

2° Giornata di Studio

Il monitoraggio idrotorbidimetrico dei corsi d'acqua

per la stima dei processi erosivi e il bilancio dei solidi sospesi

8 ottobre 2004

## **Caratterizzazione geochimica dei sedimenti e delle acque del Fiume Reno**

Dott.ssa Dimitra Rapti-Caputo\*, Dott.ssa Donatella Pavanelli<sup>°</sup>,  
Dr. Renzo Tassinari\* e Prof. Carmela Vaccaro\*

\*Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Ferrara

<sup>°</sup> DEIAgra, Facoltà di Agraria, Università di Bologna

## Introduzione

Le intense attività antropiche negli ultimi decenni si riflettono sulla qualità delle risorse idriche superficiali e sui sedimenti trasportati dalla rete idrografica. Infatti, nel settore orientale della pianura Padana, ed in particolare in quella ferrarese, nei canali che costituiscono la rete idrografica sono stati riscontrati elevati tenori di inquinamento sia nelle acque sia nei sedimenti. In particolare, nelle acque della rete idrografica localmente si osservano forti concentrazioni in alcuni elementi in traccia come in nitrati e solfati provenienti dalle attività agricole ed in cloruri nella parte dell'asta fluviale interessata dai fenomeni di intrusione di acqua marina. Inoltre, nei sedimenti provenienti dal fondale acquatico, sono stati localmente rilevati dei significativi arricchimenti in alcuni metalli come ad esempio Zn, Cr e Ni.

In questo contesto viene inquadrata la presente ricerca della quale si presentano i risultati preliminari relativi alla caratterizzazione geochimica delle acque, del materiale solido sospeso e dei sedimenti del fondo dell'asta fluviale del Fiume Reno e dei suoi affluenti.

Il Fiume Reno, è il più importante dei fiumi emiliano-romagnoli; nasce in Toscana a quota di circa 740 m *slm* dalla confluenza del Reno di Prunetta e del Reno di Capoluogo. Il suo bacino idrografico ha un'estensione circa 4953 km<sup>2</sup>. In tale bacino possiamo distinguere:

- a) Undici sottobacini idrografici con l'estensione areale superiore a 40 km<sup>2</sup> che comprendono il torrente Setta ed il suo affluente Brasimone; ed i torrenti Limentra di Treppio, Silla; Vergatello, Limentra di Sambuca, Samoggia, Idice, Sillaro, Santerno e Senio.
- b) Undici affluenti con estensione dei relativi bacini idrografici comprese tra i 10 e i 40 km<sup>2</sup> quali i torrenti Sembro, Gabellato e Voglio affluenti del torrente Setta; il torrente Aneva affluente del Vergatello, i torrenti Venola, Maresca, Marano, Rio Maggiore, Orsigna, Croata e Randaragna.

Il ramo principale del Fiume Reno ha una lunghezza di circa 210 km suddiviso in due aree con caratteristiche idrauliche differenziate che consistono nella parte montana appenninica ed una a basso gradiente topografico. La prima area ha un regime torrentizio, si estende fino a località Casalecchio nei pressi del centro urbano di Bologna e si raccorda attraverso una stretta area pedecollinare al corso arginato di pianura. La seconda area, invece, è impostata sui depositi terrazzati antichi e nei sedimenti alluvionali recenti per sfociare infine, nel mare Adriatico immediatamente a sud delle valli di Comacchio (fig. 1).

Nella zona di pianura, le acque del Reno per motivi di sicurezza idraulica sono state deviate in canali artificiali di grandi dimensioni quali il Cavo Napoleonico, il Canale Navile ed il Canale Savena.

