

**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI NAPOLI
"FEDERICO II"**



**DOTTORATO DI RICERCA
IN AMBIENTE, PREVENZIONE
E MEDICINA PUBBLICA**

XXII CICLO

**CARATTERIZZAZIONE DELLA BIOMASSA
DEI FANGHI SECONDARI DOPO IL
TRATTAMENTO NITRO-DENITRO**

**COORDINATORE:
PROF. C. BUCCELLI**

**CANDIDATO:
DOTT. M. COPPOLA**

**TUTORE:
PROF. G. MELLUSO**

ANNO ACCADEMICO 2008 - 2009

INDICE

INTRODUZIONE

Depurazione biologica	pag. 4
Significato naturalistico in relazione alla nicchia ecologica	pag. 6

CAPITOLO 1 – IMPIANTO DI DEPURAZIONE

Caratterizzazione dei substrati e dei liquami	pag. 10
Caratteristiche generali di un impianto di depurazione	pag. 13
Raccolta liquami	pag. 15
Grigliatura, dissabbiatura e disoleazione	pag. 16
Sedimentazione primaria	pag. 19
Trattamento biologico e sedimentazione secondaria	pag. 20
Disinfezione	pag. 25
Trattamento fanghi	pag. 27

CAPITOLO 2 – IL SISTEMA NITRO-DENITRO

Caratteristiche generali e funzionamento	pag. 31
--	---------

CAPITOLO 3 – SCOPO DELLA RICERCA

Obiettivo del lavoro	pag. 37
----------------------	---------

CAPITOLO 4 – MATERIALI E METODI

Generalità	pag. 41
C.O.D. (Chimical oxigen demand)	pag. 42
BOD ₅ (Biochemical oxigen demand)	pag. 42
Grassi e oli animale e vegetale	pag. 45
Tensioattivi anionici	pag. 47

IPA	pag. 48
Cromo VI	pag. 58
Il Cadmio	pag. 60
Il Rame	pag. 61
Lo Zinco	pag. 63
Il Piombo	pag. 64
Azoto ammoniacale (N-NH ₄ ⁺)	pag. 66
CAPITOLO 5 – RISULTATI	
Tabelle e grafici	pag. 68
CAPITOLO 6 – DISCUSSIONI E CONCLUSIONI	pag. 108
BIBLIOGRAFIA	pag. 110

INTRODUZIONE

DEPURAZIONE BIOLOGICA

Una delle principali caratteristiche delle acque reflue è la biodegradabilità, che ne rende possibile la depurazione attraverso trattamenti biologici. I fenomeni biologici sono quindi alla base dei processi depurativi utilizzati per le acque di rifiuto di origine organica, sempre per quelle domestiche, ogni volta che sia possibile per quelle industriali o miste. La depurazione delle acque realizzata con i processi biologici riproduce in maniera artificiale il processo naturale già presente nei corsi d'acqua. Gli impianti di depurazione, infatti, possono essere considerati come degli ecosistemi artificiali in condizioni estreme. Il fenomeno naturale sfruttato è una fermentazione microbica di tipo misto, sia per quanto riguarda il substrato da rimuovere, che è spesso costituito da un miscuglio molto eterogeneo di composti, sia per i microorganismi responsabili del processo i quali sono principalmente colonie miste di batteri saprofiti, cioè demolitori di sostanza organica morta di prevalente origine fecale. In genere la biomassa che si sviluppa, nel bacino, è costituita al 95% da batteri e per la restante parte da organismi più complessi (Protozoi e Metazoi). Il ruolo di questa biomassa nel processo depurativo è duplice: metabolizzare la sostanza organica e formare dei fiocchi di fango [1].

Nella metabolizzazione della sostanza organica, un ruolo fondamentale è svolto dai batteri, le altre specie presenti, pur avendo un ruolo secondario, sono anch'esse necessarie perché contribuiscono a contenere la crescita dei batteri limitando il loro eccessivo sviluppo e determinando così il mantenimento dell'equilibrio dell'ecosistema. A livello delle reazioni biochimiche si realizza una degradazione aerobica, basata su uno sviluppo batterico che utilizza l'inquinamento organico come substrato alimentare. Tali batteri crescono

aggregati alle particelle organiche di cui si nutrono formando fiocchi di fango, separabili, per gravità, dall'acqua depurata all'interno del sedimentatore finale, permettendo la chiarificazione del liquame. Si verifica così che, mentre una parte del substrato rimosso viene mineralizzato con formazione di prodotti gassosi del catabolismo batterico che si liberano nell'atmosfera, una seconda parte va a costituire un residuo solido-liquido, il fango, fortemente putrescibile che deve essere ancora trattato e smaltito in maniera igienicamente ed ecologicamente corretta [2]. Anche in questo caso è possibile ricorrere a trattamenti di tipo biologico, che hanno la funzione di ridurre il volume, la putrescibilità, gli odori, la carica enterobatterica di tali fanghi e predisporli per il loro smaltimento finale sul terreno agricolo, che costituisce il loro destino ecologico vocazionale. Secondo le normative attualmente vigenti nel nostro Paese e nel resto dell'Europa le uniche destinazioni consentite per i fanghi di depurazione sono il collocamento in discarica, l'incenerimento, l'inertizzazione e l'impiego in agricoltura.

In Italia e nella maggior parte delle nazioni europee è la discarica la destinazione prevalente di questi, come di tanti altri, materiali di rifiuto. Questa presenta però molti problemi dovuti ai sempre maggiori costi di gestione ed alla difficoltà nel reperire siti adatti in cui costruirne altre [3].

In Europa ed Italia l'attuale tendenza politica è volta all'abbandono dell'impiego delle discariche come strategia di smaltimento dei rifiuti, per orientarsi al riciclaggio ed al riutilizzo degli stessi. In tale ottica acquistano sempre maggior rilievo il compostaggio ed i trattamenti termici in modo particolare l'incenerimento.

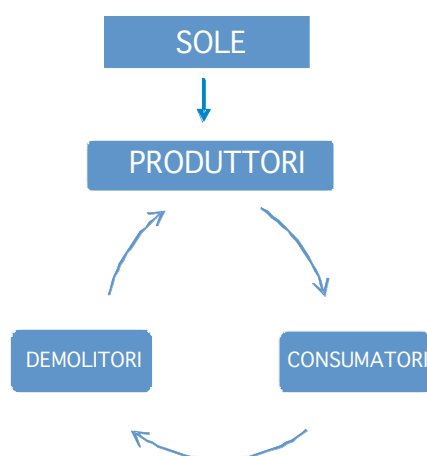
La destinazione finale elettiva del compost dovrebbe essere il settore agricolo, dove i suoli si potrebbero giovare della presenza di humus di lenta degradazione, che migliorerebbe le caratteristiche fisiche del terreno [4].

Per questi motivi, anche perché il fango può presentare interessanti effetti agronomici, la tendenza attuale è quella di rivolgersi verso la distribuzione su suolo agricolo. Il principale vantaggio che si ottiene in questo modo è quello di abbassare i costi di smaltimento per gli enti produttori ai quali andrebbe eventualmente solo l'onere del trasporto e, in qualche caso, della distribuzione.

SIGNIFICATO NATURALISTICO IN RELAZIONE ALLA NICCHIA ECOLOGICA

Benchè sia sempre molto raro che la scelta di una soluzione tecnologica tenga conto della sua correttezza ecologica, questo è senza dubbio un punto di merito per quei sistemi di trattamento degli scarichi che sfruttano fenomeni biologici naturali. In tal modo infatti non si raggiunge solo l'obiettivo primario della rimozione degli inquinanti dai corpi idrici, ma anche quello secondario di riporre in ciclo i materiali di rifiuto. È noto, infatti, che la biosfera è un sistema chiuso dal punto di vista dei materiali, per cui nulla ne esce ma tutta la materia deve ritornarvi, sia pure sotto forme fisiche, chimiche e biologiche diverse [5]. Tale obiettivo si realizza in natura tramite cicli chiusi. Le relazioni alimentari tra gli esseri viventi sono uno dei punti chiave di questo sistema di riutilizzo dei materiali nonché dell'utilizzazione dell'energia solare, l'unica fonte di energia esterna della nostra biosfera. Per questo motivo l'ecologia individua in tre grandi gruppi gli esseri viventi responsabili di tali trasformazioni. Al primo gruppo appartengono i *Produttori* (regno vegetale), che tramite la fotosintesi possono immagazzinare l'energia solare e produrre sostanza organica vivente a partire da molecole inorganiche inerti. Inizia così un flusso di energia e di sostanze sintetizzate che vengono veicolate verso organismi evolutivamente più complessi detti *Consumatori* (regno animale), incapaci di realizzare la fotosintesi e quindi di sfruttare direttamente l'energia solare. Siccome l'attività

dei Consumatori comporta la formazione di prodotti di rifiuto che devono rendersi ancora disponibili, vi sono organismi detti *Demolitori* (Protisti) il cui compito è appunto quello di rendere tali materiali in forma riutilizzabile per gli organismi Produttori. In questo particolare punto è sita la nicchia ecologica spettante agli impianti biologici i quali non fanno altro che accelerare il processo di autodepurazione delle acque che avviene già in natura, la differenza consiste nel fatto che il trattamento avviene in apparecchiature costruite appositamente e con concentrazioni di microrganismi molto più elevate, aumentando così notevolmente la velocità di rimozione e redistribuzione degli inquinanti organici [6].



Risulta pertanto ovvio come questi processi biologici siano molto delicati e soggetti a notevoli perturbazioni anche per minime variazioni nelle condizioni operative o di fattori ambientali.

Gli impianti di depurazione hanno la funzione di restituire come recapito finale uno scarico idrico caratterizzato da bassi livelli di inquinamento, secondo quanto previsto dalle leggi attuali (*d.lgs. 152/2006*) [7]. Spesso, negli impianti di depurazione, pervengono abusivamente liquami di provenienza industriale contenenti ingenti quantità di sostanze inquinanti che determinano alterazioni

della funzionalità globale del processo, ed è sui Gestori degli impianti che ricade la responsabilità sulla qualità degli effluenti degli impianti stessi e sull'efficienza dell'intero processo depurativo.

Di fatto, le analisi che sono state effettuate sul liquame in arrivo al trattamento dell'impianto di depurazione Area Nolana hanno messo in luce che questo può presentare delle caratteristiche chimico-fisiche molto variabili nel tempo e molto diverse dal liquame in origine atteso dal comprensorio urbano, inducendo delle variazioni sulle caratteristiche chimico fisiche dell'effluente.

La variabilità qualitativa dell'influente si ripercuote in modo diretto sulla microfauna tipica degli impianti a fanghi attivi, ed in modo indiretto sull'efficienza dell'intero processo depurativo.

Lo scopo della ricerca è stato quello di verificare il grado di efficienza del processo depurativo, come funzione della capacità di degradare la componente azotata, in rapporto alla presenza/assenza di contaminanti quali tensioattivi anionici, oli e grassi, IPA, Cromo (VI) e altre specie metalliche.

In particolare, abbiamo voluto verificare se contaminanti di origine prettamente industriale quali soprattutto gli IPA, il Cromo (VI), il Cadmio, il Rame, il Piombo, Lo Zinco e i PCB alterassero il processo di degradazione delle componenti inquinanti azotate, affidato a forme batteriche quali Nitrosomonas e Nitrobacter, notoriamente fra le più sensibili all'azione tossica di molte categorie di sostanze industriali.

L'esperienza si è svolta sull'impianto di depurazione a fanghi attivi "Area Nolana", impianto consortile di proprietà della Regione Campania, che riceve i reflui urbani di 34 comuni gravitanti nel comprensorio Nolano nonché quelli provenienti dal CIS Napoli, Interporto Campano e ASI Napoli.

Dove da diversi anni il Gestore dell'impianto di depurazione di Nola, lamenta arrivi occasionali di liquami provenienti, in maniera abusiva, da attività industriali poco compatibili con il processo depurativo biologico in atto. Tali

apporti determinano scadimento temporaneo delle prestazioni depurative e interferenze nella corretta gestione, in quanto le strutture dell'impianto non sono adeguate a trattare inquinanti industriali. In passato, per esempio, apporti non controllati di idrocarburi ha fatto sì che le caratteristiche chimico-fisiche del fango residuo dal processo depurativo fossero tali da identificarlo come un rifiuto pericoloso.

Presto però, il processo depurativo dell'impianto sarà implementato con fasi specifiche di trattamento delle forme azotate, cioè entreranno in esercizio le fasi di nitro-denitro, la cui efficienza è affidata a forme batteriche (*Nitrosomonas* spp e *Nitrobacter* spp) notoriamente fra le più sensibili all'azione tossica, seppur blanda, di molte categorie di sostanze industriali.

Diviene, pertanto, ancor più pressante l'esigenza di individuare con esattezza la tipologia delle sostanze interferenti in ingresso al trattamento per preservare l'efficienza dello stesso attraverso manovre gestionali preventive di controllo.

CAPITOLO 1 - IMPIANTO DI DEPURAZIONE

CARATTERIZZAZIONE DEI SUBSTRATI E DEI LIQUAMI

Per refluo o liquame si intende un'acqua che dopo essere stata utilizzata in diversi processi (industriali, civili, agricoli, ecc.) ha perso le caratteristiche qualitative originarie divenendo inidonea ad un utilizzo diretto. I reflui contengono numerose sostanze in grado di esercitare effetti di danno sulla salute umana. Per questo motivo tali reflui richiedono, in primo luogo, di essere raccolti, convogliati ed allontanati dai centri urbani e successivamente smaltiti attraverso idonei processi di trattamento, per limitare l'inquinamento dei corpi idrici che li ricevono. Le sostanze inquinanti presenti nei reflui possono essere caratterizzate, a seconda della loro natura, in un primo tipo di classificazione, che le vede raggruppate in quattro categorie [8]:

- ✓ materiali galleggianti
oli, grassi, schiume e, in generale, materiali insolubili più leggeri dell'acqua;
- ✓ materiali in sospensione
materiali insolubili, di densità uguale o superiore a quella dell'acqua, mantenuti in sospensione dalla turbolenza. Col tempo si depositano come fango sulle rive e sul fondo;
- ✓ sostanze disciolte
rappresentano la categoria più numerosa. Interessano maggiormente quelle che, come metalli pesanti, pesticidi, alcali e altri prodotti tossici, danneggiano la vita acquatica. Comprendono anche elementi nutritivi come azoto e fosforo che, se presenti in eccesso, determinano crescite abnormi di vegetazione;
- ✓ materiali biologici
i batteri svolgono un ruolo primario nei processi di autodepurazione, ma in determinate condizioni possono sviluppare odori e attaccare e distruggere altre piante ed animali; le alghe danno luogo allo sviluppo di ossigeno, se però sono

presenti in eccesso, come avviene in presenza di abbondanza di elementi nutritivi, morendo consumano l'ossigeno.

Le sostanze inquinanti, viste sotto l'aspetto fisico, chimico, e biologico possono essere, rispettivamente, sospese o disciolte, organiche o inorganiche, biodegradabili o non biodegradabili, secondo la tabella 1 [9].

