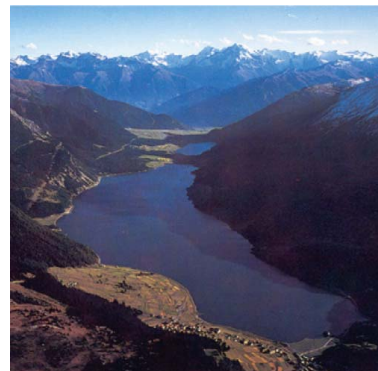


■ *Introduzione*

L'Adige è il secondo fiume d'Italia dopo il Po per lunghezza di corso, ed il terzo, dopo il Po ed il Tevere, per ampiezza di bacino imbrifero; è indubbiamente tra i primi, se non il primo, per la varietà e la complessità dei problemi che esso presenta, considerate le sue caratteristiche idrogeofisiche, l'elevata antropizzazione dei territori che attraversa, il grado di utilizzazione delle sue risorse idriche e, soprattutto, la frequenza e la pericolosità dei suoi straordinari eventi di piena che, nel corso dei secoli, mutarono talvolta il corso delle sue inalveazioni.

L'Adige nasce da una sorgente vicino al lago di Resia a 1586 m di quota, ha un bacino idrografico di 11.954 km², un percorso di 409 km e sfocia in Adriatico a Porto Fossone, poco a sud di Chioggia. La larghezza della sua sezione varia da un minimo di 40 m nel tratto compreso tra Merano e Bolzano, ad un massimo di 269 m tra i cigli interni arginali al ponte di Zevio. La struttura del suo bacino imbrifero è a carattere in prevalenza impermeabile, specialmente nella sua parte superiore ed è appunto questo il motivo del rapido formarsi delle sue piene e dell'altrettanto rapida loro evoluzione.

L'Adige è uno dei fiumi italiani ad ampio bacino il cui deflusso è più sensibile al variare delle precipitazioni meteoriche in dipendenza della notevole incidenza delle aree impermeabili del suo bacino montano. Il suo deflusso medio annuo ammonta a otto miliardi di m³ circa.



*Foto 1 : Sorgente a Passo Resia
e foce a Porto Fossone*



*Foto 2: Adige in situazioni di
magra e di piena nel tratto
di Pescantina*

Orografia

La fisionomia orografica del bacino dell'Adige è sostanzialmente caratterizzata da una grande ampiezza nelle differenze di altitudine tra i rilievi supremi costituiti dalle creste e dalle vette che dominano i gruppi montuosi ed il fondo delle valli.

L'Adige ed i suoi affluenti principali non hanno origine dalle vette dei gruppi montani, ma da selle e valichi alpini e scendono a valle con pendenze limitate mentre i corsi secondari sorgono alle più elevate quote e dopo breve percorso sboccano nei corsi recipienti. Le valli minori convogliano pertanto torrenti rapidissimi e selvaggi che dominano spesso il corso recipiente con le loro piene e con voluminosi ed ampi con di deiezione.

Masse cospicue di materiali detritici, provenienti dalla disgregazione dei versanti, durante le alluvioni vengono trascinate negli alvei torrentizi che recapitano poi in Adige, provocandone il progressivo innalzamento del letto ed aumentando i livelli idrometrici di piena del fiume.

Nel bacino dell'Adige hanno sede 185 ghiacciai per una superficie di 212,2 km², dei quali 155 alimentano il fiume nel tratto dalle origini a Bolzano ed i rimanenti nel tratto a valle della confluenza dell'Isarco. I principali

ghiacciai si trovano nel gruppo della Val Venosta, nelle Alpi Breonie, nelle Alpi Aurine, nelle Alpi Pusteresi e nell'Ortles-Cevedale.

Precipitazioni meteoriche

La distribuzione stagionale delle precipitazioni presenta in generale le caratteristiche del tipo continentale, con un massimo nella stagione estiva ed un minimo, molto accentuato, nell'inverno.

La piovosità, relativamente bassa nella pianura, aumenta sulle Alpi Trentine, che prime si oppongono alle correnti, ed è maggiore sulle parti alte che sul fondo delle valli; verso l'interno delle Alpi, da valle a monte, lungo l'Adige, diminuisce la quantità delle precipitazioni, ma sui gruppi montuosi che fiancheggiano la valle si hanno altezze pluviometriche paragonabili a quelle prealpine.

In tabella 1 si riporta, dalle stazioni pluviometriche, qualche dato caratteristico del periodo 1921- 1966:

Tabella 1: Dati caratteristici dalle stazioni pluviometriche (i dati sono espressi in mm)

Stazione	media annua	totale annuo max	totale mensile
Silandro	472	716	143 (Ago '66)
Cles	887	1.386	403 (Nov '66)
Trento	959	1.401	446 (Ott '53)
Verona	663	1.012	244 (Ago '34)

Notevole è l'influenza, sugli alti livelli idrometrici del periodo primaverile – estivo, dello scioglimento del manto nevoso e dei ghiacciai. Le maggiori piene in tale periodo si verificano in maggio e dipendono, anche e prevalentemente, dalle piogge. Le piogge autunnali sono in generale le più intense e danno origine a piene rapide ed impetuose.

Usi della risorsa idrica

L'uso idroelettrico

Delle risorse idroelettriche nazionali una cospicua parte è fornita dall'Adige. Infatti contro una producibilità media da deflussi naturali dell'ordine di 45 miliardi di kWh/anno, 7,4 miliardi, pari al 16,4% circa, sono producibili nei 224 impianti esistenti nel bacino dell'Adige costruiti per la maggior parte tra il 1924 e il 1968 sull'alto bacino del fiume. Questi sono variamente distribuiti lungo il suo corso e nei sottobacini degli affluenti e vanno dalla quota di 24 m circa dell'impianto di Zevio fino alle più alte quote oltre i 2000 m. Alcuni di tali impianti sono dotati di dighe imponenti e di serbatoi di grande capacità utile con un massimo per l'impianto di Taio – S.Giustina sul Noce la cui diga è alta 152,50 m ed il serbatoio ha una capacità utile di 172 milioni di m³.

Nel complesso la quantità d'acqua che può essere trattenuta dai serbatoi esistenti sull'Adige è di 490 milioni di m³, pari a circa il 6% del deflusso naturale medio annuo del fiume ed al 2% del deflusso naturale medio dei quattro mesi estivi da giugno a settembre. Per riempire i serbatoi viene derivata dall'Adige nei mesi estivi una portata valutabile in 40 m³/s medi circa, poi restituita al fiume prevalentemente nei mesi invernali.

Pressoché senza restituzione è, invece, la portata derivata lungo tutto il corso del fiume per usi diversi da quelli idroelettrici, ammontante a 180 m³/s, di cui 168 m³/s per l'irrigazione di 200.000 ettari circa nel periodo aprile-settembre. In totale nei mesi estivi, cioè quando diviene più acuto il problema ecologico per le connessioni con i fenomeni di diluizione degli inquinanti e di ossigenazione del residuo corpo idrico, viene sottratta alla corrente dell'Adige una portata media valutabile, nel suo tratto terminale, all'incirca in 200 m³/s.

Al fine di disciplinare detto prelievo, e con lo scopo, peraltro, di impedire la formazione di pericolosi scanni sabbiosi alla foce del fiume e la dannosa risalita dal mare del cuneo salino, il Magistrato alle Acque stabili nel 1964 in 110 m³/s la portata di rispetto minima da assicurare all'ultimo tronco del fiume negli anni di deflusso

normale, ed in 90 m³/s negli anni di magra eccezionale. Peraltro la mancata sanzione ministeriale di tale provvedimento, il precario coordinamento tra derivazioni industriali e derivazioni irrigue, i conflitti di competenza ma, soprattutto, l'assenza di controlli veramente efficaci, non garantiscono l'osservanza dei limiti suddetti.

L'uso irriguo

In provincia di Bolzano vengono prelevati dall'Adige e dai suoi affluenti, circa 9 m³/s, in provincia di Trento 21,65 m³/s, in provincia di Verona da 124 fino ad un massimo di 137 m³/s. Ciò avviene solo nel periodo aprile - settembre. Si deve aggiungere, nei periodi primaverile, estivo, autunnale, e soprattutto nella parte montana, l'uso antincendio e antibrina che rappresentano però situazioni eccezionali.



Figura 1: Il bacino del fiume Adige

L'uso zootecnico

Gli animali di grossa taglia (bovini, equini, suini adulti) richiedono fino a 100 l/d per capo, gli allevamenti avicoli fino a 5 l/d per capo. Le diverse tecniche di allevamento portano ovviamente alla variazione di questi dati. Nel tratto veronese del bacino dell'Adige il prelievo d'acqua arriva a 8000 m³/d.

L'uso acqua coltura

Nel tratto veronese del bacino dell'Adige la superficie complessiva delle vasche per acquacoltura è di 6 ha, per una produzione complessiva di 6200 q.li di trota iridea e 150 q.li di carpe. Viene richiesta una portata complessiva di 2,76 m³/s di cui circa 1 m³/s da risorgiva o da pozzi e il resto da corsi d'acqua, dove avvengono gli sversamenti degli scarichi (dati del 1981).

L'uso industriale

Per le raffinerie di petrolio si va da 93.700 a 99.500 m³/addetto/anno, con un coefficiente di riciclo dell'acqua veramente modesto (5%); all'interno dell'industria chimica si ha per la produzione di prodotti chimici primari 55.800 m³/addetto/anno con un coefficiente di riciclo del 40%, ma in questo caso la maggior parte dell'acqua viene utilizzata per il raffreddamento. Anche la produzione di fertilizzanti, sempre all'interno dell'industria chimica, richiede una grossa quantità d'acqua: 29.300 m³/addetto/anno con un coefficiente di riciclo del 58%; l'uso di raffreddamento raggiunge il 97%; l'industria della carta necessita di 15.000 m³/addetto/anno con il 12% per il raffreddamento e un coefficiente di riciclo del 65%. Nell'industria alimentare, gli zuccherifici registrano un prelievo di 9150 m³/addetto/anno, emunti principalmente da corsi d'acqua superficiali.

L'uso potabile

Per quanto riguarda gli approvvigionamenti idrici nella provincia di Bolzano il 61% della popolazione viene rifornita da acqua prelevata da sorgenti, il 38% viene approvvigionata da acqua estratta da pozzi e solo 10,4% viene rifornita da acqua derivata da acque superficiali. Nella provincia di Trento per l'uso potabile la portata derivata complessiva da corso d'acqua, da sorgente o da pozzo nel bacino dell'Adige è di circa 3 m³/s.

La provincia di Verona, territorio ricchissimo di acque profonde, si alimenta pressoché totalmente dalle falde acquifere, sia in sinistra che in destra d'Adige. Solo il comune di Castagnaro (ultimo comune della provincia di Verona) si approvvigiona con acqua del fiume, così come parte delle province di Padova, Rovigo e Venezia.

Il Consorzio Acquedotto Alto Polesine preleva 307 l/s per servire 14 comuni del rodigino con 50.700 abitanti; il Consorzio Acquedotto Bassa padovana 150 l/s per 21 comuni del padovano con 68.600 abitanti; il Consorzio Acquedotto dell'Adige 250 l/s per 11 comuni sempre del padovano per 46.700 abitanti; l'Acquedotto

Consorzio di Rovigo 330 l/s per 9 comuni con 76.100 abitanti; il Consorzio Acquedotto Conselvano Roncette 295 l/s per 17 comuni del padovano per 79.700 abitanti; il Consorzio Acquedotto Valli Piovese 230 l/s per 9 comuni del padovano e 1 del veneziano per 60.000 abitanti; il Consorzio Acquedotto Delta Po emunge dall'Adige 340 l/s per 10 comuni del rodigino e 1 del veneziano con 90.000 abitanti; l'A.S.P. di Chioggia 400 l/s per 1 comune del veneziano con 54.000 abitanti residenti, ma 200.000 nel periodo estivo; infine l'acquedotto di Albarella 190 l/s per 1 comune del rodigino con 500 abitanti residenti, che arrivano fino a 40.000 nel periodo estivo.

In totale, dal basso Adige, vengono prelevati circa 2,5 m³/s che, dopo aver subito il processo di potabilizzazione, entrano nelle abitazioni dei comuni interessati.

■ La valutazione della qualità biologica: Indice Biotico Esteso (I.B.E.)

■ ■ Introduzione

L'Indice Biotico Esteso, già introdotto nella normativa italiana con il D.Lgs. 25/01/92 n.130, come metodo supplementare da utilizzare per una più estesa valutazione della qualità delle acque, permette di stimare il livello di impatto antropico sulle comunità degli ecosistemi acquatici. La stesura definitiva ed aggiornata del Manuale di Applicazione del metodo risale al 1997 (Ghetti, 1997).

Scopo dell'Indice è quello di formulare diagnosi della qualità di ambienti di acque correnti sulla base delle modificazioni nella composizione delle comunità di macroinvertebrati bentonici (Foto 3) che per convenzione sono quelli trattenuti con il retino costituito da 21 maglie per cm, organismi ritenuti particolarmente indicativi dello stato di qualità delle acque in relazione al fatto che, colonizzando stabilmente il substrato dei corsi d'acqua, reagiscono prontamente alle alterazioni ambientali modificando l'entità della loro presenza, in termini di abbondanza relativa e di numero di unità sistematiche, rispetto a una comunità di riferimento che vive in ambienti non alterati (Ghetti, 1997).



Foto 3: Macroinvertebrati bentonici

Lo studio della comunità di macroinvertebrati bentonici presente in una stazione di interesse consiste:

- > nella determinazione tassonomica degli organismi presenti al livello definito dal metodo, livello che viene indicato Unità Sistematica (U.S.) (Tabella 2);
- > nel calcolo delle Unità Sistematiche totali.

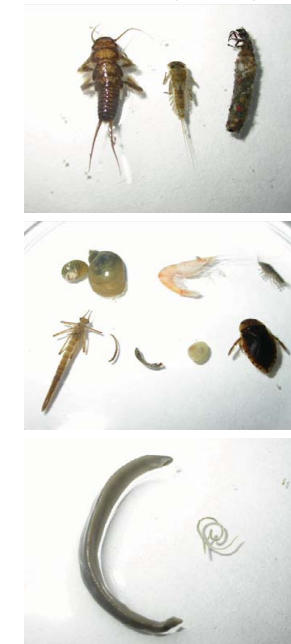
La scelta di questi organismi come indicatori è legata a diverse ragioni:

- > si tratta di organismi ubiquitari, relativamente facili da campionare e da identificare;
- > numerose specie sono sensibili all'inquinamento ed esiste una conoscenza approfondita della loro autoecologia;
- > rispondono adeguatamente a differenti tipi di impatti;
- > hanno durata di vita abbastanza lunga e possono quindi registrare gli eventi che si susseguono nell'ambiente in cui vivono;
- > vivono preferibilmente su substrati e non sono soggetti a migrazioni continue cosicché possono riflettere con immediatezza la qualità dell'acqua e del sedimento.

