	log	5,94	5,66	5,22	6,10	4,90
	media	861.267	458.267	164.167	1.263.333	79.933
	MIN	4.600	2.400	8.000	150.000	10.300
D	log	5,28	4,56	4,65	5,65	4,27
	media	191.667	36.083	44.767	447.433	18.700
	MIN	11.000	7.500	600	4.600	1.800
E	log	5,50	5,91	4,39	5,92	4,58
	media	317.287	805.700	24.500	829.333	38.500
	MIN	4.600	4.600	5.000	46.000	2.100
	MAX	1.500.000	4.600.000	71.000	2.400.000	146.000

ordini di grandezza (Tabella 2).

Il livello medio della contaminazione fecale presenta interessanti differenze fra le stazioni. Le stazioni B e C sono caratterizzate da un livello maggiore, mentre le stazioni D ed E si collocano su valori decisamente inferiori. Questi dati, rilevabili solo in parte dagli andamenti riprodotti nelle

Fig. 2
Caratterizzazione microbiologica dei ri:
Andamento dell'inquinamento da Batteriofago anti E.coli

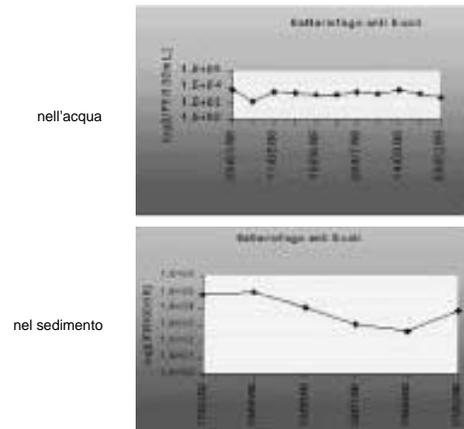
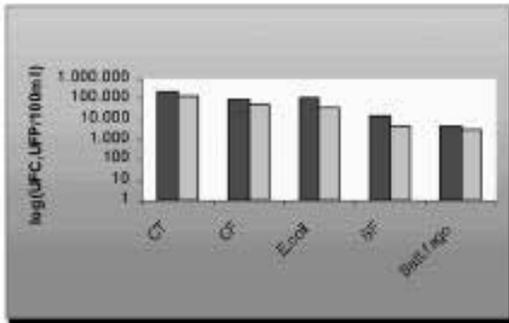


Fig. 3

Caratterizzazione microbiologica dei rii
Inquinamento microbico nei campioni in funzione della marea: acqua (stazione C)



CT = coliformi totali; CF = coliformi fecali; E.coli = *Escherichia coli*; SF = streptococchi fecali; Batt.fago = Batteriofagi anti *E.coli*

tabelle, sono confermati dalla *cluster analysis* basata sull'indice di Bray-Curtis condotta sull'insieme dei campioni.

L'andamento stagionale degli indicatori d'inquinamento fecale, riportato in Fig. 2, mantiene abbastanza uniforme sia per l'acqua che per il sedimento.

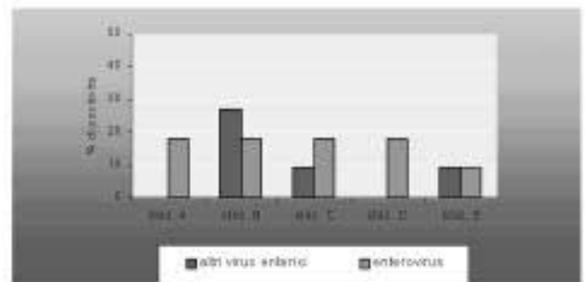
La Fig. 3, relativa alla stazione C, riporta l'andamento della concentrazione degli indicatori fecali in funzione della marea. Si osservano una maggior concentrazione durante la marea di quadratura (prima colonna) e durante la marea di sizia (seconda colonna) una diminuzione non sufficiente a modificare sostanzialmente la qualità microbiologica dell'acqua.

Con riguardo alla frequenza di isolamento dei diversi microrganismi patogeni rispettivamente nell'acqua e nel sedimento, i dati osservati portano alle seguenti considerazioni generali: la ricerca di batteri e virus responsabili non solo di malattie gastroenteriche, come più sotto specificato, conferma l'utilità di misurare l'ipotesi di un rischio sanitario. Tutti i patogeni ricercati sono stati isolati, se pur con frequenze diverse, in tutte le stazioni, ad esclusione del *vibrio parahaemolyticus* che non è mai stato rinvenuto in acqua. La percentuale d'isolamento si abbassa nei campioni di sedimento. Si conferma l'ipotesi che i canali interni di Venezia rappresentino un habitat favorevole alla sopravvivenza e alla moltiplicazione dei patogeni. Per quanto riguarda salmonella, patogeno gastroenterico classico responsabile delle tossinfezioni alimentari, è stato isolato con frequenza maggiore degli altri. I dati degli andamenti stagionali evidenziano una frequenza di isolamento nel 90% dei campioni di acqua nelle campagne di settembre e febbraio. L'assenza di *vibrio parahaemolyticus* può portare a riflettere sulle condizioni ambientali che ne limitano lo sviluppo. Il nostro risultato sembra comunque