TABELLA 1 CARATTERISTICHE DELLE SOSTANZE INQUINANTI SECONDO LE PRINCIPALI CARATTERISTICHE FISICHE, CHIMICHE, BIOLOGICHE				
		Caratteristiche		
		Fisiche	Chimiche	Biologiche
			Organiche	Velocemente biodegradabili
		Sedimentabili		Lentamente biodegradabili
			Inorganiche	Non biodegradabili
Sostanze inquinanti	Sostanze sospese		Organiche	Velocemente biodegradabili
		Non sedimentabili		Lentamente biodegradabili
			Inorganiche	Non biodegradabili
	Sostanze disciolte o colloidali		Organiche	Velocemente biodegradabili
			Inorganiche	Non biodegradabili

Mentre la distinzione tra sostanze organiche ed inorganiche è inequivocabile e immediata, più difficile è definire la *biodegradabilità* delle sostanze organiche stesse. La biodegradabilità è una caratteristica intrinseca e potenziale di un composto e lo descrive solo qualitativamente ovvero riguarda la struttura della molecola in rapporto alla sua affinità biologica; la *biodegradazione* sarebbe invece l'espressione di tale potenzialità. Le numerose definizioni riportate in letteratura per il termine biodegradazione data la vastità del concetto, esprimono la difficoltà di giungere ad una espressione univoca. Ne sono un

esempio le diverse definizioni di biodegradazione, di seguito riportate, che vengono fornite nei test ISO [10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17].

Biodegradazione: degradazione molecolare di una sostanza organica risultante da complesse azioni di organismi vivi.

Biodegradazione primaria:

- livello di degradazione raggiunto quando il composto di prova subisce per azione microbica una qualsiasi trasformazione strutturale che non sia la mineralizzazione completa;
- cambiamento strutturale di un composto organico dovuto all'azione di microorganismi e risultante nella perdita di una specifica proprietà;
- degradazione di una sostanza fino ad un livello sufficiente a rimuovere alcune proprietà caratteristiche della molecola d'origine. Spesso corrisponde alla formazione di uno o più prodotti ambientalmente accettabili.

Biodegradazione ultima:

- livello di degradazione raggiunto quando il composto di prova viene interamente trasformato dai microorganismi in anidride carbonica, acqua, sali minerali e nuovi componenti cellulari microbici (biomassa);
- rottura di un composto organico da parte di microorganismi in presenza di ossigeno, fino ad anidride carbonica, acqua e Sali minerali di qualsiasi altro elemento presente (mineralizzazione) e nuova biomassa.

È possibile esprimere la biodegradabilità, o nella fattispecie dei trattamenti biologici, la *trattabilità biologica* [18], in termini di t_{50} , tempo necessario per la scomparsa del 50% in peso del composto originario. In base a questo parametro vengono considerate velocemente biodegradabili le molecole che hanno un t_{50} di qualche giorno, *difficilmente biodegradabili* quelle il cui t_{50} supera un anno. Nella fascia intermedia si collocano le *lentamente biodegradabili*. Oppure si può esprimere la biodegradabilità attraverso un rapporto percentuale:

$IR = BOD_5/COD$: più è elevato il valore di IR (indice di refrattarietà), più facilmente biodegradabile risulta il composto.

È evidente che i trattamenti biologici si applicano nei casi in cui la frazione organica del liquame (sospesa, colloidale o solubile) è preponderante rispetto a quella inorganica e, a maggior ragione, la frazione velocemente biodegradabile è prevalente su quella lentamente biodegradabile [19].

CARATTERISTICHE GENERALI DI UN IMPIANTO DI DEPURAZIONE

Il ricorso ad impianti di depurazione è dunque il principale sistema sul quale impostare un' efficace politica di risanamento e di controllo della qualità delle acque. Detto impianto ha la funzione di restituire al recettore finale (torrente, fiume, lago) uno scarico idrico con caratteristiche contenute entro i limiti ammessi dalla legislazione ([*d.lgs. 152/2006*](#)).

L'impianto può essere rappresentato in uno schema a blocchi (rappresentato in *Fig. 1*), in cui si individuano:

- ✓ una “linea liquami”, i cui trattamenti determinano la depurazione della massa liquida;
- ✓ una “linea fanghi” per il trattamento della parte solida separata dall'acqua.

I trattamenti a cui è assoggettato il liquame possono essere di tipo meccanico, biologico e chimico, come illustrato nella tabella sottostante [20].



Fig. 2 - Foto satellitare della pianta del depuratore "Area Nolana", 2008

Raccolta liquami

Dopo aver percorso la rete fognaria del bacino a cui fa capo il depuratore, i liquami afferenti raccolgono materiali di natura diversa provenienti dagli scarichi urbani. Generalmente le acque reflue urbane devono essere sollevate tramite coclee al fine di consentire loro di attraversare le diverse sezioni dell'impianto di depurazione che si susseguono idraulicamente



Foto 1 - Stazione di sollevamento a coclee

Grigliatura, dissabbiatura e disoleazione

Arrivato alle stazioni di pretrattamento, il liquame viene così sottoposto a:

- grigliatura;
- dissabbiatura;
- disoleazione.

Grigliatura: è normalmente la prima operazione che si incontra in un impianto di depurazione. Lo scopo di questa operazione è di trattenere materiale grossolano sospeso o galleggiante, ed evitare che corpi estranei possano danneggiare gli organi rotanti delle apparecchiature poste a valle di questa sezione. Il processo viene realizzato facendo passare l'acqua attraverso una griglia; la quantità di materiale trattenuto dipende dalle dimensioni e dalla forma delle aperture. L'esigenza di isolare i corpi più ingombranti da quelli meno voluminosi ha orientato gli impiantisti a prevedere un doppio stadio di grigliatura: grossolana e fine. Il primo per trattenere oggetti di dimensioni superiori ai 50 mm, il secondo per arrestare i detriti il cui diametro sia compreso fra i 15 e i 50 mm. Il materiale trattenuto viene evacuato mediante pettini pulitori ed è allontanato con un sistema di nastri trasportatori, che lo

recapitano in contenitori predisposti per lo stoccaggio, prima del trasporto in discarica [21].



Foto 2.1 - Grigliatura

Successivamente alla grigliatura ci sono la dissabbiatura e la disoleazione. Queste due fasi vengono svolte all'interno della stessa vasca. I liquami, specie in caso di pioggia, trasportano una grande quantità di sabbia e terriccio che, se raggiungessero i sedimentatori dell'impianto, li riempirebbero rapidamente, obbligando a frequenti svuotamenti; inoltre la sabbia, a causa della sua azione abrasiva, rischierebbe di deteriorare le pompe e le altre apparecchiature sommerse. Per "sabbie" si intendono oltre a quelle di natura silicea, le polveri minerali e altri materiali, che pur non avendo origine minerale, non sono putrescibili. Il settore adibito alla dissabbiatura funziona secondo il principio della sedimentazione per gravità. La sabbia trova le condizioni per sedimentare, grazie anche a un sistema di insufflazione d'aria. L'aerazione mantiene elevato il contenuto di ossigeno dell'acqua da trattare, consentendo di controllare gli odori e aumentando l'efficienza della successiva operazione di sedimentazione. La raccolta della sabbia avviene tramite carri pulitori che si muovono lungo le

vasche. Un raschiatore solidale al carro ponte e aderente al fondo trasporta la sabbia nel punto più profondo del canale, da dove viene aspirata.

Il costante stato di agitazione favorisce il galleggiamento di tutte quelle sostanze, come oli e grassi, che si raccolgono in vasche adiacenti e comunicanti a quelle di dissabbiatura. Gli oli e i grassi, qualora siano presenti nei liquami in quantità notevole, possono portare a un cattivo rendimento dell'impianto, in quanto le pellicole oleose, ricoprendo le sostanze da ossidare, impediscono il contatto di queste con l'ossigeno. Inoltre, nelle vasche di aerazione, a questo inconveniente si aggiunge il pericolo di formazione di schiuma ed emulsioni di difficile abbattimento.

Alcuni raschiatori di superficie provvedono a convogliare il materiale flottato in appositi pozzetti, da cui viene pompato e stoccato prima del trasporto in discarica [22].



Foto 2.2 - Dissabbiatura-disoleazione

Sedimentazione primaria

La decantazione o sedimentazione primaria (*Foto 3.1 e 3.2*), serve ad eliminare le sostanze sospese sedimentabili presenti nel liquame grezzo, prima che questo sia sottoposto ad ulteriori trattamenti. I sedimentatori sono di forma circolare, con ingresso del liquido al centro e uscita dello stesso dalla periferia.

I materiali sedimentati costituiscono il fango primario, che viene raccolto mediante raschiatori, in pozzetti dai quali viene estratto e viene mandato direttamente alla linea fanghi.



Foto 3.1 - Vasca di sedimentazione primaria vuota, per manutenzione



Foto 3.2 - Vasca di sedimentazione primaria in attività

Trattamento biologico e sedimentazione secondaria

I soli trattamenti meccanici e fisici non sono in grado di raggiungere una depurazione sufficiente. Infatti, ad essi si affianca un trattamento biologico, che si basa su fenomeni biologici naturali fatti svolgere in ambienti artificialmente creati ove i diversi parametri, che condizionano i fenomeni stessi, possono essere regolati all'*optimum*, compatibilmente con i limiti dettati da motivi costruttivi ed economici. Nel caso specifico il trattamento biologico è costituito da un bacino a fanghi attivi: il liquame grezzo (LG), dopo aver subito sedimentazione primaria, diventando liquame sedimentato (LS), è posto in una grossa vasca nella quale viene insufflata aria. Lo stesso, pertanto, si va a miscelare con una massa di solidi fioccosi allo stato di fango molto liquido all'interno del quale vive un enorme numero di microorganismi, soprattutto batteri, che si nutrono e si riproducono a spese della sostanza organica apportata dal liquame.

Contemporaneamente si verificano fenomeni di *bioflocculazione* tramite i quali il fiocco è in grado di autoaggregare su di sé le sostanze sospese nel liquame. A

livello biochimico si è rilevato che le biomasse batteriche dei fanghi attivi hanno una elevata produzione di esopolimeri, soprattutto polisaccaridi, in grado di adsorbire molti colloidali presenti nel liquame [24].

A livello microscopico, un fango attivo è costituito da una calibrata miscela di organismi zoogleali e filamentosi, entrambi essenziali alla microstruttura del fiocco stesso. I filamenti interni, costituiscono una struttura “armata” attorno alla quale attecchiscono le forme zoogleali cosicchè il fiocco riesce a resistere alle sollecitazioni delle turbolenze esterne senza rompersi. Se le condizioni ambientali spostano l’equilibrio batterico verso una predominanza delle forme filamentose e queste si diramano oltre il fiocco stesso fino a interagire con altri fiocchi circostanti ostacolando la sedimentazione e la compattazione del fango, si ha il fenomeno del *bulking*. Inversamente, la scarsità di forme filamentose all’interno del fiocco indebolisce la sua struttura cosicchè è facile che la turbolenza del mezzo spezzi i fiocchi producendo un effluente torbido e ricco di particelle sospese (*pin-point*) [25].

Successivamente, la miscela liquame depurato più il fango attivo (FA + LD), che esce dalla vasca di areazione (VA), viene inviata ad una vasca di sedimentazione secondaria (*Foto 5*), che separa il liquame depurato (LD), dal fango attivo (FA) che si ispessisce sul fondo [23].

Un’aliquota del fango attivo è ricircolato (FR) nella stessa vasca di areazione per costituire una massa sufficiente di colonie batteriche, mentre una piccola parte, che continuamente si produce (FS₂), viene allontanata dal sistema e sottoposta, insieme al fango proveniente dal sedimentatore primario (FS₁), ad ulteriori trattamenti fango (TF) prima dello smaltimento finale (SF) [26].

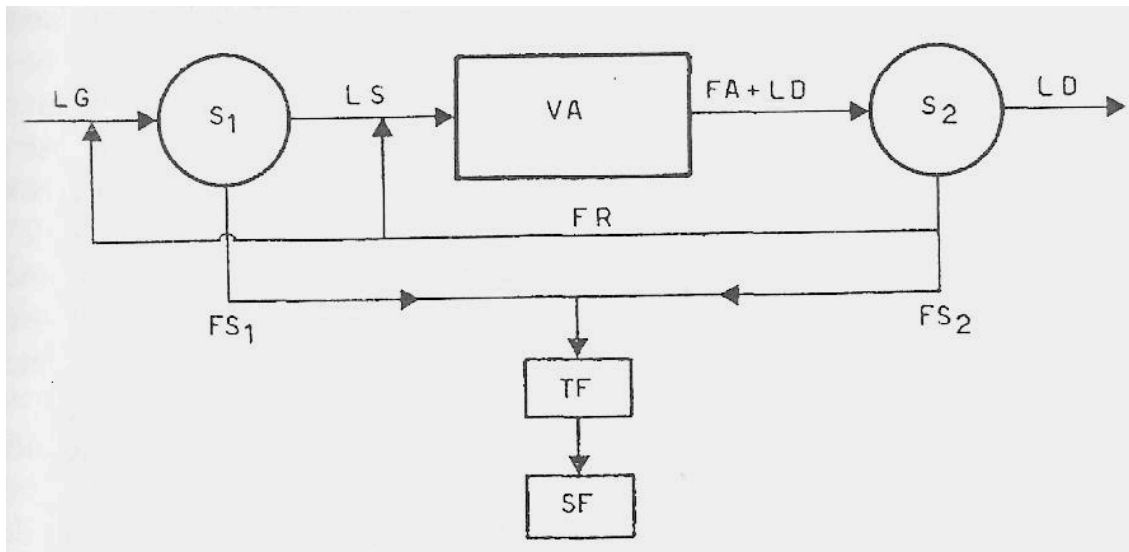


Fig. 3 - Schema classico del processo a fanghi attivi

L'impianto di depurazione è stato recentemente implementato con fasi specifiche di trattamento delle forme azotate; il sistema nitro-denitro verrà illustrato dettagliatamente nel capitolo 2.



Foto 4.1 - trattamento biologico



Foto 4.2 - Vasca di sedimentazione secondaria vuota, per manutenzione



Foto 4.3 - Vasca di sedimentazione secondaria in attività

Particolare attenzione deve essere rivolta nei confronti della microfauna caratteristica di questi impianti, dato il fondamentale ruolo che essa svolge [27]. Gli impianti di depurazione possono considerarsi come ambienti all'interno dei quali si sviluppano ecosistemi artificiali in condizioni estreme. Nell'ecosistema "vasca di ossidazione", la presenza di nutrienti e di batteri determina l'instaurarsi di una catena trofica particolare, costituita da diversi livelli.

NUTRIMENTO: rappresentato dalla sostanza organica disciolta nel liquame.

PRODUTTORI: sono i batteri flocculanti, che usano la sostanza organica per produrre fiocchi.

CONSUMATORI: sono i Protozoi, che si nutrono dei batteri flocculanti.

Il *phylum* dei Protozoi è costituito da organismi Eucarioti unicellulari, che costituiscono la microfauna tipica degli impianti di depurazione a fanghi attivi. Essi appartengono al *subphylum* dei Ciliophora, classe Cilata e al *subphylum* dei Sarcomastigophora, classe Mastigophora (Flagellata) e sono dotati di organelli di movimento che sono i flagelli nel caso dei flagellati e le ciglia nel caso dei ciliati. La maggior parte dei Protozoi svolge attività eterotrofa.