Tabella 2. Comunità dei macroinvertebrati bentonici. Limiti obbligati per la definizione delle Unità Sistematiche

Gruppi faunistici	Livelli di determinazione tassonomica per definire le unità sistematiche (U.S.)
Plecoteri	Genere
Tricotteri	Famiglia
Efemerotteri	Genere
Coleotteri	Famiglia
Odonati	Genere
Ditteri	Famiglia
Eterotteri	Famiglia
Crostacei	Famiglia
Gasteropodi	Famiglia
Bivalvi	Famiglia
Tricladi	Genere
Irudinei	Genere
Oligocheti	Famiglia
Altri taxa da considerare nel calcolo dell'I.B.E.	
Sialidae (Megalotteri)	
Osmyliidae (Planipenni)	
Protostoma (Nemertini)	
Gordiidae (Nematomorfi)	

Foto 4: dall'alto al basso macroinvertebrati con sensibilità decrescente rispetto all'inquinamento



L'I.B.E. per le sue caratteristiche risulta molto utile nelle diagnosi di qualità di interi reticoli idrografici, per il controllo nel tempo dell'evoluzione di questa qualità, per stimare l'impatto prodotto da scarichi inquinanti puntiformi e diffusi, continui e accidentali, per valutare l'impatto di trasformazioni fisiche dell'alveo, nell'elaborazione di carte ittiche, per valutare le capacità autoregolatrici di un corso d'acqua (Ghetti, 1997).

■ ■ Procedura di calcolo e di valutazione della qualità biologica delle acque correnti

La definizione del valore dell'I.B.E. è fondata sulla presenza di taxa indicatori stabiliti dal metodo e sulla ricchezza totale di U.S. delle comunità. Il monitoraggio non deve essere eseguito nel periodo immediatamente successivo ad un'asciutta (dopo 20-30 giorni) o ad una forte piena (dopo 7-10 giorni) perché devono essere rispettati i tempi di piena ricolonizzazione del fondale. Inoltre il campionamento per il calcolo dell'indice non deve essere eseguito immediatamente a valle dell'immissione di uno scarico (industriale o urbano) o di un qualsiasi affluente perché deve essere rispettata la minima distanza che garantisce il completo rimescolamento delle acque (Ghetti, 1997).

La definizione del valore dell'indice da assegnare ad una determinata sezione del corso d'acqua in esame si basa su una tabella a due entrate riportata di seguito:

- > in ordinata sono riportati alcuni gruppi di macroinvertebrati che, dall'alto verso il basso, riflettono una minore sensibilità ai fattori di alterazione della qualità dell'ambiente;
- > in ascissa invece sono riportati gli intervalli numerici che fanno riferimento al numero totale di Unità Sistematiche rinvenute nella stazione di campionamento.

Una volta determinati gli organismi al livello richiesto ed il numero di Unità Sistematiche, il calcolo dell'indice si attua utilizzando per prima l'entrata orizzontale, in corrispondenza della U. S. più sensibile presente nella comunità della stazione in esame. Va posta particolare attenzione a questa fase, perché è quella che può determinare gli errori più gravi.

Si procede poi con l'entrata verticale che va effettuata in corrispondenza della colonna che comprende il numero totale di U. S. che formano la comunità in esame.

Il valore dell'indice è dato dal valore corrispondente alla casella che si trova all'incrocio della riga di entrata orizzontale (scala di sensibilità) con la colonna di entrata verticale (ricchezza in taxa) ed esprime numericamente lo stato di qualità biologica di un ambiente.

L'indice dà valori discreti, ma il metodo prevede anche l'apprezzamento di livelli intermedi che riflettono situazioni di passaggio tra due condizioni. I valori intermedi consentono così di fornire alla scala dell'I.B.E. una maggiore continuità, evitando stacchi eccessivi tra i valori dell'indice.

I valori decrescenti dell'indice vanno intesi come un progressivo allontanamento da una condizione "ottimale o attesa", definita dalla composizione della comunità che dovrebbe colonizzare quella determinata tipologia fluviale in condizioni di "buona efficienza dell'ecosistema" (Ghetti, 1997).

I valori di IBE sono raggruppati in cinque Classi di Qualità (C.Q.), ciascuna individuata da un numero romano (vedi tabella 7).

Tabella 3. Calcolo del valore di I.B.E.

Gruppi faunistici che determinano con la loro presenza l'ingresso orizzontale in tabella (primo ingresso)		Numero totale delle Unità Sistematiche costituenti la comunità (secondo ingresso)									
		0-1	2-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-...	
Plecotteri presenti (Leuctra [°])	Più di una U.S.	-	-	8	9	10	11	12	13*	14*	
	Una sola U.S.	-	-	7	8	9	10	11	12	13*	
Efemerotteri presenti (escludere Baetidae, Caenidae) ^{°°}	Più di una U.S.	-	-	7	8	9	10	11	12	-	
	Una sola U.S.	-	-	6	7	8	9	10	11	-	
Tricotteri presenti (comprendere Baetidae e Caenidae)	Più di una U.S.	-	5	6	7	8	9	10	11	-	
	Una sola U.S.	-	4	5	6	7	8	9	10	-	
Gammaridi e/o Attiidi e/o Palemonidi presenti	Tutte le U.S. sopra assenti	-	4	5	6	7	8	9	10	-	
Asellidi e/o Nifhargididi presenti	Tutte le U.S. sopra assenti	-	3	4	5	6	7	8	9	-	
Oligocheti o Chironomidi	Tutte le U.S. sopra assenti	1	2	3	4	5	-	-	-	-	
Altri organismi**	Tutte le U.S. sopra assenti	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Legenda:											
[°] : nelle comunità in cui LEUCTRA è presente come unico taxon di Plecotteri e sono contemporaneamente assenti gli Efemerotteri (o presenti solo Baetidae e Caenidae), LEUCTRA deve essere considerata a livello dei Tricotteri per definire l'entrata orizzontale in tabella;											
^{°°} : per la definizione dell'ingresso orizzontale in tabella le famiglie Baetidae e Caenidae vengono considerate a livello dei Tricotteri;											
-: giudizio dubbio, per errore di campionamento, per presenza di organismi di drift erroneamente considerati nel computo, per ambiente non colonizzato adeguatamente, per tipologie non valutabili con l'I.B.E. (es. sorgenti, acque di scioglimento di neve, acque ferme, zone deltizie, salmastre);											
[*] : questi valori di indice vengono raggiunti raramente nelle acque correnti italiane per cui occorre prestare attenzione, sia nell'evitare la somma di biotipologie (incremento artificioso della ricchezza in taxa), che nel valutare gli effetti prodotti dall'inquinamento trattandosi di ambienti con elevata ricchezza in taxa.											

Tabella 4. Giudizio di qualità in funzione del valore di I.B.E.

Classi di qualità	Valore di I.B.E.	Giudizio di qualità	Colore relativo alla Classe di Qualità
Classe I	10-11-12-...	Ambiente non inquinato o comunque non alterato in modo sensibile	
Classe II	8-9	Ambiente con moderati sintomi di inquinamento o di alterazione	
Classe III	6-7	Ambiente molto inquinato o comunque alterato	
Classe IV	4-5	Ambiente molto inquinato o comunque molto alterato	
Classe V	0-1-2-3	Ambiente fortemente inquinato e fortemente alterato	

Queste classi consentono di rappresentare la qualità dei corsi d'acqua mediante cinque intervalli di giudizio, piuttosto ampi e quindi meno soggetti, rispetto all'indice numerico, agli errori ricorrenti di una valutazione così complessa. Anche per le C.Q. possono venire espressi livelli di giudizio intermedi fra due C.Q. Inoltre le cinque C.Q. possono essere facilmente visualizzate in cartografia mediante i colori convenzionali (azzurro, verde, giallo, arancione, rosso) o altro simbolismo grafico (vedi tabella 4). I valori intermedi fra le classi vengono rappresentati mediante il tratteggio formato dai colori corrispondenti alle due classi.

Questo artificio grafico consente di rappresentare direttamente in cartografia il giudizio sullo stato di qualità di un determinato tratto di corso d'acqua e di programmare in modo adeguato la distribuzione delle sezioni di campionamento lungo un intero corso d'acqua o un reticolo idrografico e di realizzare così delle mappe di qualità di questi ambienti (Ghetti, 1997).

■ ■ Caratterizzazione della qualità biologica

La qualità biologica del fiume Adige viene controllata presso le stazioni di Brentino Belluno e di Albaredo d'Adige: tali localizzazioni sono strategiche al fine di valutare la qualità dell'acqua in ingresso ed in uscita dal territorio provinciale.



Figura 2. Localizzazione stazioni di campionamento sull'asta dell'Adige.

■ ■ La stazione di Brentino Belluno

La prima stazione monitorata, nel comune di Brentino Belluno, presenta le seguenti caratteristiche:

- > velocità della corrente: media e con limitata turbolenza;
- > granulometria del substrato: ciottoli, massi, ghiaia, sabbia;
- > vegetazione acquatica-copertura alveo: assente;
- > vegetazione riparia: arborea, erbacea;
- > ambiente circostante: in destra orografica è residenziale mentre in sinistra orografica è agrario.

L'alveo presenta la larghezza di circa 50 metri in condizioni di piena. La portata del fiume varia in funzione della stagione e ciò influisce sulla larghezza dell'alveo bagnato.

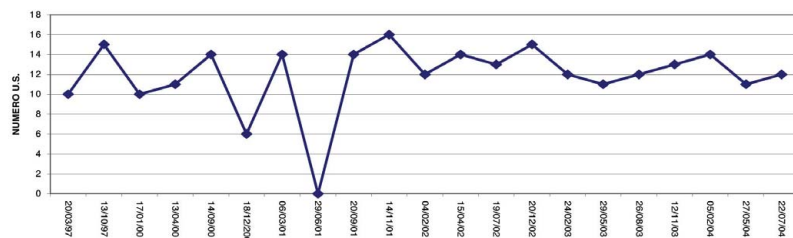


Foto 5: La stazione di campionamento di Brentino Belluno.

Nel periodo considerato, la stazione di Brentino Belluno oscilla tra la II e la III Classe di Qualità cioè tra un Ambiente che presenta moderati sintomi di inquinamento o di alterazione e un Ambiente inquinato o comunque significativamente alterato. In particolare si nota un peggioramento dalla II alla III classe di Qualità dall'autunno all'inverno del 2000 a causa di un brusco abbassamento della numerosità delle U.S.; si evidenzia, infatti, la scomparsa di Plecotteri, Gasteropodi ed Oligocheti e tale situazione rimane invariata per quasi tutto il 2001.

Nell'inverno 2000 è stato rinvenuto il numero più basso di Unità Sistematiche totali (6) che ha comportato l'assegnazione del più basso valore di I.B.E. (6) registrato in questa stazione. Nell'estate 2001 non è stato addirittura possibile attribuire un valore di I.B.E., poiché il numero di U. S. è risultato del tutto insufficiente: gli organismi rinvenuti erano attribuibili a presenze di tipo occasionale e temporaneo, situazione questa denominata "drift", eccettuato qualche Efemerottero. Questa situazione è imputabile ad una piena rovinosa, che ha alterato profondamente l'intero ambiente fluviale rendendo molto problematica la ricolonizzazione del fondale da parte dei macroinvertebrati.

Figura 3. Andamento delle Unità Sistematiche per la stazione di Brentino Belluno.



Nel 2002 e per quasi tutto il 2003 si è assistito ad un progressivo miglioramento della qualità biologica del fiume che da una III C.Q. è tornato a presentare una C.Q. con valori di I.B.E. oscillanti tra 8 e 9. La ragione è dovuta principalmente al fatto che sono ricomparsi stabilmente i Plecotteri, i Coleotteri, e i Tricladi e gli stessi Oligocheti sono tornati in abbondanza a colonizzare l'alveo dell'Adige. Le U.S. totali rinvenute in questo periodo risultano comprese nell'intervallo 11-15. Un ulteriore abbassamento della qualità, dalla II alla III C.Q., si è verificato dall'inverno 2003 alla primavera di quest'anno. A ciò ha contribuito nuovamente il mancato rinvenimento di Plecotteri e di Gasteropodi e la minore presenza di Oligocheti.

Nell'ultimo campionamento estivo (22/07/04) la situazione è nuovamente migliorata. Si è infatti ripristinata una II C.Q. attestata, in particolare, dalla ricomparsa dei Plecotteri del genere Leuctra. In conclusione si

può affermare che questa stazione a monte della provincia di Verona presenta una qualità biologica ancora accettabile e solo in alcune situazioni risulta "inquinata o significativamente alterata".

Figura 4. Andamento del valore di I.B.E. per la stazione di Brentino Belluno.

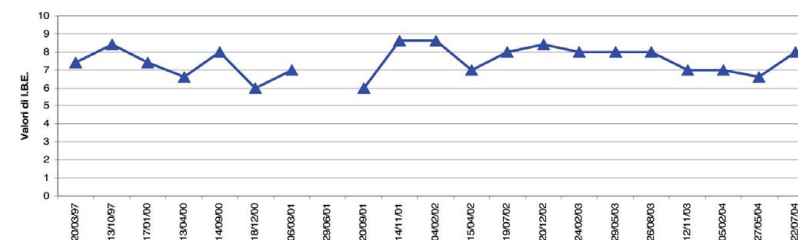


Figura 5. Andamento della classe di qualità per la stazione di Brentino Belluno.