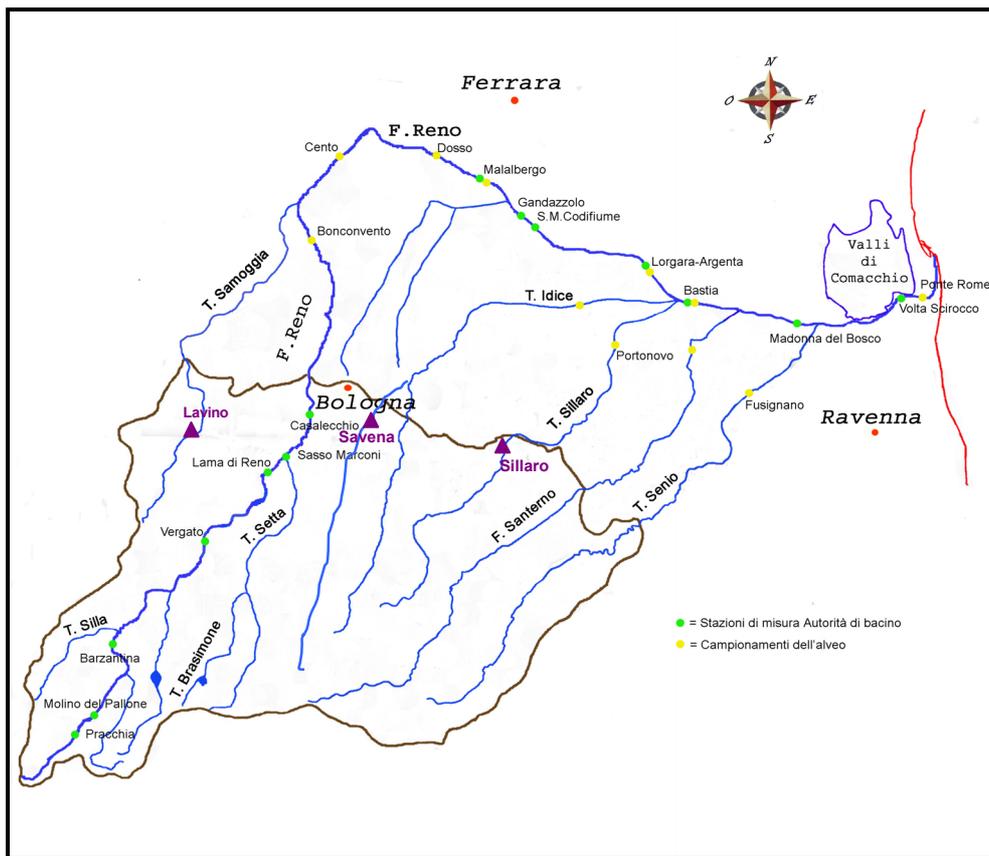


Figura 1: Bacino idrografico del Fiume Reno (i triangoli rappresentano le stazioni di monitoraggio dei materiali solidi sospesi e delle caratteristiche qualitative delle acque).

## Metodologia di campionamento ed analisi

La definizione delle facies geochemiche del sistema fluviale del Fiume Reno che comprende la caratterizzazione chimica dei sedimenti di fondo, del solido sospeso e delle acque è stata basata inizialmente su un campionamento realizzato con due approcci differenti che, contestualmente, rappresentano anche settori geografici differenti:

- a) Il primo approccio è consistito nel campionamento di sedimenti di fondo lungo l'asta fluviale del Reno e di alcuni dei suoi affluenti. Il campionamento è stato realizzato nel mese di novembre 2003 (fig. 1). Si tratta di cinque campioni provenienti dall'asta principale (stazioni di Bonconvento, Cento, Argenta, Bastia, Ponte Romea) e tre provenienti dagli affluenti Sillaro, Santerno e Senio.
- b) Il secondo approccio, invece, è consistito in un campionamento più dettagliato del materiale solido sospeso insieme a quello delle acque dei torrenti a) di Savena, con un bacino idrografico di circa 169 km<sup>2</sup> nel quale sono stati analizzati dieci campioni d'acqua e otto di solido sospeso, prelevati nel periodo tra luglio e settembre 2004 (tab. 1; fig. 1); b) cinque campioni provenienti dal torrente Lavino con estensione circa 83 km<sup>2</sup> dei quali tre prelevati nel mese di settembre 2004 e due nel mese di aprile 2003. Solamente in tre campioni la quantità di solido sospeso ha permesso di caratterizzare chimicamente i sedimenti; c) e un campione dal Sillaro che ha un bacino idrografico di circa 138 km<sup>2</sup>.