I ciliati sono molto numerosi in tutti i tipi di trattamento aerobico dei liquami. I ciliati batteriofagi dei fanghi attivi possono essere suddivisi in tre gruppi funzionali sulla base del loro comportamento:

1 – natanti (free-swimmers):

che nuotano nella frazione liquida e rimangono in sospensione nella vasca di sedimentazione;

2 - mobili di fondo (crawlers):

che abitano la superficie del fiocco di fango;

3 - sessili (attached):

che sono stabilmente fissati mediante un peduncolo, al fiocco di fango e, quindi, precipitano con esso durante la sedimentazione.

PREDATORI DEI CONSUMATORI: sono i Metazoi. I Metazoi con effettiva possibilità di svilupparsi all'interno della vasca di areazione in un sistema a fanghi attivi sono ben pochi, soprattutto Rotiferi, Nematodi e Gastrotrichi [28].

Disinfezione

Per ottemperare alla normativa che regola la qualità degli scarichi degli impianti di depurazione, si impone l'esecuzione di un trattamento di disinfezione dell'effluente, prima della sua immissione nel ricettore finale, costituito, dal canale dei Regi Lagni, un sistema di canali artificiali realizzato in epoca borbonica atto a raccogliere le acque piovane e sorgive della pianura a nord di Napoli, a convogliarle da Nola verso Acerra e infine al mar Tirreno, tra la foce del Volturno e il Lago di Patria. Infatti, l'acqua in uscita, benché priva di sostanza organica, contiene sempre una grande quantità di germi patogeni, che devono essere eliminati per ridurre al minimo rischi infettivi durante la stagione balneare. Con la parola "disinfezione", si intende quel trattamento dei liquami inteso a distruggere, con mezzi opportuni, i microrganismi patogeni o a inibirne l'attività [29]. Nel caso dei liquami, per motivi di praticità ed economicità, si fa ricorso a soluzioni di ipoclorito di sodio. Il trattamento di disinfezione (clorazione) viene effettuato in una vasca (*Foto 5.1*), nella quale viene fatto circolare l'effluente attraverso un percorso a serpentina, il quale entra, così, a contatto con la soluzione di ipoclorito di sodio, dosata all'inizio della vasca.



Foto 5.1 - Serpentine della vasca di disinfezione



Foto 5.1 - Effluente finale



Foto 5.2 - Acqua trattata immessa nel ricettore finale

Trattamento fanghi

Tutti i processi relativi al trattamento delle acque di scarico danno luogo alla produzione di fanghi. Sia i fanghi primari, provenienti dalla sedimentazione primaria, sia i fanghi secondari, ottenuti dalla sedimentazione secondaria, devono subire particolari trattamenti prima del loro definitivo smaltimento.

Questi contengono quasi il 90% di acqua e, appena separati dal liquame, sono detti *fanghi freschi*, caratterizzati da:

- ✓ colore grigio o giallastro;
- ✓ cattivo odore;
- ✓ difficile essiccazione.

I fanghi freschi, formati da sostanze organiche, inquinate e putrescibili, subiscono, per l'attacco di batteri, un processo di trasformazione, venendo a

costituire i *fanghi digeriti*, mineralizzati e di colore nero, a causa del contenuto in solfuro di ferro.

Due sono principalmente gli scopi da raggiungere:

- riduzione del volume;
- riduzione della sostanza organica in essi contenuta.

Il primo stadio nel trattamento dei fanghi è rappresentato dal *preispessimento*, dove subiscono un addensamento, liberando acqua che viene raccolta e inviata in testa all'impianto.

I fanghi primari e secondari addensati vengono, poi, inviati al comparto di *digestione anaerobica*, costituito da due manufatti cilindrici; la cupola in acciaio, scorrevole, consente l'accumulo del biogas, prodotto all'interno dei digestori. I vantaggi della digestione anaerobica sono: stabilizzazione del materiale organico, distruzione degli eventuali microrganismi patogeni, riduzione del volume dei fanghi. Il fango viene mantenuto a una temperatura di circa 37° C, per permettere lo sviluppo di particolari microrganismi e facilitare le reazioni di digestione anaerobica, con la trasformazione delle sostanze organiche in sostanze mineralizzate e biogas.

Il gas biologico prodotto nel processo di digestione, viene utilizzato ad esclusivo uso interno per il riscaldamento dei digestori.

Il tempo di permanenza è di circa 14 giorni; successivamente, il fango digerito viene inviato in vasche per essere ulteriormente addensato.

Questo secondo trattamento di *postispessimento* permette di diminuire ancora di più i volumi da trattare e raggiungere un tenore di secco del 5-6%.

Il fango digerito ed ispessito occupa ancora grandi volumi, perciò è necessario, operare ulteriori trattamenti di disidratazione fanghi (centrifugazione, filtropressatura, etc.).

Questo trattamento viene eseguito, preventivamente, additivando il fango con uno specifico polielettrolita per favorire la coagulazione del fango disidratato ottenendo in tal modo valori di secco intorno al 30%.

Mediante nastri trasportatori il fango viene inviato in cassoni a tenuta stagna e, infine, trasportato in discarica.



Foto 6.1 - *Ispessimento*



Foto 6.2 -*Digestione anaerobica*

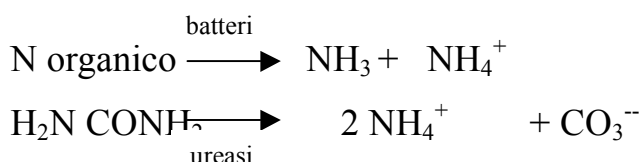
CAPITOLO 2 – IL SISTEMA NITRO–DENITRO

Caratteristiche generali e funzionamento

Il processo depurativo dell'impianto è stato recentemente implementato con le fasi specifiche di trattamento delle forme azotate; è entrato in esercizio il sistema nitro-denitro, grazie al quale vengono fatte avvenire sia le reazioni di nitrificazione che quelle di denitrificazione batterica.

La rimozione della sostanza azotata avviene in due passaggi; nel primo l'ammoniaca NH_3 viene convertita per via aerobica in NO_3^- (nitrificazione); nel secondo i nitrati sono convertiti a N_2 gassoso (denitrificazione).

L'azoto ammoniacale rappresenta la prima tappa del processo di nitrificazione. Nei liquami l'azoto è prevalentemente presente in forma ammoniacale, 60%, (originata dall'urea generata dalle urine) ed in forma organica, 40%, (proteine). In ambiente idrico entrambe le forme subiscono trasformazione ad azoto ammoniacale (ammonificazione) secondo lo schema:



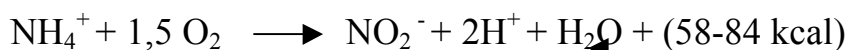
L'azoto ammoniacale viene rilasciato dalle cellule e diventa disponibile alla nitrificazione [30].

Obiettivo della nitrificazione è la trasformazione per ossidazione biologica delle forme ammoniacali dell'azoto presenti nei liquami in nitrati. Le motivazioni che spingono ad attuare questo trattamento sono sostanzialmente due. Analogamente alla sostanza organica, l'azoto ammoniacale smaltito in un corpo idrico va incontro, a causa dei fenomeni di autodepurazione biologica, alla sua ossidazione, che avviene con un notevole consumo di ossigeno disciolto e causa quindi un certo deficit di ossigeno in tale corpo idrico; per evitare ciò si preferisce attuare tale ossidazione in un impianto di nitrificazione.

Il secondo e più importante ruolo della nitrificazione è relativo alla sua azione, integrata con la denitrificazione, di rimozione dell'azoto: la denitrificazione, e cioè la riduzione dell'azoto in forma gassosa e quindi la sua rimozione, è possibile solo se si parte da azoto in forma nitrica, per cui i due sistemi nitrificazione-denitrificazione sono sempre accoppiati [31].

La nitrificazione dell'azoto ammoniacale è un tipico esempio di processo chemolitotrofo, nel quale i batteri autotrofi traggono energia dall'ossidazione dell'ammoniaca, un composto inorganico, piuttosto che dalla sostanza organica. Essi inoltre utilizzano come fonte di carbonio l'anidride carbonica invece che la sostanza organica inerte. Durante questa ossidazione il numero di ossidazione dell'azoto passa gradualmente da -3 a +5. La fase di nitrificazione si divide, a sua volta, in 2 fasi, operate da due generi batterici autotrofi distinti [32]:

1. Nitrosazione - avviene ad opera dei *Nitrosomonas*, che effettuano l'ossidazione di ammonio (NH_4^+) a nitriti (NO_2^-)



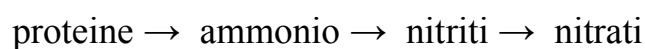
2. Nitrificazione - avviene ad opera dei *Nitrobacter*, che effettuano l'ossidazione di nitriti (NO_2^-) a nitrati (NO_3^-)



Dalle reazioni si può osservare che l'ossidazione di una mole di ammoniaca da parte dei *Nitrosomonas* libera più energia che non per i *Nitrobacter*, per cui la crescita batterica dei primi deve essere maggiore dei secondi. Viceversa la velocità di ossidazione dell'ammoniaca dovuta a *Nitrosomonas*, è molto minore della corrispondente velocità di ossidazione dei nitriti a nitrati per azione di *Nitrobacter*.

Le acque reflue trattate possono contenere azoto solo sottoforma di nitrato, dato che i nitriti vengono ossidati velocemente per cui non riescono ad accumularsi.

I nitriti rappresentano uno stadio intermedio metabolicamente instabile e relativamente tossico della catena di ossidazione batterica:



I nitriti hanno assunto il ruolo di indicatori di contaminazione delle acque, infatti rivelano il processo di nitrificazione non ancora completato. A causa della loro tossicità, la presenza eccessiva di nitriti in acqua rappresenta un pericolo. I nitriti causano metemoglobinemia, una condizione in cui l'emoglobina è convertita in metemoglobina, una sostanza che non trasporta ossigeno nel sangue. A causa di questo effetto “di soffocamento interno”, l'intossicazione da nitrito è stata paragonata a quella da cianuro. La metemoglobinemia è una causa comune di intossicazione dei pesci e di cianosi infantile negli esseri umani.

L'azoto dei nitrati invece è la forma termodinamicamente più stabile in acque ben ossigenate e la sua presenza in elevate concentrazioni causa eutrofizzazione. L'eutrofizzazione (dal greco ευ τρώφος = ben nutrito) è un processo naturale, ma può determinare inquinamento quando nelle acque c'è un'eccessiva presenza di nutrienti. Fornendo nutrienti in concentrazioni più che necessarie si verifica una fioritura algale abnorme (blooms algali) che, terminato il suo ciclo vitale, muore e si deposita sul fondo, dove subisce decomposizione aerobia da parte di batteri eterotrofi.

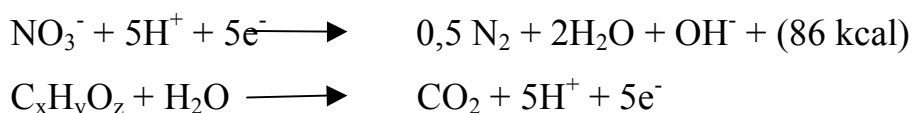
Quando tuttavia, data l'enorme quantità di necromassa algale, l'ossigeno non è sufficiente, si verificano casi di ipossia o, peggio, di anossia nelle acque di fondo [33].

Il processo di denitrificazione biologica mira alla rimozione dei composti dell'azoto presenti in soluzione sottoforma di nitrati, ad opera di eterotrofi facoltativi denitrificanti, che sono in grado di ridurre NO_3^- quasi interamente a

N₂ gassoso, che viene restituito all'atmosfera; il numero di ossidazione dell'azoto passa da 5 a 0. Mentre un trattamento biologico classico a fanghi attivi ha un'efficienza di rimozione dell'azoto totale dell'ordine del 10-40% dovuta a fenomeni di bioflocculazione e sintesi batterica, la denitrificazione, accoppiata alla nitrificazione, è in grado di dare un'efficienza di rimozione dell'azoto totale del 90% ed oltre [34].

La denitrificazione è operata da batteri eterotrofi facoltativi, *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Archromobacter*, *Bacillus*, *Spirillum*, in genere normalmente presenti nei fanghi attivi. Tali batteri, se posti in condizioni di anossia, cioè carenza di ossigeno disciolto, possono utilizzare i nitrati invece dell'ossigeno come accettori finali di elettroni per completare la catena di trasporto degli elettroni e produrre N₂ come catabolita gassoso di rifiuto invece di H₂O e CO₂, mentre per la sintesi di nuovi batteri è sempre necessaria una fonte organica di carbonio [35].

L'azoto dell'NO₃ è in grado di accettare 5 elettroni da una fonte organica che li perde secondo lo schema:



Tuttavia è stata rilevata anche una denitrificazione “aerobica” [36]. Il termine non è proprio corretto, in quanto si tratta, in realtà, di denitrificazione che avviene in un mezzo liquido in presenza di ossigeno disciolto. La denitrificazione avviene ugualmente anche nelle vasche di ossidazione in quanto il fiocco di fango non è completamente penetrato dall'ossigeno in tutta la sua interezza. Se la concentrazione di O₂ nel mezzo liquido non è elevata, se i fiocchi non sono di diametro molto grande, se è presente NO₃ in soluzione, allora nella zona più interna del fiocco si manifesta la denitrificazione. Il

problema sorge nell'impossibilità di valutare quantitativamente il fenomeno con metodi razionali: si può solo dire che, mediamente, il 10-20% dell'azoto totale viene rimosso per denitrificazione aerobica in fase di nitrificazione [37].

Lo schema di *predenitrificazione, ossidazione a basso carico e nitrificazione* prevede l'alimentazione di nitrati provenienti dal successivo reattore nitrificante mentre la fonte di carbonio è costituita dal liquame grezzo, per cui non è necessario un apporto di carbonio esterno né è necessario creare una condizione di totale anossia. Lo schema prevede l'inserimento, a monte del bacino di ossidazione biologica, di un comparto di denitrificazione costituito da un bacino anossico equipaggiato con un miscelatore sommerso. Il bacino di ossidazione biologica è il componente dell'impianto preposto alla rimozione del BOD₅ ed alla nitrificazione dell'ammoniacale tramite ossidazione biologica a fanghi attivi delle materie organiche carboniose (in anidride carbonica, acqua e sottoprodotti) e dell'azoto ammoniacale (in azoto nitrico) presenti nell'acqua defluente nel bacino. Nella versione più ricorrente, il sistema di aerazione è realizzato con diffusori d'aria di profondità a bolle fini del tipo a disco con membrana microfessurata, posizionati uniformemente sul fondo del bacino e innestati su un circuito di distribuzione dell'aria alimentato dalla tubazione di mandata di due compressori d'aria. Al contempo, nel bacino di ossidazione biologica viene installata una pompa di ricircolo al bacino di denitrificazione. L'inserimento del bacino di denitrificazione permette di realizzare due ambienti, uno anossico e l'altro aerobico, dove la miscela di acqua fango biologico viene rapidamente e continuamente alternata per effetto del ricircolo dal bacino di ossidazione a quello di denitrificazione. In virtù di tale alternanza, nella miscela si genera e sopravvive uno spettro di microrganismi capaci di operare biologicamente sia l'ossidazione delle materie carboniose e dell'azoto ammoniacale sia la riduzione dell'azoto nitrico ad azoto gassoso. L'azoto residuo in uscita dall'intero schema di processo è relativo alla frazione di

nitrito che non è stato avviato alla denitrificazione tramite il ricircolo. È bene inoltre che i ricircoli del fango e del liquame ossidato vengano mescolati prima di entrare nella vasca di denitrificazione in modo da abbassare la concentrazione di O_2 disciolto contenuto in quest'ultimo che ostacola la denitrificazione.