C.Q.	20/03/1997	13/10/1997	17/01/2000	13/04/2000	14/09/2000	18/12/2000	06/03/2001	29/06/2001	20/09/2001	14/11/2001	04/02/2002	15/04/2002	19/07/2002	20/12/2002	24/02/2003	29/05/2003	26/08/2003	12/11/2003	05/02/2004	27/05/2004	22/07/2004
V																					
IV																					
III																					
II																					
I																					

■ ■ La stazione di Albaredo d'Adige

La stazione di Albaredo d'Adige presenta le seguenti caratteristiche:

- > velocità di corrente: media e laminare;
- > granulometria del substrato: ghiaia e prevalenza di sabbia;
- > vegetazione acquatica-copertura alveo: assente;
- > vegetazione riparia: erbacea;
- > ambiente circostante in destra ed in sinistra orografica: agrario;

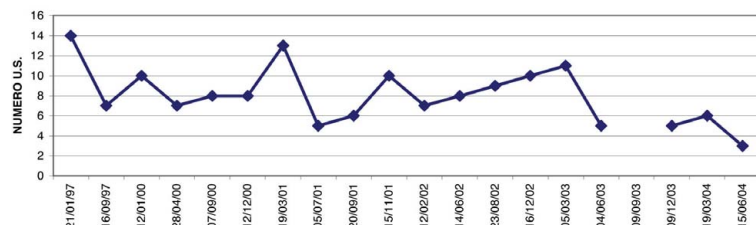
L'alveo presenta la larghezza di circa 50 metri in condizioni di piena. La portata del fiume varia in funzione delle stagioni e ciò non influisce in modo significativo sulla larghezza dell'alveo bagnato, ma soprattutto sulla profondità dell'acqua.



Foto 6: Stazione di Albaredo d'Adige

Presso la stazione di Albaredo d'Adige si è assistito ad un progressivo peggioramento della qualità biologica dall'inizio del periodo dei controlli stagionali ad oggi. Da una II C.Q. misurata nell'inverno del 1997, ossia un ambiente con moderati sintomi di inquinamento o di alterazione, si passa ad una III C.Q. nell'autunno dello stesso anno e addirittura, nella stessa stagione del 2001, ad una IV C.Q., classe caratteristica di un ambiente molto inquinato o alterato. Questa situazione molto negativa, che in precedenza ha interessato il tratto in esame solo in periodi limitati- settembre 2001 e febbraio 2002, si è invece instaurata stabilmente da un anno a questa parte.

Figura 6: Andamento delle Unità Sistematiche presso la stazione di Albaredo d'Adige.



Nell'inverno del '97 sono state rinvenute molte U.S. (14) e si è registrata un'elevata presenza di Efemerotteri, Tricotteri, Gasteropodi, Irudinei, Oligocheti nonché Plecotteri di drift, che hanno comportato un valore di I.B.E. di 8. Per tutto il 2000 e nell'inverno del 2001 è stata riscontrata una III C.Q. Nell'estate del 2001, analogamente alla stazione di Brentino Belluno, non è stato possibile assegnare alcun valore dell'I.B.E. a causa del numero troppo basso di U.S. conseguente alla forte piena verificatasi in primavera. Anche il campionamento successivo (20/09/01) è stato probabilmente condizionato dalla piena e l'assegnazione di una IV C.Q. è attribuibile al fatto che la comunità dei macroinvertebrati non era ancora riuscita a ricolonizzare il substrato fluviale.

Nel corso del 2002 e parte dell'anno scorso la stazione è riuscita a riportarsi su valori corrispondenti a una III C.Q. grazie all'aumento del numero totale di U.S. rinvenute e in particolare all'aumento di Efemerotteri, di Tricotteri e di Gasteropodi.

Anche nell'estate del 2003 (09/09/03) non è stato possibile attribuire alcun valore di I.B.E. Questa volta la causa è da attribuire alla forte siccità della scorsa estate che ha depresso decisamente la portata dei corsi d'acqua della pianura e ha decimato la fauna macrobentonica. Durante un periodo di magra, infatti, tutti i corpi idrici presentano un peggioramento della qualità ambientale legato alla riduzione della superficie di alveo bagnato e della velocità della corrente, all'aumento della temperatura dell'acqua e alla diminuzione dell'ossigeno disciolto. La riduzione della portata inoltre determina un maggior impatto di eventuali immissioni di acque di scarico in quanto si riduce la diluizione degli stessi.

Gli ultimi tre campionamenti, relativi all'autunno - inverno del 2003 e primavera - estate del 2004 attestano una ormai consolidata IV C.Q. che caratterizza un Ambiente molto inquinato o comunque molto alterato. Vengono rilevati valori bassissimi di U.S. totali (da 3 a 5) in quanto i Plecotteri, gli Efemerotteri, i Coleotteri, i Gasteropodi e gli Irudinei risultano praticamente scomparsi, salvo casi di drift, e sono marcatamente diminuiti anche gli Oligocheti. Sono presenti comunque, in quantità peraltro non abbondante, Ditteri, Crostacei ed Eterotteri che con la loro presenza permettono comunque il calcolo del valore di I.B.E.

Questa situazione è indicativa del notevole impatto che esercitano sulle acque del fiume Adige gli apporti inquinanti della città di Verona e dei distretti agricoli ed industriali localizzati nelle parti sud-orientale della Provincia.

Figura 7: Andamento del valore di I.B.E. per la stazione di Albaredo d'Adige.

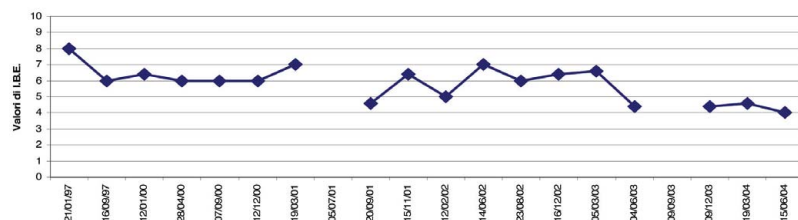
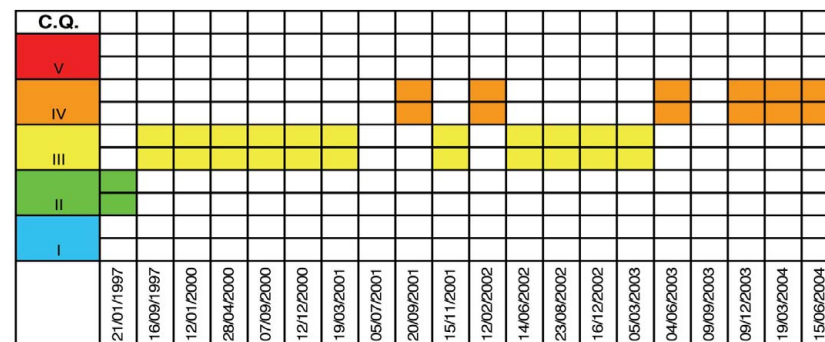


Figura 8: Andamento della classe di qualità biologica per la stazione di Albaredo d'Adige.



Confronto dei dati di I.B.E. tra le stazioni di Brentino Belluno e Albaredo d'Adige

Il confronto dei risultati relativi alle stazioni di Brentino Belluno e Albaredo evidenzia che le comunità che le colonizzano risultano molto diversificate in relazione al tipo e all'entità dell'impatto antropico che le caratterizza.

Per quanto riguarda i Plecotteri si può notare che a Brentino Belluno sono rappresentati molti generi anche se non è sempre possibile utilizzarli per il calcolo dell'I.B.E. in quanto presenti come drift. Ad Albaredo, invece, questo gruppo compare molto raramente e comunque sempre in condizione di drift; il genere *Leuctra* è stato rinvenuto in questa forma in quattro campionamenti e come è noto, all'interno del gruppo dei Plecotteri, risulta tra i meno sensibili. In questa stazione spesso si registra l'assenza di Plecotteri ed Efemerotteri e sono quindi i Tricotteri a determinare il livello di entrata orizzontale per il calcolo del valore dell'I.B.E.

Anche per quanto attiene agli Efemerotteri, nella stazione di Brentino Belluno si riscontra spesso abbondante (U-L) il genere *Ecdyonurus* (Heptageniidae) che risulta particolarmente sensibile all'inquinamento, mentre ad Albaredo questo genere o è presente come drift o, nella gran parte dei casi, raggiunge a malapena il numero minimo di presenze per essere considerato nel calcolo dell'I.B.E.

Il gruppo dei Tricotteri è abbastanza rappresentato sia a Brentino che ad Albaredo con la differenza che nella prima stazione viene rilevato sempre in maggiore quantità.

Coleotteri e Odonati, specie che prediligono un microhabitat ripario con abbondante vegetazione, sono poco presenti in entrambe le stazioni. In particolare gli Odonati sono stati rinvenuti una sola volta a Brentino e in nessuna occasione ad Albaredo. Infatti le rive di entrambe le stazioni risultano arboreo-arbustive o erbacee e non sono mai ricoperte, o lo sono in quantità molto modesta, da canneti o altre macrofite.

Ditteri, Crostacei e Gasteropodi non mostrano rilevanti differenze tra le due stazioni e ciò concorda col fatto che sono riconosciuti come intermedi nella scala di sensibilità all'inquinamento illustrata in foto 5. Complessivamente, a Brentino Belluno si riscontra per questi gruppi una maggiore ricchezza sistematica. La famiglia Gammaridae è presente in numero più abbondante ad Albaredo dal momento che essa sopporta meglio la presenza di carichi inquinanti soprattutto di natura organica.

I Tricladi colonizzano un gran numero di ambienti dalle sorgenti montane sino alle acque lentiche di pianura, purché di buona qualità. Nel periodo in esame sono stati rinvenuti tre generi a Brentino Belluno e nessuno ad Albaredo.

Gli Oligocheti non presentano sostanziali differenze tra le due stazioni; vivono infatti in tutti gli ambienti, dai fiumi lentiche con fondali fangosi e abbondante vegetazione acquatica alle acque correnti con substrati litici.

Alcune specie tollerano livelli elevati di inquinamento e addirittura se ne avvantaggiano formando colonie numerosissime in ambienti molto degradati. Sono stati rinvenuti inoltre Gordiidae (Nematomorfi) a Brentino Belluno in un unico campionamento (20/09/01); tale taxa è frequente in sorgenti, ruscelli e torrenti ma più raro nel tratto planiziale.

Resta da considerare il gruppo degli Eterotteri, che predilige acque stagnanti o con bassa velocità di corrente (paludi, pozze) e dal punto di vista ecologico non sono molto importanti come indicatori di qualità. La loro presenza contribuisce ad aumentare il numero totale delle Unità Sistematiche considerate. In accordo con le caratteristiche ambientali che questo taxa predilige, esso è stato rinvenuto ad Albaredo in sei campionamenti, ma soltanto in quello del 09/10/03 gli organismi rinvenuti hanno raggiunto il minimo di presenze necessarie per essere utilizzati nel calcolo dell'I. B. E.

Si è ritenuto interessante confrontare l'andamento della numerosità di due gruppi di macroinvertebrati che, nell'ambito dello studio effettuato, si sono rivelati particolarmente significativi: i Plecotteri e i Tricliadi. I Plecotteri (figura 9) perché comprendono i taxa più sensibili all'inquinamento e i Tricliadi (figura 10) perché sono ubiquitari ma colonizzano soltanto ambienti di acque pulite.

Figura 9: Confronto dell'andamento del numero di U.S. di Plecotteri nelle due stazioni di Brentino Belluno ed Albaredo d'Adige

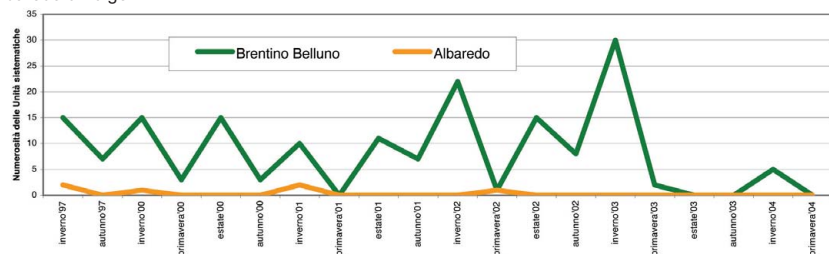
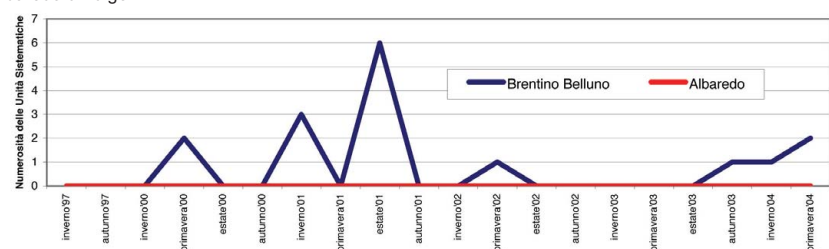


Figura 10: Confronto dell'andamento del numero di U.S. di Tricliadi nelle due stazioni di Brentino Belluno ed Albaredo d'Adige



Il confronto fa risaltare in modo netto la diversità della qualità ambientale dei due tratti del fiume. Ad Albaredo la presenza dei Plecotteri risulta sporadica con al massimo un paio di U.S. mentre i Tricliadi non sono addirittura mai stati rilevati. In conclusione:

- > Brentino Belluno conserva un discreto stato di qualità malgrado presenti sintomi di inquinamento o di alterazioni;
- > Albaredo presenta attualmente un livello di qualità molto scadente definibile come "ambiente molto inquinato o comunque significativamente alterato".

In quest'ultimo tratto dell'Adige si fanno risentire pesantemente gli effetti dell'impatto della città di Verona e dei distretti agricoli ed industriali localizzati nelle parti sud-orientale della Provincia.

Il livello di inquinamento da macrodescrittori

Introduzione

Per stabilire lo stato di qualità di un corso d'acqua si è utilizzato il sistema adottato dalla legislazione italiana e che viene riportato nell'allegato 1 al Decreto Legislativo 156/99. Tale sistema consiste nel valutare, per ogni corso d'acqua considerato, solo i valori di alcuni parametri ritenuti significativi al fine di una classificazione di qualità. I parametri scelti sono riconducibili alle principali cause (o ai principali effetti) dell'inquinamento delle acque. Tali parametri sono l'ossigeno disciolto, il B.O.D.5, il C.O.D., l'azoto ammoniacale e nitrico, il fosforo totale e gli escherichia coli.

Le analisi sull'acqua vanno effettuate con cadenza mensile e sull'insieme dei risultati ottenuti dalla fase analitica bisogna calcolare, per ciascuno dei parametri il 75° percentile della serie annua;

Si individua la colonna di Tabella 5 in cui ricade il risultato ottenuto e si determina così il punteggio da attribuire a ciascun parametro. Si ripete tale operazione di calcolo per ciascun parametro della tabella e si sommano tutti i punteggi ottenuti;

Si individua il Livello di Inquinamento espresso dai Macrodescrittori (LIM) in base all'intervallo in cui ricade il valore della somma dei punteggi ottenuti dai diversi parametri, come indicato nell'ultima riga della tabella.