La scelta dei punti di prelievo dei sedimenti, è stata condizionata dalla facilità di accesso per quanto riguarda i sedimenti del fondo e dalla presenza di stazioni di monitoraggio continuo per quanto riguarda le misure di trasporto solido.

In particolare, per quanto riguarda i sedimenti di fondo, la procedura seguita prevede inizialmente l'eliminazione della parte organica contenuta nei sedimenti e la caratterizzazione granulometrica dei campioni. Successivamente, la frazione fine ( $\leq 64 \mu\text{m}$ ) è stata separata e sottoposta ad analisi chimica degli elementi maggiori mediante analisi in fluorescenza a raggi X.

Il solido sospeso, invece, è stato estratto dai campioni d'acqua raccolti per sedimentazione. Successivamente, si è proceduto a) alla caratterizzazione chimica dei sedimenti raccolti, mediante fluorescenza a raggi X e b) alla determinazione delle concentrazioni di alcuni elementi in traccia presenti nelle acque che si trovano in equilibrio con i solidi sospesi, seguendo le procedure standard del plasma massa.

Tabella I: Punti e date di campionamento delle acque e del solido sospeso.

Torrente	Sigla	data e ora di campionamento
SAVENA	<b>P</b>	25/7/04 0.36
	<b>I</b>	25/7/04 6.03
	<b>Q</b>	25/7/04 11.58
	<b>F</b>	4/8/04 11.22
	<b>O</b>	14/9/04 22.19
	<b>G</b>	15/9/04 3.36
	<b>A</b>	16/9/04 7.32
	<b>C</b>	18/9/04 14.45
	<b>B</b>	24/9/04 17.09
	<b>H</b>	25/9/04 3.06
SILLARO	<b>N</b>	24/9/04 20.09
LAVINO	<b>R</b>	17/9/04 0.00
	<b>D</b>	24/9/04 0.00
	<b>M</b>	25/9/04 0.00
	<b>K</b>	12/4/03 0.00
	<b>L</b>	12/4/03 0.00

## Discussione

Le analisi chimiche degli elementi maggiori e di quelli in traccia mostrano per tutti i campioni di sedimento una chiara e definita impronta geochimica che permette di discriminarli dai sedimenti alluvionali del fiume Po. Ciò in accordo con quanto evidenziato da altri autori (Amorosi *et al.*, 2002; Bianchini *et al.*, 2001 ). Interessanti, a fini discriminativi, sono le variazioni delle concentrazioni di alcuni elementi maggiori (fig. 2) e di elementi in traccia rispetto alla silice. Infatti, i sedimenti del Reno risultano arricchiti in carbonati e impoveriti in elementi di transizione rispetto ai sedimenti alluvionali del Po.