Uno schema semplificato di un impianto di depurazione a fanghi attivi è mostrato in *Fig. 1* [2].

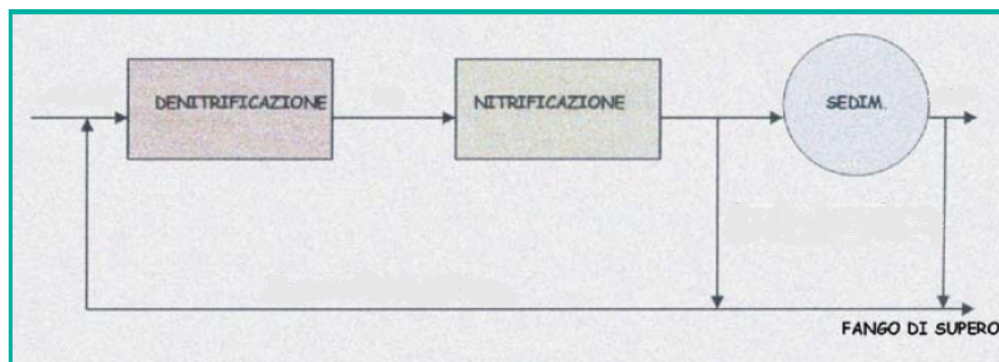


Fig. 1 – Schematizzazione del processo biologico a fanghi attivi avanzato.

CAPITOLO 3 – SCOPO DELLA RICERCA

Obiettivo del lavoro

L'impianto in questione riceve i reflui urbani di circa 34 comuni gravitanti nelle Province di Napoli ed Avellino, per un totale di circa 452000 abitanti equivalenti ed una portata in ingresso di circa 60000 m³/giorno. Da svariati anni il Gestore lamenta di arrivi più o meno occasionali di liquami provenienti, in maniera abusiva, da attività industriali poco compatibili con il processo depurativo biologico in atto.

Tali apporti determinano scadimento temporaneo delle prestazioni depurative e interferenze nella corretta gestione in quanto le strutture dell'impianto non sono in nessun modo adeguate a trattare inquinanti industriali. In passato, per esempio, apporti non controllati di idrocarburi hanno addirittura fatto sì che le caratteristiche chimico-fisiche del fango residuo dal processo fossero tali da identificarli come rifiuto pericoloso.

Sulla scorta di tali problematiche ho partecipato all'esecuzione di una campagna di indagine analitica sulla qualità dei reflui in ingresso all'impianto di depurazione e precisamente in due punti di ingresso:

- PUNTO 1: REFLUI PROVENIENTI DALLA ZONA URBANA, raccoglie i reflui urbani provenienti da circa 34 Comuni delle Province di Napoli e Avellino;
- PUNTO 2: REFLUI PROVENIENTI DALLA ZONA INDUSTRIALE.

In questo modo ho potuto individuare la tipologia più frequente di apporto anomalo industriale e le eventuali interferenze sul processo di depurazione biologica. Il processo depurativo dell'impianto è stato recentemente implementato con le fasi specifiche di trattamento delle forme azotate. L'efficienza del sistema nitro-denitro è interamente affidata a forme batteriche (*Nitrosomonas e Nitrobacter*) notoriamente fra le più sensibili all'azione tossica di molte categorie di sostanze industriali. È divenuta, pertanto, ancor più

pressante, l'esigenza di caratterizzare dei reflui arrivo ai due punti precedentemente individuati con riconoscimento di alcune categorie di sostanze chimiche industriali che alterano la composizione dei liquami producendo effetti interferenti sulla biomassa in fase di depurazione biologica.

I campioni sono stati prelevati tramite due stazioni di campionamento modello Stationary water sampler ASP Station 2008 della Endress Hauser (*Fig.1.1*), equipaggiate per la misurazione continua, registrazione e trasmissione a distanza dei parametri pH, temperatura, conducibilità e potenziale redox (*Fig.1.2*), nonché dotate di campionatori automatici refrigerati -atteso che l'alterazione di alcuni parametri analitici, ad esempio COD, BOD e azoto organico, dovuta all'attività microbica può essere convenientemente ritardata ricorrendo alla refrigerazione- (*Fig.1.3*), per il prelievo di liquami in transito rispettivamente nei due punti d'ingresso sia urbano che industriale.



Fig. 1.1



Fig. 1.2



Fig. 1.3

Presso i due punti fissi di campionamento si è provveduto a raccogliere, per 18 mesi consecutivi, da Dicembre 2007 a Maggio 2009, i campioni prelevati in automatico dai campionatori autoalimentati, con cadenza bisettimanale, per un totale di circa 144 campionamenti. I campioni di liquami, così prelevati, sono stati avviati, in giornata, nel laboratorio di Igiene Ambientale di Monte Sant'Angelo, per essere analizzati relativamente ai seguenti parametri chimici:

C.O.D. (Chemical oxygen demand)
B.O.D. ₅ (Biochemical oxygen demand)
GRASSI E OLI ANIMALE E VEGETALE
TENSIOATTIVI ANIONICI
IPA totali (Idrocarburi Policiclici Aromatici)
PCB (Policloruri Bifenili)
CROMO ESAVALENTE
CADMIO
RAME
PIOMBO
ZINCO
AZOTO AMMONIACALE

Nel contempo abbiamo analizzato il carico di azoto ammoniacale presente nel refluo in ingresso ed uscita dal trattamento biologico nei giorni oggetto del prelievo dei nostri campioni. Quindi abbiamo operato uno specifico screening analitico per individuare che tipo di inquinanti interessasse più frequentemente l'impianto in questione. Infine, si è tentato di valutare, attraverso analisi statistica incrociata con le percentuali di abbattimento dell'azoto ammoniacale, quali di queste sostanze fossero quelle maggiormente tossiche a carico dei processi biologici.

CAPITOLO 4 - MATERIALI E METODI

Generalità

La scelta dei parametri indagati è stata effettuata tenendo conto degli arrivi più o meno occasionali di liquami provenienti, in maniera abusiva, da attività industriali poco compatibili con il processo depurativo biologico in atto.

A tal fine nella sperimentazione si è scelto di indagare i seguenti parametri chimico-fisico-biologici, secondo la metodica APAT IRSA - CNR “Metodi analitici per le acque”.

Parametri chimici indagati:

Costituenti organici:

- C.O.D. (Chemical oxigen demand);
- B.O.D.₅ (Biochemical oxigen demand);
- Grassi e Oli animale e vegetale;
- Tensioattivi anionici (MBAS);
- IPA (idrocarburi policiclici aromatici);
- PCB (policloruri bifenili).

Metalli e specie metalliche:

- Cromo esavalente;
- Cadmio;
- Rame;
- Zinco;
- Piombo.

Costituenti inorganici non metallici:

- Azoto ammoniacale.

C.O.D. (Chimical oxigen demand)

La determinazione del C.O.D. consente il dosaggio delle sostanze ossidabili chimicamente da parte di un energico ossidante, quale il dicromato di potassio, in soluzione fortemente acida per acido solforico. La metodica seguita è quella proposta dall'IRSA, e il risultato si esprime in mg/l di O_2 , che equivalgono alla quantità di ossidante necessaria per la reazione.

La determinazione del C.O.D. è l'unico metodo non strumentale che consente di avere un'indicazione sul carico inquinante organico anche in presenza di sostanze tossiche.

BOD₅ (Biochemical oxigen demand)

Il saggio del BOD (Biochemical Oxygen Demand) esprime la quantità di ossigeno necessaria per l'ossidazione biochimica delle sostanze contenute in un'acqua nelle condizioni in cui viene eseguito il saggio stesso. Detta determinazione tende a riprodurre, in laboratorio, le condizioni che si possono verificare normalmente nei corpi idrici e negli impianti di depurazione di tipo biologico.

La richiesta di ossigeno è dovuta a tre classi di sostanze: composti organici, i cui atomi di carbonio vengono utilizzati dai microrganismi come alimento per le varie attività vitali (accrescimento, respirazione, riproduzione); composti ossidabili dell'azoto, utilizzati come fonte energetica da batteri specifici come ad esempio il Nitrosomonas e il Nitrobacter; sostanze inorganiche, come ad esempio ferro (II), solfuri e solfiti, che vengono facilmente ossidate dall'ossigeno presente nelle acque.

Le sostanze appartenenti alle prime due classi consumano ossigeno attraverso meccanismi biochimici (BOD), mentre quelle appartenenti alla terza classe generalmente attraverso processi chimici (COD).

Il metodo si basa sulla determinazione dell'ossigeno disciolto nel campione da analizzare prima e dopo incubazione di cinque giorni, al buio ed alla temperatura di 20°C. La differenza fra le due determinazioni dà il valore del BOD₅ del campione, espresso in mg/l di ossigeno.

I valori giornalieri di BOD risulteranno più elevati, per ogni successivo giorno d'incubazione, e la differenza tra i valori di BOD riscontrati, per ciascun giorno d'incubazione successiva, diminuirà proporzionalmente, almeno per i primi cinque giorni.

Dopo i cinque giorni, nel caso in cui subentrino processi di nitrificazione, potrà riscontrarsi anche un aumento.

Procedimento

In laboratorio disponiamo di misuratori di BOD₅ che misurano la domanda biochimica d'ossigeno secondo il metodo manometrico, facendo uso di 5 scale graduate secondo i range:

Range scala A:	0÷1000 mg/l O ₂
Range scala B:	0÷600 mg/l O ₂
Range scala C:	0÷400 mg/l O ₂
Range scala D:	0÷250 mg/l O ₂
Range scala E:	0÷90 mg/l O ₂

Gli strumenti sono completi di 6 bottiglie in vetro scuro (le reazioni devono avvenire al buio, per impedire la fotosintesi) con relativi tubi manometrici e coperchi con porta potassa. A sua volta la bottiglia sarà posizionata su un agitatore magnetico adatto ad essere introdotto in un incubatore, dove il campione rimarrà per 5 giorni, a 20°C, come da normative CNR-IRSA.

Per misurare il BOD₅ tali strumenti sfruttano il principio manometrico connesso alla misura della depressionione che si crea all'interno delle bottiglie ermetiche di misura, nell'intercapedine tra lo spazio vuoto e l'interfaccia del liquido, durante il consumo di ossigeno da parte dei batteri. Mentre l'ossigeno consumato dal metabolismo batterico viene sottratto dallo spazio di testa nella bottiglia, al suo posto viene rilasciata CO₂ come prodotto della respirazione batterica; questa viene assorbita dal reagente K(OH)₂ presente nel tappo della bottiglia, perciò si ha una depressionione nello spazio di testa della bottiglia che viene misurata dal manometro.

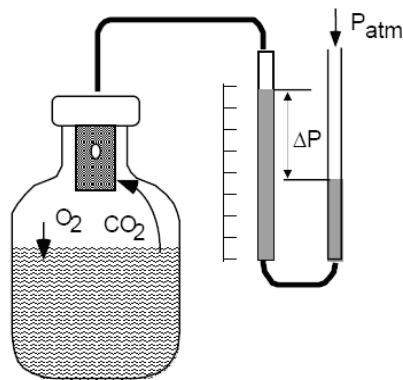




Foto 2.1 – Misuratore di BOD

Grassi e oli animale e vegetale

La presenza di oli e grassi animali e vegetali è rilevante negli effluenti dell'industria alimentare (caseifici, mattatoi, oleifici, frantoi) e nei liquami di origine civile. Idrocarburi di origine petrolifera si ritrovano negli scarichi di industrie petrolifere e petrolchimiche in concentrazioni più o meno significative a seconda della tipologia del processo produttivo e dell'età degli impianti. La loro presenza nei corpi idrici è legata per lo più a sversamenti accidentali. Nella determinazione delle sostanze oleose totali, degli idrocarburi totali e dei grassi e oli animali e vegetali non viene misurata la quantità assoluta di una sostanza specifica, bensì quella di un gruppo di sostanze le cui caratteristiche di solubilità in un determinato solvente organico sono simili.

La determinazione dell' "estratto etereo" consente di misurare essenzialmente la quantità di sostanze oleose solubili in etere di petrolio ed estraibili, mediante

detto solvente, dal campione d'acqua in esame.

L'estratto etereo è pertanto una determinazione aspecifica delle sostanze oleose presenti nelle acque sotto forma di emulsione o di dispersione superficiale.

Per sostanze oleose si intendono diverse classi di idrocarburi e di loro derivati, prevalentemente non polari, poco solubili in acqua. Deve intendersi, pertanto, inclusa in questo indice la determinazione sia delle sostanze oleose di origine animale e vegetale (oli e grassi) che di quelle di origine minerale (idrocarburi).

Il campione in esame viene acidificato ed estratto con una miscela di n-esano (80%) e metil-tert-butiletere (20%). L'estratto, raccolto in un recipiente ed evaporato, fornisce un residuo che viene determinato per via gravimetrica [46].

Durante il procedimento di estrazione le sostanze si ripartiscono tra le due fasi in ragione del proprio coefficiente di ripartizione tra la miscela di solventi e l'acqua, da cui può derivare una sottostima. La doppia estrazione serve a migliorare il recupero.

Procedimento

Il metodo consiste nell'inserire 2 l di liquame in un imbuto separatore da 3 l e acidificare con HCl fino a pH 2 per diminuire la carica batterica. Si aggiungono 10 g di cloruro di sodio e si versano nell'imbuto 100 ml della miscela di solventi (n-esano/metil-tert-butiletere 80:20 v/v) dopo aver lavato con la stessa la bottiglia che aveva contenuto il campione, si agita vigorosamente l'imbuto separatore per 2 minuti. Dopo qualche secondo di agitazione è opportuno aprire il rubinetto allo scopo di ridurre la pressione. È opportuno imprimere un movimento rotatorio al liquido contenuto nell'imbuto separatore per favorire la separazione delle due fasi. La fase contenente oli e grassi sarà quella superiore. Si scarica la frazione acquosa inferiore in un cilindro e si raccoglie la fase superiore in una beutina previamente tarata, che verrà coperta con parafilm per evitare l'evaporazione di questo primo estratto. La frazione acquosa contenuta nel cilindro viene versata nuovamente nell'imbuto separatore, e si procede alla

seconda estrazione aggiungendo nell'imbuto 100 ml della miscela di solventi, dopo aver lavato con la stessa il cilindro che conteneva la fase acquosa del campione. Si agita l'imbuto separatore, si lascia stratificare, si scarica la frazione acquosa inferiore nel cilindro e si raccoglie la fase superiore nella beutina contenente il primo estratto.