Tabella 5: Livello di inquinamento dei macrodescrittori (tab. 7 dell'Allegato 1 al D.Lgs. 152/99)

Parametro	Livello 1	Livello 2	Livello 3	Livello 4	Livello 5
100 – O.D. (% sat.) (*)	≤ 10 (#)	≤ 20	≤ 30	≤ 50	> 50
BOD ₅ (O ₂ mg/L)	< 2,5	≤ 4	≤ 8	≤ 15	> 15
COD (O ₂ mg/L)	< 5	≤ 10	≤ 15	≤ 25	> 25
A.Ammoniacale (N mg/L)	< 0,03	≤ 0,10	≤ 0,5	≤ 1,50	> 1,50
A.Nitrico (N mg/L)	< 0,3	≤ 1,5	≤ 5,0	≤ 10,0	> 10,0
Fosforo totale (P mg/L)	< 0,07	≤ 0,15	≤ 0,30	≤ 0,60	> 0,60
E. coli (UFC/100 mL)	< 100	≤ 1.000	≤ 5.000	≤ 20.000	> 20.000
Punteggio da attribuire per ogni parametro analizzato (75° percentile del periodo di rilevamento)	80	40	20	10	5
LIVELLO DI INQUINAMENTO DAI MACRODESCRITTORI	480 – 560	240 – 475	120 – 235	60 – 115	< 60

Cosa rappresentano i macrodescrittori

BOD₅ (Domanda Biochimica di Ossigeno)

La domanda di ossigeno biologico indica la quantità di ossigeno consumato dai microrganismi aerobi per l'ossidazione biologica delle sostanze organiche.

La misura viene effettuata in condizioni standard a 20°C per 5 giorni in laboratorio. Elevati valori di BOD₅ evidenziano un'intensa attività batterica e sono quindi indicatori di un inquinamento di tipo organico biodegradabile.

Il materiale organico può provenire sia dai fonti naturali, di origine vegetale e/o animale, sia antropiche. Fonti antropiche possono essere gli scarichi di industrie quali cartiere, tintorie, distillerie, frantoi, caseifici e industrie alimentari in genere. La domanda biochimica di ossigeno può provocare nelle acque fenomeni di deossigenazione e con conseguenti elevati valori di BOD₅.

Azoto ammoniacale

L'azoto ammoniacale deriva dalla degradazione di composti organici azotati. Esso viene perciò considerato indice di inquinamento recente di origine civile. In corsi d'acqua ben ossigenati l'azoto ammoniacale risulta assente o presente in tracce poiché viene ossidato velocemente ad azoto nitrico. Le fonti principali sono rappresentate da scarichi fognari, allevamenti zootecnici e reflui delle industrie alimentari e chimiche.

Azoto nitrico

I nitrati si formano dalla completa ossidazione dell'azoto ammoniacale ad opera della flora batterica presente nelle acque, attraverso un prodotto intermedio costituito dai nitriti (NO₂⁻). La presenza di nitrati nelle acque è dovuta agli scarichi urbani, agli allevamenti zootecnici, alle acque provenienti dal dilavamento dei terreni trattati con fertilizzanti ed agli scarichi industriali. Una elevata concentrazione di nitrati, associata alla presenza abbondante di fosfati, e in condizioni favorevoli di temperatura, determina il fenomeno della eutrofizzazione.

C.O.D. (Domanda Chimica di Ossigeno)

Il C.O.D. corrisponde alla concentrazione di ossigeno necessaria per ossidare le sostanze organiche ed inorganiche presenti nell'acqua. È un parametro fondamentale nel controllo di qualità di un corso d'acqua, poiché è una misura del grado di inquinamento sia di tipo civile che industriale.

Fosforo Totale

Il fosforo ha un'origine organica derivante dalla decomposizione della materia organica. A questo si aggiunge il fosforo derivante dai fertilizzanti chimici dilavati dai suoli coltivati per effetto delle piogge, dagli scarichi civili (di origine metabolica e dai detersivi), dagli scarichi industriali.

Il fosforo è generalmente presente nelle acque come fosfato (PO₄³⁻) ed è un elemento indispensabile alla vita: è un nutriente per le piante e gioca un ruolo fondamentale nelle reazioni metaboliche di piante e animali. Il fosforo libero, sotto forma di fosfato, è rapidamente assunto dalle alghe e dalle altre piante acquatiche. Poiché le alghe richiedono solo piccole quantità di fosforo, un suo eccesso provoca una crescita algale estesa, nota come fioritura, che rappresenta il sintomo classico di eutrofizzazione. La tossicità del fosforo nelle acque è data dalla sua presenza nella forma elementare.

Escherichia Coli

La sua presenza in un campione d'acqua è indice di contaminazione fecale e fa sospettare, per comunanza di nicchia ecologica, la presenza di microrganismi patogeni intestinali quali salmonelle, virus gastroenterici, ecc.

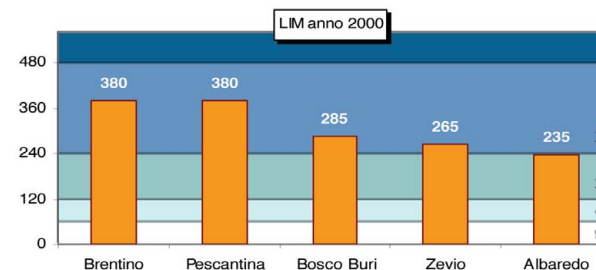
Analisi del triennio 2000 – 2002

In Tabella 6 sono riportati i valori del Livello di inquinamento da macrodescrittori (LIM) misurati nelle cinque stazioni del fiume Adige. Da notare è l'assenza dell'anno 2003. La mancanza di una serie completa di dati non ha permesso un'esauritiva analisi.

Tabella 6: Valori del LIM misurati nelle sei stazioni del fiume Adige

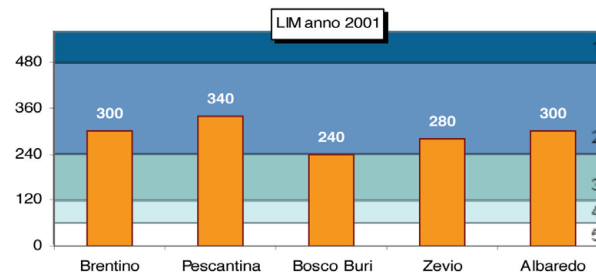
Anno/Stazione	2000	2001	2002
Brentino B.	380	300	280
Pescantina	380	340	280
Bosco Buri	285	240	240
Zevio	265	280	300
Albaredo	235	300	380

Figura 11: valore di LIM misurato scendendo lungo l'asta del fiume Adige dalla stazione di Brentino Belluno alla stazione di Albaredo d'Adige nell'anno 2000. (Fonte: ARPAV - Dipartimento Provinciale di Verona)



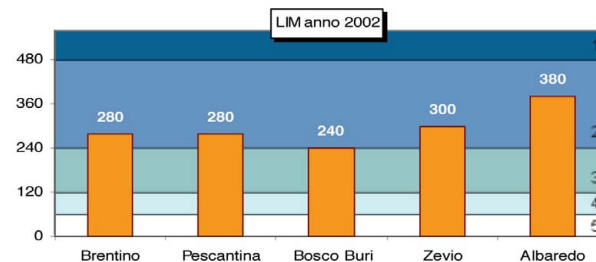
La flessione, che caratterizza l'anno 2000, è attribuibile principalmente ad un aumento della concentrazione di Escherichia coli e delle due forme azotate nelle stazioni a valle di Verona. I livelli a monte della città (380 per entrambe le stazioni) si mantengono pressoché invariate rispetto all'elaborazione a cura dell'APPA – Provincia Autonoma di Trento, mentre un sostanziale peggioramento si evidenzia a valle della città, passando da un livello 2 ad un livello 3.

Figura 12: valore di LIM misurato scendendo lungo l'asta del fiume Adige dalla stazione di Brentino Belluno alla stazione di Albaredo d'Adige nell'anno 2001. (Fonte: ARPAV - Dipartimento Provinciale di Verona)



L'anno 2001 presenta un andamento oscillante. In ingresso nella provincia si riscontra una netta diminuzione rispetto alla stazione trentina di Borghetto (valori del LIM: 380) causata principalmente da un aumento di COD e BOD₅. A valle della città si ha un valore inferiore all'anno precedente (240 contro i 285). Migliora sensibilmente la qualità alla fine della provincia (300 contro i 235).

Figura 13: valore di LIM misurato scendendo lungo l'asta del fiume Adige dalla stazione di Brentino Belluno alla stazione di Albaredo d'Adige nell'anno 2002. (Fonte: ARPAV - Dipartimento Provinciale di Verona)



Il 2002 penalizza le stazioni a monte, 280 contro i 340 di Borghetto (TN). Inalterata la situazione a Bosco Buri con ulteriore aumento nelle stazioni finali, si passa infatti da 300 a 380.

■ ■ Analisi di alcuni inquinanti inorganici

Tra i componenti inorganici che possono essere presenti nelle acque alcuni sono tossici: si tratta di quelli comunemente noti come "metalli pesanti" (cadmio, cromo, piombo, arsenico, mercurio, nichel, ecc.) pur rientrandovi anche elementi a basso peso atomico o che non manifestano proprietà tipicamente metalliche (arsenico e selenio).

I metalli pesanti possono essere presenti in natura o derivare da attività umane. Nel primo caso si trovano nelle rocce quasi sempre sotto forma di composti insolubili (ossidi, solfuri, ecc.), mentre i metalli pesanti rilasciati nell'ambiente dalle attività umane non sono sempre in forma innocua.

I metalli pesanti, data la loro tossicità, hanno una soglia di concentrazione ammessa molto bassa, generalmente dell'ordine dei microgrammi per litro. Un metallo è tanto più tossico quanto più basso è il suo valore limite: talvolta è sufficiente una quantità piccolissima di un qualsiasi metallo pesante per rendere un'acqua non idonea all'uso potabile: ad es. sono sufficienti 5 milligrammi di cadmio per contaminare 1 m³ di acqua; fanno eccezione il rame e lo zinco che per la loro minore tossicità hanno valori limite più alti.

Tabella 7: Valori soglia orientativi per i parametri di cui alla Tabella 1 - Allegato 1a1 Dlgs 152/99

Parametro	Unità di misura	Valore soglia	Riferimento
Cadmio	µg/l – µg/Kg	2,5/2,5	D.Lgs 152/99 all.2, valore Imperat. Acque Salmonicole/Ciprinicole
Cromo totale	µg/l – µg/Kg	20/100	D.Lgs 152/99 all.2, valore Imperat. Acque Salmonicole/Ciprinicole
Mercurio	µg/l – µg/Kg	0,5/0,5	D.Lgs 152/99 all.2, valore Imperat. Acque Salmonicole/Ciprinicole
Nichel	µg/l – µg/Kg	75/75	D.Lgs 152/99 all.2, valore Imperat. Acque Salmonicole/Ciprinicole
Piombo	µg/l – µg/Kg	10/50	D.Lgs 152/99 all.2, valore Imperat. Acque Salmonicole/Ciprinicole
Rame	µg/l – µg/Kg	40/40	D.Lgs 152/99 all.2, valore Imperat. Acque Salmonicole/Ciprinicole
Zinco	µg/l – µg/Kg	300/400	D.Lgs 152/99 all.2, valore Imperat. Acque Salmonicole/Ciprinicole

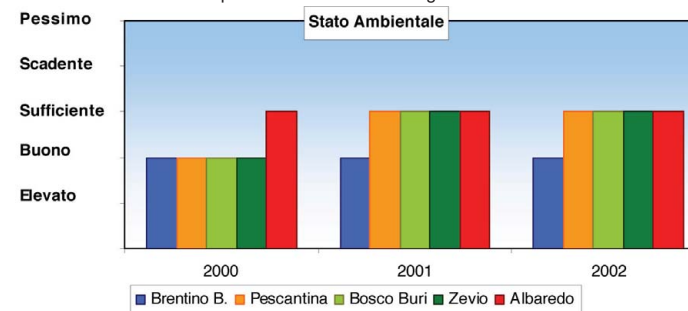
■ ■ Stato di qualità delle acque secondo il D.Lgs 152/99.

Per definire lo stato ambientale del fiume Adige nelle varie stazioni, determinando lo stato ecologico, attraverso il confronto tra l'Indice Biotico Esteso e il livello dei macrodescrittori. La classificazione dello stato ecologico (SECA) viene effettuata incrociando il dato risultante dai macrodescrittori con il risultato dell'IBE, attribuendo alla sezione in esame il risultato peggiore tra quelli derivati dalle valutazioni relative ad IBE e macrodescrittori.

Tabella 8: Stato ecologico dei corsi d'acqua.

Anno	2000		2001		2002	
Stazione	LIM	IBE	LIM	IBE	LIM	IBE
Brentino	380	7,7	300	7,5	280	8,3
Pescantina	380	-	340	7,0	280	7,0
Bosco Buri	285	-	240	6,3	240	6,5
Zevio	265	-	280	6,0	300	6,7
Albaredo	235	6,4	300	6,1	380	7,0

Figura 14: Stato ambientale rilevato presso le stazioni dell'Adige.



Dall'analisi effettuata si rileva un andamento conforme a quello ottenuto con il metodo dell'I.B.E. Il triennio analizzato conferma la sostanziale stabilizzazione qualitativa che negli ultimi anni sta caratterizzando il fiume Adige (qualità buona per l'anno 2000 e sufficiente per il biennio seguente).

■ ■ Analisi microbiologica

■ ■ Introduzione

Per "analisi microbiologica delle acque" si intende l'individuazione dei microrganismi presenti in esse, generalmente congiunta alla loro valutazione quantitativa. Si ottiene mediante tecniche analitiche basate sull'utilizzo di terreni culturali idonei alla loro crescita. Il risultato ottenuto permette di valutare il grado di inquinamento delle acque.

Nel caso particolare delle acque superficiali, siano esse adibite a produzione di acqua potabile o ad altri usi, attraverso l'analisi microbiologica se ne definisce la qualità. Controlli microbiologici vengono effettuati ovviamente anche su acque reflue che, con il loro apporto inquinante, influenzano e modificano le caratteristiche del corpo idrico recettore (fiume, lago, mare).

