

**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI MILANO BICOCCA**

**Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e del Territorio**

**INDAGINE SULLE CRITICITA' QUALITATIVE DEL SERIO IN  
RELAZIONE ALLE STRATEGIE DI RECUPERO DELL'AMBIENTE  
FLUVIALE**

Relazione finale

Novembre 2008

**Valeria Mezzanotte, Sergio Canobbio, Federica Benvenuto, Michela Siotto**

# INDICE

<b>1. INTRODUZIONE</b>	pag. 2
<b>2. DESCRIZIONE DELLE PRINCIPALI CRITICITA'</b>	pag. 2
<b>2.1 Torrente Riso</b>	pag. 2
<b>2.2 Immissione dell'effluente dell'impianto di depurazione di Ranica</b>	pag. 4
<b>2.3 Le magre dell' alta pianura</b>	pag. 6
<b>2.4 Il Canale di Gronda Sud</b>	pag.10
<b>3 CAMPIONAMENTI ED ANALISI</b>	pag.12
<b>3.1 Stazioni di campionamento</b>	pag.12
<b>3.2 Analisi</b>	pag.17
<u>3.2.1 Parametri chimico-fisici</u>	pag.17
<u>3.2.2 Analisi microbiologiche</u>	pag.18
<u>3.2.3 Misure di attività fotosintetica</u>	pag.18
<u>3.2.4 Valutazioni ecologiche sull'effetto dello scarico nel torrente Riso dell'impianto per il recupero di zinco di Ponte Nossa</u>	pag.18
<u>3.2.5 Idrocarburi policiclici aromatici (IPA) e erbicidi</u>	
<b>4. RISULTATI</b>	pag.24
<b>4.1 Parametri chimico-fisici</b>	pag.24
<b>4.2 Escherichia coli</b>	pag.41
<b>4.3 Misure di attività fotosintetica</b>	pag.44
<b>3.2.4 Valutazioni ecologiche sull'effetto dello scarico nel torrente Riso dell'impianto per il recupero di zinco di Ponte Nossa</b>	pag.45
<b>4.6 Idrocarburi policiclici Aromatici (IPA) e erbicidi</b>	pag.55
<b>5.CONCLUSIONI</b>	

## **1.INTRODUZIONE**

Il Serio ed i suoi affluenti presentano motivi di notevole interesse ambientale, ma convivono anche con varie criticità dovute alla notevole pressione antropica data dall'ormai diffusa urbanizzazione, dalla presenza di numerose derivazioni e dalla presenza industriale, soprattutto in alcune porzioni del bacino.

Ne consegue che in alcuni tratti si osservano scadimenti anche gravi nella qualità delle acque superficiali e nella loro idoneità ad ospitare ecosistemi integri.

Scopo dell'ultimo periodo di indagini sul Serio è stato appunto quello di approfondire, mediante indagini sul territorio e analisi delle acque, proprio gli aspetti più critici della situazione complessiva del fiume, al fine di poter individuare gli interventi più idonei per riportare il fiume in condizioni più prossime alla naturalità.

## **2. DESCRIZIONE DELLE PRINCIPALI CRITICITA'**

### **2.1 Torrente Riso**

Nasce dal Colle di Zambla a 1.253 m s.l.m nelle Alpi Orobie e confluisce dopo 7 km in sponda destra nel Serio a Ponte Nossa, in Val Seriana, dopo aver percorso la valle omonima.



Fig. 2.1 – Il torrente Riso

Il corso d'acqua (Fig.2.1) costeggia il paese di Gorno e, prima di immettersi nel Serio, attraversa una zona industriale, storicamente conosciuta come “stabilimento zincoelettrico”, ubicata nel territorio comunale di Ponte Nossa e attualmente destinata al recupero di zinco tramite trattamento con processo Waelz di rifiuti speciali pericolosi e non pericolosi, provenienti in prevalenza dalla fusione di rottami ferrosi in forni ad arco (“fumi di acciaieria”).

Le dimensioni dell'impianto e la portata dello scarico (che raggiunge gli 880 m<sup>3</sup>/h, dei quali 380 per la diluizione del cloro), se rapportate alle dimensioni del corpo idrico ricevente e, dunque, alla capacità portante dell'ecosistema locale, possono essere fonte di preoccupazione. Lo stabilimento trattava, prima dell'ampliamento, il 56% dei fumi di acciaieria prodotti su scala nazionale. Il 12 settembre 2005, a seguito di Valutazione di Impatto Ambientale, l'azienda è stata autorizzata ad estendere la sua potenzialità di trattamento da 133000 t/anno a 180000 t/anno, ad ampliare la capacità di stoccaggio dei rifiuti zinciferi e ad aumentare il conferimento annuale di scorie nella discarica di Val Rogno, nelle vicinanze dello stabilimento e di proprietà della stessa azienda. Le concentrazioni di metalli nello scarico risultano, secondo le verifiche ARPA, compatibili con i limiti, ma la bassa portata del torrente non consente una diluizione tale per cui le concentrazioni nelle acque siano sempre conformi agli obiettivi di qualità definiti dal DM 367/2003 e dal D.Lgs.152/2006.

Nella valle del Riso si trovano, inoltre, miniere ora in disuso. L'attività estrattiva è durata dal 1883 al 1982 e lo zinco estratto veniva poi trattato presso lo stabilimento che ora tratta i fumi di fonderia. Venivano, inoltre, estratti ferro e piombo.

Per quanto riguarda le altre fonti di inquinamento, va rilevato che nella valle la situazione del collettamento fognario non è ottimale, in particolare in alcune zone, quali i paesi di Gorno e Oneta, e che spesso si verificano immissioni dirette di reflui civili nel torrente.

Si tratta di carichi di entità complessivamente modesta ma che, ancora una volta, assumono importanza in relazione alla bassa portata del ricettore.

## **2.2 Immissione dell'effluente dell'impianto di depurazione di Ranica**

Gli impianti di depurazione, ricevendo e trattando acque reflue, rimuovono in misura rilevante il carico inquinante prodotto all'interno del bacino, ma, inevitabilmente, immettono nel recettore un carico residuo concentrato nel punto dello scarico, che va a costituire una fonte di impatto la cui rilevanza è inversamente proporzionale alla portata del ricettore.

Si verificano così situazioni nelle quali gli effluenti sono perfettamente conformi ai limiti di legge (che sono stati peraltro definiti assumendo che, all'atto dello scarico, qualunque effluente subisse almeno una diluizione 1:2) ma apportano carichi tali da alterare la qualità del corpo idrico in cui vengono immessi. A maggior ragione, ciò si verifica quando gli impianti sono di grandi dimensioni e sversano quindi portate rilevanti, anche se caratterizzate da concentrazioni di inquinanti non elevate.

Questo è il caso dell'impianto di depurazione di Ranica (Fig.2.2), il più importante della Valle Seriana, il cui effluente viene immesso in un tratto ove la portata del fiume è scarsa sia per cause

naturali (in quel tratto si verificano sia per cause naturali sia per effetto delle derivazioni di Cene ed Albino. Costruito nel 1990, è gestito dal Consorzio di Depurazione della Valle Seriana Inferiore e riceve i reflui di quasi tutta la bassa Val Seriana, servendo i comuni di Casnigo, Colzate, Vertova, Fiorano al Serio, Gazzaniga, Cene, Albino, Pradalunga, Nembro, Alzano Lombardo, Ranica, Villa di Serio. L'impianto ha una configurazione tradizionale: i pretrattamenti fisico-meccanici (grigliatura, dissabbiatura e disoleatura) precedono quello biologico (denitrificazione e poi ossidazione biologica mediante fanghi attivi, con presenza di vasche chiuse e areate con ossigeno puro), ed il trattamento terziario con ozono, finalizzato a rimuovere il colore e i tensioattivi nonché alla disinfezione.

In tempo asciutto riceve circa 40.000 m<sup>3</sup>/giorno, con un contributo industriale, proveniente principalmente dal settore tessile, quantificabile nel 18% della portata (appare più difficile la stima del contributo industriale in termini di carico organico).

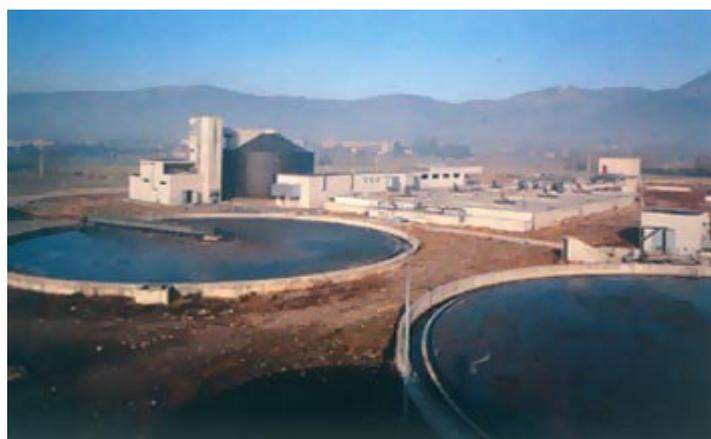


Fig. 2.2. -L' impianto di depurazione di Ranica

E' l'impianto più a monte, tra quelli sul Serio, per il quale si verificchi, nel periodo estivo, lo scarico diretto in alveo asciutto. La qualità del suo effluente è in genere compatibile con l'assenza di portata in alveo, eccezion fatta per la concentrazione di tensioattivi che talvolta supera i livelli ammissibili, in conseguenza delle deroghe sugli scarichi industriali che la gestione dell'impianto spesso concede e cui l'impianto, nonostante l'ozono, non riesce a far fronte completamente.

A tal proposito, è da evidenziare la schiumosità delle acque presso la stazione di campionamento di Gorle, indice appunto di un'elevata concentrazione di tensioattivi.

### 2.3 Le magre dell' alta pianura

Il tratto d'alta pianura presenta una cronica mancanza d'acqua nei periodi di magra, aggravata dalla conformazione geomorfologica dell'alveo che determina l'inabissamento delle portate residue in subalveo. La portata del Serio, in tale tratto, è rimpinguata solamente da scarichi di impianti di trattamento reflui, tra i quali gli impianti a servizio di industrie chimiche che immettono inquinanti diversi dai macrodescrittori che caratterizzano normalmente i reflui di tipo civile.

Le magre (Figg. 2.3 e 2.4) sono legate essenzialmente a due fattori:

1. Eccessivo prelievo delle acque dal fiume, senza restituzione, a monte del tratto in questione
2. Assetto idrogeologico (e granulometria grossolana del substrato) del fiume, tale per cui le sue acque alimentano la falda freatica sottostante, sottraendole al deflusso superficiale.



Fig. 2.4. – Il Serio in secca a Ghisalba



Fig. 2.4. – Il Serio in secca a Martinengo

A monte di Seriate, precisamente ad Albino e Nembro, si incontrano le principali captazioni (ricevono le acque dallo sbarramento di Cene), che, tramite le rogge Comenduna, Seriola e Morlana, alimentano la Vasca di Carico di Albino.

Dalla vasca di carico si dipartono la Roggia Serio, la Roggia Morlana e la Roggia Pradalunga-Borgogna. La Roggia Serio, in sponda destra, fa parte del sistema irriguo detto "Adda-Serio", con una portata media di circa  $4,8 \text{ m}^3/\text{s}$  ed un minimo di  $2 \text{ m}^3/\text{s}$ , e va ad irrigare 4.123 ha.

La Roggia Morlana (portata media=  $4,5 \text{ m}^3/\text{s}$ , minima =  $1 \text{ m}^3/\text{s}$ ) scarica le acque residue nuovamente nel Serio. Può ricevere parte delle acque trattate dal depuratore di Bergamo da uno scarico di riserva, recapitante nella roggia di Ponte Perduto. Si tratta di un prelievo per le due rogge di  $9 \text{ m}^3/\text{s}$  di media, e comunque di un prelievo minimo di  $3 \text{ m}^3/\text{s}$ . Presso Ranica, la Roggia Borgogna preleva in sponda sinistra una portata di  $5,8 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $2,5$  nel periodo di magra) e successivamente cede parte delle sue acque al torrente Zerra, dal quale le riceve nuovamente più a valle. Più a valle si verificano altri prelievi con le derivazioni di Gorle e di Seriate, e, contando i circa  $15 \text{ m}^3/\text{s}$  delle derivazioni precedenti, si può facilmente concludere che la portata residua, oltre Seriate, è ben inferiore a quella naturale. Le derivazioni irrigue sopracitate hanno degli scolmatori che potrebbero restituire acqua al fiume, ma in generale il meccanismo che li regola è quello di rimpinguare il Serio nei momenti di piena e quindi di eccesso di portata nella rete stessa, ma di non contribuire, di fatto, al bilancio idrico del fiume nei momenti critici estivi, quando l'apporto meteorico è trascurabile mentre i fabbisogni per l'agricoltura sono massimi.

In Fig. 2.5 sono schematizzate le principali captazioni a monte di Seriate.

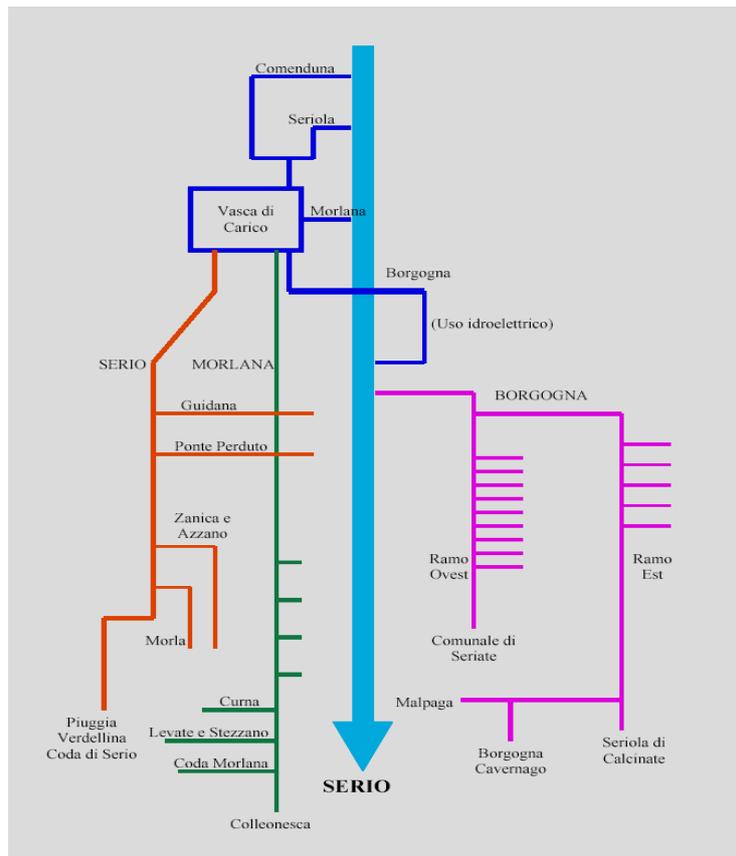


Fig. 2.5 – Schema delle principali captazioni a monte di Seriate

Gli impianti di depurazione che scaricano lungo questo tratto a deficit idrico sono quelli di Grassobbio, di Bagnatica (che sversa il suo effluente nello scolmatore del torrente Zerra che si immette a sua volta nel Serio a Grassobbio), di Ghisalba, di Lurano e di Cologno al Serio. Gli ultimi due recapitano i loro effluenti nel Canale di Gronda Sud che si immette nel Serio a Romano di Lombardia.

L'impianto di Grassobbio è di dimensioni modeste rispetto agli impianti più a valle per cui il suo impatto sul fiume è complessivamente poco rilevante. Tratta oggi 13000 AE, tra i quali quelli provenienti dall'aeroporto di Orio al Serio, ma è in discussione il suo futuro. L'ipotesi più accreditata, ed effettivamente più ragionevole, è oggi quella che prevede la dimissione dell'impianto ed il collettamento dei reflui di pertinenza all'impianto di Cologno al Serio. Tuttavia, il PTUA oggi in vigore ne prevede la conferma e non è ancora stata approvata nessuna modifica in merito.

Nel comune di Grassobbio si verifica anche l'immissione delle acque di scarico provenienti dall'industria chimica 3V Sigma, a poca distanza (circa 300 m) dall'ingresso dello scolmatore del torrente Zerra (Fig. 2.6), a valle dell'impianto di depurazione.



Fig. 2.6 – L’area degli scarichi di Grassobbio: in alto a sinistra, contrassegnata da un puntino rosso, l’area industriale della 3V Sigma, in basso, contrassegnata anch’essa da un puntino rosso, l’immissione dello scaricatore del Torrente Zerra nel Serio

Gli scarichi della 3V Sigma sono costituiti dallo scarico diretto nel fiume dell’impianto 3V Green Eagle, che tratta reflui per conto terzi, e dallo scarico della 3V Sigma stessa che scarica in fognatura. La 3V Green Eagle è un impianto per l’eliminazione o il recupero di rifiuti pericolosi (>10 t/g) o di rifiuti urbani (>3t/h), tramite trattamento fisico-chimico e biologico. Lo scarico diretto comprende: zinco e suoi composti (435 kg/anno), sostanza organica (196.000 kg TOC/anno); cloruri (2.590.000 kg/anno), fluoruri (15.800 kg/anno). La 3V Sigma è un impianto per la fabbricazione di prodotti chimici organici, le cui emissioni in fognatura comprendono: azoto totale (138.000 kg/anno), sostanza organica (162.000 kg TOC/anno) e cloruri(2.930.000 kg/anno).

Spesso, a valle dello scarico, si rilevano schiume e una colorazione delle acque tendente al viola. La presenza delle schiume, peraltro, potrebbe derivare anche da concentrazioni di tensioattivi inferiori a quelle ammesse per legge. D’altra parte, poiché l’azienda è attualmente in fase di Autorizzazione Integrata Ambientale, i relativi problemi di qualità dello scarico vengono ad essere di competenza regionale.

Lo scolmatore del torrente Zerra (Fig.2.7) deriva da una diramazione della Roggia Borgogna (il ramo est), distaccandosi dal corso naturale del torrente Zerra nel comune di Costa Mezzate e terminando con immissione nel fiume Serio in territorio di Cavernago. E’ un’opera a cielo aperto in cemento, con una lunghezza di m 4.000 e una portata massima di 46 m<sup>3</sup>/s, che serve un bacino di 14.600 ettari nel territorio dei seguenti comuni: Albano Sant’Alessandro, Antegnate, Bagnatica, Bolgare, Brusaporto, Calcinate, Cavernago, Cenate Sotto, Cortenuova, Costa Mezzate, Ghisalba,

Martinengo, Montello, Mornico, Palosco, Pedregno, Romano di Lombardia, San Paolo d'Argon, Seriate, Scanzorosciate, Torre de' Roveri.

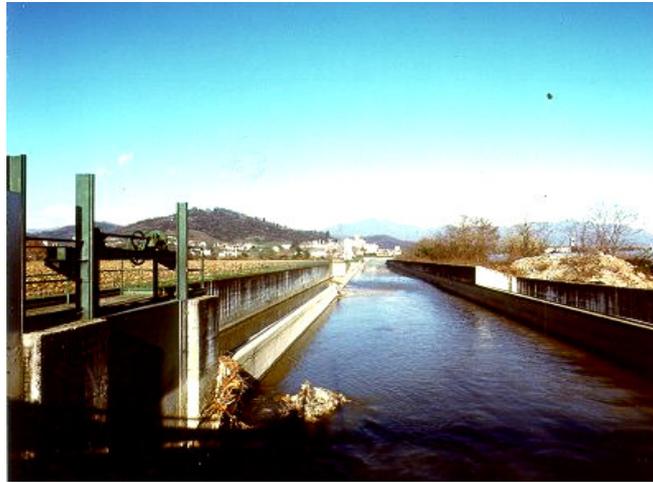


Fig. 2.7 – Lo scolmatore del torrente Zerra, a Cavernago

Nello scolmatore scarica l'impianto di depurazione Consortile di Bagnatica della Zerra s.p.a che tratta i reflui della zona di Seriate e serve circa 120 000 AE, di cui 50 000 civili e 70 000 industriali. La portata massima in ingresso è di 1.600 m<sup>3</sup>/h. La portata trattata (e scaricata) è attualmente di circa 19.000 m<sup>3</sup>/giorno e dovrebbe essere immessa, nel periodo estivo, nella Roggia Borgogna, per integrarne la disponibilità idrica per uso irriguo, cosa che raramente avviene, per cui quasi tutto l'anno la portata viene recapitata nel canale scolmatore del torrente Zerra.

Gli effetti combinati delle molteplici pressioni antropiche nell'alta pianura sono riassumibili in:

- Interruzione del *continuum* fluviale tra Seriate e Romano di Lombardia;
- Diminuzione del potere diluente del fiume con incremento delle concentrazioni delle principali sostanze inquinanti;
- Eutrofizzazione nelle zone di stagnazione delle acque;
- Perdita di qualità (e della presenza stessa) nelle comunità biologiche (invertebrati e ittiofauna) presenti nel fiume.

## 2.4 Immissione del Canale di Gronda Sud

Il canale, in parte tombinato ed in parte a cielo aperto, è del Consorzio di Bonifica della Media Pianura Bergamasca e si immette nel Serio nel comune di Morengo, poco a monte di Romano di Lombardia (Fig.2.8).

Il canale è stato realizzato per smaltire le portate di piena della Roggia Ponte perduto di Spirano, delle rogge Vescovada di valle e Urganana e le acque di sgrondo delle zone irrigue. Ha una

lunghezza di 6.700 m (diventerà di 11.000 m a completamento dell'ampliamento previsto), una portata massima di 18 m<sup>3</sup>/s e serve un bacino di 14.700 ha nel territorio dei seguenti comuni: Arcene, Azzano San Paolo, Bergamo, Brignano, Ciserano, Cologno al Serio, Comun Nuovo, Dalmine, Grassobbio, Lallio, Levate Lurano, Morengo, Orio al Serio, Pagazzano, Pognano, Seriate, Spirano, Stezzano, Treviolo, Urgnano, Verdello, Verdellino, Zanica.

Attualmente vi si immettono gli effluenti degli impianti di depurazione di Lurano e di Cologno al Serio che ne costituiscono, in tempo asciutto, la maggior parte della portata.



Fig. 2.8 – La Gronda Sud a Morengo

L'impianto di Lurano è stato progettato per trattare 91 000 Abitanti Equivalenti e riceve attualmente i reflui di 47 250 AE attraverso il sistema di collettamento, cui si sommano, per conferimento diretto, rifiuti liquidi costituiti in parte da percolati di discarica (con un limite di 200 m<sup>3</sup>/giorno). La portata complessiva trattata è, come media di tempo asciutto, 17.237 m<sup>3</sup>/giorno. Attualmente, nel periodo irriguo (1 maggio – 30 settembre) l'impianto recapita parte del suo effluente (circa 3600 m<sup>3</sup>/giorno, pari al 21% del totale) nel Fosso Capate che si immette nella Roggia Brembilla, utilizzata appunto per l'irrigazione. La rimanente portata del periodo estivo e la totalità dello scarico negli altri mesi dell'anno vengono immessi nel Canale di Gronda Sud.

Nel Canale immette il suo effluente anche l'impianto di Cologno al Serio, ampliato nel 2006 per ricevere i reflui di 107.000 AE. Attualmente, ne riceve 52000 civili e 35000 industriali, con una netta prevalenza di scarichi tessili provenienti da un'unica azienda di Urgnano (20.000 AE). Lo scarico è quantificabile in 18000-20000 m<sup>3</sup>/giorno.

La presenza degli scarichi e una diluizione non sufficiente nel canale ad abbattere gli inquinanti, comporta una pessima qualità delle acque nel canale, che ha come conseguenza un notevole innalzamento del carico inquinante nel Serio.

### **3. CAMPIONAMENTI ED ANALISI**

A seguito delle valutazioni esposte nel capitolo precedente, scaturite dall'esperienza degli anni precedenti, nonché dall'analisi del bacino del fiume, si è stabilito di posizionare le stazioni di campionamento in modo tale da poter approfondire le conoscenze specifiche e poter così supportare le future strategie di intervento per il raggiungimento degli obiettivi di qualità del fiume.

#### **3.1 Stazioni di campionamento**

##### ***1 A monte di Villa D'Ogna***

La stazione è posizionata a monte dell'impianto di depurazione di Villa D'Ogna, e la qualità delle acque serve come termine di riferimento per valutare le condizioni delle stazioni a valle.

##### ***2 e 3 Riso monte e valle***

Il Riso nasce presso il Comune di Oneta (965 m s.l.m.) e si immette nel Serio a Ponte Nossa (460 m s.l.m.), percorrendo complessivamente 7 km. Per i motivi descritti al capitolo 2, si è stabilito di prelevare campioni a monte e a valle dello stabilimento che tratta fumi di fonderia per poterne valutare l'impatto sul torrente e, a valle, sul fiume Serio (Fig.3.1).

##### ***4 Ponte Costone***

Stazione caratterizzata da elevata naturalità ma, nello stesso tempo, dall'immissione di alcuni effluenti che incidono in maniera variabile sulla qualità delle acque: prima di raggiungere Ponte Nossa il Serio riceve acqua da numerosi affluenti, dall'impianto di depurazione di Ponte Nossa e da un impianto che tratta anche parte dei reflui provenienti da Clusone. In seguito, tra Ponte Nossa e Gorno, accoglie l'immissione del torrente Riso. La stazione è situata qualche km a valle di tale immissione (Fig.3.2).