Al termine delle estrazioni, quindi, mentre la fase acquosa viene eliminata, le fasi di solvente vengono raccolte in una beuta, si procede ad una distillazione su una piastra riscaldante o in un evaporatore rotante. Il riscaldamento nn dovrà superare i 60°C e si procederà finchè tutta la miscela di solventi sarà evaporata. Si lascia raffreddare l'estratto per circa 30 minuti per poi passare alla fase di pesatura ed ai calcoli.

A = beuta tarata vuota

B = beuta tarata con il residuo

Sostanze oleose totali (mg/l) = (B – A) x 2000 (ml di campione)

Tensioattivi anionici

I tensioattivi anionici sono costituenti fondamentali dei formulati impiegati nella detergenza domestica ed industriale. La loro presenza in acque superficiali e sotterranee è sempre indice di inquinamento antropico.

Con il termine di tensioattivi anionici si intende l'insieme delle molecole organiche caratterizzate dalla presenza di una componente idrofobica (catena idrocarburica lineare o ramificata) e di una idrofila carica negativamente (anione solfonato o solfato).

La metodica colorimetrica proposta dall'IRSA per la determinazione quantitativa dei tensioattivi anionici in soluzione è la M.B.A.S. (sostanze attive al blu di metilene).

Il metodo si basa sulla proprietà dei tensioattivi di tipo anionico di dare origine, per reazione con il colorante cationico blu di metilene, ad un complesso

colorato, estraibile quantitativamente con un solvente organico immiscibile con acqua (cloroformio).

L'intensità del colore del complesso estratto, è proporzionale alla sua concentrazione misurata per via spettrofotometrica alla lunghezza d'onda di 650 nm.

Procedimento

Si prelevano 100 ml di campione e si introducono in un imbuto separatore, si aggiungono prima 3 gocce dell'indicatore fenoftaleina e successivamente sodio idrato fino al raggiungimento del colore rosa.

Si acidifica con H_2SO_4 fino a scomparsa del colore rosa, poi si aggiungono 25 ml di blu di metilene tenendo il campione in agitazione, e 35 ml di cloroformio. Si agita la miscela per un minuto e si lascia stratificare in frigo. A questo punto si trasferisce lo strato inferiore in un secondo imbuto separatore, all'interno del quale si ripete la procedura di estrazione aggiungendo altri 35 ml di cloroformio, agitando la miscela e lasciandola stratificare in frigo. Dopodiché si getta lo strato inferiore, si uniscono le due fasi cloroformiche, si uniscono a 50ml di tampone fosfato e si filtrano facendole passare attraverso filtri di ovatta idrofila all'interno di un matraccio. Quest'ultimo viene portato ad un volume finale di 100 ml con cloroformio. Si miscela bene e si misura l'assorbanza a 650 nm.

IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici)

Gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) sono idrocarburi costituiti da due o più anelli benzenici uniti fra loro, in un'unica struttura piana, attraverso coppie di atomi di carbonio condivisi fra anelli adiacenti. Il più semplice degli IPA è il naftalene, che strutturalmente si può considerare derivante dalla fusione di due molecole di benzene.

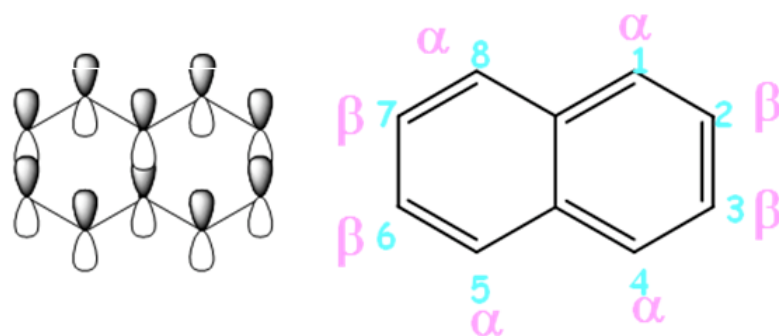


Figura 3.1 –*Naftalene*

Essi rappresentano una delle più significative classi di composti chimici il cui monitoraggio in varie matrici ambientali, quali aria, acqua e sedimenti, è di fondamentale importanza allo scopo di valutare l'impatto che questi inquinanti hanno sull'ambiente e sull'uomo.

L'attenzione allo sviluppo di metodi di identificazione e successiva quantificazione degli idrocarburi policiclici aromatici in varie matrici ambientali è legata alla riconosciuta azione cancerogena che alcuni di questi composti hanno dimostrato. Le fonti degli IPA sono sia antropiche che naturali. Fonti di tipo naturale sono rappresentate dagli incendi dei boschi, dalle emissioni gassose durante le eruzioni vulcaniche, dalla biosintesi ad opera di batteri, funghi ed alghe (questa sintesi avviene in misura maggiore nei sedimenti profondi e anaerobici). Tuttavia si può affermare che la maggior parte degli IPA presenti nell'ambiente provengano da fonti antropiche. Questi idrocarburi sono il risultato di diverse attività industriali; possono inoltre essere rilasciati nelle acque potabili dal rivestimento bituminoso delle tubature.

In ragione della loro natura idrofobica e della loro bassa solubilità tendono ad accumularsi nel particolato aeriforme organico ed inorganico che sotto l'azione degli agenti atmosferici può essere diffuso in tutto l'ecosistema.

Gli IPA si sviluppano durante i processi di combustione incompleta di combustibili fossili come carboni e petroli, nella combustione della biomassa e dalle emissioni del traffico veicolare.

Sono inquinanti ubiquitari in quanto possono essere ritrovati in tracce anche in ambienti remoti, quindi lontani dall'attività industriale principale responsabile della loro produzione, per opera del trasporto e delle precipitazioni atmosferiche.

Per la loro lipofilità presentano mediamente una solubilità piuttosto ridotta (<1 mg/l) che tende comunque a diminuire con l'aumento del peso molecolare. Per questo motivo questi composti tendono a lasciare la fase acquosa ed a formare legami con le particelle in sospensione o a depositarsi nei sedimenti dove è presente una grande quantità di carbonio organico.

La pericolosità di questi composti dipende anche dalla loro persistenza che diventa molto elevata quando sono presenti più di due o tre anelli o quando le condizioni ambientali sono riducenti.

La tossicità può aumentare in seguito all'esposizione alla luce, in particolare ai raggi UV. Per quanto riguarda l'assunzione degli IPA nell'uomo un apporto importante avviene attraverso l'atmosfera, parte deriva dal fumo di sigaretta, un contributo significativo deriva dalla dieta.

Questi composti, infatti, si formano anche durante la cottura dei cibi a temperature troppo elevate (cibi grigliati, affumicati). I vegetali a foglia larga, come lattuga e spinaci, possono rappresentare una fonte ancora più rilevante di IPA cancerogeni, per la deposizione di tali sostanze, trasportate con l'aria sulle foglie durante la crescita.

Il metodo prevede la determinazione quantitativa di alcuni tra i principali idrocarburi policiclici aromatici in campioni di acque di scarico mediante estrazione liquido-liquido ed analisi in cromatografia liquida (HPLC) con rivelatore ultravioletto (UV).

Il metodo consente di dosare gli analiti riportati in Tab. 1 .

Tab. 1 Idrocarburi policiclici aromatici	
Composto	
1	Naftaline
2	Acenaftene
3	Acenofilene
4	Fluorene
5	Fenantrene
6	Antracene
7	Fluorantene
8	Pirene
9	Benzo (a) antracene
10	Crisene
11	Benzo (k) fluorantene
12	Benzo (i) fluorantene
13	Benzo (b) fluorantene
14	Benzo (a) pirene
15	Benzo (e) pirene
16	Terilene
17	Dibenzo (a,h) antracene
18	Indeno (1,2,3-c,d) pirene
19	Benzo (g,h,i) terilene

Procedimento

- Estrazione liquido/liquido

La tecnica di purificazione usata è l'estrazione con solventi. Questa è basata sul fatto che i composti organici possono essere solitamente estratti da miscele

acquose con un solvente a basso punto di ebollizione, immiscibile con l'acqua, come il diclorometano. Tale solvente estrae anche quantità significative d'acqua che, in genere, dovrebbero essere rimosse dall'estratto. A tale scopo si utilizza, successivamente, l'acetonitrile.

Si trasferisce 1 l di campione di acqua in un imbuto separatore da 2 l. Si risciacqua accuratamente la bottiglia che conteneva il campione con 60 ml di diclorometano, si trasferisce il solvente di estrazione diclorometano (60 ml) nell'imbuto separatore e si agita vigorosamente per 2 minuti. Si lascia riposare la soluzione per 10 minuti in modo da permettere la separazione della fase organica (inferiore). Si raccoglie la fase inferiore in una beutina e la si copre con parafilm per evitare l'evaporazione del primo estratto. Si ripete l'estrazione aggiungendo 60 ml di diclorometano nell'imbuto separatore contenente la fase acquosa. Si riunisce il secondo estratto organico al precedente contenuto nella beutina. Ponendo la beutina su piastra riscaldante, o, in alternativa, utilizzando un evaporatore rotante, si fa ridurre il volume dell'estratto a circa 1 ml, evitando di far seccare completamente il campione per non perdere gli IPA più volatili; la temperatura non deve essere superiore a 40°C. Dopo aver concentrato l'estratto a circa 1 ml, lo si trasferisce in una provetta di vetro scuro, sciacquando la beuta che conteneva l'estratto con 3 ml di acetonitrile.

Si concentra la soluzione ad un volume finale di 0,5 ml, sotto flusso di azoto, aggiungendo più volte aceto nitrile in modo da allontanare il diclorometano dalla soluzione. La soluzione ottenuta può essere direttamente iniettata nell'HPLC.

- Analisi in HPLC

La cromatografia liquida ad alta pressione o cromatografia liquida ad alta prestazione (High Pressure Liquid Chromatography o High Performance Liquid Chromatography), più semplicemente nota come HPLC, è una tecnica cromatografica che permette di separare due o più composti presenti in un

solvente sfruttando l'equilibrio di affinità tra una "fase stazionaria" immobilizzata su una matrice posta all'interno della colonna cromatografica ed una "fase mobile", rappresentata dall'eluente, che fluisce attraverso essa. Il campione da analizzare è iniettato con una siringa in un loop, dove è "spinto" attraverso la fase stazionaria dalla fase mobile applicando pressioni dell'ordine delle centinaia di atmosfere.

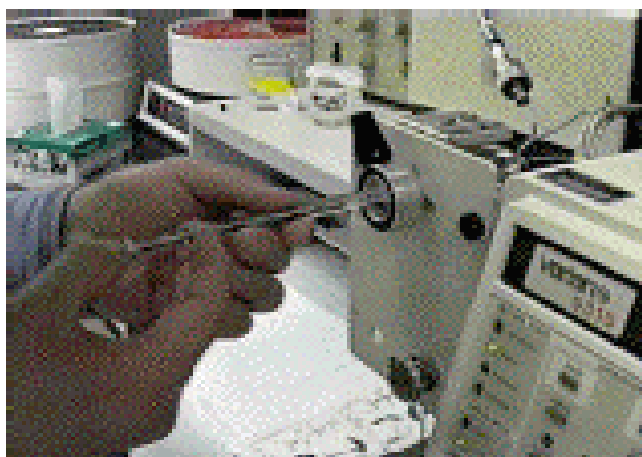


Foto 3.2 – *Sistema di iniezione per HPLC*

Gli analiti presenti nel campione vengono separati in base alla loro affinità per la fase stazionaria: una sostanza più affine alla fase stazionaria rispetto alla fase mobile impiega un tempo maggiore a percorrere la colonna cromatografica (tempo di ritenzione), rispetto ad una sostanza con bassa affinità per la fase stazionaria ed alta per la fase mobile. Gli analiti vengono eluiti in modo selettivo usando una fase mobile contenente un soluto specifico che ha un'affinità più alta per la fase stazionaria rispetto a quella degli analiti, quindi compete con gli analiti nel legame alla fase stazionaria causando la loro eluizione dalla colonna in un ordine inversamente proporzionale alla loro affinità per la fase stazionaria. L'analisi viene effettuata in gradiente, per ottenere una risoluzione migliore, per cui la fase mobile è costituita da una miscela di due solventi: acetonitrile e acqua. La direzione di formazione del

gradiente è determinata dalla differenza di pH, forza ionica, polarità, tra i due solventi. Il rapporto tra i due solventi viene fatto variare durante l'eluizione; l'eluizione in gradiente fa uso di pompe differenti per convogliare i due solventi, nelle proporzioni prefissate (*Fig.3.3*). Tutti gli eluenti utilizzati nei sistemi HPLC devono essere filtrati e degassati prima dell'uso, per impedire che tracce di impurità danneggino la colonna e che i gas, che formano bolle d'aria nel solvente, si localizzino nelle pompe.

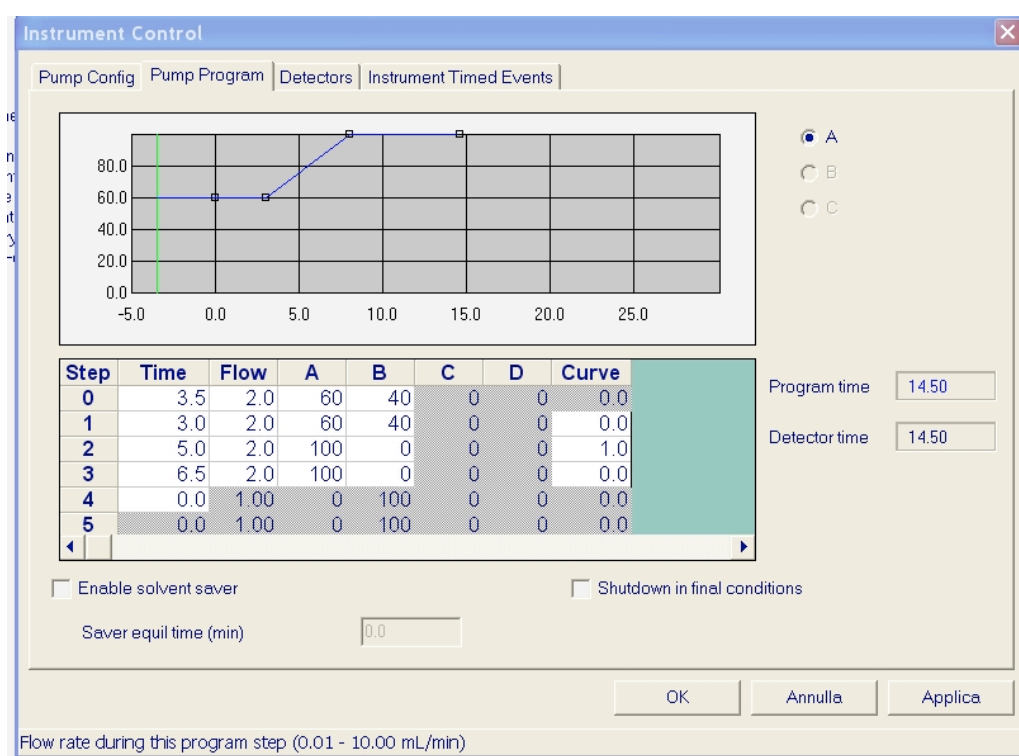


Figura 3.3 – Pump program

Il riconoscimento e la quantificazione dei singoli IPA è basata sul confronto dei tempi di ritenzione dei picchi del cromatogramma ottenuto dall'analisi dell'estratto organico del campione acquoso con quelli ottenuti da idonee soluzioni di riferimento.