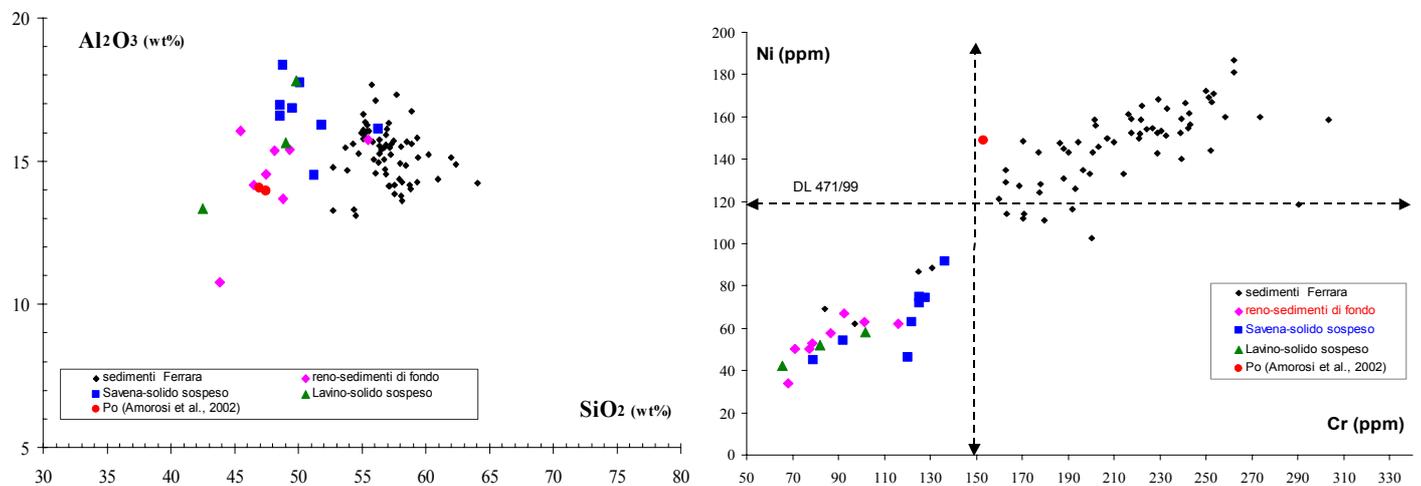


Figura 2: Confronto tra i sedimenti a) della pianura Ferrarese; b) del Fiume Po; e c) del Fiume Reno (sedimenti del letto fluviale e del solido sospeso)

Nei campioni di fondale acquatico le analisi chimiche dei metalli e soprattutto degli elementi di transizione hanno messo in evidenza alcune anomalie per quanto riguarda il piombo e lo zinco (fig. 3), elementi maggiormente coinvolti nelle attività antropiche.

In alcuni casi, come per esempio per lo zinco, riferito nella stazione di Bastia, la concentrazione supera abbondantemente il valore guida (200 ppm) proposto dal DL 471/99 relativo ai siti soggetti a bonifica. Anche se con distribuzione sporadica nelle acque fluviali, simili valori elevati, ad esempio nelle concentrazioni dello zinco, erano già stati osservati nel passato (fig. 4). Tali evidenze, rafforzano l'ipotesi della presenza di una o più sorgenti di inquinamento puntuali e discontinui.

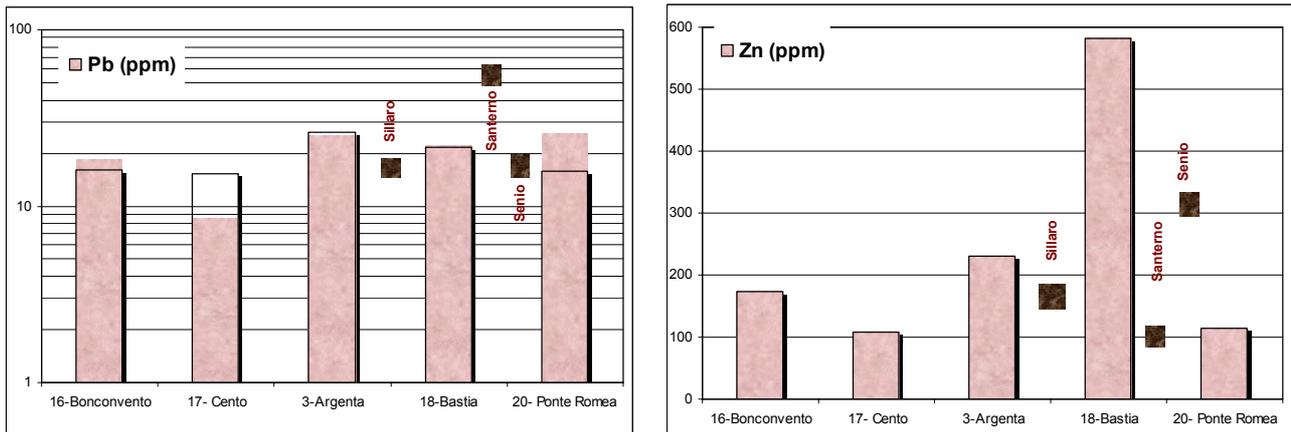


Figura 3: Concentrazione del piombo e zinco nei sedimenti di fondo.