##### ***5 Cene***

Nel territorio che precede questa stazione il Serio attraversa i comuni di Bondo, Colzate e Casnigo, riceve le acque del Torrente Romna e raggiunge Vertova; qui il fiume è incanalato in argini di cemento, e sono presenti derivazioni che prelevano parte delle acque. La stazione di Cene (Fig.3.3) ha una rilevanza particolare, perchè da sempre utilizzata per i controlli periodici condotti da Enti pubblici sul fiume; vi si trovano una centralina di monitoraggio meteo, un'asta idrometrica ed un misuratore di portata con sensore per il telerilevamento. A questo punto del suo percorso il Serio ha

ricevuto le acque di altri due affluenti, i Torrenti Valvertova e Vallerossa, e quelle dell'impianto di Casnigo; tale stazione permette quindi di valutarne l'azione impattante sulla qualità delle acque del fiume Serio.

### 6 Seriate

Prima di giungere a Seriate il fiume Serio riceve le acque dei Torrenti Carso e Albina, con una massiccia pressione antropica urbana e industriale, e l'influenza delle prime captazioni irrigue di una certa rilevanza, che avvengono nella zona a monte di Nembro. A Seriate (Fig. 3.4) il fiume scorre largo e imbrigliato in manufatti artificiali nel centro abitato del Comune. Si tratta quindi di un ambiente fortemente antropizzato, poco a valle dello scarico dell'impianto di Ranica. Inoltre, la permeabilità dell'alveo è elevata e si verificano perdite d'acqua per infiltrazione.

E' presente un idrometro.

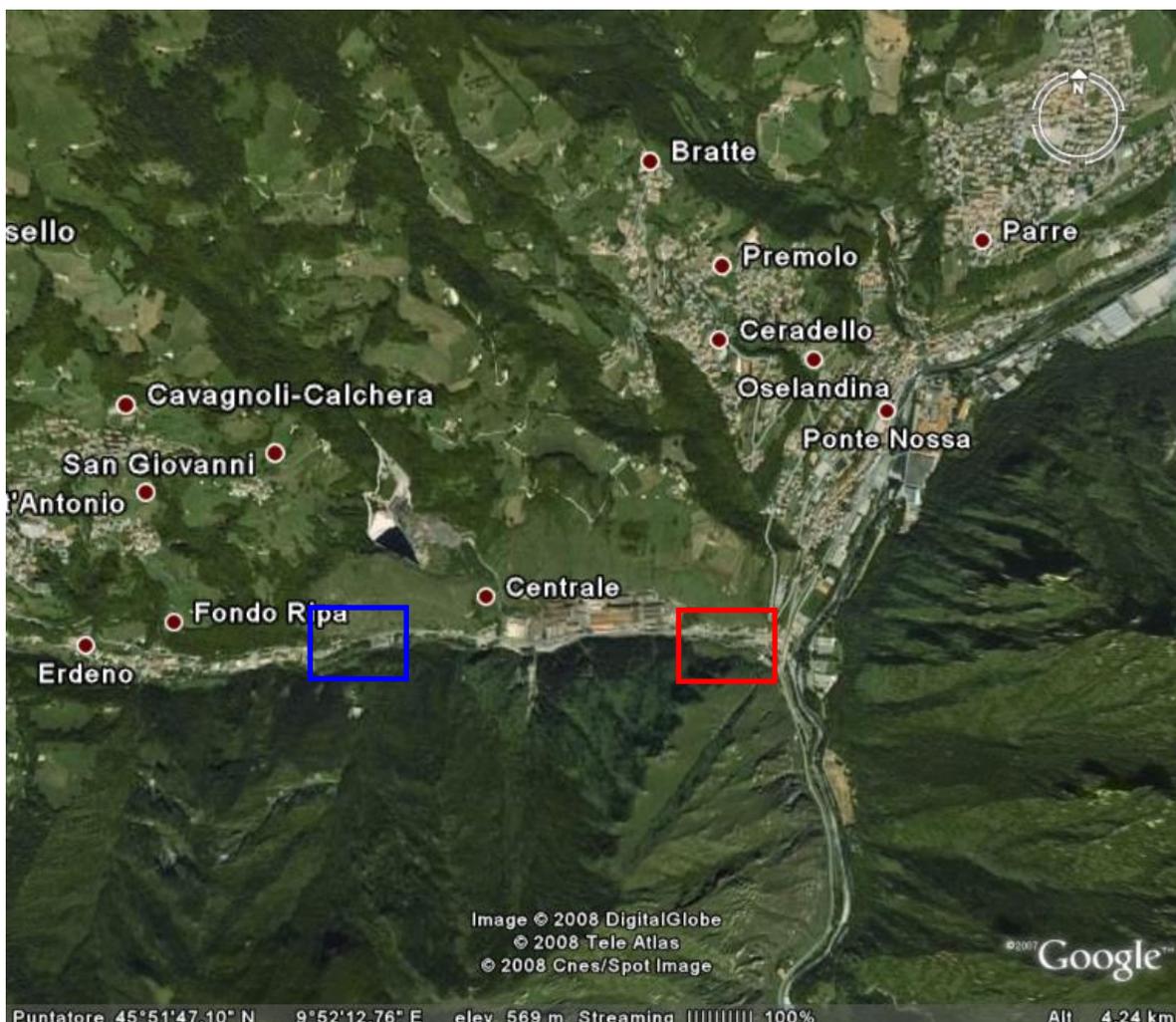


Fig. 3.1 – Veduta satellitare delle due stazioni di campionamento a monte (riquadro blu) e a valle (riquadro rosso) dello scarico industriale sul Riso

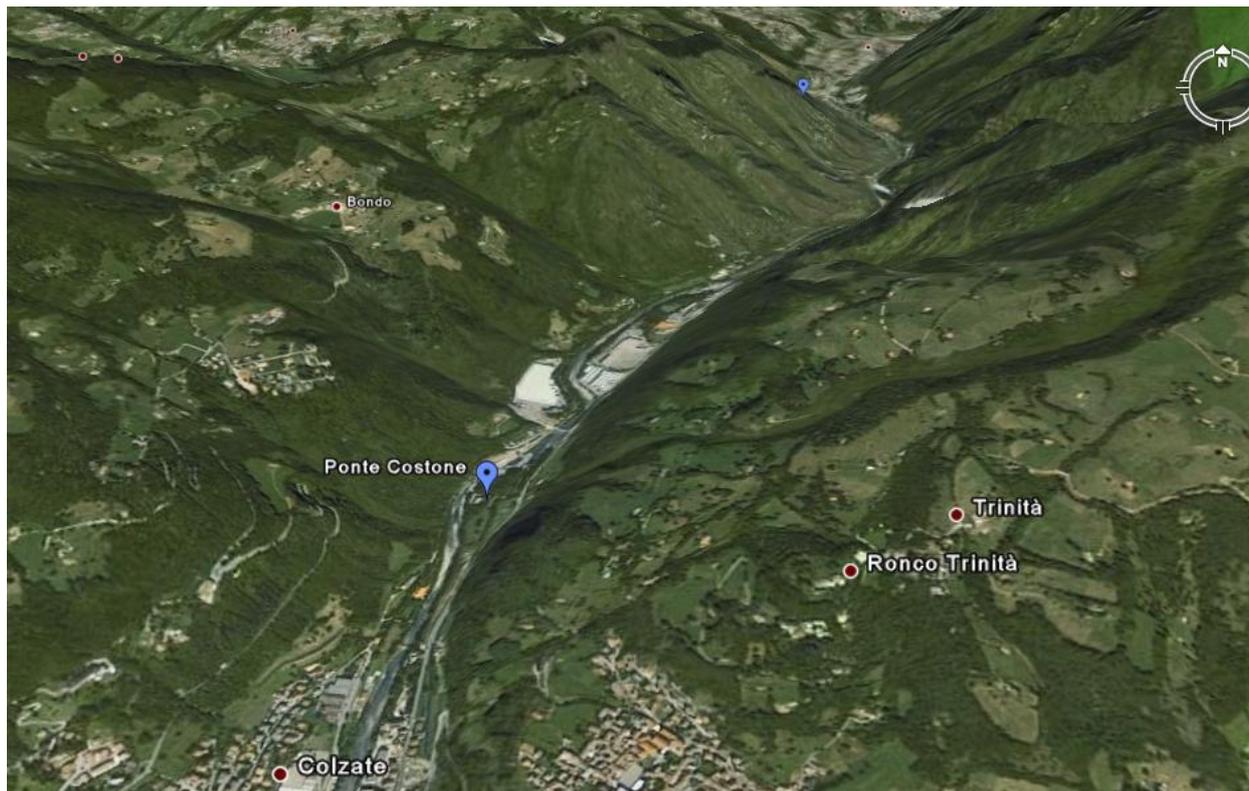


Figura 3.2 - Veduta satellitare della stazione di Ponte Costone

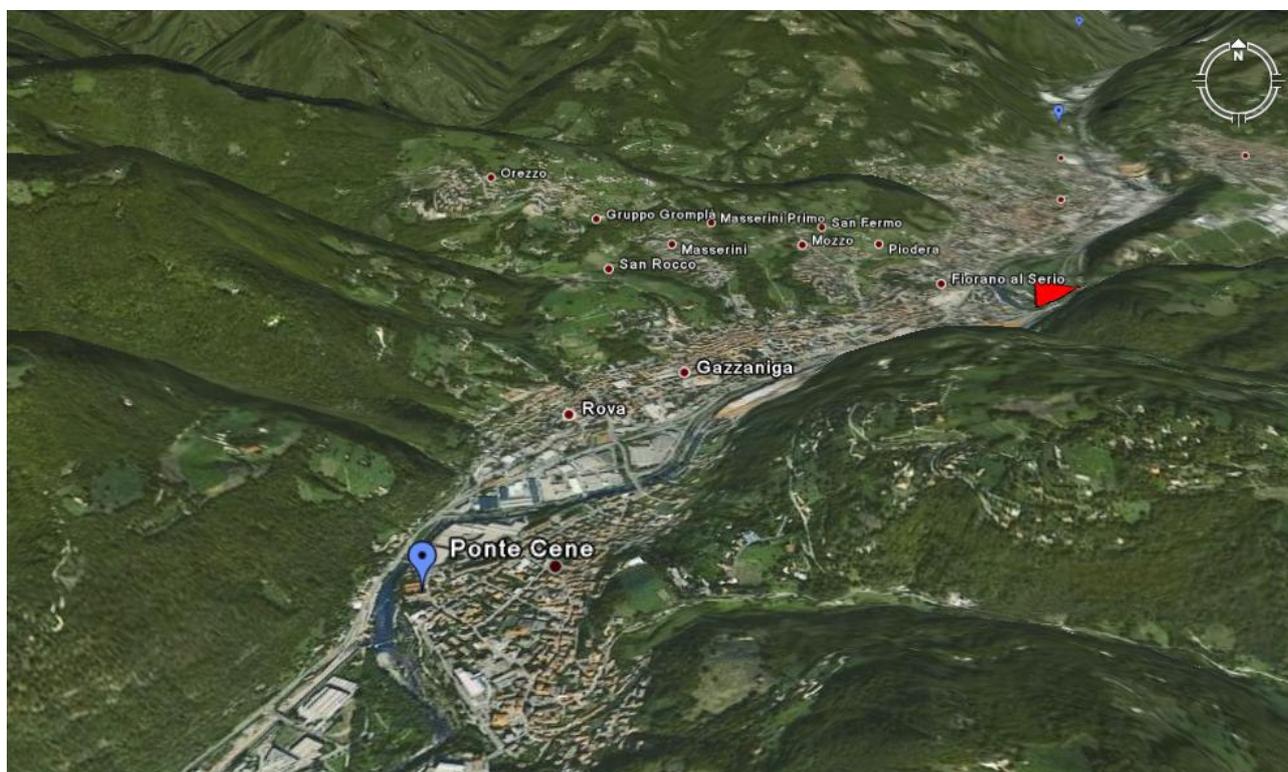


Figura 3.3 - Veduta satellitare della stazione di Cene

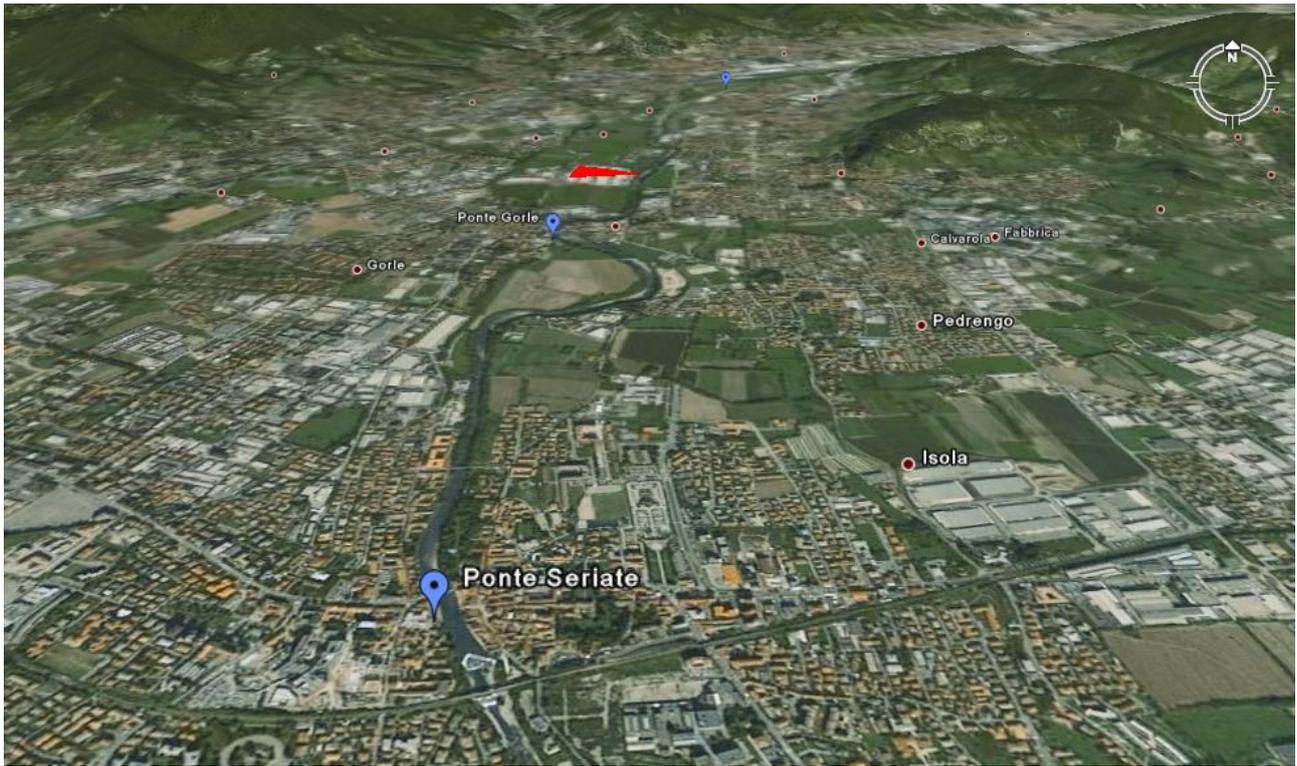


Figura 3.4 - Veduta satellitare della stazione di Seriate

### **7 Grassobbio**

Attraversata una zona altamente antropizzata, a Grassobbio (Fig.3.5) il greto del fiume si allarga scorrendo al di sotto della tangenziale di Bergamo e dell'autostrada A4, ove subisce ulteriori perdite d'acqua per discesa in sub-alveo attraverso il substrato ghiaioso dell'ampio greto; la portata diminuisce vistosamente soprattutto nel periodo estivo. I campionamenti sono stati effettuati a monte dell'impianto di depurazione situato a Grassobbio, che tratta anche i reflui di Orio al Serio.

### **8 Ghisalba**

La stazione di Ghisalba (Fig.3.6) è posta a valle dell'immissione dello scolmatore del torrente Zerra che, come già si è detto, riceve l'effluente dell'impianto di depurazione di Bagnatica, nonché degli scarichi degli impianti di depurazione di Grassobbio e Ghisalba e consente quindi di valutarne l'effetto sulla qualità delle acque fluviali. Nei periodi di magra, inoltre, nella zona di Ghisalba, il fiume si interra e scorre in subalveo, ed il suo letto viene per breve tempo colonizzato da specie vegetali pioniere che danno origine ad un'area stepposa insolita per la regione.



Figura 3.5 - Veduta satellitare della stazione di Grassobbio

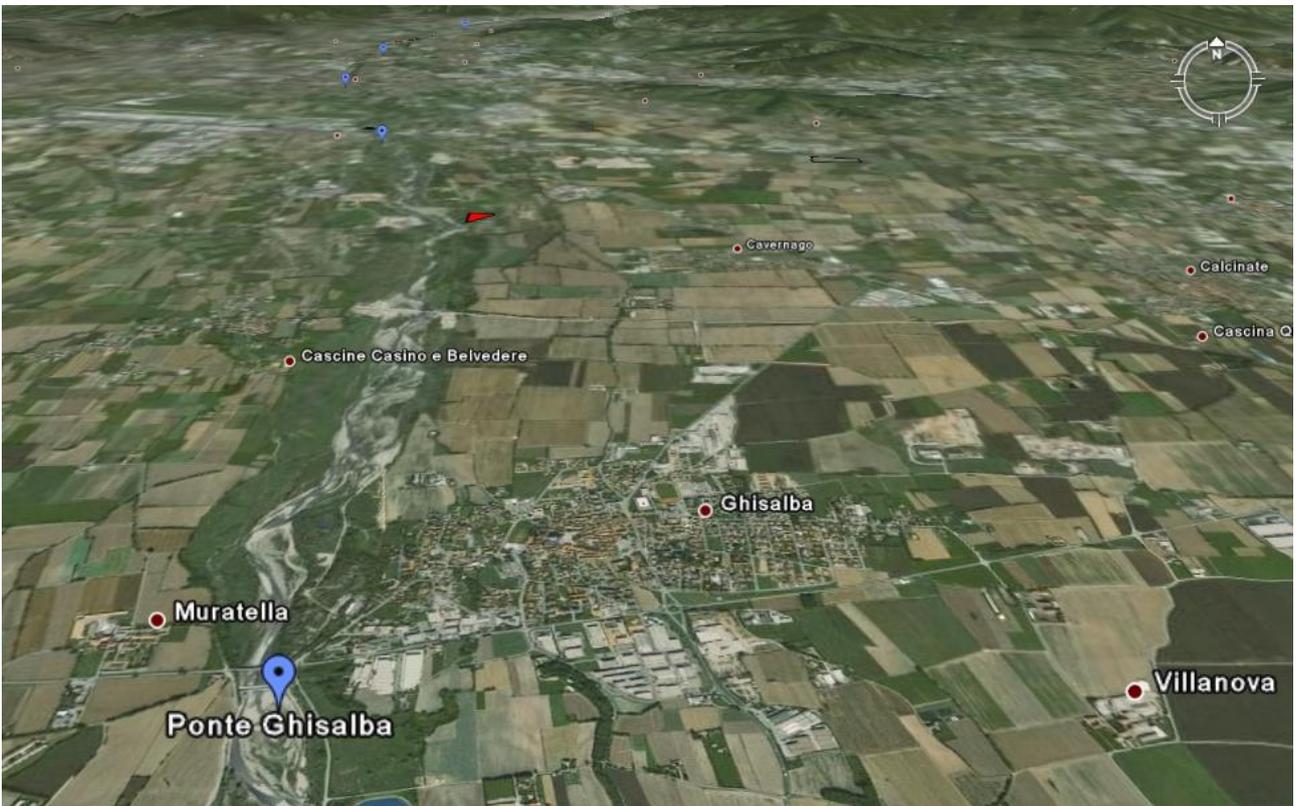


Figura 3.6 - Veduta satellitare della stazione di Ghisalba

## 9 Romano di Lombardia

Il fiume oltrepassa Martinengo scorrendo lentamente in un'ampia zona naturale, dove il suo ampio letto diventa multicorsale. La zona agricola circostante è separata dal Serio da una discreta fascia di vegetazione presente su entrambe le rive. La stazione di campionamento si trova tra Romano di Lombardia e Bariano (Fig.3.7), a valle dell'immissione nel Serio del Canale di Gronda Sud che riceve, come già si è detto, gli effluenti degli impianti di depurazione di Cologno al Serio e Lurano.

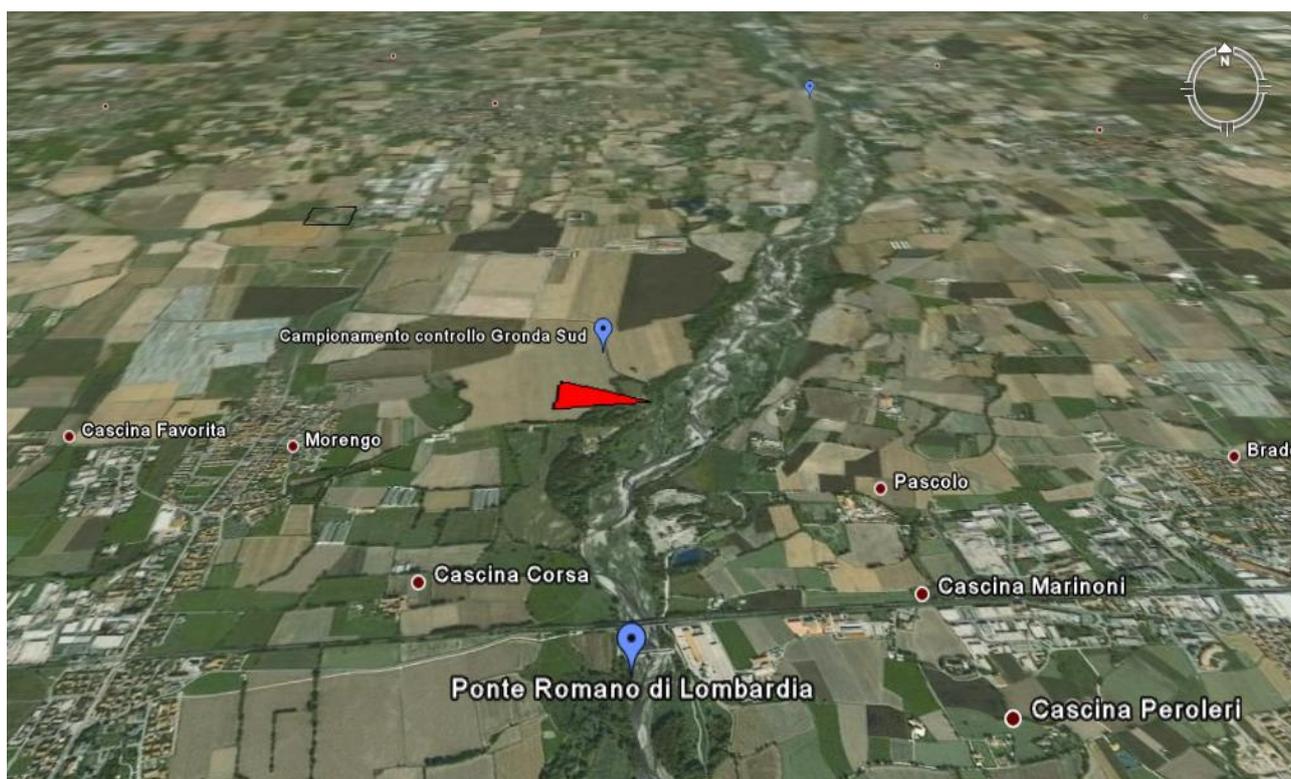


Figura 3.7 - Veduta satellitare della stazione di Romano di Lombardia

Oltre ai campioni di acque prelevate dal fiume Serio e dal torrente Riso, le analisi sono state effettuate su campioni prelevati direttamente dal *Canale di Gronda Sud (10)*, il cui punto di campionamento è evidenziato nella Fig.3.7, relativa alla stazione di Romano.

### 3.2 Analisi

#### 3.2.1 Parametri chimico-fisici

Come base, sono stati determinati i parametri utili per il calcolo del LIM (Livello di Inquinamento da Macroscrittori) secondo i dettami del D.Lgs. 152/99.

Alcuni parametri (ossigeno disciolto, temperatura) sono stati determinati *in situ*, altri in laboratorio.

Tra questi ultimi, pH e conducibilità sono stati misurati mediante elettrodi specifici (pHmetro/conduktometro XS Instruments PC 300), mentre per gli altri sono state seguite le metodiche ufficiali IRSA-CNR (IRSA-CNR, 1981). Si tratta di: COD, BOD<sub>5</sub>, azoto e fosforo totali, azoto ammoniacale

### 3.2.2 Analisi microbiologiche

La conta di *Escherichia coli* è stata effettuata in triplo, con il metodo delle membrane filtranti, utilizzando il terreno EC-X-GLUC AGAR (Biolife), ed effettuando la conta delle colonie dopo incubazione di 18-24 ore a 44±1°C.

### 3.2.3 Misure di attività fotosintetica

Per verificare l'eventuale presenza di tossicità, sono state effettuate misure di attività foto sintetica utilizzando il biosensore a titolazione MARTINA (Mezzanotte et al., 2004). Le prove sono state condotte con 150 ml di campione filtrato su carta a cui sono state aggiunte alghe prelevate da una coltura fatta crescere in assenza di fosfati in misura tale da raggiungere una densità finale di  $6,25 \cdot 10^6$ /mL. La CO<sub>2</sub> consumata dall'attività foto sintetica veniva misurata stechiometricamente in base al volume di acido solforico (0,02 N) necessario per mantenere costante il pH durante la prova. I bianchi per il confronto e la determinazione dell'eventuale tossicità sono stati allestiti con 140ml di acqua del rubinetto sterilizzata, alla quale sono stati aggiunti 10ml di terreno di coltura tradizionale con fosfati e un ugual numero di alghe.