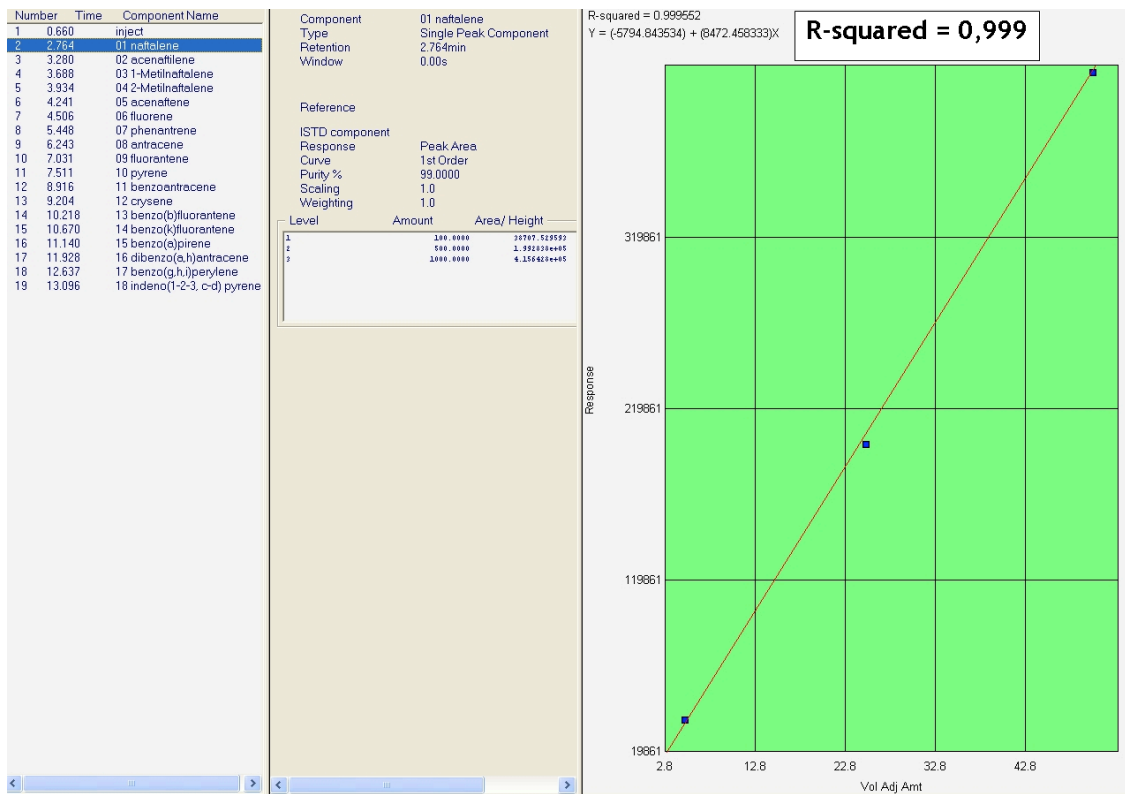


Figura 3.4 – R-squared

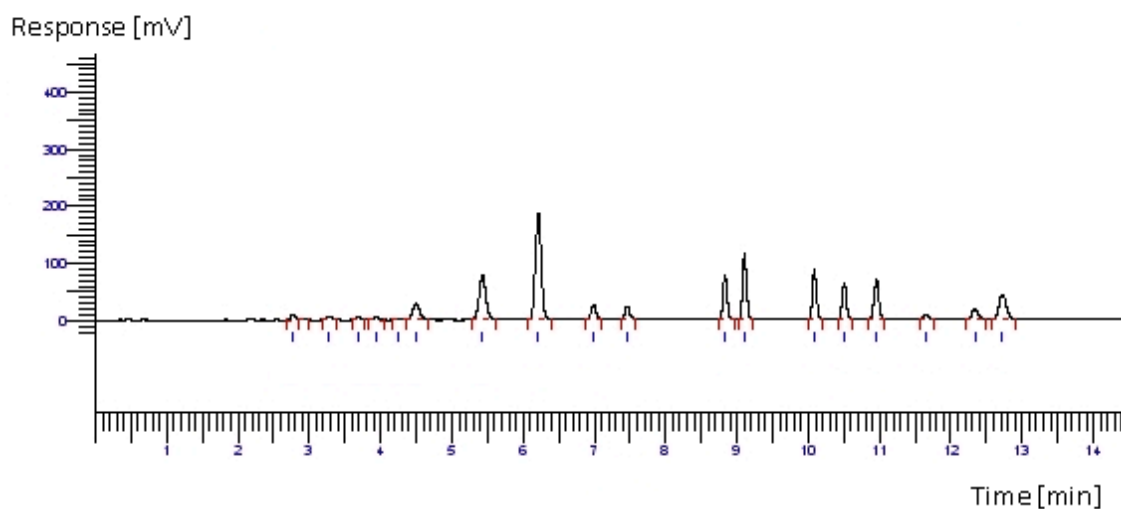
La determinazione quantitativa degli IPA viene effettuata con le aree dei rispettivi picchi cromatografici sulla base di opportune rette di taratura di soluzioni di riferimento.

Il successo di una separazione cromatografica viene valutato in base alla capacità del sistema di separare completamente il picco di un analita da un altro. La risoluzione (R_s) viene definita come il rapporto tra la differenza del tempo di ritenzione tra due picchi (Δt_r) e la media delle loro ampiezze alla base (w_{av}):

$$R_s = \Delta t_r / w_{av}$$

dove per tempo di ritenzione si indica il tempo che intercorre dall'introduzione del campione all'apice del picco corrispondente.

Quando $R_s=1,0$ la separazione tra due picchi è completa al 97,7% (fig.3.4).



Idrocarburi Policiclici Aromatici

Peak #	Component Name	Time [min]	Area [uV*sec]	Height [uV]	Raw Amount	Adjusted Amount
-	inject	0.660	0.00	0.00	0.00	0.00
1	01 naftalene	2.770	40085.84	8971.43	5.42	5.42
2		2.919	7418.02	1731.19	0.01	0.01
3	02 acenaffilene	3.283	26080.27	5232.14	5.34	5.34
4	03	3.695	23385.19	4489.24	4.94	4.94
5	04	3.937	33107.43	5737.04	5.26	5.26
6	05 acenaffene	4.248	12408.28	2240.31	6.36	6.36
7	06 fluorene	4.501	194272.09	29037.96	5.27	5.27
8	07 phenantrene	5.430	529426.67	77730.83	5.09	5.09
9	08 antracene	6.213	079040.54	86823.13	3.42	3.42
10	09 fluorantene	6.988	122118.42	25445.76	5.21	5.21
11	10 pyrene	7.463	99706.43	22655.54	4.55	4.55
12	11	8.834	301767.39	78122.44	4.93	4.93
13	12 cysene	9.107	447187.88	16016.16	4.53	4.53
14	13	10.086	338690.99	89515.90	4.87	4.87
15	14	10.505	259488.98	65239.29	4.67	4.67
16	15 benzo(a)pirene	10.955	317411.58	70857.89	4.80	4.80
17	16	11.657	45240.75	8948.67	4.91	4.91
18	17	12.339	115848.21	18033.85	4.88	4.88
19	18 indeno(1-2-3,	12.725	307313.68	44108.00	4.65	4.65
			1299998.63	160936.79	89.11	89.11

Figura 3.5 – Cromatogramma

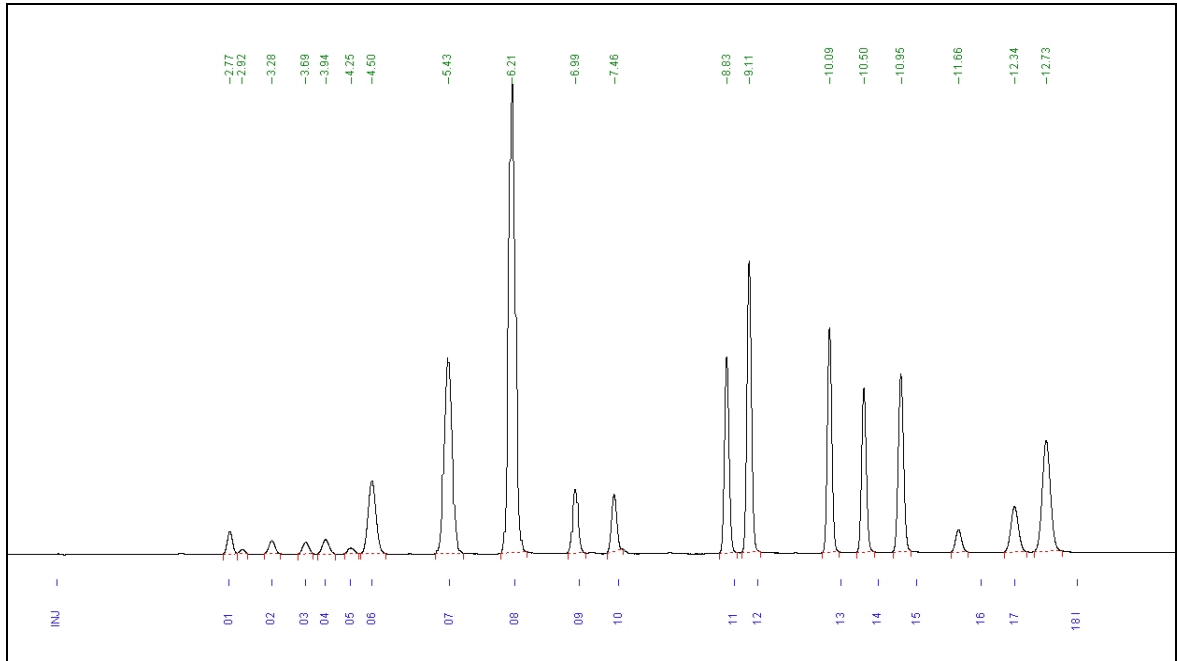


Figura 3.6 – *Strumentazione per HPLC e particolare di un cromatogramma*

CROMO VI

Il cromo è presente, nei minerali conosciuti, sempre allo stato trivalente se si escludono i rarissimi rinvenimenti di cromati, come ad esempio la crocoite (PbCrO_4). Il suo minerale più diffuso è la cromite ed è anche presente in piccole quantità in molti silicati. Il tenore medio del cromo nella crosta terrestre è di circa 100 ppm. Nelle acque dolci e marine incontaminate si assume per il cromo una concentrazione media di riferimento di 0,2 $\mu\text{g/L}$. Il cromo ha impieghi principali in siderurgia, galvanica, industria chimica (catalizzatori, coloranti, fungicidi), medicina (isotopo radiattivo), concia delle pelli, mordenzatura e stampa dei tessuti, fotografia e litografia, produzione di abrasivi, refrattari per altoforni. Il cromo può esistere in nove stadi di ossidazione (da - II a + VI). La forma anionica Cr(VI) è debolmente adsorbita dal materiale particellato, ed è quindi più mobile del Cr(III). Negli ambienti acquatici, la forma esavalente è più tossica di quella trivalente. La tossicità del Cr(III) diminuisce all'aumentare della durezza dell'acqua, mentre quella del Cr(VI) è influenzata oltre che dalla durezza dell'acqua anche dalla concentrazione del solfato, che è in grado di competere con il cromato.

Il cromo (III) e il cromo (VI) rappresentano gli stati di ossidazione più comuni. Poiché ai due diversi stati di ossidazione corrispondono comportamenti ambientali molto differenti, le normative prevedono, in taluni casi, limiti differenziati per le due forme. Al fine di soddisfare le esigenze normative, vengono proposti metodi per eseguire separatamente ciascuna delle due determinazioni.

Il metodo utilizzato è quello proposto dall'IRSA (metodo C1), che consiste nella determinazione spettrofotometrica diretta del cromo (VI) mediante difenilcarbazide. Il metodo si basa sullo sviluppo del colore conseguente alla reazione tra cromo (VI) e difenilcarbazide: il cromo (VI) può essere

determinato direttamente nel campione mediante la misura dell'assorbanza del composto che si forma.

Il meccanismo di tale reazione ancora non completamente noto sembra consistere in una riduzione del cromo (VI) a cromo (III) e in una contemporanea ossidazione della difenilcarbazide a difenilcarbazione con conseguente formazione di un composto colorato in rosso-violetto.

Il cromo (VI) viene determinato eseguendo le misure di assorbanza alla lunghezza d'onda di 540 nm.

Questo metodo consente la determinazione del solo cromo (VI) direttamente nel campione di acque naturali e di scarico, nell'intervallo di concentrazione compreso tra 0,1 e 1 mg/l, concentrazioni più elevate possono essere determinate previa diluizione del campione.

Procedimento

Per effettuare l'analisi del solo cromo (VI) disciolto è necessario filtrare il campione subito dopo il prelievo, attraverso filtri da 0,45 µm. È consigliato eseguire l'analisi il più presto possibile dal momento del prelievo per prevenire reazioni di ossido-riduzione. Se ciò non dovesse essere possibile si raccomanda di conservare il campione, al massimo per 2-3 giorni dalla data di prelievo, in frigorifero.

Si trasferiscono 100 mL di campione in un matraccio tarato da 100 mL, si aggiungono 1 mL di acido solforico e 2 mL di soluzione di difenilcarbazide (ottenuta sciogliendo 0,25 g di 1,5-difenilcarbazide in 50 mL di acetone). Si mescola con cura e si attende lo sviluppo del colore per 5-10 minuti.

Infine si trasferisce un'aliquota della soluzione nella cella di misura e si legge l'assorbanza a 540 nm usando come riferimento acqua acidificata con acido solforico (1+1) (1 mL di H₂SO₄ in 100 mL di acqua).

II CADMIO

Il cadmio è presente in quantità molto basse nella crosta terrestre; esso infatti occupa il 64° posto in ordine di abbondanza. La concentrazione di cadmio in acque dolci superficiali non contaminate è di circa 0,01 µg/L e valori simili si hanno in acque marine, mentre nella crosta terrestre varia da 0,1 a 0,5 mg/kg e risulta sempre presente assieme allo zinco.

Il cadmio è largamente usato nei processi galvanici di elettroplaccatura di altri metalli o leghe, sia per sfruttare il suo basso punto di fusione (leghe per saldature), che per migliorare le proprietà meccaniche; nella produzione di pigmenti colorati, come stabilizzante nella produzione di PVC e nella produzione di batterie ricaricabili a lunga durata (Cd/Ni e Cd/Ag). Lo stato di ossidazione del cadmio è il bivalente, anche se vengono riportati alcuni composti di cadmio monovalente. Nelle acque dolci superficiali esso è presente sia allo stato di ione libero, che complessato con sostanze umiche, ioni minerali o agenti chelanti organici; generalmente forma dei complessi con numero di coordinazione 4 e 6. Il cadmio è facilmente adsorbito sui materiali solidi umici. Il cadmio è estremamente tossico per gli organismi acquatici.