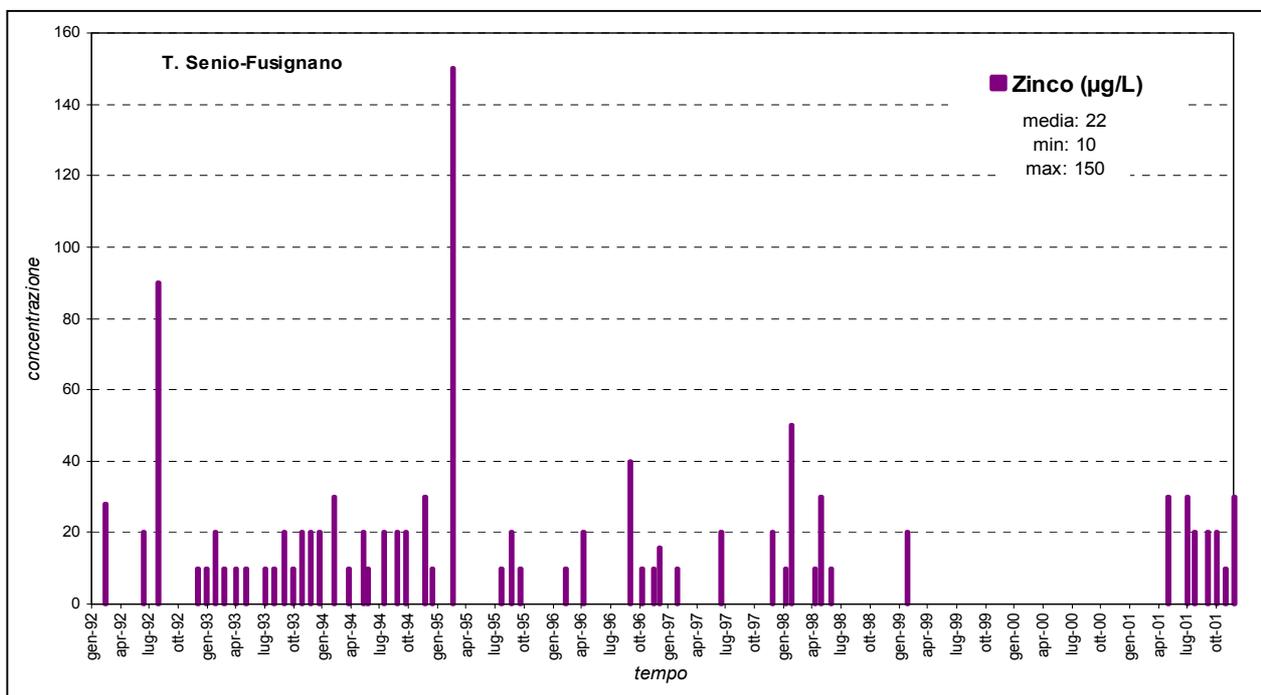


Figura 4: Variazioni del zinco nelle acque del Torrente Senio, stazione di Fusignano (ARPA database).

Per quanto riguarda, però, lo stato qualitativo delle acque del Reno, l'analisi dei dati chimici relative al periodo (1992-2001) in alcune stazioni di monitoraggio ubicate lungo il tratto dell'asta fluviale che interessa i punti di campionamento dei sedimenti (database ARPA) ha messo in evidenza i seguenti aspetti.

- a) Presenza, in generale, di bassi valori della conducibilità elettrica che oscillano fra 350 e 400  $\mu\text{S}/\text{cm}$  nelle stazioni di Vergato, Lama e Casalecchio, e di un progressivo aumento di essa spostandosi dalla stazione di Santa Maria Codifiume (600  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) a quella di Volta Sirocco (680  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) ubicata a sud-est delle Valli di Comacchio, a pochi chilometri dalla linea di costa.