L'attività è espressa in termini di velocità di titolazione, espressa come mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/10<sup>6</sup>alghe dosati nell'unità di tempo, e rapportata al bianco. Scostamenti significativi dal bianco indicano alterazioni dell'equilibrio: una riduzione dell'attività foto sintetica è normalmente indice di tossicità, ma un aumento può essere legato o ad aumentata disponibilità di nutrienti (tipicamente di fosforo) o, ancora, a tossicità. In alcuni casi, infatti, nel breve periodo la tossicità, esplicando innanzi tutto sul sistema delle fosfatasi (Durrieu,2003), può dar luogo ad un aumento transitorio di attività fotosintetica (Boillot, 2008).

Le prove sono state effettuate su campioni prelevati il 28 Aprile 2008, in condizioni di piena.

### 3.2.4 Valutazioni ecologiche sull'effetto dello scarico nel torrente Riso dell'impianto per il recupero di zinco di Ponte Nossa

Per i motivi indicati al punto 2.1, si è ritenuto opportuno approfondire, oltre agli aspetti chimico-fisici e alla potenziale tossicità delle acque, lo studio dell'ecosistema.

Si sono indagate, in particolare, le comunità di macroinvertebrati bentonici e le loro relazioni con gli habitat disponibili nel torrente, nelle due stazioni di campionamento, poste una a monte ed una a valle dello scarico dell'impianto industriale, descritte al punto 3.1, entrambe ubicate nel tratto terminale del torrente Riso e comunque a valle dei principali centri abitati della valle.

I campionamenti hanno interessato tratti di torrente lunghi approssimativamente 150-200 m, tali da presentare al proprio interno tutti i microhabitat caratteristici di un torrente alpino nella sua porzione di fondovalle (raschi, zone di calma laterale, salti e pozze). In tal modo, è stato possibile effettuare campionamenti quantitativi (asportando e catalogando l'intera comunità di macroinvertebrati presente all'interno di una superficie nota) nei diversi microambienti, al fine di studiare le affinità tra le diverse unità sistematiche rinvenute e le variabili caratterizzanti (qualità dell'acqua, substrato, velocità della corrente, altezza del battente idrico), confrontando eventuali differenze in presenza ed in assenza dell'influenza esercitata dallo scarico industriale di Ponte Nossà.

Il campionamento è avvenuto in data 26 marzo 2008 individuando, in ciascuna stazione, 5 aree con caratteristiche morfologiche differenti e tali per cui il set rappresentasse tutti i principali microhabitat presenti. Il campionamento è avvenuto raccogliendo i campioni da valle verso monte, per evitare che l'azione meccanica necessaria alla raccolta dei campioni precedenti potesse influenzare i risultati dei campioni successivi con fenomeni di drift dei macroinvertebrati rinvenuti. Di seguito, ad ogni modo, sono descritte le stazioni di campionamento partendo dalla stazione a monte dello scarico, considerata la stazione di controllo, o "bianco", in cui non vi è influenza da parte dello scarico.

La stazione a monte dello scarico di Ponte Nossà (Figg. 3.8 e 3.9) è un tratto fluviale che corre parallelo alla SP46, a valle del centro abitato di Gorno. La sponda destra del torrente è boscata e la presenza di manufatti umani è sporadica, mentre l'utilizzo del territorio appare più marcato in sponda sinistra, dove, oltre alla strada provinciale, sono presenti limitati insediamenti residenziali e attività produttive.



Fig. 3.8 – Stazione di campionamento a monte dello scarico industriale

Durante i campionamenti, sono stati prelevati 3 campioni dell’acqua del torrente (Tab. 3.1), al fine di valutare l’incidenza di eventuali variazioni estemporanee e/o locali. Il torrente ha presentato temperatura pressoché costante, le cui uniche, blande, variazioni sono imputabili al diverso momento della giornata in cui è avvenuto il campionamento, mentre l’ossigeno disciolto si è mantenuto sempre prossimo alla saturazione, ossia alla condizione ottimale.

Tab. 3.1 – Caratteristiche dei campioni d’acqua nella stazione a monte dello scarico

Campioni d'acqua	T (°C)	OD (mg/l)	OD %	Conducibilità (uS/cm)
Controllo 1	8,9	10,48	99,7	391
Controllo 2	8,4	10,67	98,0	390
Controllo 3	7,3	11,02	98,3	395

La conducibilità, indice della presenza, tra l’altro, di cloruri nell’acqua, si è mantenuta stabile, con un valore medio di 392  $\mu\text{S/cm}$ , valore che è leggermente superiore rispetto alla media dei torrenti presenti in questa zona.



Fig. 3.9 – Morfologia della stazione a monte dello scarico.

La stazione a valle dello scarico di Ponte Nossa (Figg.3.10 e 3.11), campionata prima della stazione di riferimento, è il tratto fluviale terminale del torrente Riso. Corre anch'esso parallelo alla SP46, a valle dello stabilimento industriale. Anche in questo caso, la sponda destra del torrente è influenzata in minor misura dalla presenza dell'uomo, mentre a sinistra, oltre alla provinciale e allo stabilimento stesso, sono presenti un ampio parcheggio, opere di consolidamento spondale e diverse aree destinate ad usi residenziali e commerciali. La morfologia dell'ambiente fluviale è caratterizzata da una maggior incisione dell'alveo, data da una pendenza a tratti significativamente superiore. Ciò ha comportato l'esposizione, in diversi punti, del substrato litologico sottostante al greto del fiume, creano alcuni microhabitat non rinvenibili nella stazione a monte dello scarico.

Durante i campionamenti, anche in questo caso sono stati prelevati 3 campioni d'acqua in tre momenti successivi. Essi risultano caratterizzati da temperature simili, e presentano ossigeno disciolto sempre prossimo alla saturazione (Tab. 3.2). L'unica differenza sostanziale rispetto alla stazione posta a monte dello scarico industriale è data dalla conducibilità, che qui risulta avere una media di 1583 mS/cm, e dai metalli (i cui valori sono elaborati nel capitolo ad essi dedicati). Un valore di 1583 mS/cm risulta con ottima approssimazione pari a circa 288 mg/l di cloruri, secondo la relazione determinata attraverso i campionamenti pregressi in zona (avente  $R^2=0,9932$ ).



Fig. 3.10 – Stazione di campionamento a valle dello scarico industriale

Tab. 3.2 - Caratteristiche dei campioni d'acqua nella stazione a valle dello scarico

Campioni d'acqua	T (°C)	OD (mg/l)	OD %	Conducibilità (µS/cm)
Valle scarico 1	6,4	11,43	99,0	1585
Valle scarico 2	8,1	10,80	98,2	1625
Valle scarico 3	9,1	10,47	99,0	1540



Fig. 3.11 - Morfologia della stazione a valle dello scarico.

### 3.2.5 Idrocarburi Aromatici Policiclici (IPA) e erbicidi

I campioni, prelevati in bottiglie di vetro, opportunamente oscurate e raffreddate, sono stati preventivamente sottoposti a processo di filtrazione, al fine di garantire la completa rimozione di solidi sospesi particellari e colloidali eventualmente presenti nelle acque di prelievo. I filtri in fibra di vetro utilizzati per tale scopo sono forniti dalla Whatman e presentano un diametro di 15 cm, con porosità di 0,45  $\mu\text{m}$ .

Gli analiti vengono estratti tramite SPE utilizzando cartucce OASIS HLB 60 mg/3 mL (fase adsorbente polidivinilbenzene-N-vinilpirrolidone: copolimero idro-lipofilo-bilanciato che fornisce alte riproducibilità e recuperi per composti acidi, basici e neutri).

Per determinare la resa del processo estrattivo sono state preparate delle soluzioni di IPA e pesticidi con una concentrazione di 0,02 mg/L in 200 mL di metanolo, eseguendo sempre 4 repliche di ciascun campione per valutare la riproducibilità del metodo estrattivo.

Per il recupero degli analiti dalle matrici acquose si è ricorso all'utilizzo dell'estrazione in fase solida (SPE), che sfrutta la distribuzione preferenziale dell'analita tra una fase solida insolubile in acqua e l'acqua stessa. Dopo il contatto per un tempo opportuno, la soluzione è rimossa ed il soluto, che è rimasto adsorbito alla fase solida, viene recuperato utilizzando un'opportuna soluzione estraente con la quale l'analita interagisce più fortemente rispetto alla fase solida.

Avendo la fase solida e soprattutto la soluzione estraente un volume di gran lunga inferiore rispetto a quello della soluzione acquosa che conteneva inizialmente l'analita, il processo si traduce in un forte arricchimento con ovvie conseguenze sull'aumento della sensibilità dell'analisi.

La metodica di estrazione in fase solida offre numerosi vantaggi rispetto a quella liquido-liquido in quanto consente fattori di preconcentrazione più elevati; è da osservare, inoltre, che l'uso di quantità inferiore di solvente riduce il conseguente impatto ambientale. Il sistema di estrazione in fase solida, infine, si presta ad essere automatizzato, consentendo notevoli risparmi su tempi di analisi.

- Condizionamento della fase adsorbente: 5 mL di diclorometano, 5 mL di 2- propanolo e 5 mL di acqua MQ: 2- propanolo (85:15%, v/v).
- Passaggio del campione addizionato con 30 mL di modificatore organico (15% v/v di 2- propanolo, per aumentare la solubilità degli IPA più pesanti), con un flusso di 2.5 mL /min (6 mbar).
- Lavaggio della cartuccia con una miscela di 5 mL di acqua MQ: 2- propanolo (85:15% v/v) e si porta a secco per 30 min con il max della pressione (15 mbar).
- Raccolta dell'eluato, facendo passare 2\*2.5 mL di diclorometano: n-esano (50:50% v/v) attraverso la fase adsorbente. Si lavora per gravità e si porta a secco la cartuccia dopo il passaggio dell'eluente.

- Con flusso d'azoto si porta la soluzione quasi a secco e si riprende con 2 mL di acetonitrile.
- L'eluato viene messo in ultrasuoni per ca 5 min.

Si ricorre all'utilizzo della cromatografia liquida ad alta prestazione (HPLC) con rilevatore DAD ( $\lambda$  220 nm) e fluorimetro, per la determinazione rispettiva dei pesticidi e degli IPA.

## 4 RISULTATI

### 4.1 Parametri chimico-fisici

#### *Temperatura*

La temperatura è un fattore molto importante per caratterizzare lo stato di un corpo idrico, poiché da essa dipendono la solubilità dell'ossigeno e la velocità di vari processi chimici e biochimici. A questi due fenomeni sono legati lo sviluppo algale e il maggiore consumo di ossigeno, con conseguente sviluppo d'idrogeno e metano. Inoltre è un parametro per la sopravvivenza della biocenosi fluviale. La temperatura di un corpo idrico è determinata dalla quantità di energia solare assorbita dall'acqua, dal suolo e dall'aria circostante. Un aumento della temperatura può anche essere causato da altri fattori come l'immissione di acque reflue di vario tipo. Quindi misurando la temperatura è possibile controllare degli eventuali inquinamenti termici.

Come si osserva in Fig.4.1, la temperatura lungo il Serio aumenta in modo abbastanza regolare da monte a valle, in relazione alla diminuzione di quota, nonché all'orario delle misure (effettuate sequenzialmente da monte a valle), senza variazioni repentine riconducibili ad immissioni puntuali.

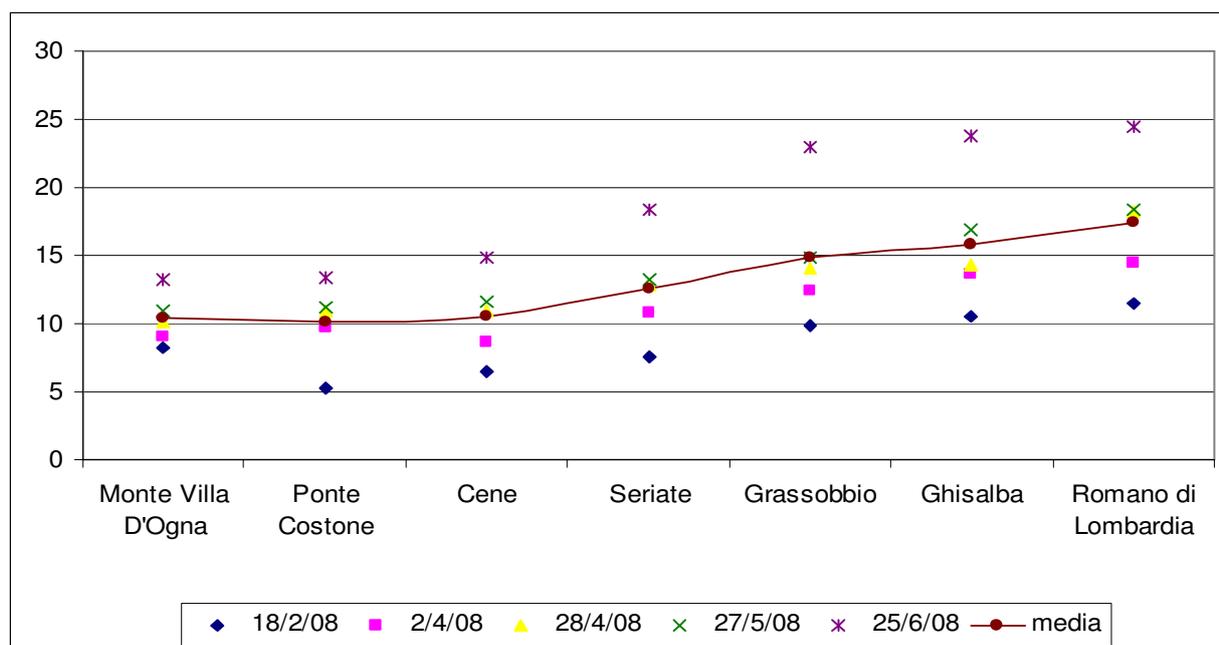


Fig. 4.1-Andamento della temperatura lungo il fiume Serio

Una lieve ma regolare differenza di temperatura si osserva tra la stazione a monte e quella a valle del Riso (Fig.4.2). Si tratta comunque di differenze sempre inferiori al limite di 1,5°C previsto dalla normativa vigente. Anche tra la stazione di Ghisalba e quella di Romano si osservano differenze di temperatura, la cui causa è riconducibile all'immissione del Canale di Gronda Sud (Fig.4.3). Si tratta anche in questo caso di differenze per lo più contenute, eccezion fatta per la misura del 22 aprile che evidenzia un aumento di 3,9 °C.

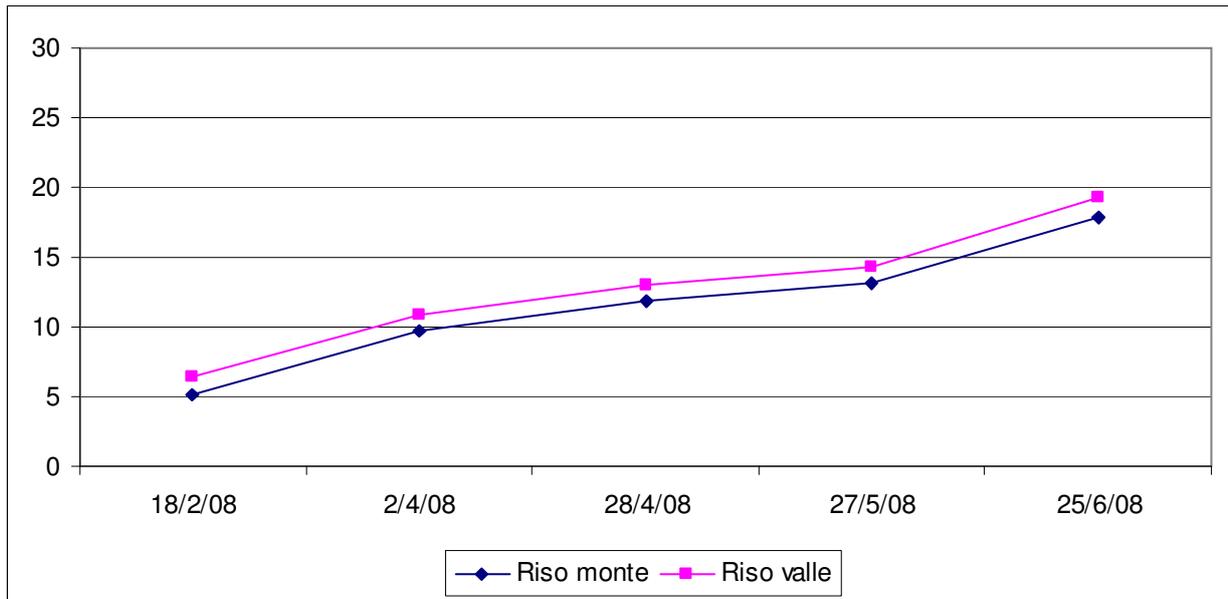


Fig.4.2- Temperature rilevate nelle stazioni situate a monte e a valle sul torrente Riso

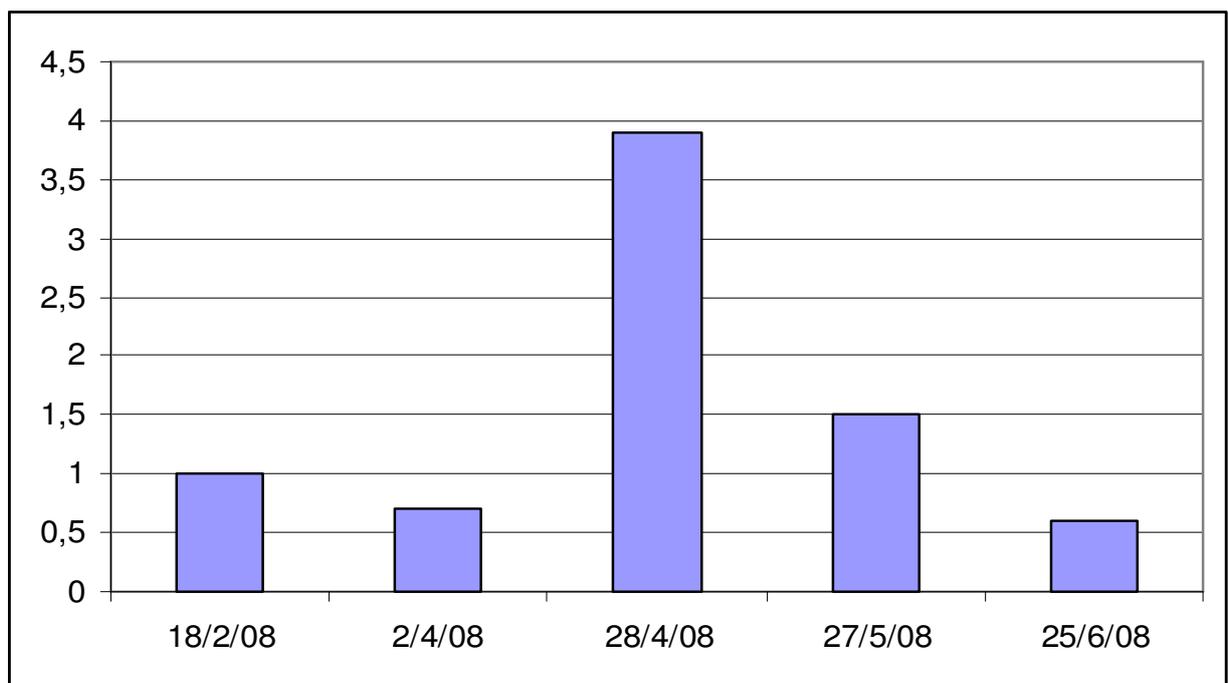


Fig.4.3- Variazioni di temperatura tra la stazione di Ghisalba e quella di Romano per effetto dell'immissione del Canale di Gronda Sud

### Ossigeno disciolto

In Fig.4.4 è riportato l'andamento dell'ossigeno lungo il corso del fiume Serio. Fatto salvo il campionamento del 18 febbraio, si osserva in generale una lieve tendenza alla diminuzione delle concentrazioni di ossigeno da monte a valle, anche se le variazioni sono contenute, tenuto conto anche della dipendenza della solubilità dell'ossigeno dalla temperatura. Come si rileva dalla Fig.4.5, dove la presenza di ossigeno è quantificata in termini di percentuale di saturazione, nella maggior parte dei casi le concentrazioni misurate sono prossime alla saturazione e in nessun caso sono inferiori all'80 %.

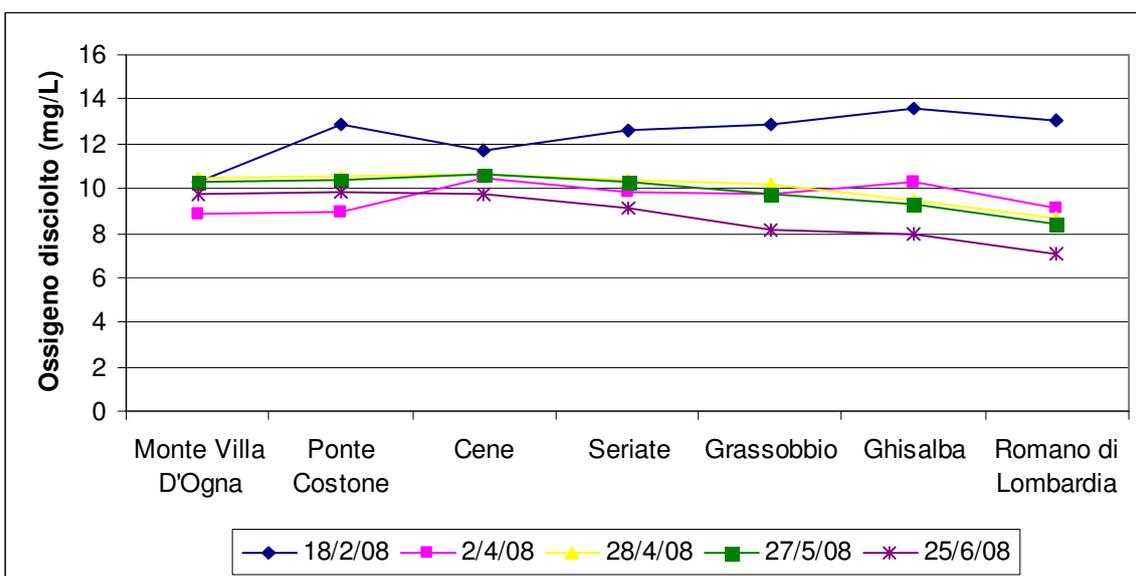


Fig.4.4 – Concentrazioni di ossigeno (mg/L) nelle acque del Serio

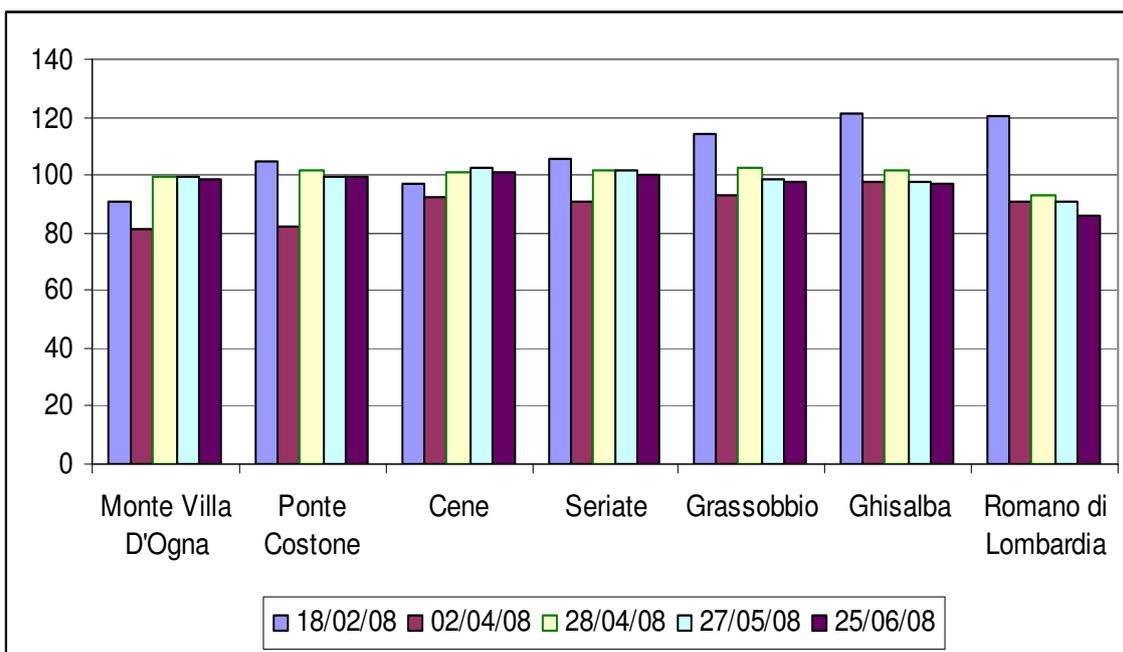


Fig.4.5 – Percentuali di saturazione dell'ossigeno nelle acque del Serio

Punte superiori al valore di saturazione si presentano occasionalmente in relazione ad attività fotosintetica localmente intensa.

Nessuna differenza rilevante si osserva tra la stazione a monte e quella a valle lungo il Riso (Fig.4.6). Anche l'immissione del Canale di Gronda Sud, le cui acque hanno concentrazioni di ossigeno sensibilmente inferiori, provoca un abbassamento limitato delle concentrazioni nel Serio a Romano, in quanto l'immissione stessa provoca un aumento della turbolenza che, a sua volta, induce un maggior assorbimento di ossigeno dall'atmosfera (Fig.4.7).