Il D.Lgs. 152/99 in materia di tutela delle acque dall'inquinamento prevede criteri di qualità diversificati in funzione degli usi (5 mg/L per le acque sotterranee, 1-5 mg/L per le acque superficiali destinate alla potabilizzazione e 0,2-2,5 mg/L di cadmio, espresso come cadmio totale, per le acque idonee alla vita dei pesci). Il D.Lgs. 31/2001 concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano fissa una concentrazione massima ammissibile di 5 mg/L.

Determinazione per spettrometria di assorbimento atomico con atomizzazione in fiamma

Il cadmio viene determinato per aspirazione diretta del campione nella fiamma (aria-acetilene) di uno spettrofotometro ad assorbimento atomico. Dalla misura del segnale di assorbanza a 228,8 nm si ricava la concentrazione mediante

confronto con una curva di taratura ottenuta con soluzioni a concentrazioni note di analita, comprese nel campo di indagine analitico.

Campo di applicazione

Il metodo consente la determinazione del cadmio in campioni di acque naturali e di scarico nell'intervallo di concentrazione da 0,02 a 2,0 mg/L. Per concentrazioni superiori a 2 mg/L è possibile rientrare nell'intervallo indicato ricorrendo alla diluizione del campione oppure facendo ricorso ad una lunghezza d'onda meno sensibile, prendendo come riferimento quelle generalmente consigliate dal manuale d'uso fornito a corredo dell'apparecchiatura.

Effettuando 10 determinazioni su uno stesso campione avente un contenuto di cadmio pari a 0,02 mg/L, alternate con una misura del bianco, si è potuto calcolare un limite di rilevabilità, espresso come tre volte lo scarto tipo, di 0,002 mg/L.

II RAME

Il rame è abbastanza diffuso nella crosta terrestre con una concentrazione media valutata tra 23,6 e 47 mg/kg e si può trovare sia allo stato elementare che associato con altri elementi in minerali quali calcosina (Cu_2S), calcopirite (CuFeS_2), cuprite Cu_2O e malachite ($\text{CuCO}_3\text{-Cu(OH)}_2$). La concentrazione di rame in acque dolci incontaminate risulta inferiore a 1 $\mu\text{g/L}$, mentre in acque marine è inferiore a 0,3 $\mu\text{g/L}$.

Il rame viene largamente impiegato nell'industria elettrica, per le sue eccellenti qualità di conduttore di calore ed elettricità, e nella produzione di leghe, quali ottone (Zn+Cu) e bronzo (Sn+Cu). I sali di tale elemento sono utilizzati come antiparassitari in agricoltura, come algicidi sia nelle acque di uso industriale che nelle vernici antifouling, come catalizzatori nella produzione di cloruro di

vinile, come ricoprente in galvanica, ed in molti altri processi nell'industria tessile, in quella del vetro e delle ceramiche.

Nelle acque superficiali il rame è presente sia in forma disciolta che particolata quasi esclusivamente nella sua forma ossidata rameica. Il rame disciolto in buona parte è legato con carbonati, ossidrili, acidi umici, amminoacidi, polifosfati, ecc. La frazione di rame presente come ione libero Cu^{2+} è molto bassa nelle condizioni che si riscontrano nella maggior parte delle acque superficiali. Tale frazione libera può comunque aumentare sensibilmente al diminuire del pH e si calcola che già a pH intorno a 6 sia ampiamente dominante in acque dolci.

Il rame è un oligoelemento essenziale sia per gli animali che per le piante.

Una sua deficienza o un suo eccesso può condurre a gravi alterazioni metaboliche e sembra ormai accertato che la sua tossicità sia dovuta alla frazione ionica libera Cu^{2+} .

Il D.Lgs. 152/06 in materia di tutela delle acque dall'inquinamento prevede criteri di qualità diversificati in funzione degli usi (1000 $\mu\text{g/L}$ per le acque sotterranee, 50 $\mu\text{g/L}$ per le acque superficiali destinate alla potabilizzazione e 40 $\mu\text{g/L}$ per le acque idonee alla vita dei pesci).

Il D.Lgs. 31/2001 concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano fissa una concentrazione massima ammissibile di 1000 $\mu\text{g/L}$.

Determinazione per spettrometria di assorbimento atomico con atomizzazione in fiamma

Il rame viene determinato per aspirazione diretta del campione nella fiamma (aria-acetilene) di uno spettrofotometro ad assorbimento atomico. Dalla misura del segnale di assorbanza a 324,8 nm si ricava la concentrazione mediante confronto con una curva di taratura ottenuta con soluzioni a concentrazioni note di analita, comprese nel campo di indagine analitico.

Campo di applicazione

Il metodo consente la determinazione del rame in campioni di acque naturali e di scarico nell'intervallo di concentrazione da 0,1 a 5,0 mg/L.

Lo ZINCO

Lo zinco ha una concentrazione media di 70 mg/kg nella crosta terrestre. Viene utilizzato principalmente nella produzione di varie leghe, tra cui bronzo e ottone, e nei processi galvanici; altri utilizzi riguardano la produzione di fungicidi, gomme, vernici, ceramiche e vetri.

Lo zinco può esistere in due stati di valenza: (0) e (II). Nelle acque naturali è presente, oltre che come ione idrato, in specie inorganiche quali $ZnCO_3$, $ZnOH^+$, $ZnHCO_3^+$, $ZnCl^+$, in complessi organici stabili (Zn-cisteinato), adsorbito od occluso in collodi inorganici (Zn^{2+} -argille) o organici (Zn^{2+} -acidi umici). Al di sopra di pH 6 lo zinco può essere adsorbito da idrossidi di ferro e manganese, da argille, materiali umici e biogenici e successivamente depositato nei sedimenti per coprecipitazione. Ad elevate alcalinità può invece verificarsi la coprecipitazione ad opera di $CaCO_3$.

In condizioni riducenti e in presenza di solfuro si forma solfuro di zinco, altamente insolubile.

Per acque dolci incontaminate viene indicata una concentrazione di riferimento di 0,6 $\mu g/L$, mentre per le acque di mare il valore è leggermente più basso, 0,3 $\mu g/L$.

Il D.Lgs. 152/06 in materia di tutela delle acque dall'inquinamento prevede criteri di qualità diversificati in funzione degli usi (3000 $\mu g/L$ per le acque sotterranee, 500 $\mu g/L$ per le acque superficiali destinate alla potabilizzazione e 300 $\mu g/L$ per le acque idonee alla vita dei pesci).

Determinazione per spettrometria di assorbimento atomico con atomizzazione in fiamma

Lo zinco viene determinato per aspirazione diretta del campione nella fiamma (aria-acetilene) di uno spettrofotometro ad assorbimento atomico. Dalla misura del segnale di assorbanza a 213,9 nm si ricava la concentrazione mediante confronto con una curva di taratura ottenuta con soluzioni a concentrazioni note di analita, comprese nel campo di indagine analitico.

Campo di applicazione

Il metodo consente la determinazione dello zinco in campioni di acque naturali e di scarico nell'intervallo di concentrazione da 0,05 a 2,0 mg/L. Per concentrazioni superiori a 2 mg/L è possibile rientrare nell'intervallo indicato ricorrendo alla diluizione del campione oppure facendo ricorso ad una lunghezza d'onda meno sensibile, prendendo come riferimento quelle generalmente consigliate dal manuale d'uso fornito a corredo dell'apparecchiatura.

Effettuando 10 determinazioni su uno stesso campione avente un contenuto di zinco pari a

0,05 mg/L, alternate con una misura del bianco, si è potuto calcolare un limite di rivelabilità, espresso come tre volte lo scarto tipo, di 0,005 mg/L.

II PIOMBO

Il piombo è presente in natura come carbonato (cerussite), solfato (anglesite), clorofosfato (piromorfite), cromato (crocoite) e solfuro (galena).

La concentrazione di piombo nella crosta terrestre è di circa 12 mg/kg, mentre nelle acque naturali incontaminate risulta inferiore a 1 µg/L. Il piombo è usato nell'industria petrolchimica come additivo antidetonante delle benzine, anche se questo uso tende a diminuire con la diffusione delle benzine verdi, nella

produzione di batterie, di schermi di protezione contro le radiazioni ionizzanti, di esplosivi, di vernici e come pigmento nell'industria chimica.

Il piombo può avere tre stati di ossidazione: (0), (II) e (IV). Nelle acque è presente in diverse forme tra cui le principali sono: piombo ionico, complessi inorganici, complessi organici tra i quali i più diffusi sono quelli con acidi umici o fulvici. In condizioni particolari si possono formare composti organometallici, quali i piombo alchili, a seguito di processi di metilazione a livello del sedimento. Nelle acque dolci le specie prevalenti sono il carbonato e il piombo organico, con quantità modeste di piombo come ione libero, in acqua di mare le forme prevalenti sono $PbCO_3$ e $PbCl^+$ mentre i complessi organici sono di minore importanza. La distribuzione delle diverse specie è funzione del pH, della basicità e della concentrazione di sostanze organiche solubili o particolate ed esercita una influenza determinante sul destino finale e sulla tossicità dell'elemento nell'ambiente acquatico.

Il piombo produce effetti tossici sulla vita acquatica di tipo acuto e cronico anche a concentrazioni relativamente basse; l'azione tossica è più marcata in acque dolci caratterizzate da bassi valori di durezza totale, dove minore è l'effetto competitivo dei cationi Ca^{2+} e Mg^{2+} . Il piombo si accumula nei molluschi e nelle alghe ma non ci sono evidenze che si accumuli anche nei livelli trofici superiori.

Il D.Lgs. 152/06 in materia di tutela delle acque dall'inquinamento prevede criteri di qualità diversificati in funzione degli usi (10 $\mu g/L$ per le acque sotterranee, 50 $\mu g/L$ per le acque superficiali destinate alla potabilizzazione e 10 $\mu g/L$ per le acque idonee alla vita dei pesci nel caso della specie: i salmonidi).

Il D.Lgs. 31/2001 concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano fissa una concentrazione massima ammissibile di 10 $\mu g/L$.

Determinazione per spettrometria di assorbimento atomico con atomizzazione in fiamma

Il piombo viene determinato per aspirazione diretta del campione nella fiamma (aria-acetilene) di uno spettrofotometro ad assorbimento atomico. Dalla misura del segnale di assorbanza a 283,3 nm si ricava la concentrazione mediante confronto con una curva di taratura ottenuta con soluzioni a concentrazioni note di analita, comprese nel campo di indagine analitico.

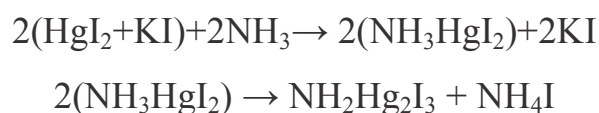
Campo di applicazione

Il metodo consente la determinazione del piombo in campioni di acque naturali e di scarico.

Azoto ammoniacale (N-NH₄⁺)

Per le acque di scarico è consigliabile utilizzare il metodo della determinazione spettrofotometrica mediante reattivo di Nessler.

L'ammoniaca, (libera o idrolizzata) presente in un'acqua, reagisce con una soluzione alcalina di iodo-mercurato di potassio (reattivo di Nessler) per formare un complesso di colore giallo-arancio proporzionale alla quantità di ammoniaca secondo la reazione:



L'assorbanza del complesso colorato viene misurata alla lunghezza d'onda di 420 nm. Allo scopo di impedire la precipitazione del calcio e del magnesio quando si aggiunge ad un'acqua il reattivo di Nessler, viene impiegata una soluzione di EDTA.

Procedimento

Si aggiunge 1 ml di soluzione di zinco solfato ($ZnSO_4$) a 100 ml del campione in esame: si miscela bene, e quindi si aggiungono 0,4-0,5 ml di una soluzione idrossido di sodio (NaOH) fino ad ottenere un pH di 10,5 avendo cura di controllare tale valore con un pHmetro. Si lascia riposare per pochi minuti il campione trattato: nel frattempo si avrà la formazione di un precipitato che rende il liquido soprastante limpido ed incolore. Questo pretrattamento fa precipitare i sali di calcio, magnesio, ferro ed i solfuri, impedendo di interferire con la reazione del reattivo di Nessler.

Si chiarifica per centrifugazione. Si prelevano 50 ml di campione centrifugato o, nel caso il campione sia carico, una aliquota inferiore diluita a 50 ml con acqua deionizzata. Si aggiunge la soluzione stabilizzante (1 goccia di reattivo EDTA) e si miscela bene. Si aggiungono 2 ml di reattivo di Nessler, si miscela, si attende 15 minuti e si misura l'assorbanza del campione alla lunghezza d'onda di 420 nm, contro un bianco di riferimento.

CAPITOLO 5 – RISULTATI

TABELLE E GRAFICI

Di seguito si presenta l'andamento dei diversi parametri rilevati nelle correnti idriche in ingresso all'impianto oggetto della sperimentazione, nel periodo compreso tra Dicembre 2007 a Maggio 2009, con cadenza bisettimanale, per osservare la variazione del carico inquinante all'inizio e nel corso della settimana.

Le tabelle contengono i dati delle analisi eseguite sui campioni provenienti da due distinte stazioni di campionamento:

- PUNTO 1: REFLUI PROVENIENTI DALLA ZONA URBANA, raccoglie i *reflui urbani*¹ provenienti da circa 34 Comuni delle Province di Napoli ed Avellino;
- PUNTO 2: REFLUI PROVENIENTI DALLA ZONA INDUSTRIALE.

¹ Si precisa che nella più attuale definizione di liquami urbani così come definita dalla norma (D.L.ivo 152/06) viene con essi considerato il miscuglio di acque reflue domestiche, di acque reflue industriali pretrattate e di quelle meteoriche e/o di dilavamento.