- b) Incremento della conducibilità elettrica che si correla positivamente con i valori della durezza, che varia tra i 77 mg/l (espressa in CaCO<sub>3</sub>) nella stazione di Vergato, ed i 278 e 270 mg/l (espressa in CaCO<sub>3</sub>) nelle stazioni di Bastia e Volta Sirocco;
- c) Basse concentrazioni dei cloruri che aumentano da 12 ai 86 mg/l nelle stazioni prossimali alla foce;
- d) Degrado di alcuni affluenti rispetto l'asta principale, come ad esempio nel Sillaro (stazione Porto Novo), che si manifesta con valori medi di conducibilità elettrica dell'ordine di 1000 µS/cm, elevato contenuto in solfati (224 mg/l) e durezza (404 mg/l espressa in CaCO<sub>3</sub>). Simili tendenze sono presenti anche nei fiumi Senio (stazione di Fusignano) e Indice (stazione di Sant'Antonio).

Per quanto riguarda il solido sospeso, sono state riscontrate variazioni di chimismo, nella stessa stazione di campionamento, condizionate principalmente dalle variazioni delle portate. Infatti, pur mantenendo un'impronta geochimica caratteristica del bacino, i campioni mostrano fluttuazioni notevoli delle concentrazioni in alcuni metalli ad elevato impatto ambientale come, per esempio, in Cr, Ni, Zn; (fig. 5).

Un simile comportamento si osserva anche per il solido sospeso delle acque fluviali che, sulla base del tempo di contatto con la matrice solida, possono essere arricchite in alcuni ioni. In tal modo, si verificano in breve tempo variazioni di alcuni ordini di grandezza (fig. 6), mentre, dai dati preliminari è evidente una correlazione positiva, anche se con basso coefficiente di correlazione, tra la composizione chimica delle acque e del solido sospeso (fig. 7).

La comprensione delle cause di tale variazioni richiederebbe la presenza di un maggiore campione statistico di dati per ciascuno degli affluenti, in modo tale da riuscire a definire il rapporto tra l'entità-quantità delle precipitazioni (in termini di portata) e delle variazioni chimiche osservate nel solido sospeso e nelle acque. Dall'analisi dei dati presenti fin ora, queste relazioni non risultano chiare. Tali fluttuazioni potrebbero probabilmente essere imputate a) ai diversi tempi di corrivazione dei sedimenti, nei differenti sottobacini fino alla stazione di prelievo e b) alle differenti litologie affioranti nei singoli bacini e sottobacini idrografici ed al loro grado di erodibilità.

Inoltre, comparando le variazioni composizionali con i relativi idrogrammi e con la quantità di solido sospeso, si potrebbe avere un quadro più completo sui tempi di trasporto dai vari bacini oltre ai contributi erosivi delle singole formazioni geologiche.