Infatti, facendo riferimento al sistema di classificazione della qualità delle acque del D.Lgs.152/99, l'influenza dell'immissione del Canale di Gronda Sud non comporterebbe, per quanto riguarda il parametro ossigeno, alcuno scadimento di qualità tra Ghisalbe e Romano, come indicato in Tab. 4.1.

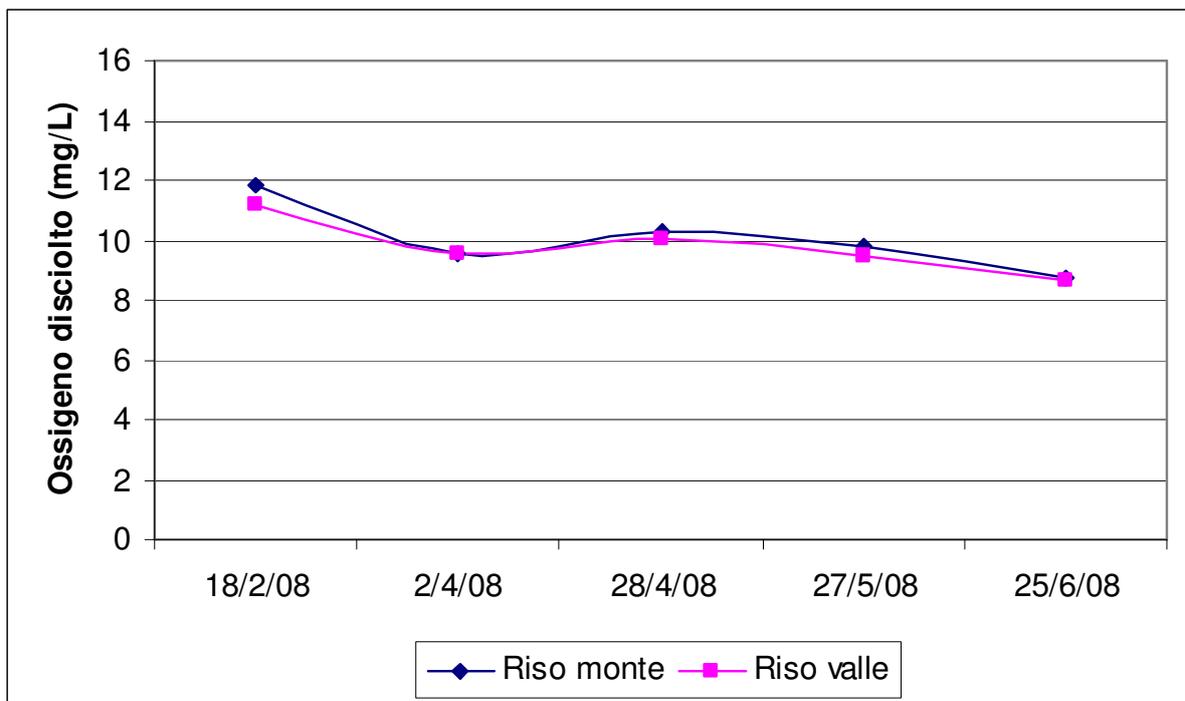


Fig.4.6 – Concentrazioni di ossigeno nelle due stazioni lungo il torrente Riso

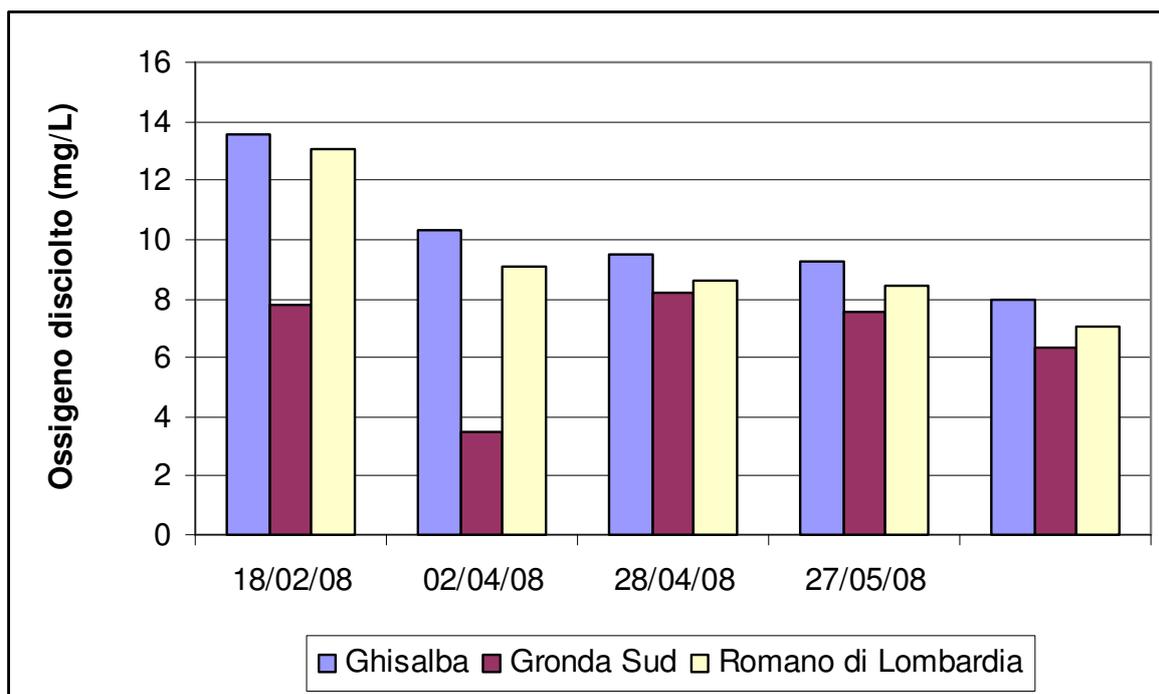


Fig. 4.7 – Concentrazioni di ossigeno (mg/L) nel Serio a Ghisalba, nel Canale di Gronda Sud e nel Serio a Romano

Tab. 4.1 -Classificazione di qualità delle acque del Serio e del Riso in base ai criteri del D.Lgs.152/99 per il parametro ossigeno. Oltre alle misure relative ai campioni di acqua del Serio sono riportati i valori misurati nel Canale di Gronda Sud.

Stazione	75° percentile OD (%)	100-OD	LIM
Monte Villa D'Ogna	99,2	0,8	classe I
Riso Monte	101,3	1,4	classe I
Riso Valle	101,0	0,9	classe I
Ponte Costone	101,4	0,0	classe I
Cene	102,1	0,0	classe I
Seriate	101,3	0,0	classe I
Grassobbio	93,4	0,0	classe I
Ghisalba	99,2	0,0	classe I
Gronda Sud	101,3	13,2	classe II
Romano di Lombardia	101,0	6,6	classe I

### Conducibilità

La conducibilità elettrica fornisce una misura indiretta della presenza nell'acqua di sali, di tipo organico o inorganico, cui è legata da proporzionalità diretta. È influenzata dagli equilibri di dissoluzione delle rocce e dalla degradazione di materiale organico. Notevoli alterazioni possono

derivare dagli scarichi civili ed industriali e dal dilavamento dei suoli agricoli ad opera delle precipitazioni (un caso tipico è l'aumento della concentrazione di nitrati legata al loro utilizzo come fertilizzanti in agricoltura).

Analizzando i valori riportati in Fig. 4.8 si osserva che, partendo da valori iniziali inferiori a 250  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , la conducibilità aumenta da monte a valle con picchi caratteristici a valle delle principali immissioni (Ponte Costone, Grassobbio, Romano). In relazione alle proprietà del parametro, il suo valore è inversamente proporzionale alla portata diluente in alveo e non è influenzato da processi fisici o biologici, contrariamente a quanto si verifica per l'ossigeno, per la sostanza organica o per i nutrienti. Così, si rilevano conducibilità più elevate e picchi più marcati in condizioni di magra (18 febbraio) e valori molto inferiori e picchi smussati in corrispondenza di maggiori portate (28 aprile). Confrontando le stazioni a monte e a valle del Riso (Fig.4.9) le differenze appaiono evidenti, essendo più influenzate da immissioni puntuali di quanto si verifichi lungo il corso del Serio, ma, in accordo con quanto sopra detto, meno rilevanti nei campionamenti di aprile.

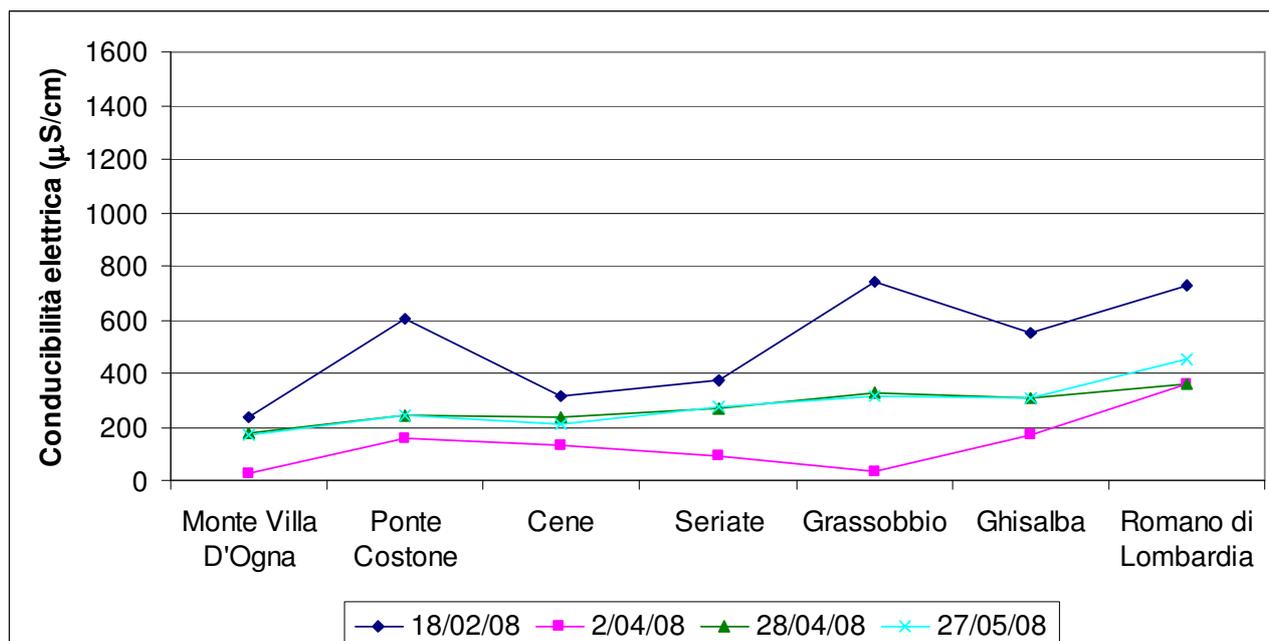


Fig.4.8 – Conducibilità elettrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) nelle acque del fiume Serio

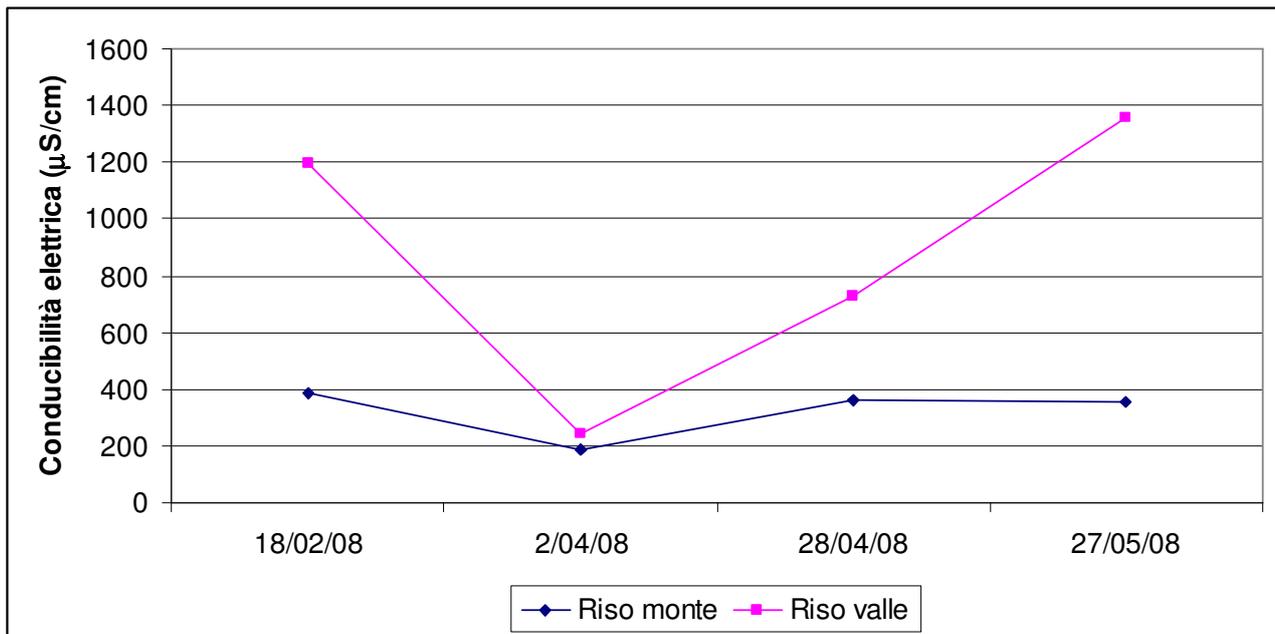


Fig.4.9 – Conducibilità nelle due stazioni lungo il torrente Riso

Nella stessa logica possono essere interpretati i risultati relativi all'effetto dell'immissione del Canale di Gronda Sud (Fig.4.10). Nel primo campionamento, in condizioni di magra, il canale mostra una conducibilità particolarmente elevata che si riflette direttamente nell'aumento dei valori a valle della sua immissione, mentre nei campionamenti di aprile, in corrispondenza di maggiori portate, anche nel canale la salinità è minore e l'aumento indotto dalla sua immissione nel Serio determina salinità nel ricettore superiori a quelle misurate a monte dell'immissione ma inferiori a quelle misurate in febbraio.

### ***pH***

Questo parametro descrive il carattere acido, neutro o basico di una soluzione acquosa. Tutti i processi metabolici dei microrganismi presenti nelle acque sono fortemente influenzati ed influenzano a loro volta gli equilibri acido-base. Il pH naturale di un corso d'acqua si aggira tra 6,5 e 8,5 unità e in tale intervallo rientrano tutti i valori misurati sul Serio, eccezion fatta per un picco di entità lievemente superiore a Ghisalba in aprile (Fig. 4.11). I valori si collocano regolarmente in una fascia di lieve alcalinità, con un valore minimo di 7,31. Escludendo il minimo e il massimo, i valori sono compresi tra 7,69 e 8,63. Ancor più ristretto è l'intervallo di variazione del pH in entrambe le stazioni del Riso (Fig.4.12), dove non si rilevano differenze significative tra le due stazioni.

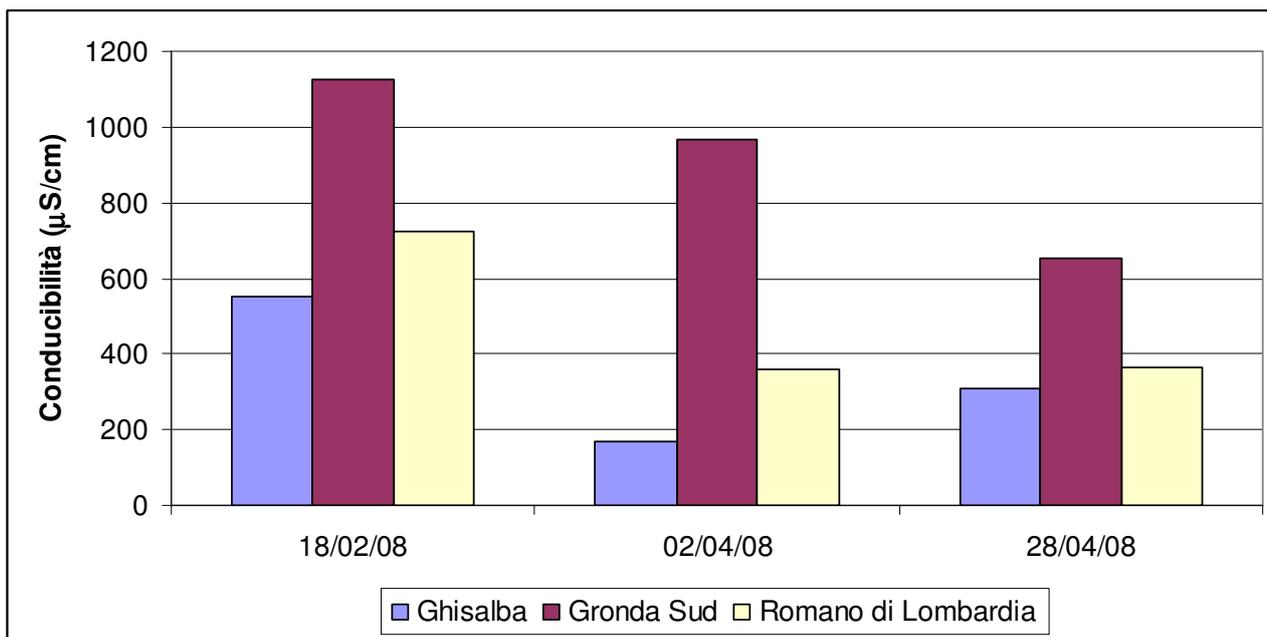


Fig.4.10 – Conducibilità elettrica nel Serio a Ghisalba, nel Canale di Gronda Sud e nel Serio a Romano

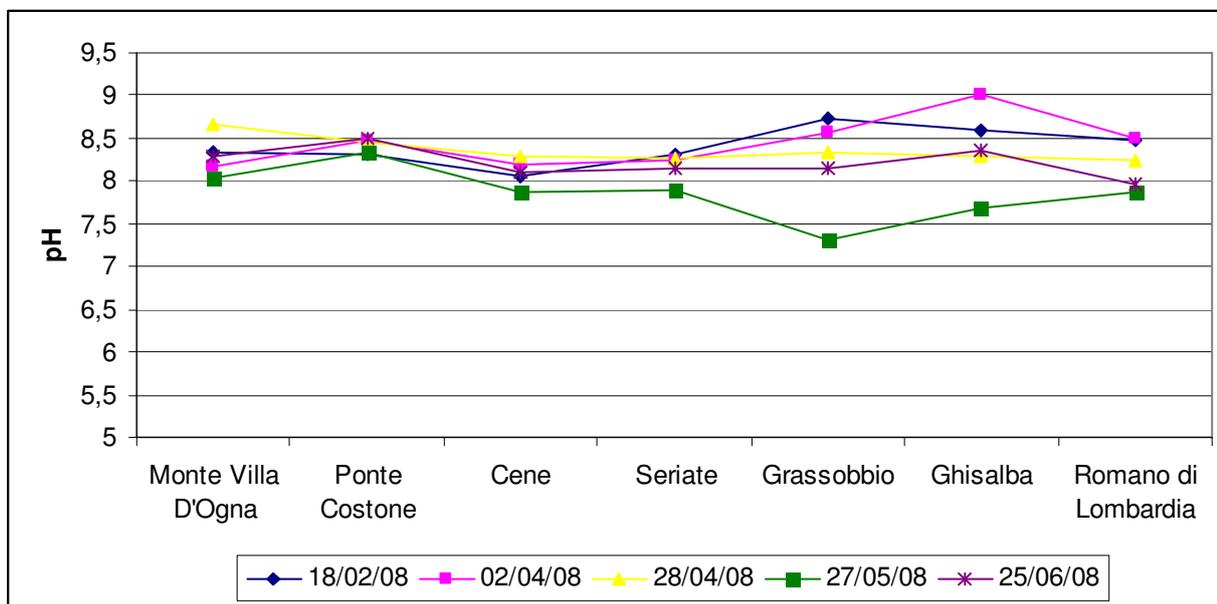


Fig.4.11 - pH nelle acque del fiume Serio

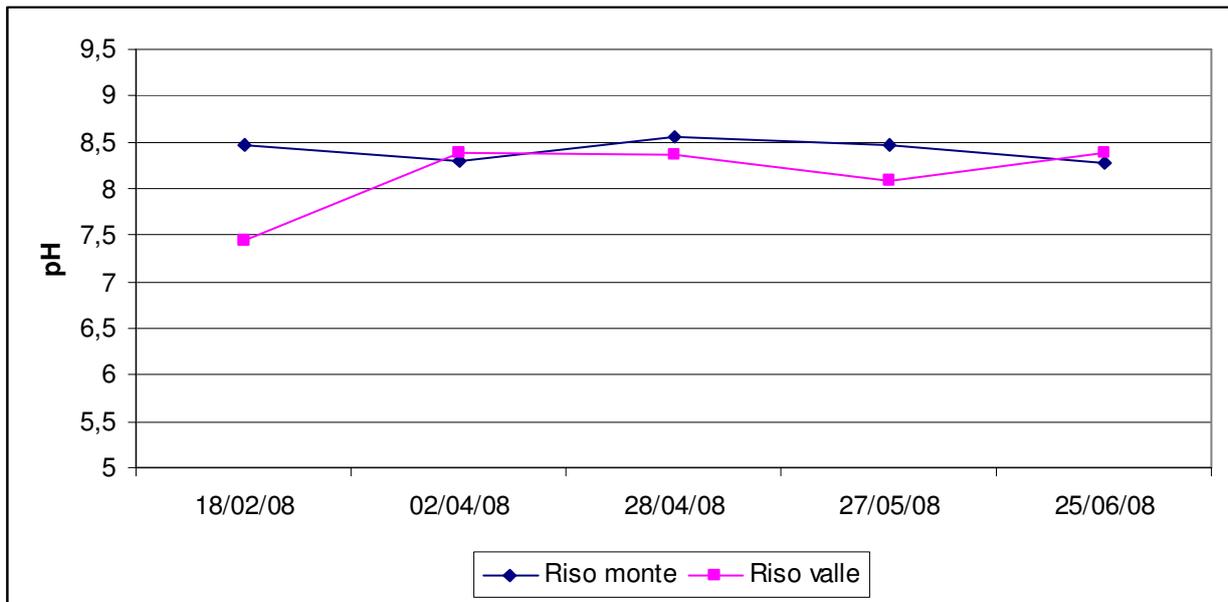


Fig.4.12 – pH nelle due stazioni lungo il torrente Riso

Anche il Canale di Gronda Sud incide in modo marginale: il valore misurato nelle sue acque è inferiore a quello della stazione di Ghisalba, ma porta ad un aumento quasi trascurabile el recettore (Fig. 4.13).

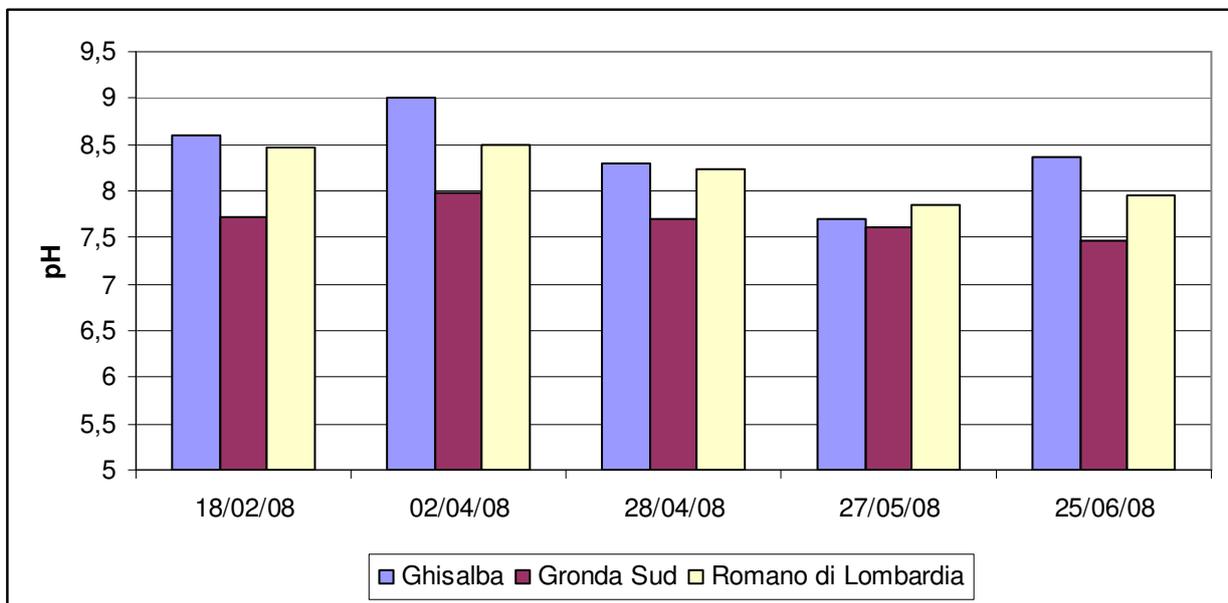


Fig.4.13 – pH nel Serio a Ghisalba, nel Canale di Gronda Sud e nel Serio a Romano

## COD

Come di consueto, nel fiume Serio il COD assume valori molto bassi, se non nulli, nelle stazioni più a monte ed aumenta via via verso valle, con picchi a valle delle principali immissioni e graduali diminuzioni per autodepurazione nei tratti successivi alle immissioni stesse (Fig.4.14).