confermato da altre ricerche effettuate da autori italiani sulla distribuzione in diverse tipologie di acqua. "*Vibrio cholerae non O1*" non è l'agente del colera ma di forme di diarrea meno gravi. È stato isolato con frequenze simili in tutte le stazioni. Presenta scarsa relazione con gli indicatori fecali, ma elevata persistenza ambientale. Alcuni autori hanno ipotizzato una relazione trofica con i crostacei. Come già indicato, lo studio

Fig. 4

Caratterizzazione microbiologica dei rii
Frequenza di isolamento di virus enterici nell'acqua, nelle stazioni oggetto di studio



sull'inquinamento virale dei canali interni di Venezia appare d'estremo interesse data l'esiguità delle ricerche effettuate per ora al riguardo. I parametri batteriologici classici, infatti, non sempre sono buoni indicatori d'inquinamento virale, a causa della superiore resistenza del virus nell'ambiente.

La Fig. 4 evidenzia l'inquinamento da virus enterici nell'acqua dei canali. Il genere enterovirus che comprende polio virus, coxsackiae, virus A e B, echovirus, enterovirus 68-71, è stato identificato con frequenza maggiore nei campioni d'acqua. Gli enterovirus sono associati ad un largo spettro di malattie che vanno dalle paralisi flaccide e irreversibili a forme di paralisi lievi e transitorie, da disturbi dell'apparato respiratorio fino a miocarditi più o meno gravi e congiuntiviti emorragiche. La loro resistenza dipende dalla matrice ambientale, dalla consistenza delle contaminazioni organiche che esercitano un'azione protettiva sui virus e soprattutto dalla temperatura. L'influenza della temperatura sulla biologia virale è evidenziata nel nostro studio dove si conferma che i virus sopravvivono meglio alle basse temperature ambientali e appaiono poco resistenti alle condizioni climatiche tipiche del periodo estivo. Come numerosi studi dimostrano, l'assorbimento dei virus nel sedimento può prolungare la sopravvivenza degli stessi, concorrendo a mantenere l'inquinamento virale nell'acqua in seguito alla risospensione. I risultati della ricerca evidenziano un notevole grado d'inquinamento da virus enterici sia nei campioni d'acqua che nei sedimenti con conseguente ipotesi di rischio

sanitario prolungato nel tempo.
In conclusione il sistema appare nel suo complesso caratterizzato da un alto grado di fecalizzazione e si rileva la frequente presenza di batteri e virus patogeni.

Alla luce dei risultati chimici e biologici proponiamo la creazione di un programma regolare di sorveglianza dell'inquinamento nei canali interni di Venezia, con i seguenti obiettivi:

- controllare e monitorare l'impatto igienico

sanitario generato dalle acque della città, eventualmente integrato da studi epidemiologici mirati;

- definire e misurare l'impatto dell'inquinamento generato dalla città sul sistema lagunare, attraverso lo studio di modelli sulla diffusione dell'inquinamento chimico e microbiologico;
- verificare l'efficacia degli interventi di risanamento in corso o previsti sui rii.