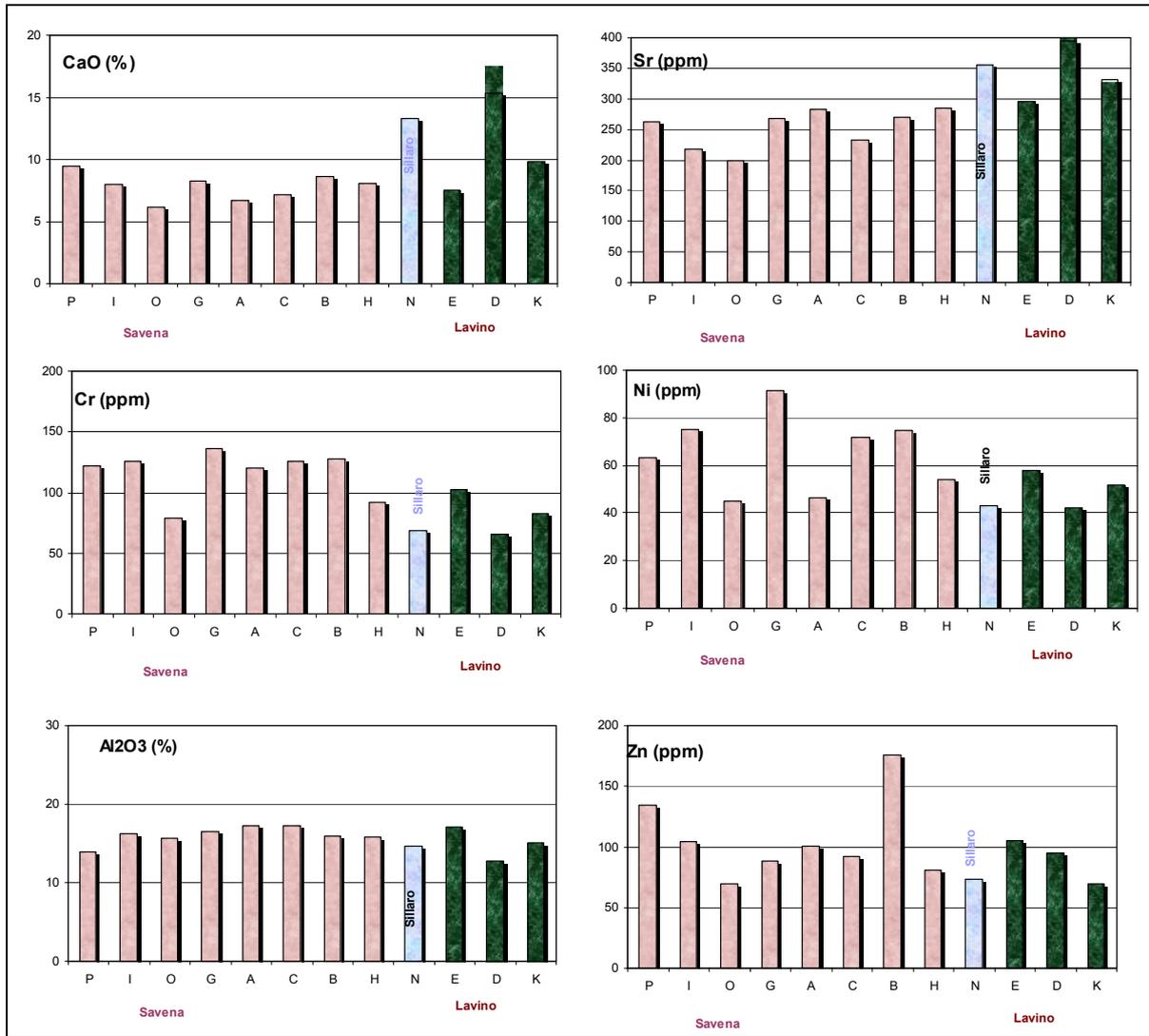


Figura 5: Composizione chimica del materiale solido sospeso nel Savena, Sillaro e Lavino.