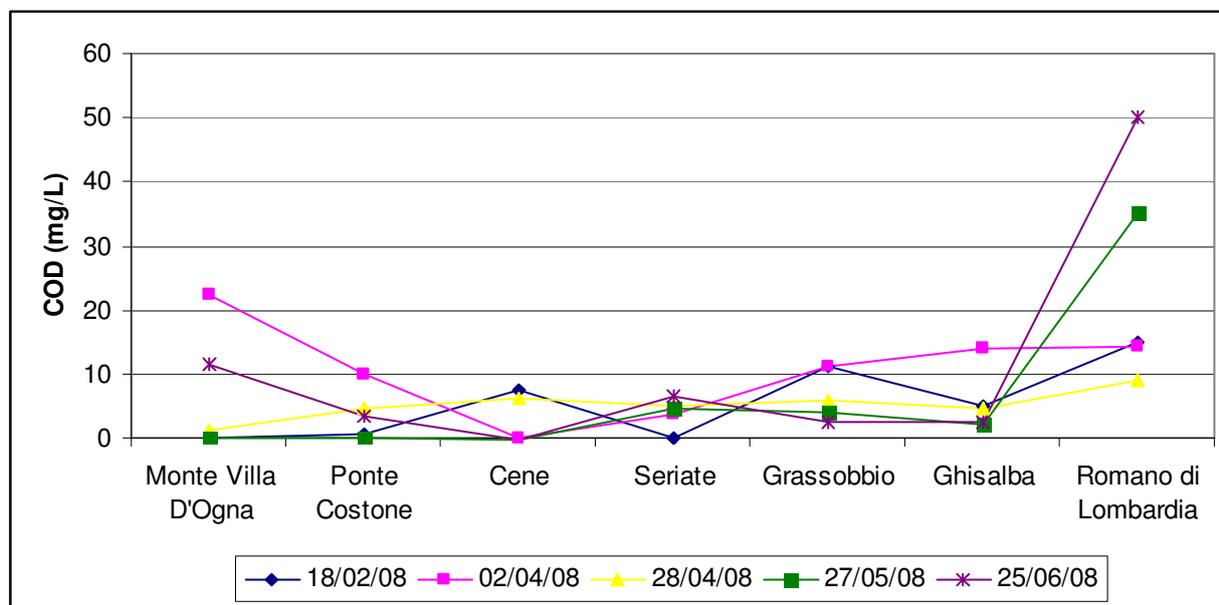


Fig.4.14 – COD nelle acque del fiume Serio

Tra le due stazioni poste sul Riso si osserva un'unica differenza significativa in corrispondenza di un periodo piovoso (2 aprile), che va messa in relazione con le già citate carenze del sistema fognario in tale zona che fa sì che, quando piove, si verificano facilmente scarichi di effluenti dagli scaricatori di piena e/o fuoriuscite accidentali che provocano l'aumento delle concentrazioni di inquinanti di origine civile (Fig.4.15).

L'unico caso in cui si verificano regolarmente variazioni rilevanti è quello della stazione di Romano, a valle dell'immissione del Canale di Gronda Sud (Fig.4.16).

Facendo riferimento ai criteri di classificazione del D.Lgs.152/99 si osserva che lungo il corso del Serio i valori del COD porterebbero a classificarlo come prevalentemente compreso tra la prima e la seconda classe di qualità (ottimo e buono), fatti salvi i casi di Villa d'Ogna e Grassobbio che ricadrebbero in terza classe, mentre la stazione di Romano rientrerebbe nella quinta (pessima), come si osserva in Tab.4.2.

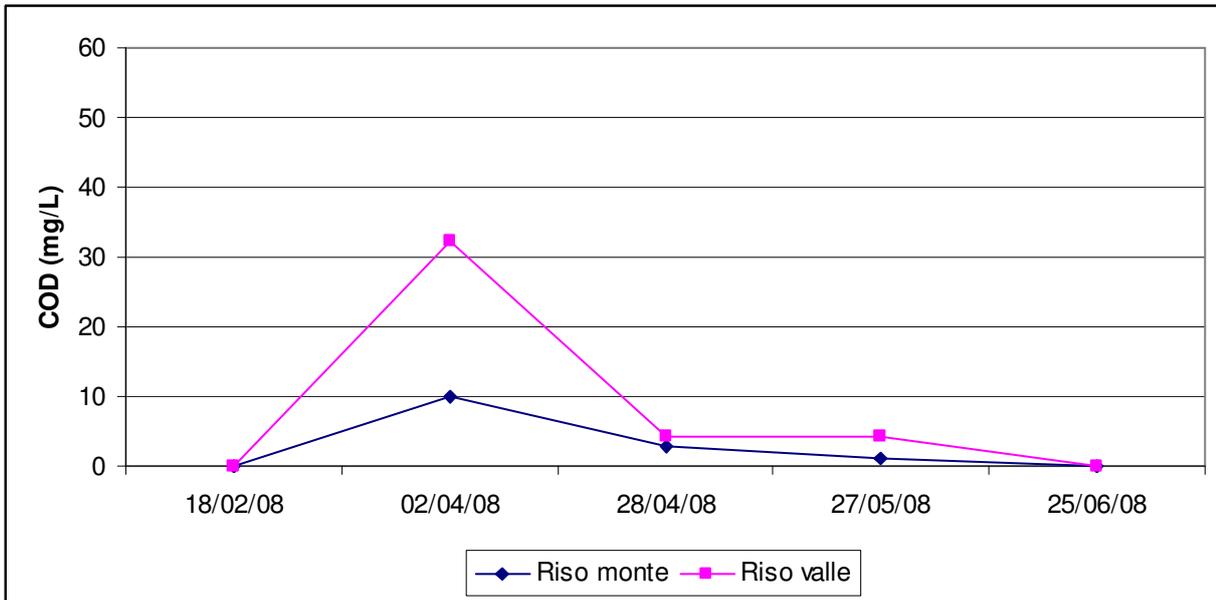


Fig.4.15 – COD nelle due stazioni lungo il torrente Riso

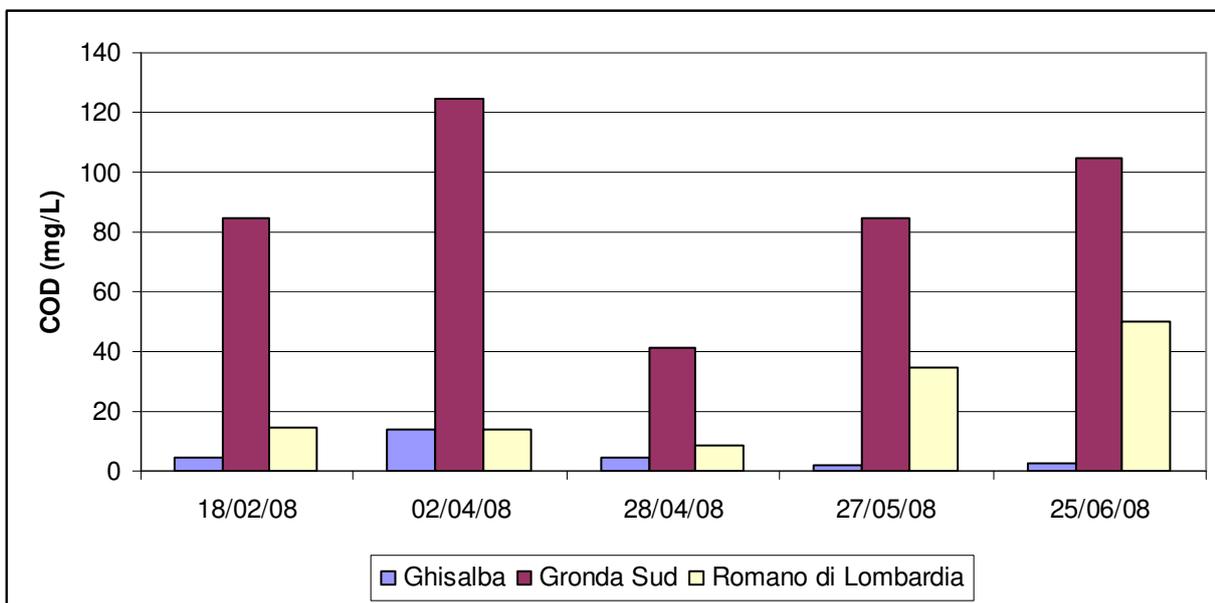


Fig.4.16 - COD nel Serio a Ghisalba, nel Canale di Gronda Sud e nel Serio a Romano

Tab. 4.2 -Classificazione di qualità delle acque del Serio e del Riso in base ai criteri del D.Lgs.152/99 per il parametro COD. Oltre alle misure relative ai campioni di acqua del Serio sono riportati i valori misurati nel Canale di Gronda Sud

Stazione	COD (mg/L)	
	75° percentile	LIM
Monte Villa D'Ogna	12	classe III
Riso Monte	3	classe I
Riso Valle	4	classe I
Ponte Costone	5	classe II
Cene	6	classe II
Seriate	5	classe II
Grassobbio	11	classe III
Ghisalba	5	classe II
Gronda Sud	105	classe V
Romano di Lombardia	35	classe V

### ***Fosforo totale***

Per il fosforo si rileva un andamento anomalo in occasione del campionamento in tempo di pioggia (18 febbraio), in corrispondenza del quale a partire da Cene le concentrazioni appaiono molto più elevate, forse per effetto del dilavamento dal suolo. Negli altri casi, i valori sono decisamente inferiori (Fig.4.17). Anche nelle due stazioni sul Riso le concentrazioni sono basse e non differiscono tra loro (Fig.4.18). A Ghisalba, tuttavia, si riscontrano ancora concentrazioni abbastanza elevate da far scendere il livello di qualità alla classe IV (scadente), secondo i criteri del D.Lgs.152/99 e l'immissione del Canale di Gronda Sud non comporta, in termini di 75° percentile, ulteriori peggioramenti nella stazione di Romano, ma anzi un miglioramento (Tab.4.3). Va peraltro osservato che il calcolo del 75° percentile su 5 dati, affetti dalla variabilità che ha caratterizzato nel 2008 la concentrazione di fosforo potrebbe essere fuorviante.

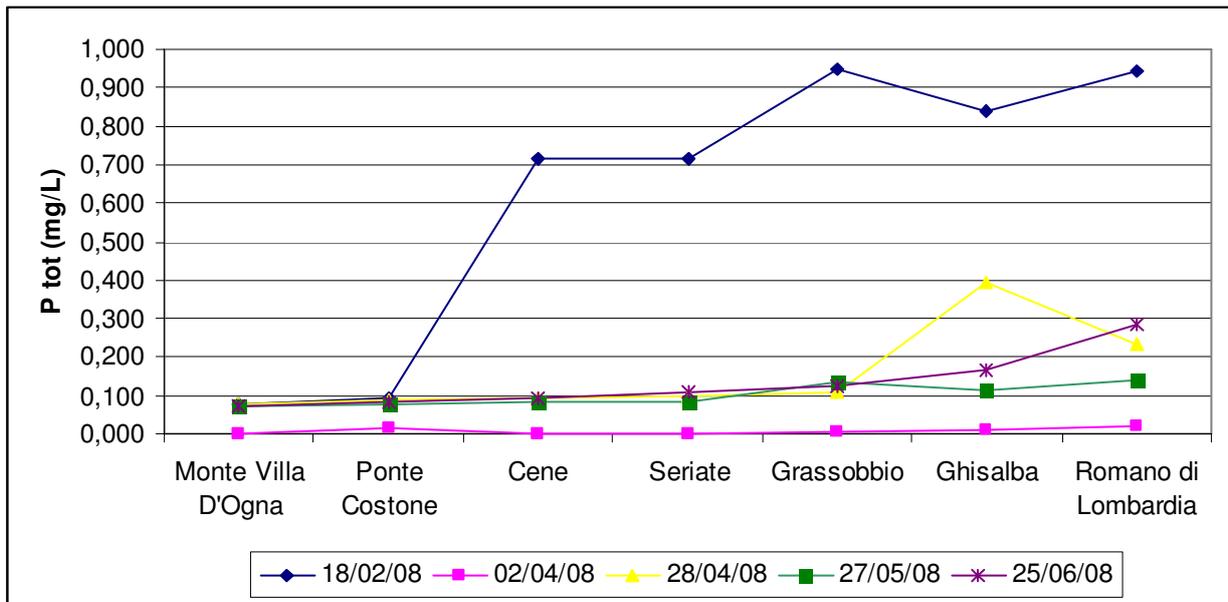


Fig.4.17 – Concentrazioni di fosforo nelle acque del fiume Serio

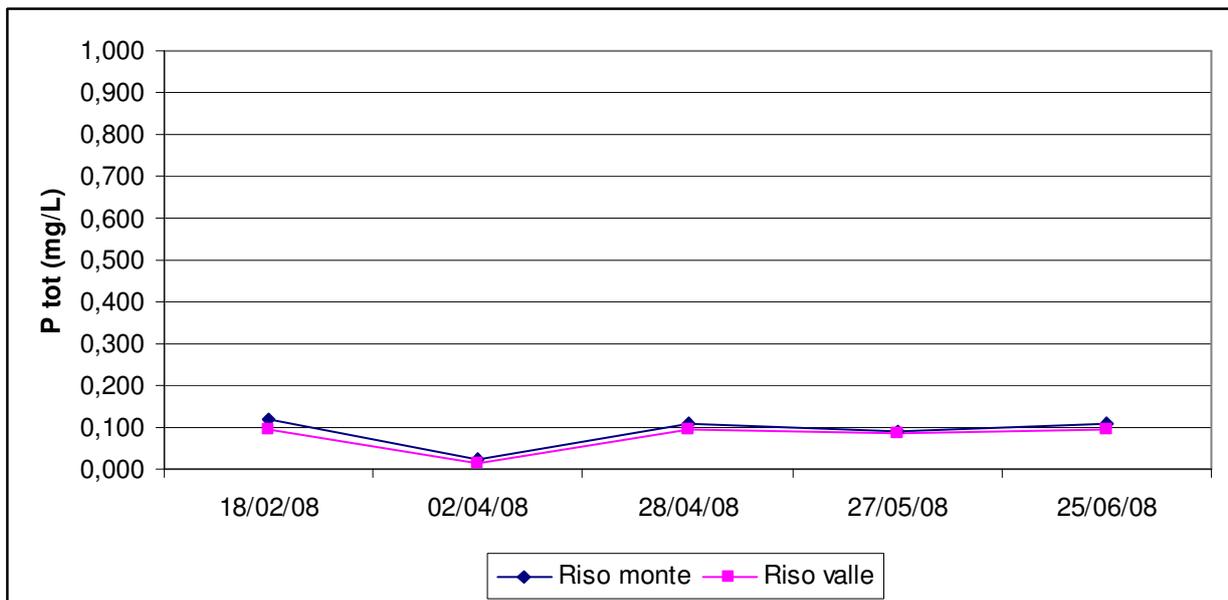


Fig. 4.18 –Concentrazioni di fosforo totale nelle due stazioni lungo il torrente Riso

Tab.4.3 -Classificazione di qualità delle acque del Serio e del Riso in base ai criteri del D.Lgs.152/99 per il parametro Fosforo totale. Oltre alle misure relative ai campioni di acqua del Serio sono riportati i valori misurati nel Canale di Gronda Sud

Stazione	P <sub>tot</sub> (mg/L)	
	75° percentile	LIM
Monte Villa D'Ogna	0,076	classe II
Riso monte	0,112	classe II
Riso valle	0,095	classe II
Ponte Costone	0,086	classe II
Cene	0,094	classe II
Seriate	0,107	classe II
Grassobbio	0,134	classe II
Ghisalba	0,391	classe IV
Gronda Sud	3,190	classe V
Romano di Lombardia	0,285	classe III

#### Azoto totale

L'andamento relativo all'azoto totale è del tutto analogo a quello riscontrato per il fosforo totale e sembra avvalorare l'ipotesi di un forte dilavamento dal suolo in occasione di forti piogge (campionamento del 18 febbraio) (Fig.4.19). Nelle stazioni sul Riso le differenze sono rilevanti solo in occasione del 2 aprile (Fig.4.20) e anche l'immissione del Canale di Gronda Sud non sembra indurre variazioni marcate come per altri parametri (Fig.4.21).

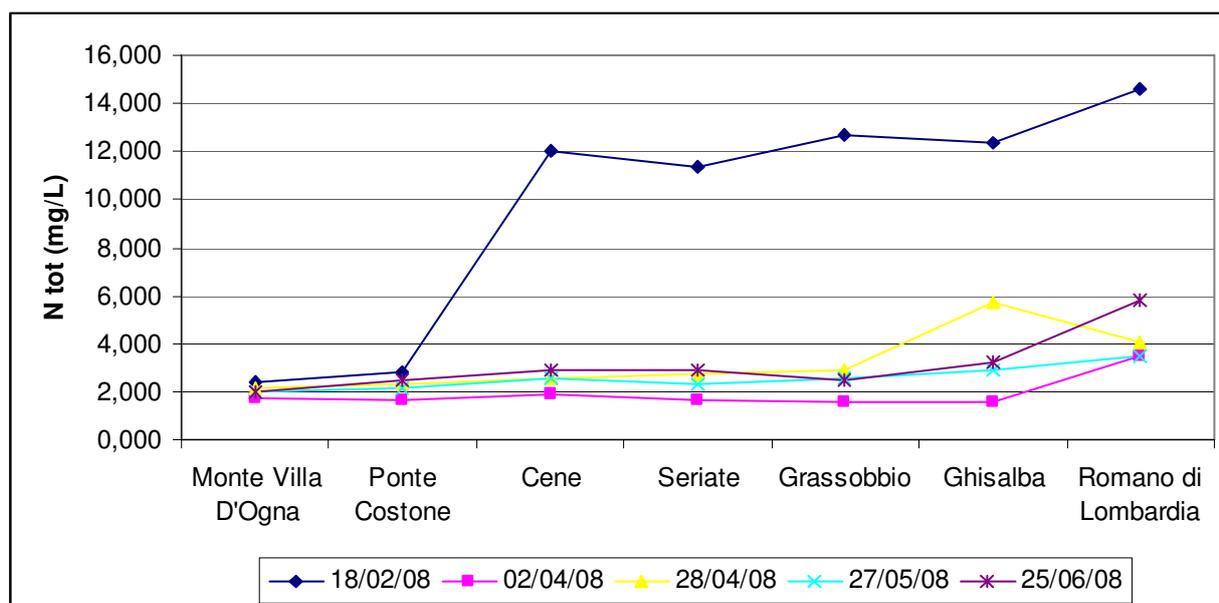


Fig.4.19 – Concentrazioni di azoto totale nelle acque del fiume Serio

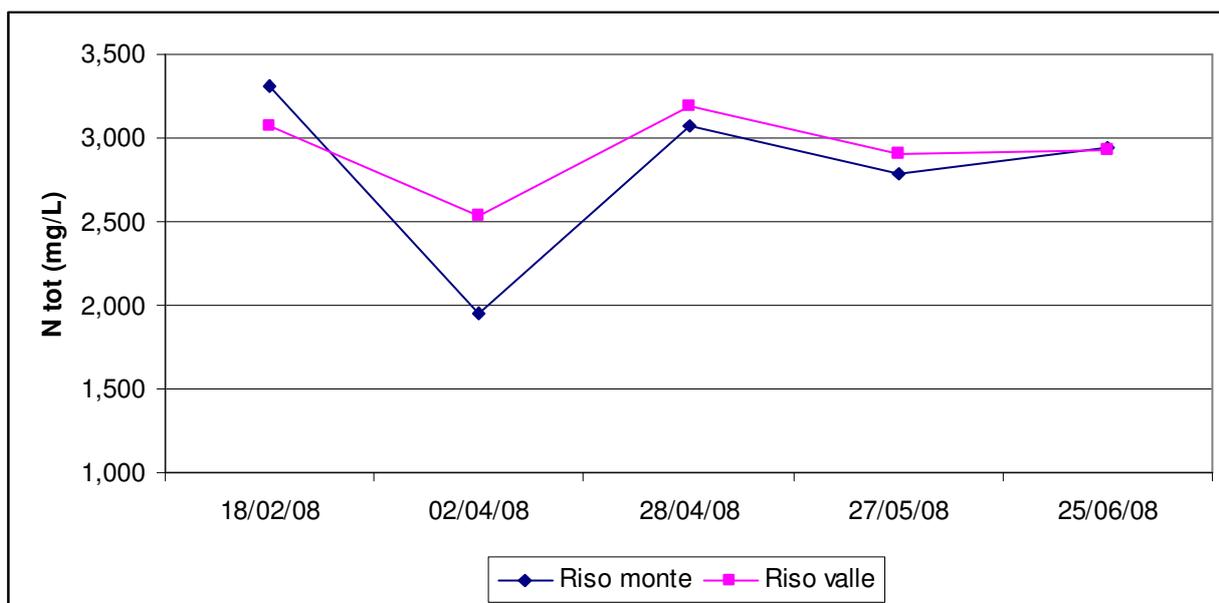


Fig. 4.20 –Concentrazioni di azoto totale nelle due stazioni lungo il torrente Riso

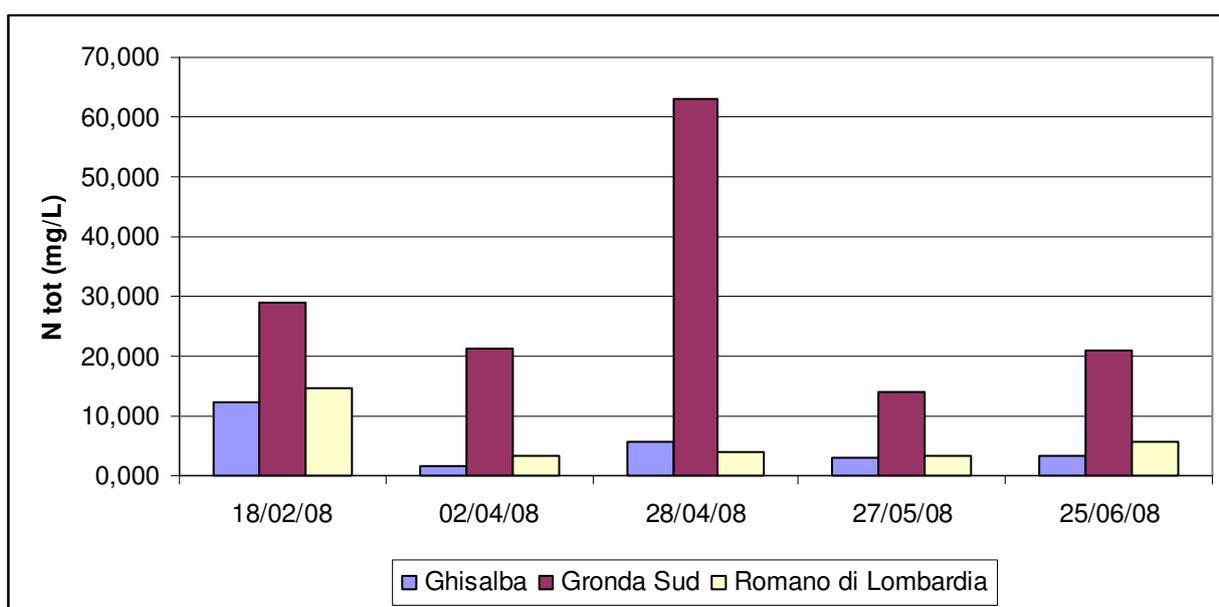


Fig.4.21 – Concentrazioni di azoto totale nel Serio a Ghisalba, nel Canale di Gronda Sud e nel Serio a Romano

### *Azoto ammoniacale*

L'azoto ammoniacale è la forma di azoto prevalente nei liquami domestici e, in quanto tale, nelle acque interessate da scarichi non trattati. Ove vengano invece scaricati effluenti sottoposti ad un efficace trattamento di ossidazione biologica l'incidenza della forma ammoniacale diminuisce fortemente per annullarsi o quasi nei casi in cui la depurazione comprenda il processo di nitrificazione. Nel caso del Serio le concentrazioni sono contenute, tali da collocare il Serio e il Riso

tra la seconda e la terza classe di qualità (rispettivamente Buono e Sufficiente) (Fig.4.22), ma aumentano marcatamente a valle dell'immissione del Canale di Gronda Sud, che determina a Romano concentrazioni tali da far classificare il fiume come Pessimo.