È evidente che l'unico controllo microbiologico importante sarebbe costituito dalla ricerca dei patogeni di natura batterica e/o virale. Tuttavia, se da una parte il loro rilevamento in un'acqua in esame è indice della loro sicura presenza, dall'altra non si può dire che un risultato negativo deponga sicuramente per la loro assenza. Infatti i patogeni possono essere presenti con discontinuità negli effluenti e conseguentemente nei corpi idrici riceventi; inoltre, la massiccia presenza di flora contaminante accessoria interferisce spesso con la reale possibilità di evidenziare i patogeni anche quando essi siano presenti.

■ ■ Parametri microbiologici

La ricerca di microrganismi patogeni necessita spesso di metodiche indagative, è sorta quindi la necessità di ricercare, per la definizione della qualità di un'acqua, microrganismi indicatori di contaminazione, la cui presenza può essere indice della presenza di patogeni. Vale la pena sottolineare che un efficace indicatore microbiologico di contaminazione deve:

- > poter sopravvivere sufficientemente a lungo nell'ambiente per consentire la sua evidenziazione;
- > deve poter essere identificato con metodologie poco complesse e sufficientemente rapide.

I microrganismi considerati indicatori di inquinamento fecale che vengono ricercati comunemente per la definizione della qualità di acque di diversa tipologia e a diversa destinazione d'uso sono: Coliformi totali, Coliformi fecali e Streptococchi fecali. Questi microrganismi, rinvenibili normalmente nel materiale fecale sia umano sia animale, in effetti non comportano un rischio diretto per la salute, in quanto di norma non sono patogeni per l'uomo, ma possono indicare un rischio potenziale. Possiamo definire tali indicatori rispetto alle caratteristiche morfologiche, biochimiche e fisiologiche.

I Coliformi fecali fanno parte di quella frazione di Coliformi totali che costituisce un indubbio indice di contaminazione fecale dell'acqua esaminata.

Una specie tassonomicamente definita, a sua volta compresa nel gruppo dei Coliformi fecali di cui rappresenta il 90-95% della popolazione totale, è rappresentata da *Escherichia coli*. Questi microrganismi sono stati recentemente introdotti dalla normativa italiana come indicatori dell'inquinamento fecale.

Gli Streptococchi fecali (dal punto di vista tassonomico sono oggi definiti Enterococchi) sono ospiti abituali dell'intestino; analogamente ai Coliformi costituiscono un gruppo di microrganismi eterogeneo.

Al gruppo degli streptococchi fecali appartengono varie specie che si distinguono fra loro sulla base di caratteristiche biochimiche e colturali.

■ ■ Il significato della presenza di *Escherichia coli* ed Enterococchi in un corpo idrico

Secondo alcuni autori gli enterococchi rappresentano germi più resistenti degli *Escherichia coli*, alle condizioni ambientali più disparate:

- > in condizioni di salinità e nel caso di acque sottoposte a trattamento di disinfezione con cloro dimostrerebbero una resistenza maggiore di quella degli altri indicatori;
- > la loro resistenza all'azione disinfettante si avvicinerebbe a quella degli enterovirus per cui la loro presenza sembra essere indice di possibile presenza di contaminanti virali.

Secondo altri autori gli enterococchi costituiscono microrganismi labili nell'ambiente e quindi di non costante rilevamento in corpi idrici contaminati.

Riepilogando, possiamo precisare il ruolo dei microrganismi indicatori di inquinamento fecale rilevabili in un corpo idrico, ritenendo:

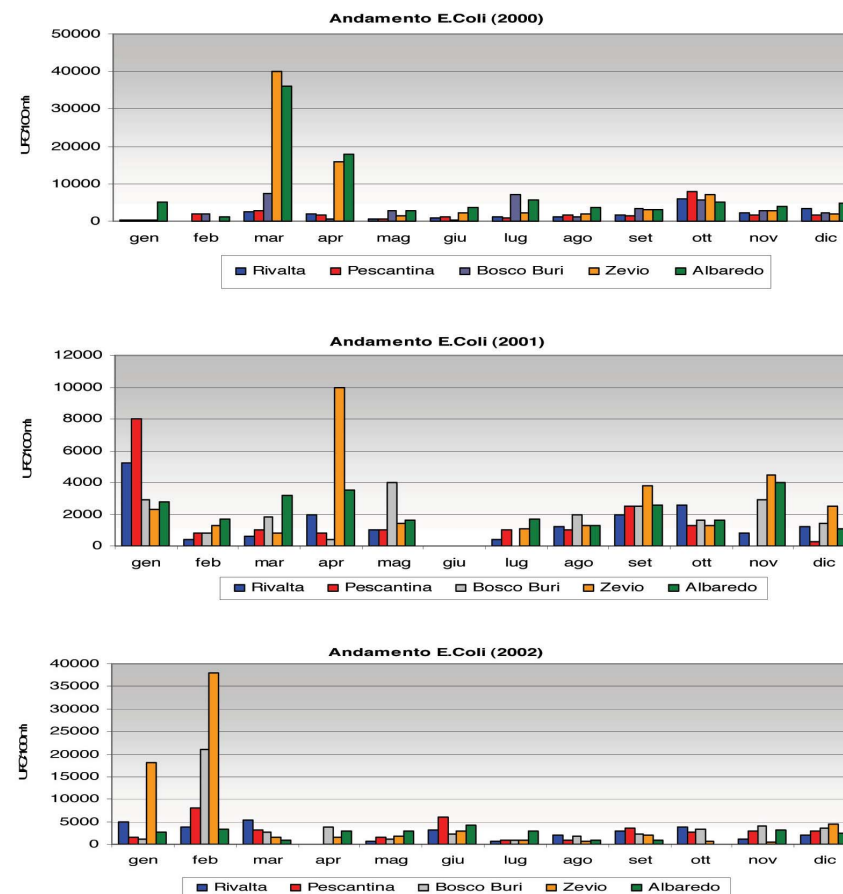
- > *Escherichia coli*: come indicatori di inquinamento recente dal momento che la loro sopravvivenza è condizionata dalla temperatura di crescita e quindi non si adattano facilmente all'ambiente esterno.
- > Streptococchi fecali: significato non univoco; tuttavia la loro presenza, in concomitanza con i Coliformi fecali (*E. coli*), rafforza il concetto di contaminazione fecale del corpo idrico.

■ ■ Analisi di *Escherichia coli*

La qualità delle acque del fiume Adige, analizzata in termini generali nei tre anni (per quanto concerne l'*E. coli*), presenta sostanzialmente un andamento costante e "atteso".

Tuttavia si sono riscontrate alte concentrazioni nei primi mesi dei tre anni a sud della città e in zone prettamente agricole/zootecniche.

Figura 15: Andamento del parametro *Escherichia coli* negli anni 2000, 2001 e 2002. (Fonte: ARPAV - Dipartimento Provinciale di Verona)



Si evidenziano valori come 40000 e 16000 UFC/100 ml nei mesi di marzo e aprile dell'anno 2000 per la stazione di Zevio e 38000 UFC/100 ml per il mese di febbraio nel 2002; per la stazione di Albaredo d'Adige si hanno valori come 36000 e 18000 UFC/100 ml sempre nei mesi di marzo e aprile dello stesso anno 2000.

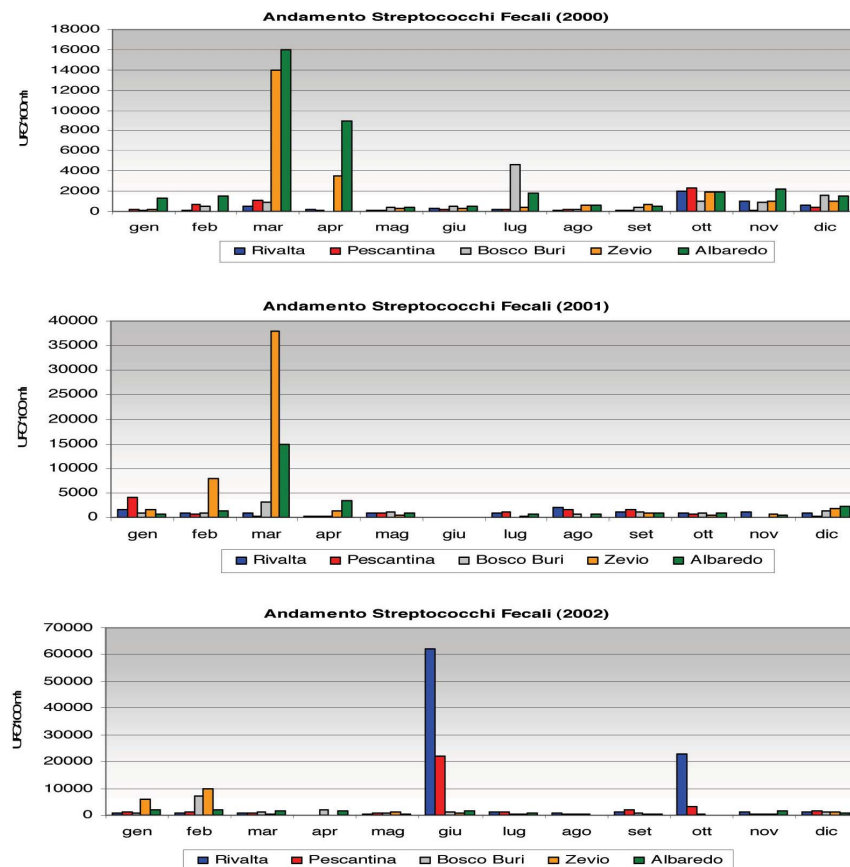
■ ■ Analisi di Enterococchi

La situazione, per quanto concerne gli enterococchi, segue, solo in andamento e non nei valori, quella dell'*Escherichia coli*. Per entrambi i parametri il periodo con concentrazioni maggiori è quello invernale. Si registrano, nel tratto finale della provincia, alte concentrazioni, 14000 e 38000 UFC/100 ml nella stazione di Zevio, 16000 e 15000 UFC/100 ml in quella di Albaredo nel mese di marzo 2000 e 2001. L'andamento qualitativo, nell'ultimo anno del triennio considerato, mette in evidenza una tendenza non registrata in passato.

Il dato microbiologico è tendenzialmente in miglioramento tranne, appunto, nella stazione di Rivalta, dove si registrano concentrazioni molto elevate (62000 UFC/100 ml in giugno e 23000 UFC/100 ml in ottobre).

Dato il tipo di evento, considerato sporadico e non riconducibile a cause inerenti al tipo di sfruttamento del territorio, si può affermare che nei due mesi sopraindicati l'aumento della concentrazione sia dovuta a scarichi non controllati o abusivi. Vista, però, la vicinanza della stazione di Rivalta al confine con la provincia di Trento, non è da escludere che l'inquinamento possa essere stato causato in tale provincia, anche se non si è potuto accertarne la veridicità in quanto le analisi sugli enterococchi non vengono menzionate sul bollettino della stazione di Borghetto.

Figura 16: Andamento del parametro Streptococchi fecali (Enterococchi) negli anni 2000, 2001 e 2002. (Fonte: ARPAV - Dipartimento Provinciale di Verona)



Le Salmonelle nel fiume Adige

Ecologia ed epidemiologia delle Salmonelle

Le Salmonelle, in riferimento all'ambiente idrico, sono frequentemente isolate nelle acque superficiali verso le quali convergono le acque reflue urbane, di industrie alimentari ed i dilavamenti degli allevamenti zootecnici. Le acque superficiali offrono quindi un quadro completo e dettagliato della distribuzione, in una determinata area geografica, dei principali sierotipi di Salmonelle che circolano nell'uomo, malato e portatore, e negli animali. Le acque del fiume Adige, per il tratto che attraversa la provincia di Verona, vengono sottoposte alla ricerca qualitativa di Salmonella (presenza/assenza) in cinque stazioni e con cadenza mensile. Tale indagine è quindi un apporto importante alla sorveglianza epidemiologica delle salmonellosi in relazione soprattutto alla prevalenza di sierotipi, alla frequenza del loro isolamento e alla loro variabilità nel tempo e nello spazio. Sono stati quindi analizzati i risultati ottenuti nelle stazioni sottoposte a monitoraggio per un periodo di tempo di quattro anni (dal 2000 al 2004) al fine di ottenere una significativa valutazione sull'ecologia delle Salmonelle nel fiume Adige.

Le Salmonelle sono agenti patogeni che nell'uomo possono causare manifestazioni sistemiche, definite "classiche" o "maggiori", o manifestazioni localizzate nel tratto gastroenterico, definite minori. Sono i batteri patogeni più diffusi del globo terrestre; sono distribuiti nell'ambiente e nel tratto gastroenterico dell'uomo e degli animali.

La tipica forma di salmonellosi sistemica è la febbre tifoide, è sostenuta dalle Salmonelle typhi e paratyphi confinate nella specie umana. Le forme gastroenteriche sono attualmente le più diffuse e nella maggior parte dei casi restano confinate nel tratto gastroenterico e sono sostenute da sierotipi ubiquitari. La via di contaminazione è quella orale.

Nell'ambiente il principale serbatoio naturale di questi microrganismi è rappresentato da tutti i vertebrati, con la sola eccezione di quelli acquatici, a condizione che vivano in ambienti non inquinati. Quindi la salmonellosi è una zoonosi. È documentato che alcuni sierotipi di Salmonella abbiano una particolare predilezione per ospiti specifici. In natura esiste un'ampia varietà di sierotipi (circa 2500), solo circa 200 sono abitualmente causa di malattia. Infatti da ogni categoria di ospiti viene isolato puntualmente un numero ristretto di sierotipi di Salmonella, di gran lunga inferiore all'impressionante varietà esistente in natura.

Alcune Salmonelle sono riconosciute "ospite-ristrette" in quanto si diffondono solo all'interno di una stessa specie:

- > per l'uomo: typhi, paratyphi A, paratyphi C, (secondo alcuni autori anche paratyphi B) e sendai;
- > per gli ovini: abortus-ovis
- > per i suini: typhi suis
- > per gli equini: abortus-equi
- > per i volatili: gallinarum-pullorum

Per tutti gli altri sierotipi il serbatoio di infezione è molto ampio ed è costituito da mammiferi, uccelli e rettili. La dose minima infettante di salmonelle necessaria a produrre un'infezione dipende dai sierotipi coinvolti, nonché dalla razza, dall'età e dalle condizioni generali dell'ospite.