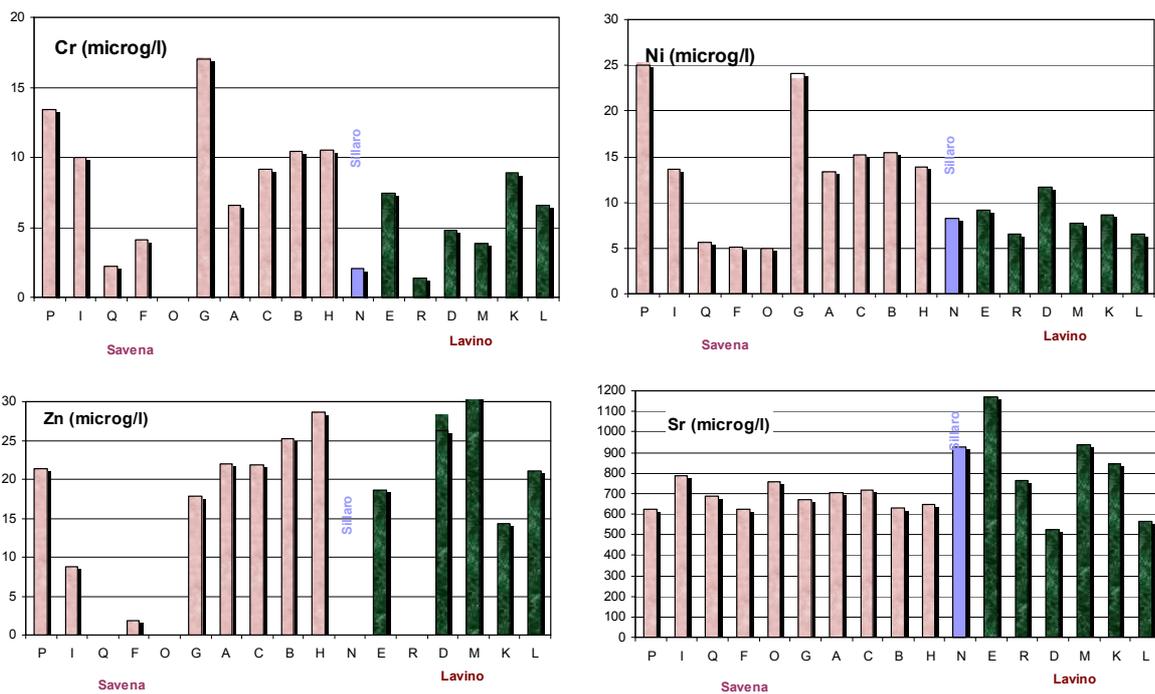


Figura 6: Variazioni delle concentrazioni ioniche in alcuni affluenti del Reno (per la data di campionamento vedi tabella I)

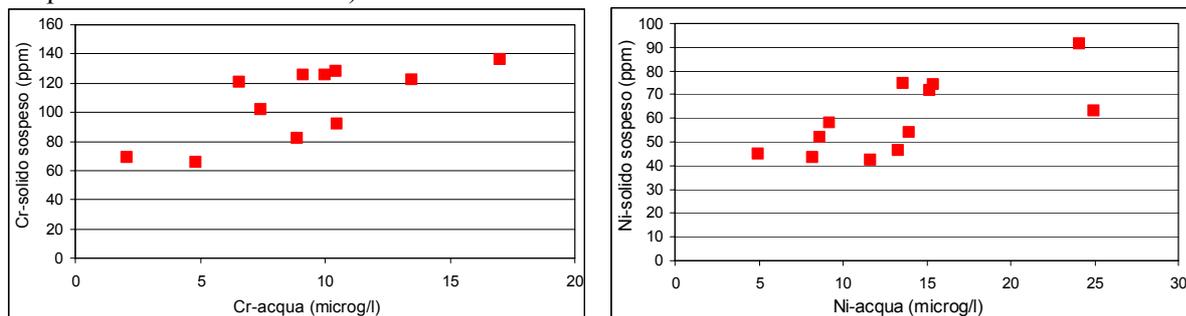


Figura 7: Correlazione tra le concentrazioni di Cr e Ni nelle acque e nel relativo solido sospeso.

## **Ringraziamenti**

Gli autori ringraziano il prof. P. Billi ed il dott. R. Salemi del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Ferrara, per il campionamento dei sedimenti di fondo dell'asta fluviale del fiume Reno.

## **Riferimenti bibliografici**

Amorosi A. Centineo M.C., Dinelli E. Lucchini F. e Teteo F (2002): Geochemical and mineralogical variations as indicators of provenance changes in Late Quaternary deposits of SE Po Plain. *Sedimentary Geology*, 151, 273-292.

Bianchini G., Laviano R., Lovo S., Vaccaro C. (2001): Chemical mineralogical characterisation of clay sediments around Ferrara: a tool for an environmental analysis. *Applied Clay Sciences*, 21, 165-176.