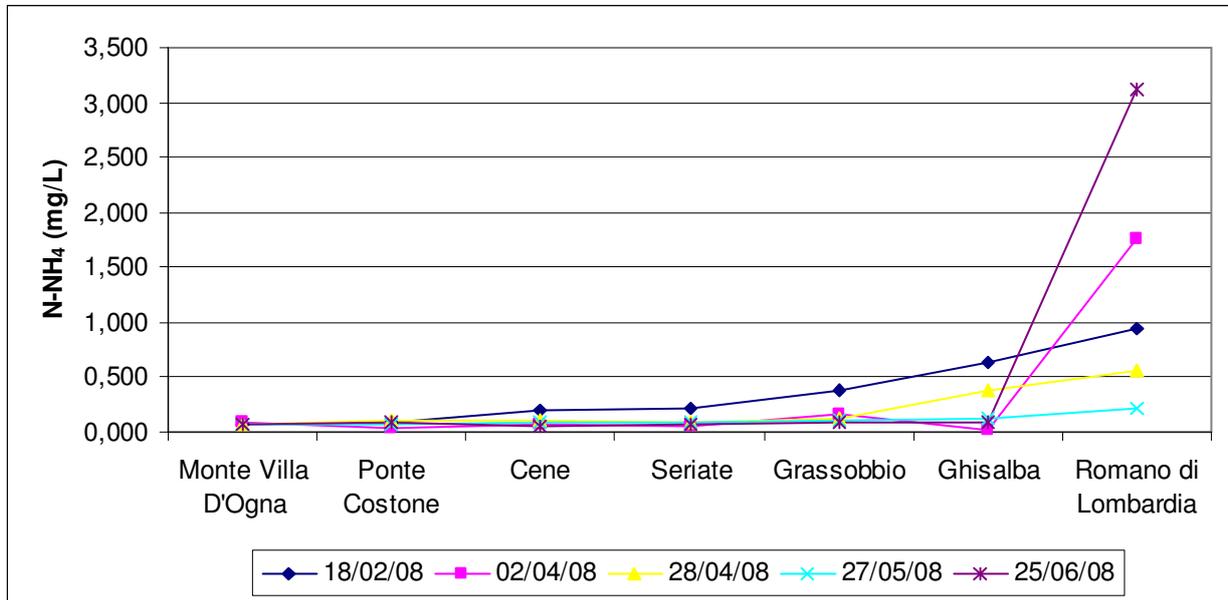


Fig. 4.22 – Concentrazioni di azoto ammoniacale nelle acque del fiume Serio

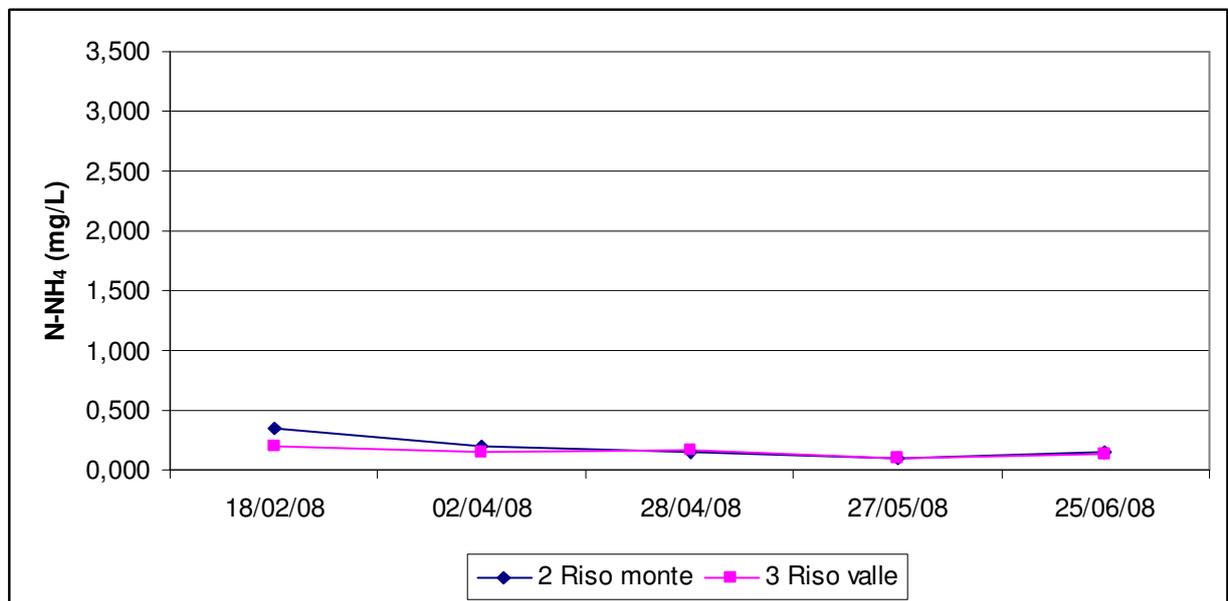


Fig.4.23 - Concentrazioni di azoto ammoniacale nelle due stazioni lungo il torrente Riso

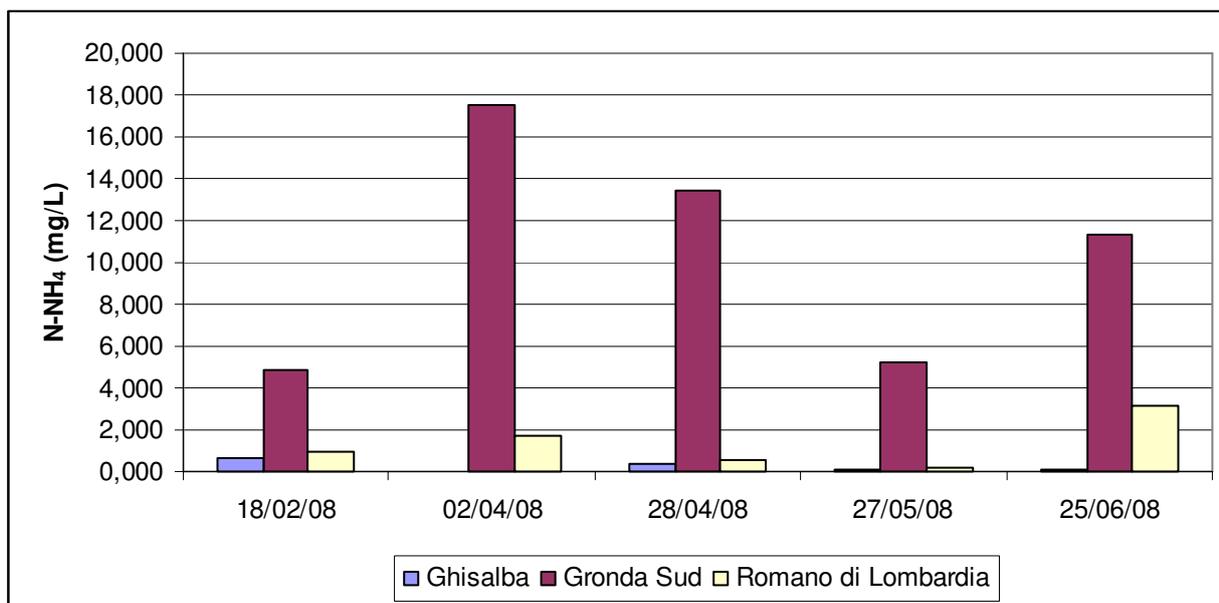


Fig.4.24 - Concentrazioni di azoto ammoniacale nel Serio a Ghisalba, nel Canale di Gronda Sud e nel Serio a Romano

Tab.4.4 - Classificazione di qualità delle acque del Serio e del Riso in base ai criteri del D.Lgs.152/99 per il parametro Azoto ammoniacale. Oltre alle misure relative ai campioni di acqua del Serio sono riportati i valori misurati nel Canale di Gronda Sud

Stazione	N-NH <sub>4</sub> (mg/L)	
	75° percentile	LIM
Monte Villa D'Ogna	0,078	Classe II
Riso monte	0,200	Classe III
Riso valle	0,166	Classe III
Ponte Costone	0,087	Classe II
Cene	0,104	Classe III
Seriante	0,100	Classe II
Grassobbio	0,157	Classe III
Ghisalba	0,378	Classe III
Gronda Sud	13,466	Classe V
Romano di Lombardia	1,761	Classe V

Va inoltre precisato che la frazione ammoniacale è una percentuale minima dell'azoto totale in tutte le stazioni (solo il 20 aprile, a Grassobbio, raggiunge il 10%), ma aumenta notevolmente a Romano (Fig. 4.25). Ciò significa che la nitrificazione, negli impianti ubicati nella parte a monte del bacino, funziona adeguatamente, e che, anche in tempo di pioggia, le concentrazioni di azoto risentono poco delle immissioni dagli scaricatori di piena. Tuttavia, la criticità osservata a Romano e gli elevati valori misurati nel Canale di Gronda Sud portano ad osservare che, probabilmente, i liquami che esso raccoglie non sono sempre adeguatamente nitrificati e/o che gli scaricatori di piena e delle acque di sgrondo contribuiscono ad innalzarne il contenuto di azoto ammoniacale.

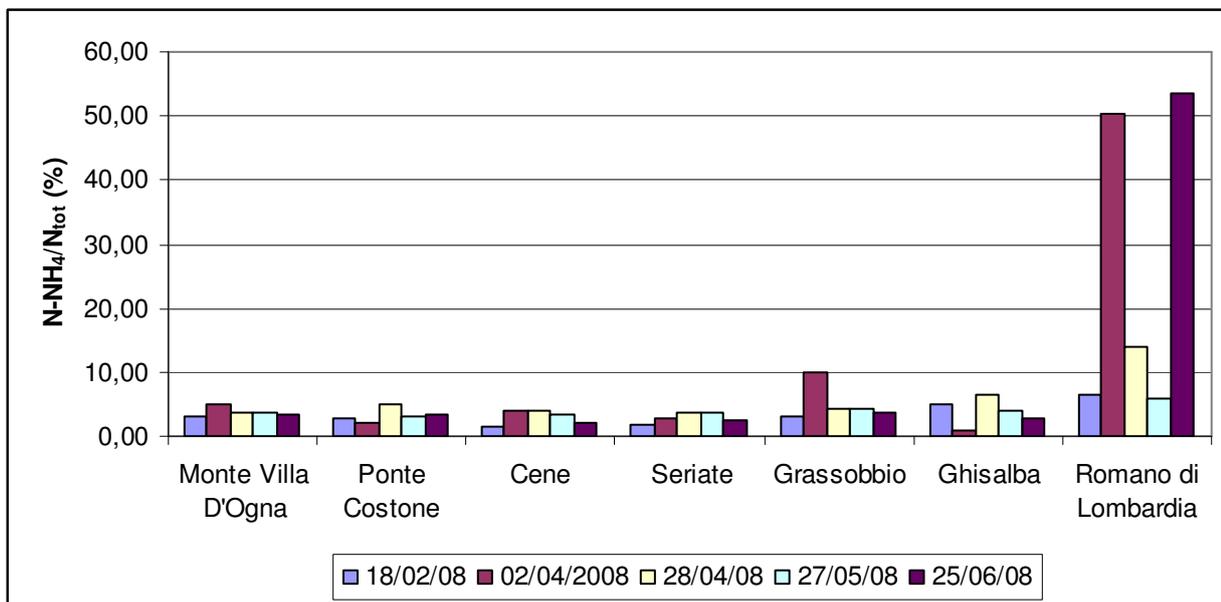


Fig.4.25 – Percentuale di azoto ammoniacale rispetto all'azoto totale nelle acque del fiume Serio

#### 4.2 *Escherichia coli*

Il parametro *Escherichia coli* è il principale indicatore microbiologico di contaminazione fecale. Per tale motivo è compreso come macrodescrittore nelle tabelle di classificazione della qualità delle acque del D.Lgs.152/99.

Le cariche riscontrate nel Serio sono riportate in Fig.4.26. Al di là della normale variabilità del dato, si osserva che in nessun caso le cariche superano le 5000 UFC/100 mL, limite allo scarico stabilito dalle norme vigenti. In effetti, viste le limitate portate del Serio, e la conseguente modesta diluizione che gli scarichi subiscono all'atto dello sversamento, la presenza di basse cariche nel fiume dovrebbe corrispondere a livelli di disinfezione sufficienti negli impianti di depurazione e all'assenza di scarichi non trattati rilevanti per portata e/o per qualità microbiologica.

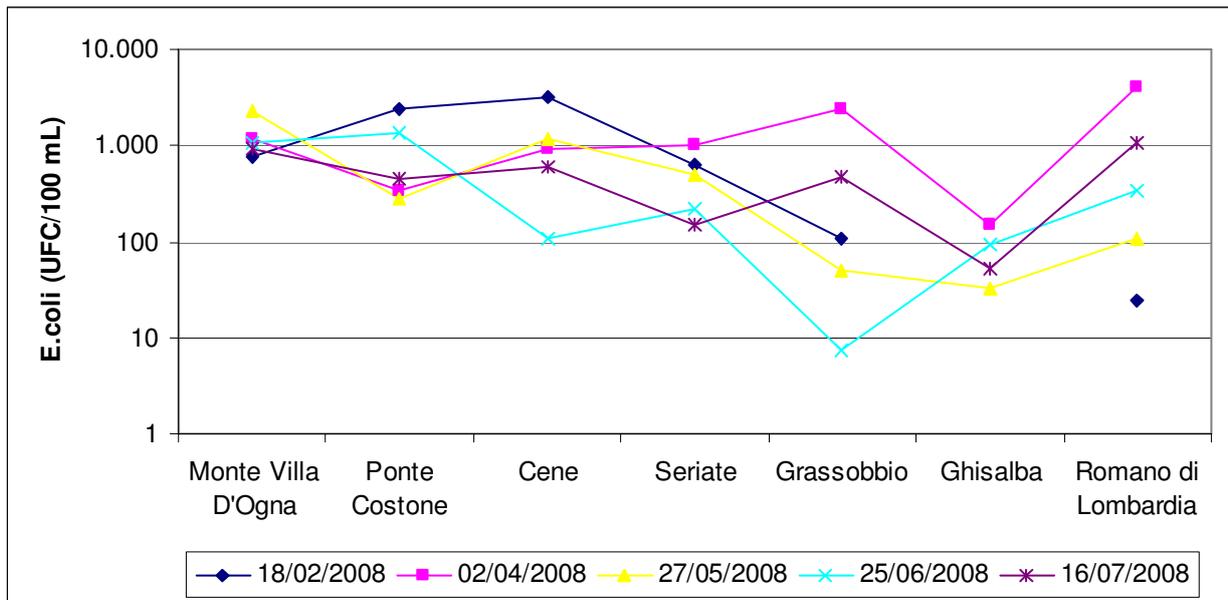


Fig. 4.26 – Cariche di *Escherichia coli* nelle acque del fiume Serio

Situazione diversa si verifica per il Riso, dove, in corrispondenza di forti piogge, si osserva una forte contaminazione da *E. coli*, soprattutto nella stazione più a monte (Fig.4.27). Anche le cariche rilevate negli altri campionamenti sono comunque mediamente superiori a quelle relative alle stazioni poste lungo il Serio, a conferma della situazione non ottimale del collettamento fognario nel bacino del Riso.

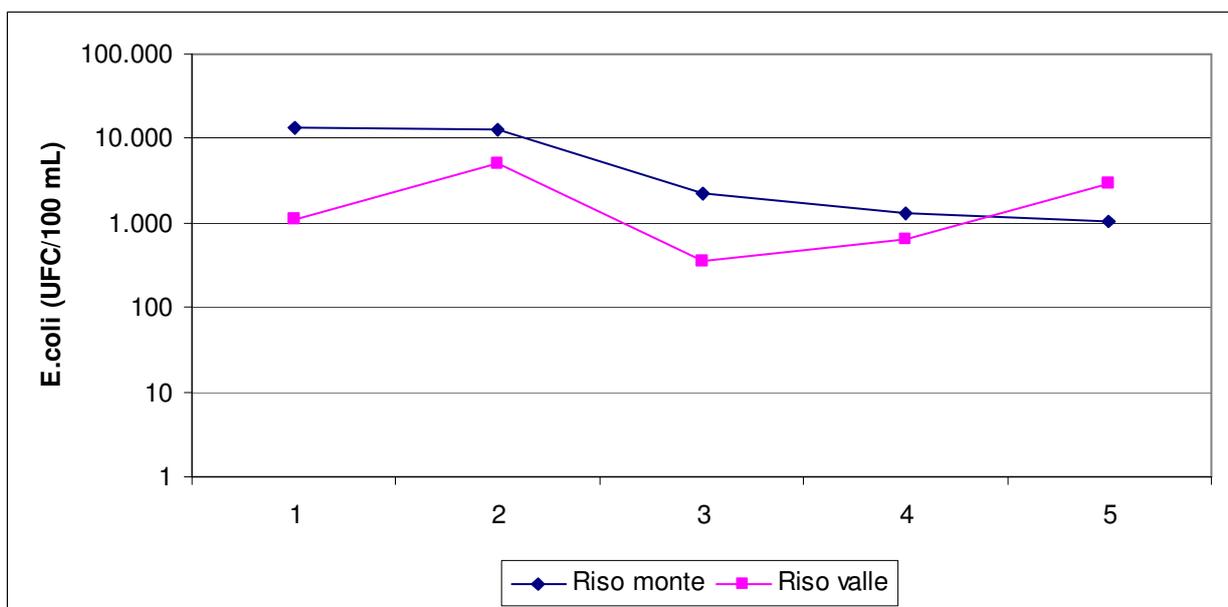


Fig.4.27 – Cariche di *Escherichia coli* nelle due stazioni lungo il torrente Riso

Come di consueto, l'effetto dell'immissione del Canale di Gronda Sud appare evidente anche per *E.coli* (Fig.4.28). La contaminazione nel canale è marcata, come dimostrano i dati puntuali, sempre molto superiori a 5000 UFC/100 mL. In particolare, il rapporto tra le cariche riscontrate e il limite è in un caso pari a poco più di 3, ma negli altri si colloca tra 10 e 34. Benchè il canale riceva acque anche da altre fonti, sembra presumibile che la disinfezione operata dagli impianti di Cologno e di Lurano non raggiunga rimozioni ottimali dei microrganismi. Inoltre, le cariche particolarmente elevate in tempo di pioggia pongono dubbi in merito al funzionamento e alle soglie di sfioro degli scaricatori di piena.

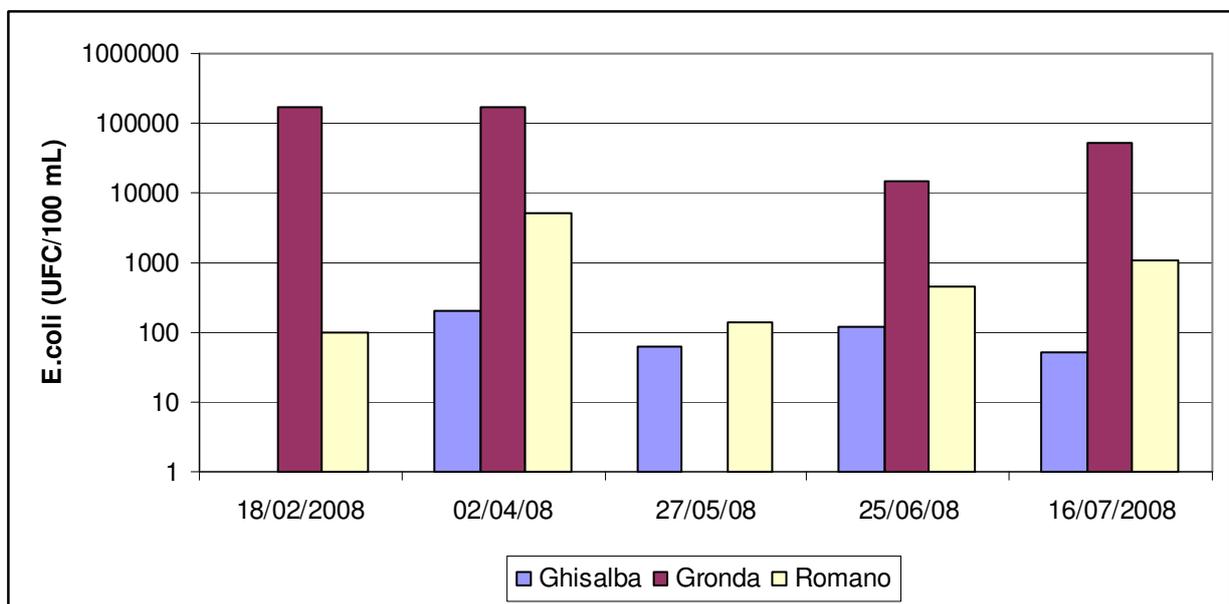


Fig.4.28 – Cariche di *Escherichia coli* nel Serio a Ghisalba, nel Canale di Gronda Sud e nel Serio a Romano

D'altra parte, l'effetto sul fiume, benchè rilevabile, porta ad uno scadimento di qualità relativo: le cariche a Romano sono tali da portare a collocare tale stazione in terza classe, in base al sistema di classificazione del D.Lgs.152/99, quindi ad un livello analogo a quello di diverse altre stazioni ubicate più a monte (Tab.4.5).

Tab.4.5 - Classificazione di qualità delle acque del Serio e del Riso in base ai criteri del D.Lgs.152/99 per il parametro *Escherichia coli*. Oltre alle misure relative ai campioni di acqua del Serio sono riportati i valori misurati nel Canale di Gronda Sud

Stazione	<i>E.coli</i> (UFC/100 mL)	
	75° percentile	LIM
Monte Villa D'Ogna	1143	Classe III
Riso monte	13310	Classe III
Riso valle	4215	Classe II
Ponte Costone	1770	Classe III
Cene	3333	Classe III
Seriate	847	Classe II
Grassobbio	477	Classe II
Ghisalba	123	Classe II
Gronda Sud	166167	Classe V
Romano di Lombardia	1063	Classe III

#### 4.3 Misure di attività fotosintetica

Come già si è detto, le misure effettuate avevano lo scopo di evidenziare situazioni anomale per quanto riguarda gli effetti della qualità delle acque sulla componente algale.

I risultati ottenuti sono espressi, in Fig.4.29, i termini di rapporto tra l'attività misurata (mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/10<sup>6</sup> alghe).

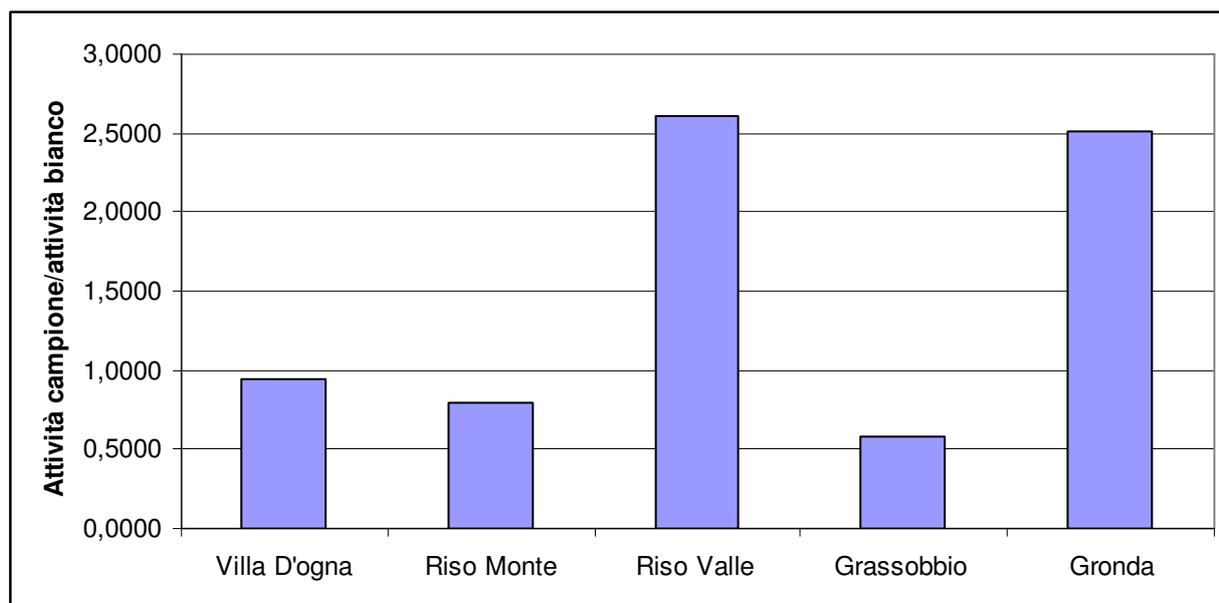


Fig.4.29 – Rapporto tra l'attività fotosintetica misurata nei campioni prelevati nelle diverse stazioni e quella relativa al bianco (mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/10<sup>6</sup> alghe).

Il valore minimo è relativo alla stazione di Grassobbio, dove l'attività fotosintetica è inferiore del 40% circa a quella del bianco, mentre si riscontrano valori molto superiori nella stazione di Riso Valle e nel Canale di Gronda Sud.

Come già si è detto, sono da interpretare come segnali di situazioni anomale valori che si scostino in misura significativa, sia in aumento che in diminuzione rispetto al valore del bianco.

I punti critici così evidenziati corrispondono, in effetti, a stazioni interessate da immissioni di forti carichi inquinanti e, in particolare, di carichi industriali potenzialmente suscettibili di immettere elementi o composti che possono esplicare effetti tossici sulle comunità acquatiche.

#### **4.4 Valutazioni ecologiche sull'effetto dello scarico nel torrente Riso dell'impianto per il recupero di zinco di Ponte Nossia**

Nelle Tabb.4.6 e 4.7 vengono riportate le schede dell'Indice Biotico Esteso (IBE) calcolato per le due stazioni di campionamento. L'analisi delle comunità di macroinvertebrati bentonici, eseguita preliminarmente attraverso l'IBE, mostra principalmente:

- A) Una sostanziale uniformità nella composizione tassonomica delle comunità rinvenute a monte e a valle dello scarico. Non soltanto il valore dell'indice IBE e l'ingresso orizzontale in tabella sono molto simili, ma l'insieme dei taxa rinvenuti compone un quadro del tutto analogo, in cui le comunità sono dominate da ditteri, principalmente Chironomidi, ma con una parte significativa di biomassa costituita anche da Athericidi e Limonidi.
- B) Un valore di IBE ed una conseguente classe di qualità (in entrambi i casi la classe III) molto peggiori rispetto a quanto atteso in un torrente di questo tipo, in entrambe le stazioni.