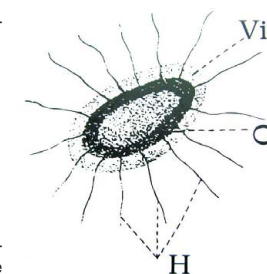


Figura 17: Rappresentazione schematica della Salmonella

Nell'ambiente esterno, in presenza di condizioni ambientali favorevoli, le Salmonelle possono resistere parecchio tempo ed anche moltiplicarsi. La diffusione dell'agente eziologico nell'ambiente comporta una elevata possibilità di infezione e di contaminazioni di matrici quali alimenti e acqua ad uso potabile. Elevata è la sua presenza nell'acqua superficiale e ciò rappresenta inequivocabilmente l'esistenza di una contaminazione fecale primaria (immissione diretta di scarichi fognari) o secondaria (dilavamento dei suoli contaminati). La trasformazione degli allevamenti degli animali da carne dal tipo tradizionale domestico a quello industriale ha determinato un notevole aumento di Salmonella nelle farine animali che spesso risultano contaminate.

L'incidenza dei casi di salmonellosi è anche da attribuire al fatto che gli individui possono eliminare le salmonelle con le feci in concentrazioni variabili fra poche unità e alcuni milioni di cellule batteriche per grammo di materiale fecale, anche per alcuni anni dopo la risoluzione della malattia clinica.



Foto 7: Il fiume Adige in località Pestrino

■ ■ Patogenesi e trasmissione

E' documentato che gli effetti dannosi delle Salmonelle si manifestano quando viene raggiunta una certa concentrazione di cellule batteriche (dose minima infettante) ipotizzata, secondo diversi autori, tra le 100 e le 1000 cellule e quando l'ospite è più vulnerabile. In quest'ultima condizione è sufficiente anche un numero più piccolo di cellule per scatenare la malattia. Infatti nelle persone più indifese (bambini, anziani, malati) le salmonelle, anche se ingerite in un piccolo numero, subiscono una inattivazione molto più contenuta e proliferano nell'intestino a velocità superiore all'usuale. Ne basta quindi un numero molto piccolo per scatenare l'infezione. Per le specie responsabili della sindrome tifoidea (S. typhi, S. paratyphi A, B e C) è stato accertato che il numero di microrganismi necessari per provocare malattia nell'uomo è abbastanza basso mentre è richiesta una dose minima infettante più elevata per le forme gastroenteriche.

Recentemente studi hanno dimostrato un netto legame tra azione patogena delle Salmonelle e corredo genetico delle stesse. La patogenicità dei ceppi è legata alla presenza di determinati geni. E' stato dimostrato che la virulenza dei sierotipi è associata a geni inseriti nel DNA presente nei plasmidi. Tali loci genici, chiamati "isole di patogenicità" conferirebbero alla salmonella ospite delle specifiche proprietà di virulenza e patogenicità. E' dimostrato che la Salmonella typhimurium può perdere i geni che ne codificano la patogenicità; in tal caso risulta innocua.

L'incidenza delle salmonellosi nell'uomo, in particolare delle salmonellosi maggiori (febbre tifoide e paratifoide) è inversamente proporzionale al livello igienico-sanitario dell'area considerata. La febbre tifoide è praticamente scomparsa nei paesi più avanzati, e nella maggior parte dei casi è di importazione dai paesi in via di sviluppo. In Italia la malattia rimane però endemica soprattutto nelle regioni Meridionali, legata essenzialmente a particolari abitudini alimentari quali il consumo di frutti di mare. Maggiore incidenza dimostrano, sia nel nostro paese che a livello mondiale, le Salmonelle minori. Già dagli anni '70 il nostro paese è interessato, come gli altri paesi industrializzati, ad una rilevante emergenza di "salmonellosi minori" causate da un'ampia varietà di sierotipi.

Tabella 9: Salmonelle prevalenti isolate da ceppi di origine umana e ambientale nell'anno 2002

Periodo di riferimento	Ceppi da isolamenti umani pervenuti al CEPVE	Sierotipi prevalenti di origine umana	Ceppi da isolamenti ambientali pervenuti al CEPVE	Sierotipi prevalenti di origine ambientale (alimenti, acque....)
anno 2002	1442	S. typhimurium (32.52%) S. enteritidis (14.16%) S. infantis (6.84%) S. muenchen (3.90%) S. heidelberg (2.49%) S. derby (1.66%) S. bovismorbificans (1.33%)	3042	S. typhimurium (18.78%) S. infantis (9.74%) S. derby (5.69%) S. heidelberg (5.67%) S. enteritidis (3.49%) S. bovismorbificans (2.43 %) S. muenchen (0.95%)

.Fonte: CEPVE

Per questo nel 1976 in Italia, oltre al tifo e al paratifo, anche altre infezioni da Salmonella sono soggette a denuncia obbligatoria (Dec. Min. 05.07.75) da parte del medico competente. Con Circolare 2426 del

24.01.92 il Ministero della Sanità ha altresì istituito una rete di sorveglianza sulla diffusione dei microrganismi enteropatogeni della specie Salmonella enterica individuando laboratori di riferimento regionali. Tali laboratori hanno il compito di eseguire la sierotipizzazione dei ceppi inviati dai laboratori clinici ed ambientali che operano su tutto il territorio regionale. Definito il sierotipo è possibile seguire la catena di trasmissione dell'infezione, e stabilire la relazione tra stipti di origine umana e stipti isolati da altre fonti (alimentari, ambientali, animali). Il centro regionale veneto, Centro Enterobatteri Patogeni Regione Veneto (CEPVE), ha sede presso il Presidio Ospedaliero dell'ULSS N.9 di Treviso.

Tabella 10: Salmonelle isolate presso il Laboratorio di Biologia del DAP di Verona da campioni di acque ed alimenti nell'anno 2002

TIPO DI CAMPIONE	CAMPIONI ANALIZZATI ANNO 2002	N° CAMPIONI CON PRESENZA DI SALMONELLA	% CAMPIONI CON PRESENZA SALMONELLA
ACQUA DI SCARICO	100	82	82.00
ACQUA SUPERFICIALE DELLA PROVINCIA DI VERONA	375	191	50.93
ACQUE SUPERFICIALI: IMMISSARI DEL LAGO DI GARDA	36	21	58.33
ALIMENTI	922	16	1.74

Fonte: Dipartimento Provinciale ARPAV di Verona

■ ■ Incidenza di Salmonelle nel fiume Adige

Dai dati riportati nella tabella sopra riportata è evidente che le acque di scarico sono un importante serbatoio per la diffusione delle Salmonelle nell'ambiente. Tali acque, di norma, vengono immesse in acque superficiali e come risulta dai dati riferiti in tabella anche in tale matrice la Salmonella è presente in elevata quantità. L'indagine sul fiume Adige è stata eseguita, con cadenza mensile, presso le stazioni di Brentino Belluno, Pescantina, Bosco Buri, Zevio ed Albaredo d'Adige.

Per ciascuna stazione vengono riportati:

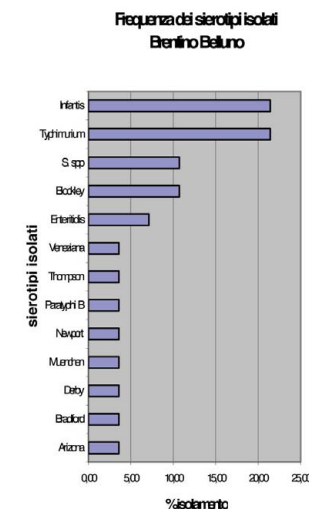
- > i sierotipi riferiti al periodo 2000-2003
- > incidenza delle Salmonelle.

Stazione di Brentino Belluno

Su un totale di 48 campioni analizzati sono stati isolati 28 sierotipi di Salmonella. Incidenza di Salmonella: 58,3%

DATA	SIEROTIPO
01/03/00	Paratyphi B
03/04/00	Derby
02/05/00	Typhimurium
01/06/00	Newport
16/08/00	Thompson
02/10/00	Infantis
08/01/01	Infantis
14/02/00	Infantis
04/04/01	Blockley
02/07/01	Blockley
20/08/01	Typhimurium
06/09/01	Typhimurium/Blockley
01/10/01	S. spp

DATA	SIEROTIPO
05/11/01	Infantis
12/12/01	Muenchen
06/02/02	S. spp
08/03/02	S. spp
06/06/02	Enteritidis
19/08/02	Infantis
03/10/02	Typhimurium
08/11/02	Typhimurium
17/12/02	Enteritidis/Typhimurium
21/05/03	Arizona
01/07/03	Veneziana
25/08/03	Bradford
04/09/03	Infantis

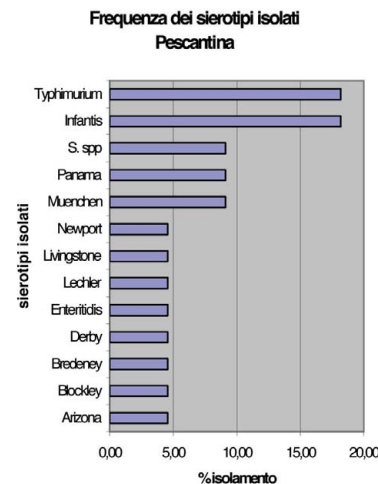


Stazione di Pescantina

Su un totale di 48 campioni analizzati sono stati isolati 22 sierotipi di Salmonella.

Incidenza di sierotipi di Salmonella: 45,83%

DATA	SIEROTIPO	DATA	SIEROTIPO
31/05/99	Typhimurium	21/01/02	S. spp
03/04/00	Derby	19/08/02	Panama
03/07/00	Muenchen	02/09/02	Typhimurium/Infantis
16/08/00	Typhimurium/Blockley	05/10/02	Enteritidis
04/09/00	Infantis	08/11/02	Typhimurium
02/10/00	Panama	17/12/02	S. spp
08/01/00	Infantis	09/01/04	Newport
14/02/01	Infantis	26/03/03	Livingstone
04/06/01	Muenchen	21/05/03	Arizona
02/10/01	Bredeney	01/07/03	Lechler

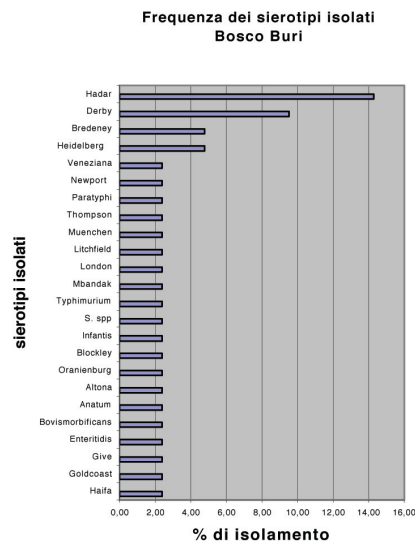


Stazione di Bosco Buri

Su un totale di 48 campioni analizzati sono stati isolati 45 sierotipi di Salmonella.

Incidenza di sierotipi di Salmonella: 93,7%

DATA	SIEROTIPO	DATA	SIEROTIPO
15/03/99	Litchfield	16/11/01	Hadar
01/06/99	Paratyphi B	09/01/02	S. spp
03/01/00	Typhimurium	05/03/02	S. spp
07/02/00	Typhimurium	18/03/02	Newport
01/03/00	Heidelberg/ Mbandak	03/04/02	Bredeney
03/04/00	Oranienburg	15/04/02	Heidelberg
03/05/00	Infantis	13/05/02	Hadar/Derby
01/06/00	Infantis	10/06/02	Typhimurium
03/07/00	Thompson	22/07/02	Typhimurium
16/08/00	Blockley/Haifa	19/08/02	Bovismorbificans
04/09/00	Muenchen	10/09/02	Derby
03/10/00	Oranienburg	01/10/02	Typhimurium
20/10/00	Goldcoast	11/11/02	Hadar/Bredeney
14/12/00	London	13/01/03	Blockley
10/01/00	Derby	13/01/03	Hadar
20/02/01	Derby	03/02/03	Infantis
05/03/01	Anatum	08/04/03	Give
02/07/01	Hadar	22/05/03	Altona
21/08/01	S. spp	02/07/03	Veneziana
03/09/01	Typhimurium	25/08/03	Enteritidis

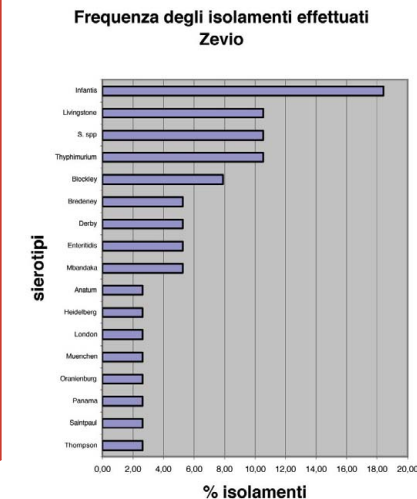


Stazione di Zevio

Su un totale di 48 campioni analizzati sono stati isolati 38 sierotipi di Salmonella.

Incidenza di sierotipi di Salmonella: 79,16%

DATA	SIEROTIPO	DATA	SIEROTIPO
02/03/99	Saintpaul/Blockley	17/05/01	Blockley/Anatum
02/06/99	Enteritidis	21/08/01	Thyphi/Livingstone
30/08/99	Infantis	13/09/01	Thompson
23/11/99	Infantis	03/10/01	Infantis
04/01/00	Enteritidis	06/11/01	Heidelberg
02/02/00	Livingstone	13/12/01	Derby
02/03/00	Livingstone/Derby	09/01/02	S. spp
04/04/00	Mbandaka	03/04/02	Typhimurium
08/06/00	Infantis	19/06/02	S. spp
04/07/00	Infantis	02/07/02	S. spp
05/09/00	Livingstone	11/11/02	Typhimurium
03/10/00	Mbandaka	13/01/03	Panama
14/12/00	Oranienburg	03/02/03	Infantis
10/01/00	Blockley	17/02/03	Bredeney
15/02/01	Thyphimurium	08/04/03	Bredeney
02/03/01	Infantis	22/05/03	Muenchen
05/04/01	London	26/08/03	S.spp

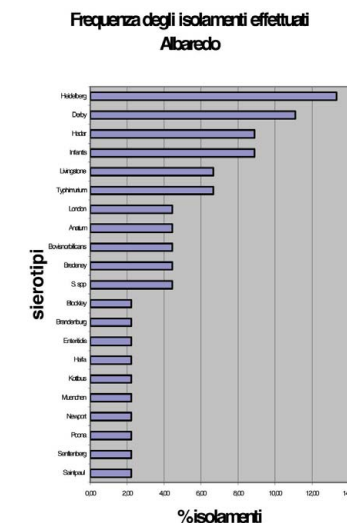


DATA	SIEROTIPO	DATA	SIEROTIPO
03/03/99	Haifa/Saintpaul	13/09/00	Typhimurium/Hadar
02/06/99	London	03/10/01	Anatum
01/09/99	Heidelberg	17/12/01	Senftenberg
24/11/99	Hadar	10/01/02	S. spp
04/01/00	Heidelberg/Braenderup	08/03/02	Bovismorbificans
02/02/00	Bredeney	17/04/02	London
02/03/00	Heidelberg	20/06/02	Anatum
04/04/00	Livingstone/Brandenburg	03/07/02	Derby
03/05/00	Infantis/Typhimurium	26/08/02	Bovismorbificans/Blockley
08/06/00	Infantis	12/09/02	Enteritidis
04/07/00	Kottbus	08/10/02	Muenchen
17/08/00	S. pp	12/11/02	Bredeney
05/09/00	Livingstone	14/01/03	Hadar
03/10/00	Derby		
12/01/01	Derby	18/02/03	Newport/Heidelberg
15/02/01	Derby/Infantis	26/03/03	Heidelberg
02/03/01	Infantis	09/04/03	Heidelberg
21/05/01	Blockley	23/05/03	Livingstone
03/07/01	Hadar	02/07/03	Poona
21/08/01	Typhimurium		

Stazione di Albaredo

Su un totale di 48 campioni analizzati sono stati isolati 46 sierotipi di Salmonella.