BIBLIOGRAFIA

- Aulicino F. A., Colombi A., Calcaterra E., Orsini P., Mastantonio A. e Bellucci C., (1996), *Virus enterici da fanghi di impianti di depurazione di liquami domestici*, Ann.Ig., 8:459-467.
- Aulicino F.A., Orsini P., Volterra L. e Muscillo M., (1993), *La ricerca dei virus enterici nelle acque e in varie matrici ambientali*, Istituto Superiore di Sanità 93/20.
- Baroni A. (1996), *Capacità autodepurativa in ambienti salmastri e lagunari, Progetto Sistema Lagunare Veneziano-Summaries of Results*, UNESCO-MURST, Venezia.
- CNR – ISTITUTO DI RICERCA SULLE ACQUE, *Metodi analitici per i fanghi* (1983).
- CNR – ISTITUTO DI RICERCA SULLE ACQUE, *Metodi analitici per le acque* (1994).
- Collwell R.R. e Kaper J., (1977), *Vibrio cholerae, Vibrio parahaemolyticus, and other Vibrios: occurrence and distribution in Chesapeake Bay*, Science 198:394-396.
- Contato E., Sartea A., Magri I., Mirolo G., Tampieri M.L., Simioli P., Barbieri C., Rondelli L. e Gregorio P., (1996), *Isolamenti di Salmonella spp. Nelle acque superficiali e di depurazione nella provincia di Ferrara dal 1987 al 1992*, L'Igiene Moderna, 106:493-502.
- Cossu R. e de Fraja-Frangipane E., (1985), *Stato delle conoscenze sull'inquinamento della Laguna di Venezia*, Servizio Informativo del Consorzio Venezia Nuova, Rapporto Interno, Venezia 4 voll.
- Esther G.L.K., Jung-ho H. e LaRock P.A., (1994), *Pertinence of indicator organisms and sampling variables to Vibrio concentrations*, Appl. Environ. Microbiol., 60:3897-3900.
- Faklam R.R. e Sahm D.F., (1995), *Enterococcus*, in : Murray P.R. (a cura di), *Manual of Clinical Microbiology*, ASM Press, Washington D.C. USA, Chap. 24:308-314.
- Labelle R.L. e Gerba C.P., (1980a), *Influence of estuarine sediment on virus survival under field conditions*. Appl. Environ. Microbiol. 39:749-755.
- Labelle R.L. e Gerba C.P., Goyal S.M., Melnick J.L., Cech I. and Bogdan J.M. (1980b), *Relationship between environmental factors, bacterial indicators and the occurrence of enteric viruses in estuarine sediments*. Appl. Environ. Microbiol. 39:558-596.
- Le Guyader F., Dubois E., Menard D. e Pommepuy M., (1994), *Detection of Hepatitis A Virus, Rotavirus and Enterovirus in naturally contaminated shellfish and sediment by reverse transcription-semi-nested PCR*, Appl. Environ. Microbiol., 60:3665-3671.
- Orio A. e Donazzolo R., (1987), *Specie tossiche ed eutrofizzanti nella Laguna e nel Golfo di Venezia*, In: Commissione di studio di provvedimenti per la conservazione e difesa della Laguna e della Città di Venezia, Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti, 9: 150-214.
- Pasquale V., Iannazzo M.P. e Francolino M.C. (1997), *Distribuzione di Aeromonas e Vibrio spp. Lungo la costa calabra*, Biologi Italiani, 1:27-31.
- Prater B. L. e Anderson M. A., (1977), *A 96-hour bioassay of Otter Creek, Ohio*, J. Water Pollut. Contr. Fed.: 2099-2106.
- Peruzzi F., Bianchi M., Bortoli A., Marzollo A., Carrera F. e Muntau H., (1996), *Presenza e distribuzione di metalli pesanti nei rii del centro storico di Venezia*, Progetto Sistema Lagunare Veneziano- Summaries of results, UNESCO-MURST, Venezia.
- Zanetti S., Deriu A., Montinaro B., Chessa L.A., Serra S., Sechi L. e Fadda G., (1996), *Caratterizzazione della flora microbica vivente nelle praterie di posidonia oceanica (L.) Delile (Sardegna Settentrionale)*, Ig. Mod., 106:503-510.
- Zucchetto G., (1983), *Determinazione dei metalli pesanti nei sedimenti di canali e rii di Venezia*, Ateneo Veneto, 21 (2):91-109.

Hanno collaborato al presente studio:

Aimo Emilia (chimico responsabile, operatore di laboratorio)
Bellazzo Aurora (perito chimico industriale, operatore di laboratorio)
Borghi Germana (tecnico di laboratorio chimico biologico, operatore di laboratorio)
Carrer Marco (biologo operatore di campo)
Cecchinato Caterina (perito chimico industriale, operatore di laboratorio)
Comin Stefano (tecnico di laboratorio, operatore di laboratorio)
Cornello Michele (biologo operatore di campo)
Fortin Monica (tecnico di laboratorio, operatore di laboratorio)
Gambillara Giorgio (perito chimico industriale, operatore di laboratorio)
Giarnio Antonella (perito chimico industriale, operatore di laboratorio)
Maragno Andrea (archeologo subacqueo, operatore di campo)
Marchiori Maurizio (tecnico di laboratorio, operatore di laboratorio)

Pasqualetto Cristina (perito chimico industriale, operatore di laboratorio)
Perazzolo Gianfranco (tecnico di laboratorio chimico biologico, operatore di laboratorio)
Pessa Giuseppe (biologo, operatore di campo)
Rismondo Andrea (biologo, operatore di campo)
Scarton Francesco (naturalista, operatore di campo)
Smania Dario (perito chimico industriale, operatore di campo)
Stradella Silvia (biologo collaboratore UNESCO, operatore di laboratorio)
Tagliapietra Davide (biologo responsabile, operatore di campo)
Troncon Attilio (perito chimico industriale, operatore di laboratorio)
Vazzoler Marina (biologo responsabile, operatore di laboratorio)

Ringraziamenti

Si ringrazia il dott. Sandro Moro per la collaborazione informatica.



Il rio dei Mendicanti dove è stata collocata la stazione di prelievo B.