Ciò è imputabile con certezza alla presenza di consistenti scarichi civili presenti a monte delle stazioni di campionamento, come d'altro canto confermato dalle analisi dei macrodescrittori (cfr. 4.1 e 4.2) e dalle valutazioni effettuate sul campo durante i campionamenti. L'analisi dei risultati forniti dall'IBE porta a ritenere l'influenza del carico organico proveniente dagli scarichi civili presenti a monte nettamente più importante, rispetto allo scarico industriale monitorato, nel determinare un abbassamento di qualità delle comunità biologiche presenti in loco. Viceversa, l'indice IBE risulta avere solo un blando abbassamento (che non comporta una modifica della classe di qualità) tra le due stazioni. Ciò non permette di affermare con sicurezza che lo scarico dell'impianto industriale non eserciti alcuna influenza (non è possibile stabilire quale abbassamento di qualità ci sarebbe per l'impatto dato da tale scarico su una comunità biologica integra, al netto dell'influenza degli scarichi civili), ma solo che, come già detto, nella situazione attuale il carico

inquinante di origine civile esercita un'influenza molto maggiore dello scarico industriale nell'impattare l'ecosistema locale.

Al fine di capire se lo scarico oggetto del presente studio sia in qualche modo responsabile diretto di scadimenti nelle biocenosi acquatiche, si è provveduto ad una comparazione dei campioni quantitativi raccolti nelle due stazioni del torrente Riso, provvedendo ad analizzare le differenze tra le comunità in funzione dei microhabitat colonizzati e delle densità di individui rinvenuti.

I risultati dei campionamenti quantitativi nelle due stazioni, riferiti ai diversi microhabitat, sono riportati nelle Tabb. 4.8 e 4.9, insieme alle variabili ambientali che caratterizzano i singoli ambienti esaminati.

Le variabili ambientali scelte si riferiscono al valore della conducibilità dell'acqua, all'altezza del battente idrico (H), alla velocità media della corrente nella colonna d'acqua (Vm, calcolata al 40% dell'altezza della colonna d'acqua), alla velocità della corrente sul fondo (Vf), al substrato caratteristico (dove il numero riportato è  $\Phi$ , ossia la dimensione più presente, espressa in  $\log_2$  della dimensione del diametro, delle pietre componenti il substrato), alla composizione della matrice interstiziale ed, infine, al numero di Froude, che mette in relazione la forza d'inerzia e la forza peso, determinato attraverso la formula:

$$Fr = \sqrt{\frac{V^2}{g \cdot y}}$$

Dove V è la velocità media, g l'accelerazione di gravità e y l'altezza della colonna d'acqua.

Tab.4.6 Unità sistematiche rinvenute nel Torrente Riso a monte dello stabilimento

GRUPPI FAUNISTICI	UNITA' SISTEMATICHE	INDIVIDUI TOTALI
PLECOTTERI	<i>Leuctra</i>	16*
	<i>Amphinemura</i>	1**
EFEMEROTTERI	<i>Habroleptoides</i>	1**
	<i>Baetis</i>	71***
TRICOTTERI	<i>Rhyacophilidae</i>	2**
COLEOTTERI	Elminthidae	17
ODONATI	-	-
DITTERI	Chironomidae	724
	<i>Simuliidae</i>	6**
	Athericidae	6
	Limoniidae	5
	<i>Psychodidae</i>	7****
ETEROTTERI	-	-
CROSTACEI	-	-
GASTEROPODI	-	-
BIVALVI	-	-
TRICLADI	-	-
IRUDINEI	<i>Dina</i>	1
OLIGOCHETI	Lumbricidae	1
	Tubificidae	5
	Mermithidae	2

\**Leuctra*, essendo assenti altre u.s. dell'ordine dei plecoteri\*\*\* e dell'ordine degli efemeroteri\*\*\*\*, entra nel calcolo dell'IBE a livello dei tricoteri.

\*\*Numero di individui rinvenuti insufficiente, il taxon non viene considerato per il calcolo dell'IBE.

\*\*\**Baetis* viene sempre considerato a livello dei tricoteri per il calcolo dell'ingresso orizzontale dell'IBE.

\*\*\*\**Psychodidae* presenta respirazione aerea e non viene considerato nel calcolo dell'IBE.

#### CALCOLO DELL'INDICE

Numero di unità sistematiche: **10**

Ingresso orizzontale: TRICOTTERI, più di una u.s.

Valore IBE: **7**

CLASSE: **III**

GIUDIZIO: *Ambiente inquinato o comunque alterato*

Tab.4.7 Unità sistematiche rinvenute nel Torrente Riso a valle dello stabilimento

GRUPPI FAUNISTICI	UNITA' SISTEMATICHE	INDIVIDUI TOTALI
PLECOTTERI	<i>Leuctra</i>	6*
EFEMEROTTERI	<i>Baetis</i>	6**
TRICOTTERI	-	-
COLEOTTERI	Elminthidae	6
ODONATI	-	-
DITTERI	Chironomidae	329
	<i>Simuliidae</i>	1***
	Athericidae	4
	Limoniidae	10
	<i>Psychodidae</i>	4****
ETEROTTERI	-	-
CROSTACEI	-	-
GASTEROPODI	-	-
BIVALVI	-	-
TRICLADI	-	-
IRUDINEI	<i>Dina</i>	1
OLIGOCHETI	Lumbriculidae	1

\*Leuctra, essendo assenti altre u.s. dell'ordine dei plecoteri e dell'ordine degli efemeroteri\*\*, entra nel calcolo dell'IBE a livello dei tricoteri.

\*\*Baetis viene sempre considerato a livello dei tricoteri per il calcolo dell'ingresso orizzontale dell'IBE.

\*\*\*Numero di individui rinvenuti insufficiente, il taxon non viene considerato per il calcolo dell'IBE.

\*\*\*\*Psychodidae presenta respirazione aerea e non viene considerato nel calcolo dell'IBE.

#### CALCOLO DELL'INDICE

Numero di unità sistematiche: **7**

Ingresso orizzontale: TRICOTTERI, più di una u.s.

Valore IBE: **6**

CLASSE: **III**

GIUDIZIO: *Ambiente inquinato o comunque alterato*

Tab. 4.8 – *Taxa* rinvenuti e variabili ambientali caratterizzanti i diversi microambienti nella stazione di rilevamento a monte dello scarico.

<i>Taxa</i>	Microhabitat					TOT MONTE
	Z	Y	X	W	V	
<i>Amphinemura</i>	1	0	0	0	0	1
<i>Leuctra</i>	12	0	0	1	3	16
<i>Habroleptoides</i>	0	0	0	0	1	1
<i>Baetis</i>	29	5	14	3	20	71
Rhyacophilidae	2	0	0	0	0	2
Elminthidae	13	0	0	1	0	14
Elminthidae (ad)	0	0	1	0	0	1
Chironomidae	223	55	200	49	197	724
Simuliidae	0	0	1	0	5	6
Athericidae	1	0	0	5	0	6
Limoniidae	1	2	0	2	0	5
Psychodidae	0	3	2	1	1	7
<i>Dina</i>	0	1	0	0	0	1
Lumbriculidae	0	0	0	0	0	0
Lumbricidae	1	0	0	0	0	1
Tubificidae	0	1	0	0	0	1
Mermithidae	0	0	1	0	0	1
<b>Abbondanza</b>	<b>283</b>	<b>67</b>	<b>219</b>	<b>62</b>	<b>227</b>	<b>858</b>
	Z	Y	X	W	V	
Conducibilità	392	392	392	392	392	
H (m)	0,16	0,12	0,34	0,11	0,41	
Vm (m/s)	0,317	-0,045	0,405	-0,017	0,839	
Vf (m/s)	0,080	-0,045	0,002	-0,017	0,303	
Substrato caratteristico	6,0	-1,0	8,0	6,5	6,5	
Matrice: detrito	0	0	0	0	0	
Matrice: sabbia	0	1	0	1	0	
Matrice: ghiaia	1	0	1	1	0	
Matrice: ciottoli	0	0	0	0	1	
Num. di Froude	0,253155	-0,0415	0,221872	-0,01637	0,418559	

Tab. 4.9 – *Taxa* rinvenuti e variabili ambientali caratterizzanti i diversi microambienti nella stazione di rilevamento a valle dello scarico.

<i>Taxa</i>	Microhabitat					TOT VALLE
	A	B	C	D	E	
<i>Amphinemura</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Leuctra</i>	1	0	0	5	0	6
<i>Habroleptoides</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Baetis</i>	1	0	2	2	1	6
Rhyacophilidae	0	0	0	0	0	0
Elminthidae	1	2	2	0	1	6
Elminthidae (adulti)	0	0	0	0	0	0
Chironomidae	71	94	79	38	47	329
Simulidae	0	0	0	1	0	1
Athericidae	0	0	0	2	2	4
Limoniidae	0	0	1	2	7	10
Psychodidae	0	0	0	4	0	4
<i>Dina</i>	0	0	0	0	0	0
Lumbriculidae	0	0	0	1	0	1
Lumbricidae	0	0	0	0	0	0
Tubificidae	0	0	0	0	0	0
Mermithidae	0	0	0	0	0	0
<b>Abbondanza</b>	<b>74</b>	<b>96</b>	<b>84</b>	<b>55</b>	<b>58</b>	<b>367</b>
	A	B	C	D	E	
Conducibilità	1583	1583	1583	1583	1583	
H (m)	0,20	0,14	0,20	0,17	0,15	
Vm (m/s)	0,338	0,935	0,724	-0,016	0,097	
Vf (m/s)	0,111	0,405	0,504	-0,032	0,019	
Substrato caratteristico	6,5	7,5	6,5	-1,0	0,0	
Matrice: detrito	0	0	0	0	0	
Matrice: sabbia	0	0	0	1	1	
Matrice: ghiaia	1	1	1	0	0	
Matrice: ciottoli	0	0	0	0	0	
Num. di Froude	0,241429	0,798242	0,517143	-0,0124	0,080004	

Partendo dai dati quantitativi, è stato possibile effettuare un semplice trattamento statistico degli stessi, utilizzando la *Redundancy Analysis* (RDA), che ordina i *taxa* rinvenuti presupponendo una loro risposta lineare lungo i gradienti ambientali. Una volta stabilite le relazioni reciproche tra i *taxa* rinvenuti nei diversi campioni, è possibile inserire le variabili ambientali nel sistema, osservando la relazione intercorrente tra le variabili significative (Tab.4.10) e la loro relazione con i singoli campioni ed i singoli *taxa* mediante l'uso di grafici biplot (Figg. 4.30 e 4.31).

Osservando le relazioni che intercorrono tra le diverse variabili ambientali, è possibile affermare come la conducibilità non presenti relazioni significative, né dirette né inverse, con gli altri parametri caratterizzanti ( $|R| < 0,5$  in tutti i casi). Ciò dimostra che il disegno sperimentale della

campagna di monitoraggio è stato effettuato in maniera corretta, in quanto le variabili fisiche caratterizzanti i diversi microambienti sono risultate essere ben distribuite sia a monte che a valle dello scarico (dove sono presenti conducibilità differenti).

Tab. 4.10 – Relazione (R) tra le variabili ambientali significative

Conducibilità	1			
H	-0,3249	1		
Vm	0,1766	0,4775	1	
Vf	0,3205	0,1980	0,8890	1
Substrato caratteristico	-0,1687	0,3640	0,6737	0,5369
	Conducibilità	H	Vm	Vf

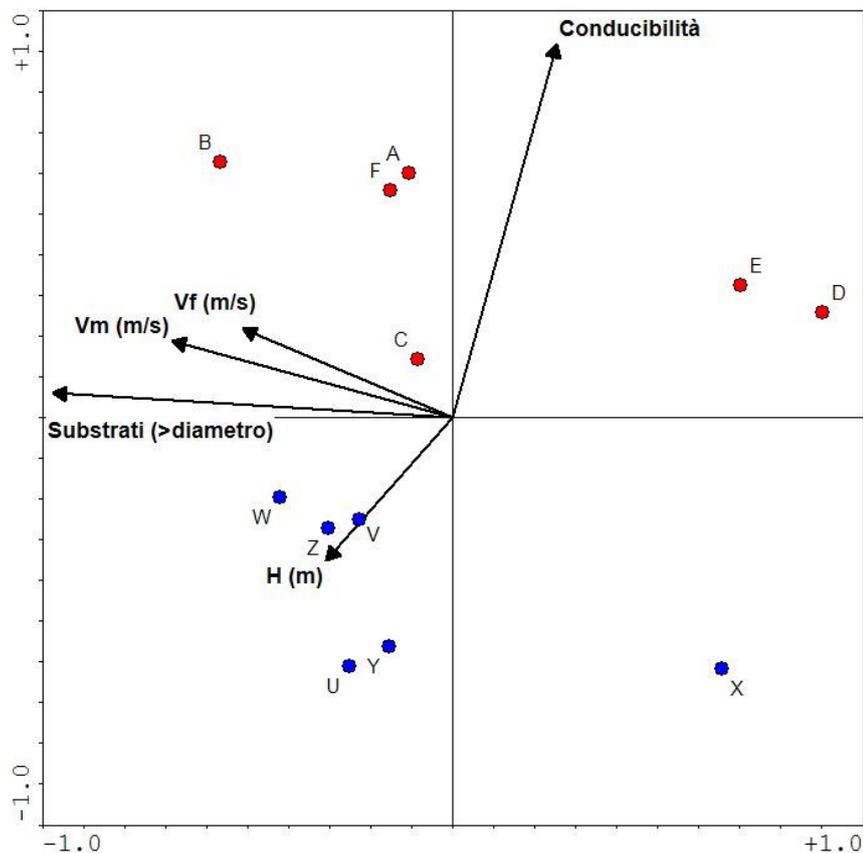


Fig. 4.30 – Grafico *biplot* che mostra la relazione tra variabili ambientali e campioni (ordinati sulla base dei *taxa* rinvenuti).

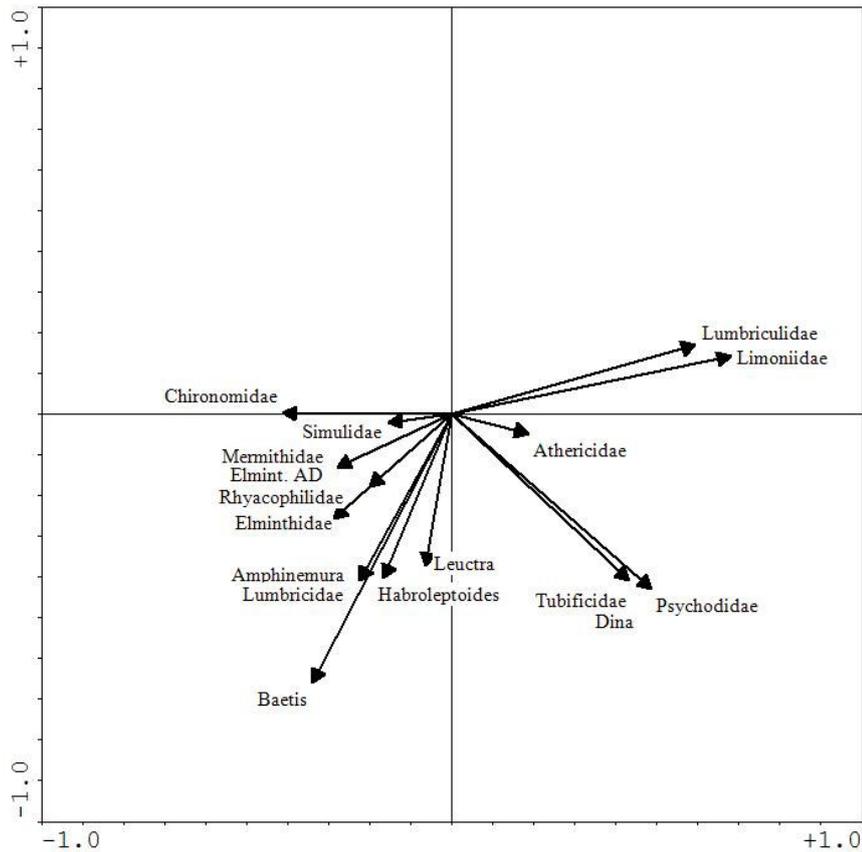


Fig. 4.31 – Grafico *scattergram* che mostra la relazione tra i diversi *taxa* (la posizione rispetto alle variabili ambientali è la stessa che in Fig. 4.30).

I grafici RDA mostrano come la maggior parte della varianza delle comunità sia spiegata dalla diversità morfologica degli habitat (che si dispongono lungo l'asse 1 – orizzontale - del grafico *biplot*), differenziando nettamente i campioni D, E e X, riferibili a zone di pozza o di calma, dagli altri, che sono caratterizzati principalmente da corrente più forte essendo campioni raccolti in microhabitat quali raschi e salti. La conducibilità è la variabile che più caratterizza, invece, l'asse 2 – verticale. Lungo tale asse, i campioni risultano ovviamente ben differenziati in due gruppi, rappresentati sul grafico in Fig. 4.30 da punti rossi e blu e corrispondenti ai campioni delle stazioni a valle e a monte dello scarico. Se si osserva la disposizione dei *taxa* (Fig.4.31), è evidente una loro affinità maggiore complessiva nei confronti dei quadranti inferiori, che rappresentano i diversi microambienti della stazione posta a monte dello scarico. Ciò è dovuto non tanto ad una diversa composizione strutturale delle comunità, che abbiamo visto essere piuttosto affini all'atto della compilazione dell'IBE, quanto alla minor abbondanza di individui per le diverse unità sistematiche, sia per quanto riguarda la famiglia dei ditteri Chironomidi, che sono il *taxon* preponderante in tutti i campioni, sia per ciò che concerne gli altri *taxa*, specialmente per quanto riguarda il genere di plecoteri *Leuctra* ed il genere di efemerotteri *Baetis*.

La difformità nella distribuzione degli individui è facilmente osservabile anche nei grafici (Figg.4.32 ÷ 4.35) di correlazione diretta tra le densità di popolamento e due singole variabili ambientali (la velocità media della corrente ed il numero di Froude).

In generale, i campioni raccolti a valle dello scarico risultano avere sempre una densità di individui (sia in termini di macroinvertebrati totali che in termini di ditteri Chironomidi) decisamente inferiore. La differenza si acuisce per velocità di corrente elevate e per numeri di Froude alti, laddove i microambienti sono dunque caratterizzati da condizioni più turbolente tipiche della morfologia dei torrenti montani.

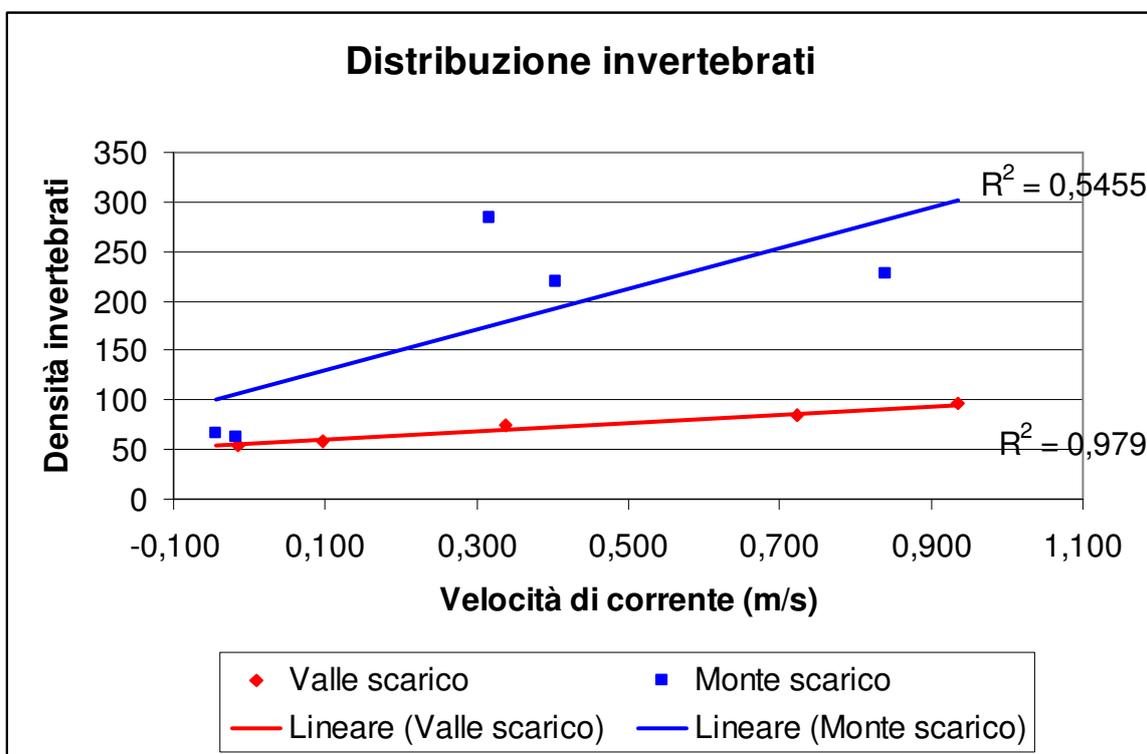


Fig. 4.32 – Relazione tra la densità degli invertebrati e la velocità della corrente a monte (blu) e a valle (rosso) dello scarico industriale di Ponte Nossà.

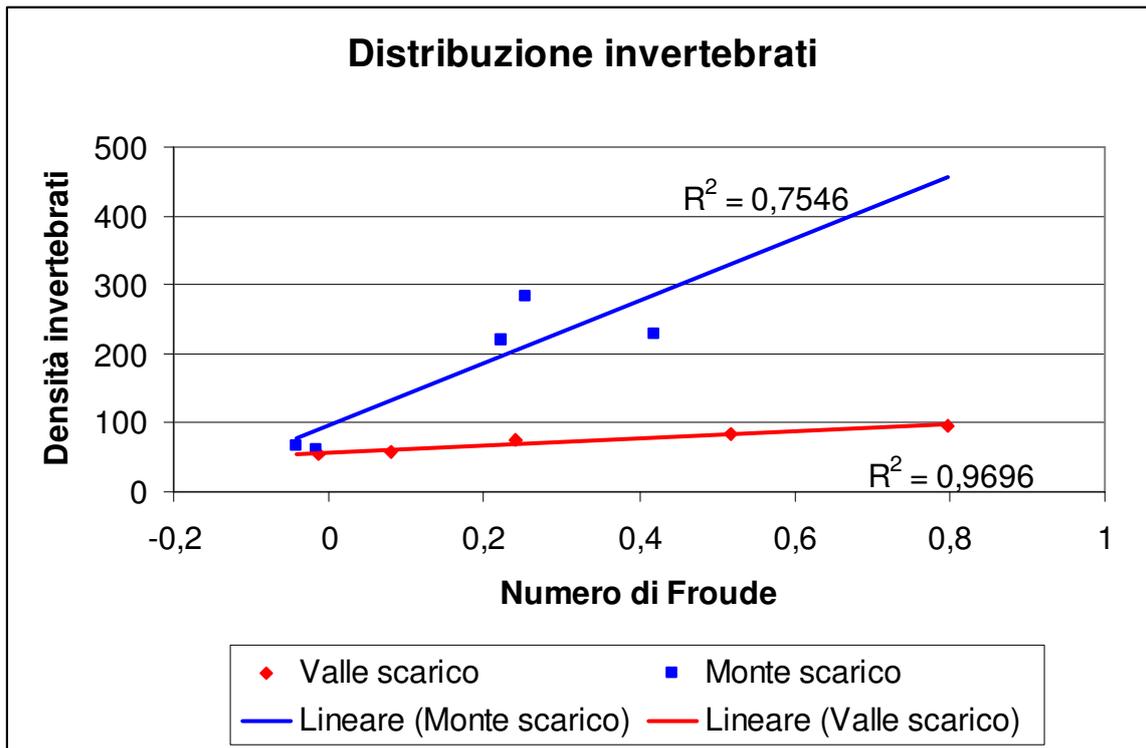


Fig. 4.33 – Relazione tra la densità degli invertebrati e il numero di Froude a monte (blu) e a valle (rosso) dello scarico industriale di Ponte Noss.

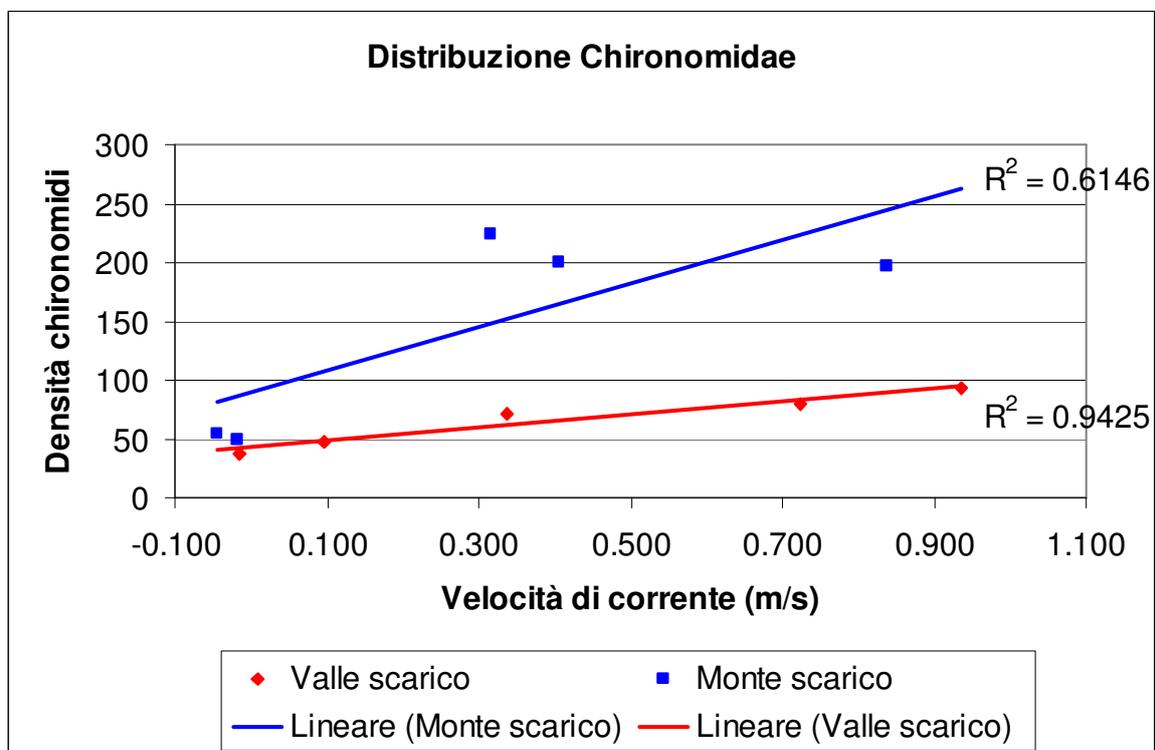


Fig. 4.34 – Relazione tra la densità dei ditteri Chironomidi e la velocità della corrente a monte (blu) e a valle (rosso) dello scarico industriale di Ponte Noss.