Incidenza di sierotipi di Salmonella: 95,83%



Conclusioni

Le indagini svolte per la ricerca e la caratterizzazione della Salmonella nel fiume Adige hanno evidenziato come essa sia così largamente diffusa nel tratto veronese. Da una statistica riguardante i ceppi umani isolati in un anno in Italia (1999) è dimostrato che i sierotipi più frequenti isolati nell'uomo sono: *enteritidis*, *typhimurium*, *infantis*, *derby*, *livingstone*, *blockley*, *bredeney*, *saint-paul*, *brandenburg* e *muenchen*. I dati presentati evidenziano che i sierotipi sono stati frequentemente isolati anche nelle stazioni di controllo dell'Adige.

Il valore di incidenza più basso si è riscontrato nella stazione di Pescantina; superata la città i dati peggiorano con marcata evidenza e si mantengono alti fino ad Albaredo d'Adige. E' evidente che l'incidenza delle Salmonelle in acqua superficiale è associata al livello di antropizzazione del territorio.

Il monitoraggio in continuo della qualità del fiume

Introduzione

Lungo l'asta del fiume Adige la provincia di Verona si è adoperata per verificarne la qualità posizionando, sin dal 1995, centraline per il rilevamento in continuo della qualità chimico - fisica dell'acqua. Le sei centraline sono così dislocate lungo l'asta del fiume: la prima all'entrata del territorio provinciale, nel comune di Rivalta, da considerare come stazione di riferimento di qualità discreta; quattro intermedie, sul canale Biffis per monitorare eventuali fonti di pressione derivate da attività agricola e zootecnica: in località Chievo all'ingresso della città, in località Giaron e nel comune di Belfiore, rispettivamente all'ingresso e all'uscita del canale Sava, l'ultima nel comune di Albaredo d'Adige, dopo l'entrata di un affluente considerato inquinato. Tutte le centraline sono state posizionate in luoghi di facile accesso e adatti a ricevere tali strutture.

Descrizione della stazione per l'analisi chimico-fisica

Una stazione è costituita da una cabina che ospita al suo interno la strumentazione ed è dotata degli allacciamenti necessari al suo funzionamento. La cabina è una struttura fatta di pannelli isolanti, rivestiti in lamiera o plastica, appoggiata su pavimento di calcestruzzo o di lamiera grigliata ed è situata in prossimità di un corso d'acqua su terreno di proprietà demaniale gestito da enti pubblici o privati.

I punti di prelievo sono situati sulla riva del corso d'acqua analizzato che può trovarsi anche a oltre cento metri di distanza dalla cabina. Poiché il prelievo è effettuato da una pompa ad immersione vi è sul posto la struttura fisica necessaria al posizionamento e al sostegno della pompa stessa. Ogni stazione ha il punto di prelievo predisposto in modo da essere funzionale allo scopo, per ogni stazione quindi si ha un punto di prelievo costruito ad hoc.

Gli allacciamenti essenziali sono con l'acqua del fiume da analizzare, con l'energia elettrica per il funzionamento della cabina stessa e con il telefono per la trasmissione dei dati. Attualmente all'interno della cabina arriva il tubo dell'acqua che si divide in tre diramazioni: la condotta principale fa passare l'acqua attraverso la cella dei sensori, due condotte secondarie vanno rispettivamente al torbidometro e al campionatore e un tubo di scarico che riporta l'acqua nel fiume.

Le sonde di rilevazione misurano i seguenti parametri: ossigeno, torbidità, pH, temperatura, conducibilità e potenziale di ossido riduzione (redox).



Foto 8: Centralina per il monitoraggio dell'acqua ad Albaredo d'Adige

L'acquisizione dei dati avviene tramite dispositivi elettronici che commutano i segnali da analogici a digitali con le scale preimpostate e configurate per ogni strumento di misura e per ogni cabina. È gestita da un computer dotato di apposito programma (ecoremove) che ogni 5 secondi effettua un rilievo e calcola la media oraria.

Analisi dei parametri nel periodo 2000 - 2003

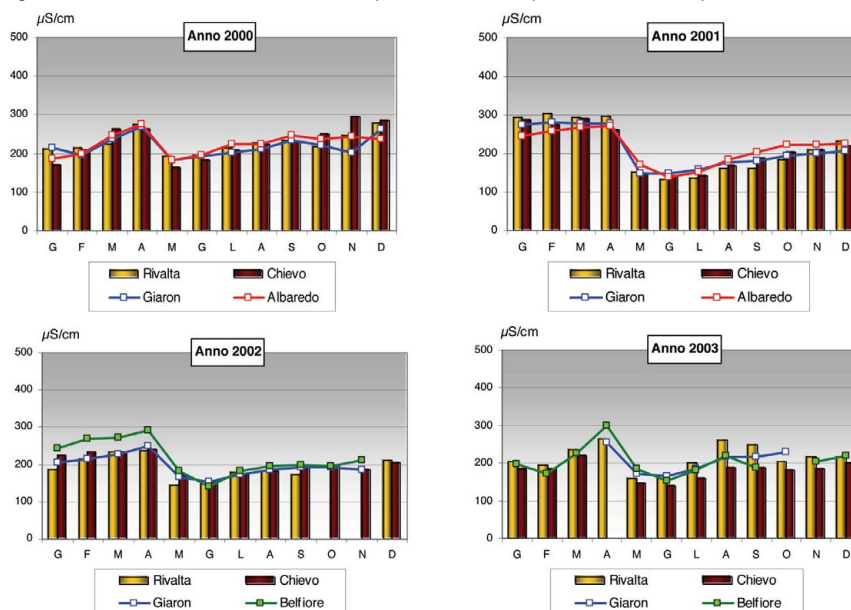
La serie storica di dati da analizzare è disponibile per il periodo 2000-2003 con una frequenza oraria. Per ogni parametro di riferimento vengono riportati il valore massimo e medio in ciascuna stazione di campionamento.

Conducibilità elettrica

La misura della conducibilità permette di valutare rapidamente, anche se in maniera molto approssimata, la quantità di sali presenti nell'acqua. I sali presenti nel fiume possono provenire dalla solubilità del materiale che costituisce il bacino del corpo idrico oppure da reflui di attività umane specialmente da attività industriali. Per la maggior parte degli usi agricoli e urbani l'acqua dovrebbe avere un contenuto di solidi disciolti inferiore a 1000+1200 ppm (parti per milione) o una conducibilità elettrica inferiore a 1500+1800 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Valori troppo elevati della conducibilità possono compromettere la vita acquatica.

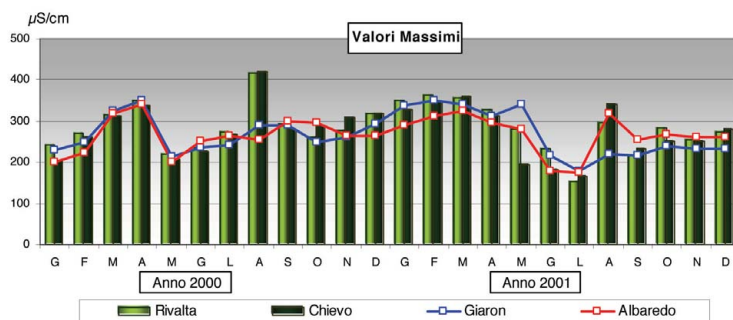
Per gli usi domestici è preferibile un'acqua con un contenuto totale di solidi disciolti al di sotto di 500 ppm o con una conducibilità inferiore a 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$; le industrie, specialmente se elettroniche richiedono un'acqua priva da impurità. La neve alpina di aree remote e incontaminate ha una conducibilità di circa 5+30 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Secondo il D.Lgs n. 152/99 la conducibilità a 20°C deve essere inferiore a 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ nelle acque superficiali destinate alla produzione di acqua potabile.

Figura 18: Valori medi mensili di conducibilità (Fonte: ARPAV - Dipartimento di Verona)



I grafici sopra riportati mostrano l'andamento della conducibilità elettrica media. Si possono osservare profili simili per tutte le stazioni di campionamento con valori che si mantengono nel tempo inferiori al valore massimo ammissibile per legge. I dati rilevati evidenziano una sostanziale stabilità del parametro conducibilità elettrica; sono da segnalare nel mese di agosto dei primi due anni considerati valori elevati rispetto alla media, pur restando al di sotto del valore limite, nel tratto a monte della città di Verona.

Figura 19: Valori massimi mensili di conducibilità (Fonte: ARPAV – Dipartimento di Verona)

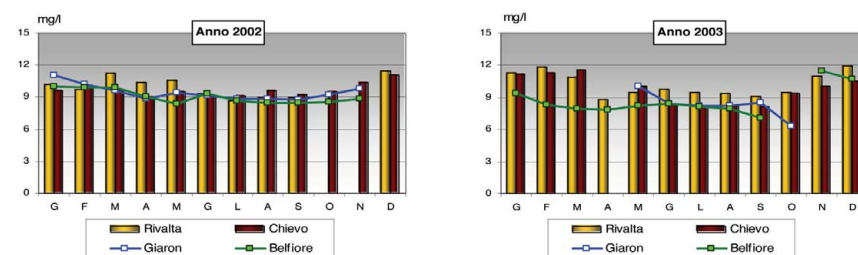
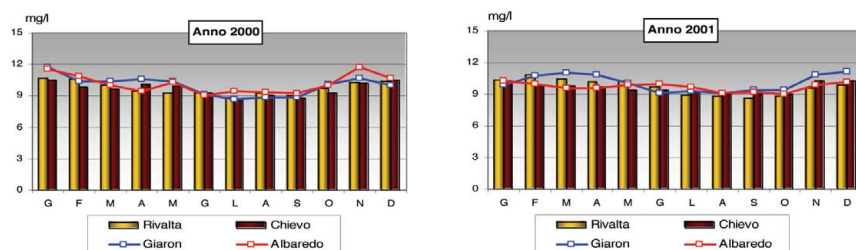


■ ■ Ossigeno disciolto

L'ossigeno disciolto è uno dei parametri più importanti per formulare un giudizio sulla qualità del corpo idrico. I fattori che influenzano la solubilità dell'ossigeno sono: la temperatura, la pressione atmosferica, la salinità, l'attività dei batteri, la fotosintesi clorofilliana, il regime più o meno turbolento del corso d'acqua. L'acqua calda contiene meno ossigeno dell'acqua fredda; per questo motivo è in estate che si manifestano i momenti più critici per la vita dei pesci e dello zooplancton. A 25°C, infatti, la solubilità dell'ossigeno disciolto è 8,3 mg/l, mentre a 4°C, 13,1 mg/l. E' importante tenere sotto controllo la variazione della quantità di ossigeno perché questo parametro oltre ad essere influenzato dalla presenza di vegetali, materie organiche ossidabili, organismi e germi aerobici, ha una solubilità che dipende dalla presenza, sulla superficie dell'acqua, di grassi, idrocarburi e detergenti. La concentrazione dell'ossigeno può essere espressa sia in mg/l sia come percentuale di saturazione; quest'ultima è la quantità di ossigeno presente rispetto al valore massimo, preso uguale a cento, che si può avere nelle stesse condizioni di salinità, di temperatura e pressione atmosferica. Tale valore in un corpo idrico non deve scendere al di sotto del 60% perché ciò comprometterebbe la vita acquatica. La saturazione può superare il 100% quando sono in corso processi molto attivi di fotosintesi clorofilliana.

I grafici sotto riportati mostrano l'andamento della concentrazione media di ossigeno disciolto ottenuta considerando i valori significativi e trascurando le variazioni minime.

Figura 20: Valori medi mensili di ossigeno disciolto (Fonte: ARPAV – Dipartimento di Verona)



Dall'analisi dei primi tre grafici si può osservare un andamento costante della concentrazione media di O₂ disciolto, il parametro oscilla tra gli 8 mg/l e i 11 mg/l mantenendo nel tempo un livello sufficiente per la vita dei pesci. Nell'anno 2003 si rilevano concentrazioni medie di ossigeno disciolto differenti da stazione a stazione, i valori più bassi si riscontrano a Giaron (nel mese di ottobre concentrazione pari a 6,27 mg/l) e Belfiore mentre Rivalta mantiene il suo standard qualitativo (valori tra gli 8 mg/l e i 11 mg/l con punte sino a 12 mg/l).

L'andamento dei dati presenta un ciclo stagionale legato alla variazione di temperatura: i valori minimi sono misurati nel periodo estivo contestualmente all'aumentare della temperatura.

L'unico dato in controtendenza è il valore di 6,27 mg/l di ossigeno disciolto rilevato nel mese di ottobre, riconducibile probabilmente o ad una forma di inquinamento tale da rendere difficile il contatto con l'aria oppure ad un regime non troppo turbolento del fiume.