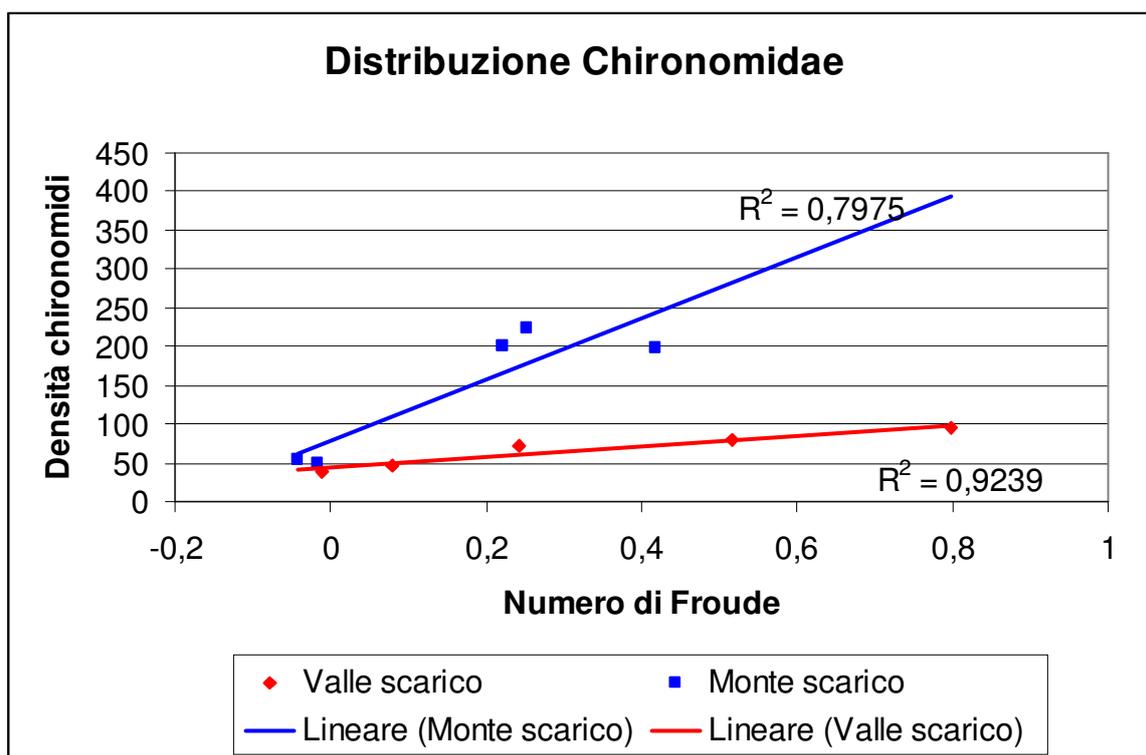


Fig. 4.35 – Relazione tra la densità dei ditteri Chironomidi e il numero di Froude a monte (blu) e a valle (rosso) dello scarico industriale di Ponte Nossia.

#### 4.6 Idrocarburi policiclici Aromatici (IPA) e erbicidi

In Fig.4.36 sono riportate le medie delle concentrazioni di idrocarburi aromatici policiclici (IPA) misurate in occasione dei campionamenti del 28 aprile e del 17 novembre 2008, mentre in Tab. 4.11 sono riportate le medie per stazione dei composti per i quali si sono rilevati superamenti dei limiti di legge. Va specificato a questo proposito che il quadro normativo, ad oggi, non è chiaro. Il DM 367/2003 indicava degli obiettivi intermedi (da conseguire entro il 2008) e degli obiettivi finali (da conseguire entro il 2015), ai sensi dell'art.3 del D.Lgs.152/99, in recepimento della direttiva 76/464/CEE, concernente l'inquinamento provocato da sostanze pericolose scaricate nell'ambiente idrico della Comunita' europea, e viste la direttiva quadro in materia di tutela delle acque 2000/60/CE del Parlamento e del Consiglio del 23 ottobre 2000 e la decisione n. 2455/2001/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 20 novembre. Sembra pertanto corretto far riferimento ai limiti da essa indicata. Tuttavia, l'emanazione successiva del D.Lgs.152/06, oltre ad abrogare il precedente D.Lgs.152/99, ha abrogato anche il DM 367/2003, eccezion fatta per le tabelle relative alle sostanze pericolose, emanando peraltro, in parallelo, valori di riferimento che, spesso, sono fino a 20 volte superiori.

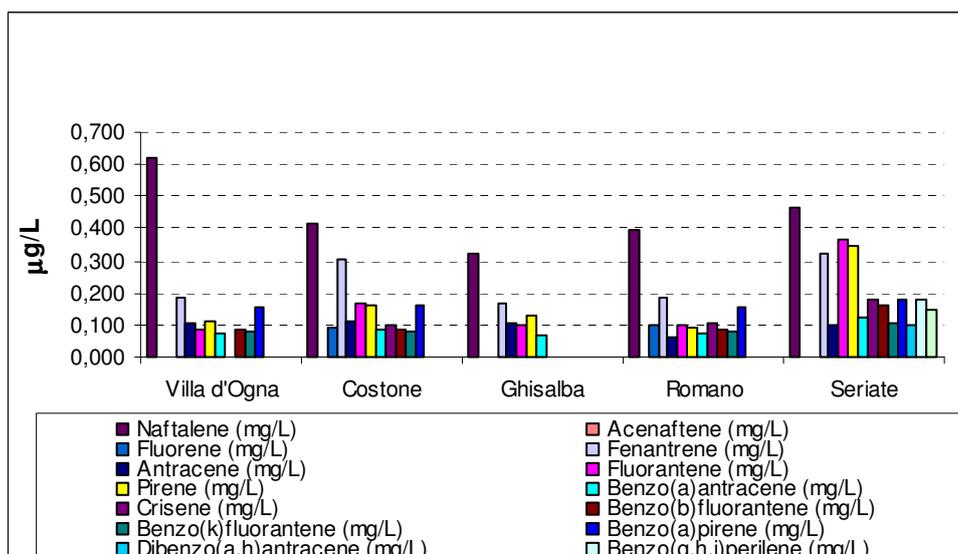


Fig.4.36 – Media delle concentrazioni dei diversi IPA nelle acque del Serio

Tab. 4.11 – Medie delle concentrazioni relative ai composti per i quali si sono rilevati superamenti dei limiti indicati dal DM 367/03 come obiettivo intermedio (da conseguire entro il 2008) di qualità per le acque dolci superficiali

Stazione	Naftalene	Antracene	Fluorantene	Benzo(b) Fluorantene	Benzo(k) fluorantene	Benzo(a) pirene	Benzo(g,h,i)perilene	Indeno(1,2,3-cd)pirene
Villa d'Ogna	0,618	0,105	0,090	0,086	0,079	0,154	0,000	0,000
Costone	0,412	0,112	0,167	0,088	0,079	0,161	0,000	0,000
Ghisalba	0,321	0,103	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Romano	0,398	0,063	0,099	0,086	0,078	0,156	0,000	0,000
Seriate	0,464	0,100	0,367	0,159	0,108	0,178	0,183	0,147

Basti pensare che il D.Lgs.152/06 fissa un unico limite per gli IPA totali di 0,2 µg/L, mentre il valore corrispondente, per il DM 367/03, era di 0,02 µg/L come obiettivo intermedio (2008) e di 0,005 µg/L come obiettivo finale (2015). In Tab.4.12 sono riportati i valori indicati rispettivamente dalle due norme.

Le concentrazioni riscontrate sono, per diversi composti, piuttosto elevate. Quelle del naftalene, da sole, sono tali da superare il limite del D.Lgs.152/06 (il meno restrittivo) per il totale degli IPA presenti.

Si tratta di un problema di inquinamento generalizzato, legato fondamentalmente alla deposizione atmosferica, ormai da ritenersi ubiquitario. Senza nulla togliere al problema della presenza di concentrazioni così elevate, va peraltro sottolineato come ben difficilmente si possano attuare efficaci misure di controllo atte a diminuire il livello di IPA nelle acque.

Tab.4.12 – Limiti relativi alle concentrazioni di idrocarburi policiclici aromatici (IPA) nelle acque dolci superficiali secondo il DM 367/03 e secondo il D.Lgs.152/06

<b>Parametro</b>	<b>DM 367/03 (2008) mg/L</b>	<b>DM 367/03 (2015) mg/L</b>	<b>D.Lgs.152/06 mg/L</b>
IPA Totali	0,02	0,005	0,2
Benzo(a)pirene	0,004	0,001	-
Benzo(b)fluorantene	0,004	0,001	-
Benzo(k)fluorantene	0,004	0,001	-
Benzo(g,h,i)perilene	0,004	0,001	-
Indeno(1,2,3-cd)pirene	0,004	0,001	-
Antracene	0,01	0,01	-
Fluorantene	0,01	0,01	-
Naftalene	0,01	0,01	-

Al contrario, non si è mai rilevata la presenza degli erbicidi ricercati (atrazina, simazina e terbutilazina).

## 5. CONCLUSIONI

In base alle analisi condotte nel 2008, il Serio e il suo affluente Riso rientrano, per i parametri macrodescrittori, nella seconda classe di qualità, corrispondente ad un livello di Buono, come si osserva in Tab.5.1, eccezion fatta per la stazione di Romano che, a causa dell'immissione del Canale di Gronda Sud, scade di una classe di qualità.

Le elevate concentrazioni di IPA, come si è detto, non possono comunque essere oggetto di strategie specifiche in quanto la loro presenza è indicativa di un inquinamento atmosferico generalizzato e della conseguente deposizione. Per contro, l'assenza di erbicidi, anch'essi ancora comuni, nonostante due dei composti ricercati siano stati banditi dal 2004, è sicuramente un fatto positivo.

Per quanto riguarda il Livello di Inquinamento da Macrodescrittori, rispetto agli anni precedenti sembra esserci stato un notevole miglioramento, come si rileva dalla Fig.5.1, ma, in verità, si tratta di un miglioramento legato soprattutto alla maggior disponibilità di acqua in alveo che, come ben noto, influisce marcatamente sulla qualità delle acque. Proprio a scopo esplicativo si è scelto di

confrontare in Fig.5.1 la classificazione di qualità relativa al 2008 con quella relativa a due anni precedenti, caratterizzati da diversa piovosità. Nel 2004 le secche sono state occasionali, ma le precipitazioni sono state piuttosto scarse e di conseguenza le portate in alveo sono state insufficienti a diluire gli inquinanti immessi: mentre nel tratto a monte del fiume la qualità risultava ottima, a partire da Seriate il fiume era prevalentemente classificabile come Sufficiente con uno scadimento a Scadente nel tratto in pianura. Nel 2006 si è verificato un lungo periodo di secca, indicato in nero nella figura, ma già a partire da Seriate si rilevavano condizioni tali da far classificare il fiume come Scadente (IV Classe).

Tab.5.1 - Classificazione di qualità delle acque del Serio e del Riso in base ai criteri del D.Lgs.152/99 per il parametro *Escherichia coli*. Oltre alle misure relative ai campioni di acqua del Serio sono riportati i valori misurati nel Canale di Gronda Sud

Livello di Inquinamento da Macrodescrittori	100-OD %	BOD <sub>5</sub> mg/L	COD mg/L	N-NH <sub>4</sub> mg/L	NO <sub>3</sub> mg/L	P-tot mg/L	<i>E. coli</i> UFC/100 mL	Classe LIM
Monte Villa D'Ogna	0,8	6	12,0	0,078	2,04	0,076	1143	2
Riso monte	1,4	1,5	3,0	0,200	2,92	0,112	13310	2
Riso valle	0,9	2,0	4,0	0,166	2,87	0,095	4215	2
Ponte Costone	0,0	2,5	5,0	0,087	2,41	0,086	1770	2
Cene	0,0	3,0	6,0	0,104	2,84	0,094	3333	2
Seriate	0,0	2,5	5,0	0,100	2,79	0,107	847	2
Grassobbio	0,0	5,5	11,0	0,157	2,78	0,134	477	2
Ghisalba	0,0	2,5	5,0	0,378	5,36	0,391	123	2
Gronda Sud	13,2	52,5	105,0	13,466	23,98	3,190	166167	4
Romano di Lombardia	6,6	17,5	35,0	1,761	3,51	0,285	1063	3

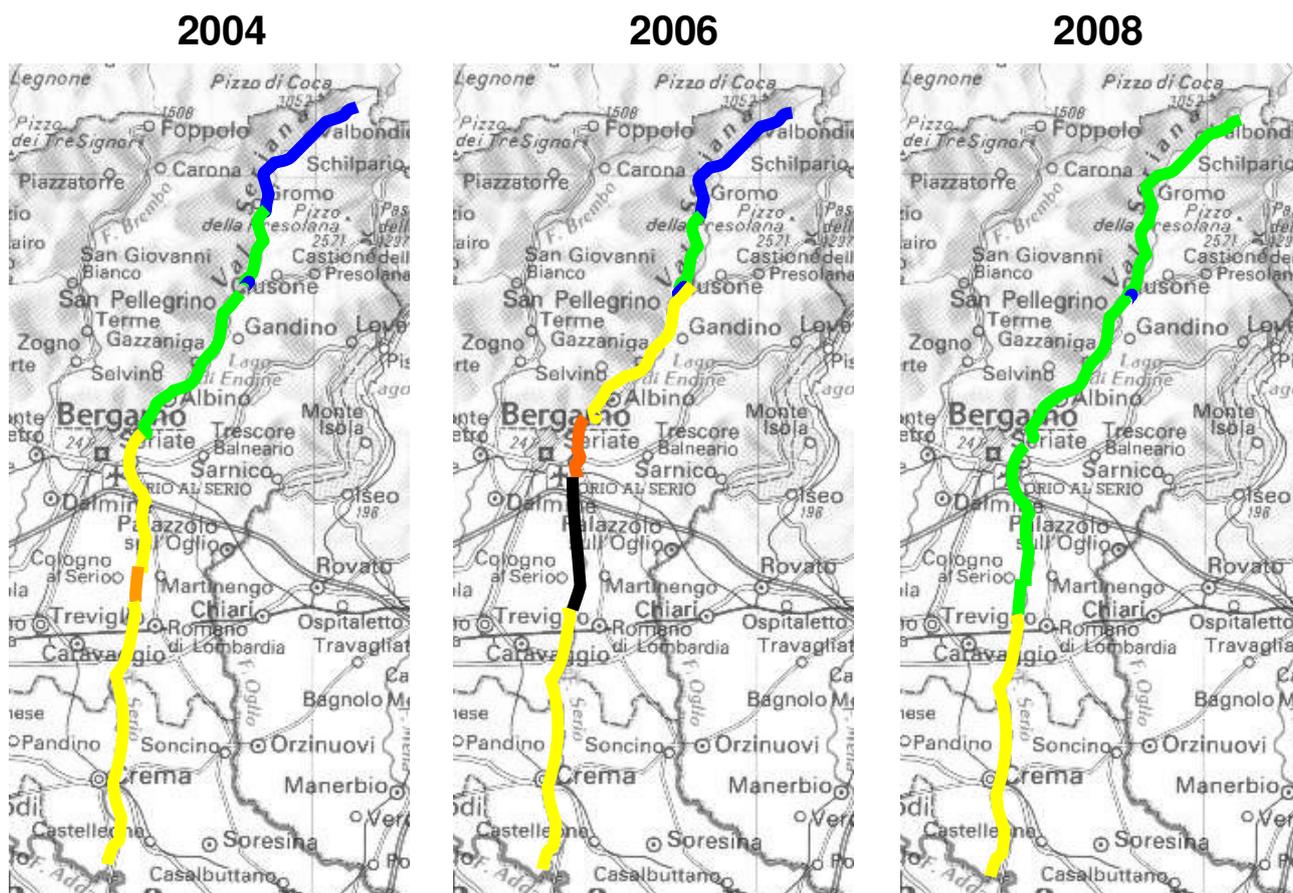


Fig.5.1 – Livello di Inquinamento da Macrodescriptors (LIM) delle acque del Serio nel 2004, nel 2006 e nel 2008.

A conferma dell'influenza dell'andamento climatico, e della conseguente disponibilità idrica, sulle condizioni del fiume si riportano in Tab.5.2 le altezze di pioggia registrate nei tre anni in esame da ARPA Lombardia. Va peraltro osservato che, considerando le statistiche pluviometriche degli ultimi 50 anni, i valori del 2008 sono ancora inferiori alla media.

Tab.5.2 – Altezze di pioggia mensili registrate da ARPA Lombardia nella stazione di Bergamo Torre Boldone nel 2004, nel 2006 e nel 2008

<b>Precipitazioni in mm - Bergamo Torre Bordone</b>			
	<b>2004</b>	<b>2006</b>	<b>2008</b>
Gennaio	36.8	54.2	100.8
Febbraio	115.0	71.6	38.6
Marzo	72.4	42.8	59.6
Aprile	143.8	100.2	159.2
Maggio	105.0	55.2	169.6
Giugno	50.4	9.4	165.0
<b>TOTALE gen-giu</b>	<b>523.4</b>	<b>333.4</b>	<b>692.8</b>
<b>Precipitazioni (%)</b>	<b>100</b>	<b>64</b>	<b>132</b>

In verità, mentre il livello di qualità del fiume nel suo insieme è stato migliore nel 2008 è tale da farlo rientrare negli obiettivi del PTUA (nonché della Direttiva Europea 2000/60), si è verificato che le condizioni nel tratto più a monte sono peggiorate rispetto agli anni precedenti. Come già esposto al capitolo 2, la valle del Riso è considerata come critica, ai fini della qualità delle acque, in relazione all'immissione di reflui ad elevata salinità e contenenti metalli, nonché alle cattive condizioni del collettamento fognario.

Sembra quindi plausibile attribuire a sversamenti occasionali, in condizioni di maggior piovosità, un aumento del carico inquinante gravante sul Riso e, quindi, sul tratto di Serio interessato dalla sua immissione.

Al di là della normale variabilità dei dati, legata anche al carattere torrentizio del Riso, l'andamento della conducibilità è esplicativo: nella stazione posta più a valle il minimo, confrontabile con i valori misurati a monte e nel Serio, si è verificato il 2 aprile, in condizioni di piena, quindi in presenza di una forte diluizione, mentre gli altri valori sono stati sempre molto più elevati, a conferma della presenza di un'immissione non di tipo civile. Per contro, la carica di *Escherichia coli*, indicativa di immissioni di reflui non trattati, appare molto elevata nella stazione posta più a monte sul Riso, dove, appunto, la rete fognaria appare più carente. Per quanto riguarda il carico di metalli e l'incremento di salinità nella stazione più a valle del Riso, e quindi in quella di Ponte Costone sul Serio, si tratta effettivamente di un aspetto da tenere sotto controllo. I dati puntuali hanno evidenziato valori superiori a quelli delle stazioni più a valle del Serio, ma non tali da superare i livelli normativi di riferimento, se non occasionalmente. Le misure di fotosintesi effettuate nelle due stazioni sul Riso evidenziano in effetti un'influenza anomala della qualità delle acque sull'equilibrio della componente fitoplanctonica nella stazione più a valle che potrebbe essere ricondotta all'immissione di metalli. Tuttavia, le valutazioni ecologiche, del resto, portano a sminuire l'importanza originariamente presunta dello scarico industriale sul Riso. La maggior biodiversità e la più elevata densità di individui rilevata nella stazione a monte fa infatti riscontro a condizioni morfologiche più favorevoli. La stazione più a valle, infatti, oltre ad essere soggetta all'eventuale effetto dello scarico dello stabilimento è caratterizzata da maggior pendenza e dalla presenza di substrati più sottili sopra la roccia viva della stazione posta a valle. Sulla base dei rilevamenti condotti, dunque, non è possibile affermare che lo scarico dello stabilimento industriale di Ponte Nossa abbia un effetto alterante significativo sulle comunità biologiche presenti nell'area. L'impossibilità di giungere ad un risultato univoco nasce dal fatto che gli ecosistemi dell'area risultano essere già compromessi dalla presenza di scarichi civili presenti a monte. Tale compromissione risulta essere più significativa di quella che si origina dall'impianto industriale,

andando a costituire un “rumore di fondo” talmente consistente da nascondere gli eventuali effetti di altre alterazioni.

Sulla base dei dati acquisiti, dunque, risulta prioritario intervenire sull'inquinamento di origine civile individuando e risanando i punti più carenti del sistema di collettamento, pur considerando l'opportunità di controllare le condizioni e l'entità dello scarico dello stabilimento di Ponte Nossa.

L'immissione dell'effluente dell'impianto di Ranica non sembra produrre impatti particolari: i dati rilevati nel primo semestre del 2008 a Seriate sono infatti confrontabili con quelli relativi alla stazione di Cene, posta a monte. Va peraltro osservato che, come già si è detto, il 2008 è stato un anno particolarmente piovoso rispetto a quelli precedenti e che pertanto lo scarico dell'impianto di Ranica ha avuto regolarmente luogo in un alveo ricco d'acqua, quindi in condizioni particolarmente favorevoli.

Tale situazione ha portato ad evidenziare un buon livello di qualità anche nelle stazioni di pianura (Grassobbio e Ghisalba), nonostante le svariate fonti di pressione antropica. Va peraltro segnalato l'esito delle misure di attività fotosintetica a Grassobbio che confermerebbe l'effetto negativo delle acque sugli organismi fitoplanctonici. Dato l'andamento dei macrodescrittori e la presenza di scarichi industriali a monte della stazione di campionamento, è a questi ultimi che si dovrebbe far risalire la causa della tossicità. Dunque, pur verificandosi una situazione particolarmente favorevole durante il 2008, l'alta pianura e gli scarichi che da tale zona si immettono nel Serio meritano qualche attenzione per gli effetti che potrebbero determinare in condizioni di carenza d'acqua.

Particolarmente critica risulta invece, nonostante le favorevoli condizioni del 2008, l'immissione del Canale di Gronda Sud, che veicola un carico inquinante sempre importante e solo parzialmente controllabile, date le caratteristiche dell'impianto di depurazione di Lurano che vi immette i suoi effluenti. Anche in presenza di una diluizione maggiore di quella degli anni precedenti, la stazione di Romano scade di un livello di qualità rispetto alle stazioni a monte. D'altra parte, va ricordato che in tale zona anche l'influenza delle precipitazioni è minore in quanto la permeabilità dell'alveo provoca comunque delle perdite d'acqua. Pertanto, si tratta di una zona nella quale sarebbe più che mai opportuno evitare immissioni, in particolare di tale entità e qualità. A conferma di questo, le misure di attività fotosintetica hanno evidenziato uno scostamento di un fattore 2,5 tra i risultati ottenuti sul campione prelevato dal Canale di Gronda Sud (analoghi a quelli ottenuti per la stazione di valle del Riso) e quelli del bianco.

Dal punto di vista degli interventi, quella dell'immissione del Canale di Gronda Sud appare dunque una questione assolutamente prioritaria. Come è stato chiaramente evidenziato nel corso dei 4 anni di ricerca, e come si è confermato nel 2008, l'immissione del canale in una zona povera d'acqua produce un forte impatto negativo anche quando la portata è sufficiente per diluire i carichi

inquinanti immessi a monte. Premesso il necessario controllo dell'efficienza degli impianti che vi immettono i loro effluenti, resta da definire la soluzione migliore per quanto riguarda l'ubicazione dello scarico nel Serio e, eventualmente, la sua ripartizione in diversi punti.

## **BIBLIOGRAFIA**

IRSA-CNR (1981): Metodi Analitici per le Acque. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato

V. Mezzanotte, C. Colombo, E. Ficara & A. Rozzi (2004) Initial results on the use of pH-stat titration (AIDA method) for the measurement of algal photosynthesis. *Water SA*, 30 (3), 347-352

Durrieu C., Badreddine, I., Daix, C. (2003): A dialysis system with phytoplankton for monitoring chemical pollution in freshwater ecosystem by alkaline phosphatase assay. *Journal of Applied Phycology* 15, 289-295

Boillot, C. (2008): Evaluation des risques écotoxicologiques liés aux rejets d'effluents hospitaliers dans les milieux aquatiques. Thèse de Doctorat, Ecole Doctorale de Chimie de Lyon, Spécialité Sciences de l'Environnement Industriel et Urbain