■ ■ Torbidità

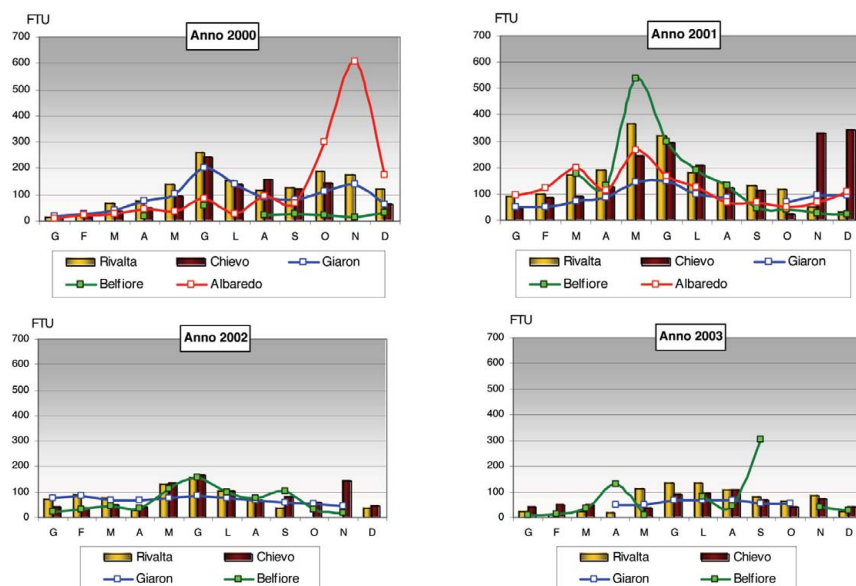
La torbidità di un corpo idrico è dovuta alla presenza di particelle finissime in sospensione, molto spesso presenti allo stato colloidale (argille). Può essere provocata da cause naturali o da scarichi derivanti da attività umane. Il moto turbolento del corso d'acqua favorisce l'incremento della torbidità, che attenua la filtrazione delle radiazioni luminose nell'acqua con conseguente diminuzione dell'attività clorofilliana.

La maggior parte delle acque ha una trasparenza compresa fra un metro e qualche metro. Un valore inferiore al metro può essere indice di corpo idrico inquinato o può essere dovuto ad un'alta concentrazione di solidi sospesi. Per citare un esempio in zone costiere come la barriera corallina la visibilità arriva sino ai 40 metri di profondità. La torbidità, oltre ad essere uno dei primi parametri da eliminare nel trattamento di potabilizzazione, rende informazioni su eventuali fonti di pressione.

L'analisi del parametro torbidità prende in considerazione i valori medi in quanto quelli massimi, discostandosi troppo da un valore medio generale, forniscono un'interpretazione errata della realtà. I valori di torbidità dell'anno 2000 indicano lungo tutto il tratto veronese una sostanziale stabilità sino ad inizio autunno (è stata inserita la stazione di Belfiore anche se con dati insufficienti), negli ultimi mesi dell'anno è da notare il picco rilevato nella stazione di Albaredo.

Nell'anno successivo la situazione si presenta quasi analoga con valori più alti concentrati nel periodo primaverile riconducibili, dato l'andamento stagionale delle precipitazioni, all'aumento della portata. Il picco rilevato nella stazione di Belfiore potrebbe essere collegato più che a fonti di inquinamento alle caratteristiche del fondo dell'alveo facile da rendere in sospensione.

Figura 21: Valori medi mensili di torbidità. (Fonte: ARPAV – Dipartimento di Verona)



■ ■ Temperatura

La misura della temperatura è importante per evidenziare l'inquinamento termico. L'aumento della temperatura dell'acqua determina l'aumento della velocità delle reazioni chimiche e biochimiche. L'effetto catalitico degli enzimi è funzione della temperatura ed è massimo fra i 33 e i 35°C. All'aumento della velocità delle suddette reazioni può corrispondere un incremento dello sviluppo algale e un maggior consumo di ossigeno con conseguente sviluppo di idrogeno solforato e di metano e la comparsa di odori sgradevoli. La temperatura, influenzando la quantità e la diversità della vita acquatica, è responsabile anche dei cambiamenti che avvengono nel corpo idrico nel corso dell'anno. In taluni casi però le acque con temperature più alte possono essere pericolose: infatti, specie sensibili come le trote e i salmoni richiedono acque più fredde e ricche di ossigeno disciolto.

Figura 22: Andamento della temperatura presso le stazioni di Rivalta, Albaredo d'Adige e Belfiore negli anni 2000 – 2003. (Fonte: Dipartimento provinciale ARPAV di Verona)

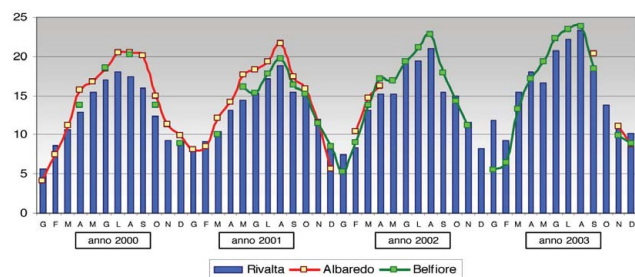
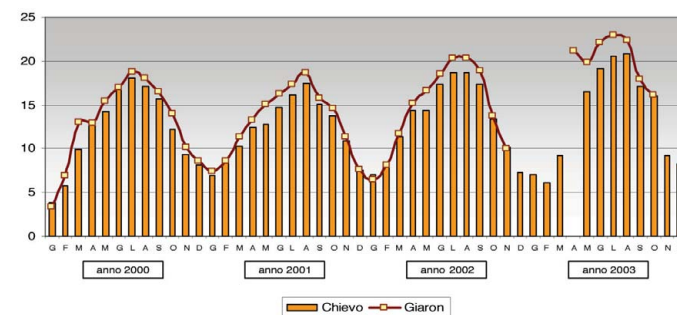
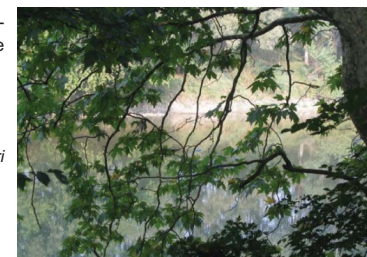


Figura 23: Andamento della temperatura prima e dopo il comune Verona negli anni 2000 – 2003. (Fonte: Dipartimento provinciale ARPAV di Verona)



L'andamento della temperatura mostra un tipico ciclo stagionale, con minime invernali dell'ordine di 5-6 °C e massime estive dell'ordine di 20-21 °C.

Foto 9: Il fiume Adige in località Bosco Buri



■ ■ pH

Il pH esprime efficientemente e sinteticamente le proprietà dell'acqua derivanti dall'attività idrogenionica, ma non tiene conto della qualità e della quantità delle sostanze che concorrono alla definizione del suo valore e del potere tampone dell'acqua. L'intervallo ottimale per i processi vitali della flora e della fauna è compreso tra 7 e 8,5. Valori più alti o più bassi possono provocare danni all'ecosistema acquatico compromettendo la possibilità di vita degli organismi viventi. Il pH di un corpo idrico influenza notevolmente la qualità delle specie che possono vivere in esso. Sono particolarmente sensibili a pH bassi (≤ 4) la maggior parte degli insetti, degli anfibi e dei pesci.

Figura 24: Andamento del valore medio del pH negli anni 2000 – 2003. (Fonte: Dipartimento provinciale ARPAV di Verona)

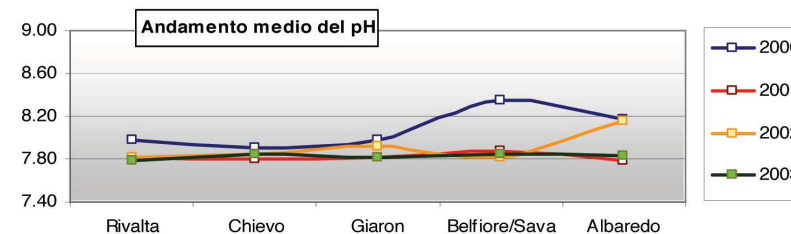
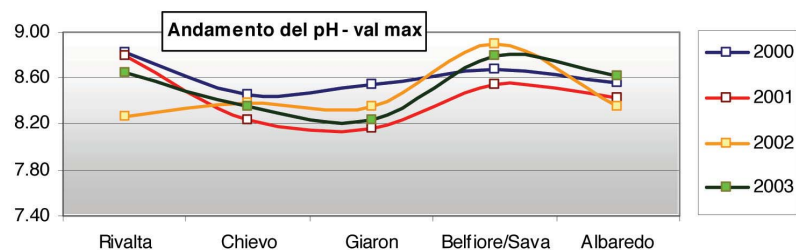


Figura 25: Andamento del valore massimo del pH negli anni 2000 – 2003. (Fonte: Dipartimento provinciale ARPAV di Verona)



I dati sul pH, nel periodo considerato, evidenziano valori compresi, generalmente, tra 7,5 ÷ 8,5. Tali valori si mantengono inferiori ai limiti di legge sia per la qualità delle acque idonee alla vita dei pesci sia per quelle destinate alla produzione di acqua potabile. Nel periodo 2000-2001 la frequenza di campionamento della stazione che preleva acqua dall'Adige è risultata insufficiente per tracciare una media annuale, mentre per la stazione di Albaredo i dati hanno una validità piuttosto approssimativa in quanto la cabina è rimasta ferma per quasi tutto il 2002 e 2003.

Foto 10: Opera di derivazione sul fiume Adige



■ Confronto tra i risultati del monitoraggio automatico e manuale

Attraverso il confronto tra i dati ottenuti mediante il monitoraggio manuale, con prelievo di campioni successivamente analizzati in laboratorio e il monitoraggio in continuo, con prelievo tramite centraline ad elaborazione istantanea, si è potuto tracciare un profilo sulla precisione dei dati ottenuti e, in caso di evidenti discordanze, di intervenire su uno o l'altro metodo di prelievo per verificarne l'attendibilità e prevederne eventuali accorgimenti. Si riportano i grafici, per le varie stazioni, mettendo in relazione il dato prelevato dal tecnico e quello misurato dalla centralina nello stesso giorno e nella stessa ora

Stazione di Brentino Belluno

Figura 26: Confronto tra i valori di temperatura misurati in automatico ed in manuale nel periodo 2000 – 2003.

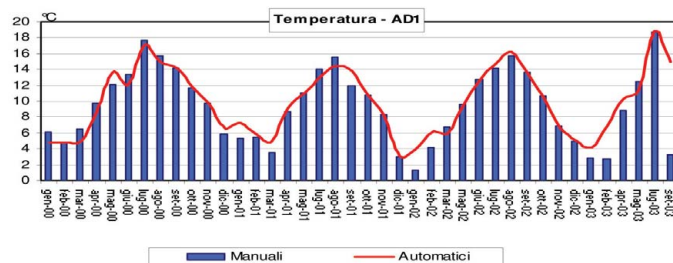


Figura 27: Confronto tra i valori di conducibilità misurati in automatico ed in manuale nel periodo 2000 – 2003.

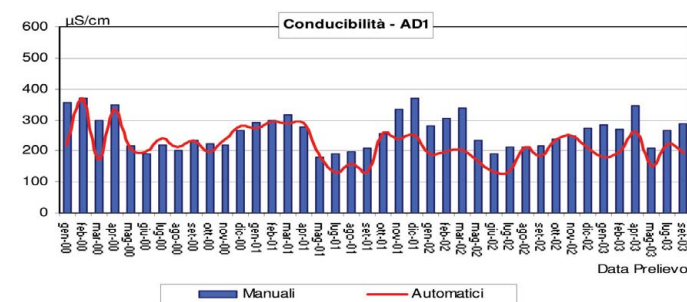
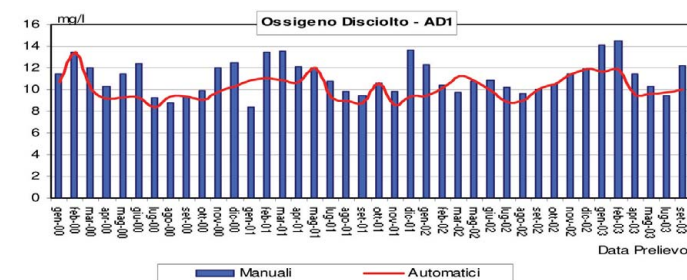


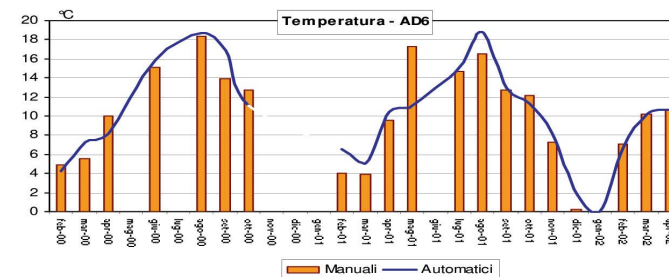
Figura 28: Confronto tra i valori di ossigeno disciolto misurati in automatico ed in manuale nel periodo 2000 – 2003.



Dai grafici sopra riportati il confronto è ottenuto dall'intersezione della curva, che rappresenta i dati rilevati dalla stazione automatica con l'istogramma che rappresenta i valori manuali. La precisione, quindi, è inversamente proporzionale alla distanza tra l'apice dell'istogramma e la curva dei dati automatici.

Stazione di Albaredo d'Adige

Figura 29: Confronto tra i valori di temperatura misurati in automatico ed in manuale nel periodo 2000 – 2003.



L'Adige L'Adige L'Adige

Figura 30: Confronto tra i valori di conducibilità misurati in automatico ed in manuale nel periodo 2000 – 2003.

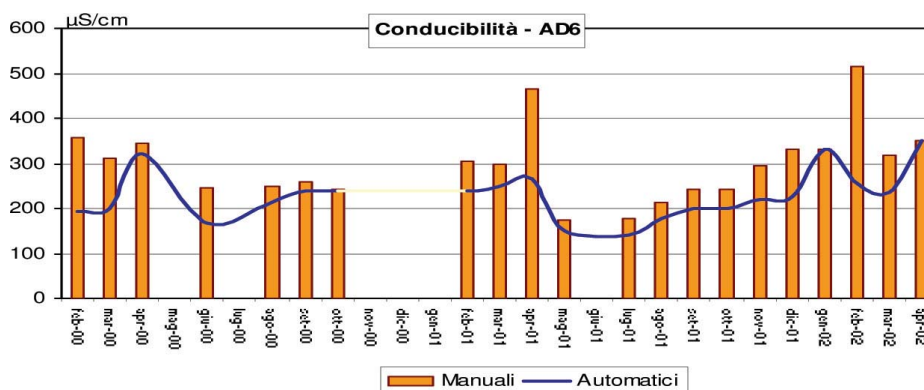


Figura 31: Confronto tra i valori di ossigeno disciolto misurati in automatico ed in manuale nel periodo 2000 – 2003.