Valori relativi al PUNTO 1 (zona urbana)						
Data	COD	BOD₅	OLI E GR AS SI	TENSIOATTIVI	IPA	PCB
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/L
03/12/2007	394	137	11,5	1,2	1,3	<0,1
07/12/2007	210	117	5	0,6	1,3	<0,1
10/12/2007	205	80	2	0,7	1,6	<0,1
14/12/2007	215	75	5,2	3,2	6	<0,1
17/12/2007	314	115	5,9	2,9	3,4	<0,1
21/12/2007	470	219	3,1	2	1,4	<0,1
24/12/2007	558	271	7,7	2,8	0,4	<0,1
28/12/2007	395	170	5	1,2	1,4	<0,1
30/12/2007	283	130	7	0,8	2,6	<0,1
04/01/2008	576	225	8	1,6	2,3	<0,1
07/01/2008	395	170	6	1,7	1,6	<0,1
11/01/2008	232	95	3	0,4	0,9	<0,1
14/01/2008	651	290	2	1,3	1,1	<0,1
18/01/2008	439	195	3	1,1	3,1	<0,1
21/01/2008	349	130	5	1,1	1,3	<0,1
25/01/2008	191	80	4	0,6	0,9	<0,1
28/01/2008	548	240	11	1,9	2,3	<0,1
02/02/2008	390	175	7	0,5	1,4	<0,1
05/02/2008	449	190	9	0,3	1,7	<0,1
09/02/2008	504	265	14	0,4	2,5	<0,1
12/02/2008	419	210	6	0,5	1,2	<0,1
16/02/2008	410	195	17	0,2	3,1	<0,1
19/02/2008	475	230	14	0,7	2,7	<0,1
23/02/2008	482	235	8	1	1,1	<0,1
26/02/2008	395	220	9	0,9	1,8	<0,1
30/02/2008	397	185	12,2	1,2	2,9	<0,1
02/03/2008	403	190	9,7	0,8	2,2	<0,1
06/03/2008	160	75	3,6	1,4	0,9	<0,1
09/03/2008	210	80	5,2	1,3	1,3	<0,1
13/03/2008	356	170	3,8	1,1	0,7	<0,1
16/03/2008	297	120	2,9	1	0,5	<0,1
20/03/2008	462	220	8,4	1,9	1,5	<0,1
23/03/2008	234	110	2,9	1,8	0,4	<0,1
27/03/2008	216	85	3,6	1,3	0,5	<0,1
30/03/2008	227	95	3,3	1,3	0,4	<0,1
04/04/2008	180	75	3,2	3,1	0,3	<0,1
07/04/2008	225	85	3,5	2,9	0,3	<0,1
11/04/2008	302	155	4,7	3	0,6	<0,1
14/04/2008	197	95	2,9	2,7	0,3	<0,1
18/04/2008	210	95	3,4	3,2	0,6	<0,1
21/04/2008	113	60	2,3	2,9	0,2	<0,1
25/04/2008	201	90	3,5	3,6	0,6	<0,1
28/04/2008	215	105	3,6	1,3	0,5	<0,1

01/05/2008	107	55	2,7	3,2	0,3	<0,1
05/05/2008	178	85	3,2	3,1	0,4	<0,1
08/05/2008	110	60	2,6	3,2	0,3	<0,1
12/05/2008	161	75	2,3	1,4	0,2	<0,1
15/05/2008	87	40	1,6	2	0,1	<0,1
19/05/2008	149	70	3,2	1,8	0,3	<0,1
22/05/2008	106	50	3,1	2	0,3	<0,1
26/05/2008	41	15	2,5	2	0,2	<0,1
29/05/2008	63	25	2,8	1,2	0,3	<0,1
02/06/2008	394	137	11,5	1,2	0,2	<0,1
05/06/2008	210	117	5	0,6	0,21	<0,1
09/06/2008	205	80	2	0,7	0,2	<0,1
12/06/2008	215	75	5,2	3,2	0,2	<0,1
16/06/2008	314	115	5,9	2,9	0,19	<0,1
19/06/2008	470	219	3,1	2	0,18	<0,1
23/06/2008	558	271	7,7	2,8	0,17	<0,1
26/06/2008	395	170	5	1,2	0,16	<0,1
30/06/2008	283	130	7	0,8	0,15	<0,1
04/07/2008	576	225	8	1,6	0,15	<0,1
07/07/2008	395	170	6	1,7	0,14	<0,1
11/07/2008	232	95	3	0,4	0,13	<0,1
14/07/2008	651	290	2	1,3	0,12	<0,1
17/07/2008	439	195	3	1,1	0,11	<0,1
21/07/2008	349	130	5	1,1	0,1	<0,1
25/07/2008	191	80	4	0,6	0,1	<0,1
28/07/2008	548	240	11	1,9	0,09	<0,1
01/08/2008	390	175	7	0,5	0,08	<0,1
05/08/2008	449	190	9	0,3	0,07	<0,1
08/08/2008	504	265	14	0,4	0,06	<0,1
12/08/2008	419	210	6	0,5	0,05	<0,1
15/08/2008	410	195	17	0,2	0,05	<0,1
19/08/2008	475	230	14	0,7	0,04	<0,1
22/08/2008	482	235	8	1	0,03	<0,1
26/08/2008	395	220	9	0,9	0,02	<0,1
29/08/2008	397	185	12,2	1,2	0,01	<0,1
03/09/2008	403	190	9,7	0,8	0,08	<0,1
06/09/2008	160	75	3,6	1,4	0,15	<0,1
10/09/2008	210	80	5,2	1,3	0,1	<0,1
13/09/2008	356	170	3,8	1,1	0,11	<0,1
20/09/2008	297	120	2,9	1	0,13	<0,1
24/09/2008	462	220	8,4	1,9	0,14	<0,1
27/09/2008	234	110	2,9	1,8	0,15	<0,1
01/10/2008	216	85	3,6	1,3	0,17	<0,1
05/10/2008	227	95	3,3	1,3	1,3	<0,1
08/10/2008	180	75	3,2	3,1	1,3	<0,1
12/10/2008	225	85	3,5	2,9	1,6	<0,1
15/10/2008	302	155	4,7	3	6	<0,1
19/10/2008	197	95	2,9	2,7	3,4	<0,1
22/10/2008	210	95	3,4	3,2	1,4	<0,1
26/10/2008	113	60	2,3	2,9	0,4	<0,1

29/10/2008	201	90	3,5	3,6	1,4	<0,1
03/11/2008	215	105	3,6	1,3	2,6	<0,1
06/11/2008	107	55	2,7	3,2	2,3	<0,1
10/11/2008	178	85	3,2	3,1	1,6	<0,1
13/11/2008	110	60	2,6	3,2	0,9	<0,1
17/11/2008	161	75	2,3	1,4	1,1	<0,1
20/11/2008	87	40	1,6	2	3,1	<0,1
24/11/2008	149	70	3,2	1,8	1,3	<0,1
27/11/2008	106	50	3,1	2	0,9	<0,1
02/12/2008	41	15	2,5	2	2,3	<0,1
05/12/2008	63	25	2,8	1,2	1,4	<0,1
09/12/2008	394	137	11,5	1,2	1,7	<0,1
12/12/2008	210	117	5	0,6	2,5	<0,1
16/12/2008	205	80	2	0,7	1,2	<0,1
19/12/2008	215	75	5,2	3,2	3,1	<0,1
23/12/2008	314	115	5,9	2,9	2,7	<0,1
26/12/2008	470	219	3,1	2	1,1	<0,1
29/12/2008	558	271	7,7	2,8	1,8	<0,1
03/01/2009	395	170	5	1,2	2,9	<0,1
06/01/2009	283	130	7	0,8	2,2	<0,1
10/01/2009	576	225	8	1,6	0,9	<0,1
13/01/2009	395	170	6	1,7	1,3	<0,1
17/01/2009	232	95	3	0,4	0,7	<0,1
20/01/2009	651	290	2	1,3	0,5	<0,1
24/01/2009	439	195	3	1,1	1,5	<0,1
27/01/2009	349	130	5	1,1	0,4	<0,1
31/01/2009	191	80	4	0,6	0,5	<0,1
02/02/2009	548	240	11	1,9	0,4	<0,1
05/02/2009	390	175	7	0,5	1,3	<0,1
09/02/2009	449	190	9	0,3	1,3	<0,1
12/02/2009	504	265	14	0,4	1,6	<0,1
16/02/2009	419	210	6	0,5	6	<0,1
19/02/2009	410	195	17	0,2	3,4	<0,1
23/02/2009	475	230	14	0,7	1,4	<0,1
26/02/2009	482	235	8	1	0,4	<0,1
01/03/2009	395	220	9	0,9	1,4	<0,1
04/03/2009	397	185	12,2	1,2	2,6	<0,1
07/03/2009	403	190	9,7	0,8	2,3	<0,1
11/03/2009	160	75	3,6	1,4	1,6	<0,1
14/03/2009	210	80	5,2	1,3	0,9	<0,1
18/03/2009	356	170	3,8	1,1	1,1	<0,1
21/03/2009	297	120	2,9	1	3,1	<0,1
25/03/2009	462	220	8,4	1,9	1,3	<0,1
28/03/2009	234	110	2,9	1,8	0,9	<0,1
02/04/2009	216	85	3,6	1,3	2,3	<0,1
06/04/2009	227	95	3,3	1,3	1,4	<0,1
09/04/2009	180	75	3,2	3,1	1,7	<0,1
13/04/2009	225	85	3,5	2,9	2,5	<0,1
16/04/2009	302	155	4,7	3	1,2	<0,1

21/04/2009	197	95	2,9	2,7	3,1	<0,1
23/04/2009	210	95	3,4	3,2	2,7	<0,1
27/04/2009	113	60	2,3	2,9	1,1	<0,1
30/04/2009	201	90	3,5	3,6	1,8	<0,1
02/05/2009	215	105	3,6	1,3	2,9	<0,1
06/05/2009	107	55	2,7	3,2	2,2	<0,1
09/05/2009	178	85	3,2	3,1	0,9	<0,1
13/05/2009	110	60	2,6	3,2	1,3	<0,1
16/05/2009	161	75	2,3	1,4	0,7	<0,1
20/05/2009	87	40	1,6	2	0,5	<0,1
23/05/2009	149	70	3,2	1,8	1,5	<0,1
27/05/2009	106	50	3,1	2	0,4	<0,1
30/05/2009	41	15	2,5	2	0,5	<0,1

Data	Valori relativi al PUNTO 1 (zona urbana)						
	Cromo	Cadmio	Rame	Cromo VI	Zinco	Piombo	Solventi Organici
	mg/l	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	pres/assi
03/12/2007	<0,5	<0,02	<0,05	<0,5	0,20	0,20	PRESENTI
07/12/2007	<0,5	<0,02	3,80	<0,5	0,02	<0,01	PRESENTI
10/12/2007	<0,5	<0,02	0,40	<0,5	0,30	0,60	PRESENTI
14/12/2007	<0,5	<0,02	<0,01	<0,5	0,04	<0,03	PRESENTI
17/12/2007	<0,5	<0,02	0,09	<0,5	0,10	<0,03	PRESENTI
21/12/2007	<0,5	<0,02	0,01	<0,5	0,05	<0,03	PRESENTI
24/12/2007	<0,5	<0,02	0,14	<0,5	0,30	0,03	PRESENTI
28/12/2007	<0,5	<0,02	0,09	<0,5	0,15	<0,03	PRESENTI
30/12/2007	<0,5	<0,02	0,23	<0,5	0,13	0,03	PRESENTI
04/01/2008	<0,5	<0,02	0,06	<0,5	0,14	<0,03	PRESENTI
07/01/2008	<0,5	<0,02	0,26	<0,5	0,45	0,05	PRESENTI
11/01/2008	<0,5	<0,02	0,07	<0,5	0,13	<0,03	PRESENTI
14/01/2008	<0,5	<0,02	0,07	<0,5	0,15	<0,03	PRESENTI
18/01/2008	<0,5	<0,02	0,10	<0,5	0,29	0,07	PRESENTI
21/01/2008	<0,5	<0,02	0,15	<0,5	0,42	<0,03	PRESENTI
25/01/2008	<0,5	<0,02	0,02	<0,5	0,20	<0,03	PRESENTI
28/01/2008	<0,5	<0,02	0,02	<0,5	0,06	<0,03	PRESENTI
02/02/2008	<0,5	<0,02	0,07	<0,5	0,14	0,03	PRESENTI
05/02/2008	<0,5	<0,02	<0,01	<0,5	0,01	<0,03	PRESENTI
09/02/2008	<0,5	<0,02	0,15	<0,5	0,20	<0,03	PRESENTI
12/02/2008	<0,5	<0,02	0,18	<0,5	0,32	0,03	PRESENTI
16/02/2008	<0,5	<0,02	0,06	<0,5	0,15	<0,03	PRESENTI
19/02/2008	<0,5	<0,02	0,06	<0,5	0,11	<0,03	PRESENTI
23/02/2008	<0,5	<0,02	0,06	<0,5	0,16	<0,03	PRESENTI
26/02/2008	<0,5	<0,02	0,06	<0,5	0,14	<0,03	PRESENTI
30/02/2008	<0,5	<0,02	0,06	<0,5	0,18	<0,03	PRESENTI
02/03/2008	<0,5	<0,02	0,06	<0,5	0,10	<0,03	PRESENTI
06/03/2008	<0,5	<0,04	68,0	<0,5	0,41	4,8	PRESENTI
09/03/2008	<0,5	<0,04	48,4	<0,5	0,26	20,6	PRESENTI
13/03/2008	<0,5	<0,04	70,9	<0,5	0,36	17,4	PRESENTI
16/03/2008	<0,5	<0,04	51,8	<0,5	0,21	16,8	PRESENTI

20/03/2008	<0,5	<0,04	24,6	<0,5	0,20	8,8	PRESENTI
23/03/2008	<0,5	<0,04	47,9	<0,5	0,28	16,1	PRESENTI
27/03/2008	<0,5	<0,04	63,6	<0,5	0,29	12,4	PRESENTI
30/03/2008	<0,5	<0,04	75,8	<0,5	0,33	9,3	PRESENTI
04/04/2008	<0,5	<0,04	83,0	<0,5	0,30	24,7	PRESENTI
07/04/2008	<0,5	<0,04	42,3	<0,5	0,30	17,5	PRESENTI
11/04/2008	<0,5	<0,04	64,2	<0,5	0,31	18,0	PRESENTI
14/04/2008	<0,5	<0,04	65,7	<0,5	0,31	18,6	PRESENTI
18/04/2008	<0,5	<0,04	67,2	<0,5	0,31	19,2	PRESENTI
21/04/2008	<0,5	<0,04	68,7	<0,5	0,32	19,8	PRESENTI
25/04/2008	<0,5	<0,04	70,1	<0,5	0,32	20,4	PRESENTI
28/04/2008	<0,5	<0,04	71,6	<0,5	0,33	21,0	PRESENTI
01/05/2008	<0,5	<0,04	73,1	<0,5	0,33	21,5	PRESENTI
05/05/2008	<0,5	<0,04	74,6	<0,5	0,34	22,1	PRESENTI
08/05/2008	<0,5	<0,04	76,1	<0,5	0,34	22,7	PRESENTI
12/05/2008	<0,5	<0,04	77,6	<0,5	0,35	<0,03	PRESENTI
15/05/2008	<0,5	<0,04	79,1	<0,5	0,35	<0,03	PRESENTI
19/05/2008	<0,5	<0,04	80,6	<0,5	0,36	<0,03	PRESENTI
22/05/2008	<0,5	<0,04	82,1	<0,5	0,36	20,4	PRESENTI
26/05/2008	<0,5	<0,04	83,5	<0,5	0,37	<0,03	PRESENTI
29/05/2008	<0,5	<0,04	85,0	<0,5	0,37	<0,03	PRESENTI
02/06/2008	<0,5	<0,04	0,07	<0,5	0,38	<0,03	PRESENTI
05/06/2008	<0,5	<0,04	<0,01	<0,5	0,38	<0,03	PRESENTI
09/06/2008	<0,5	<0,04	0,15	<0,5	0,39	<0,03	PRESENTI
12/06/2008	<0,5	<0,04	0,18	<0,5	0,39	21,4	PRESENTI
16/06/2008	<0,5	<0,04	0,06	<0,5	0,40	<0,03	PRESENTI
19/06/2008	<0,5	<0,04	0,06	<0,5	0,40	<0,03	PRESENTI
23/06/2008	<0,5	<0,04	0,06	<0,5	0,41	<0,03	PRESENTI
26/06/2008	<0,5	<0,04	0,06	<0,5	0,41	<0,03	PRESENTI
30/06/2008	<0,5	<0,04	0,06	<0,5	0,10	<0,03	PRESENTI
04/07/2008	<0,5	<0,04	0,07	<0,5	0,41	<0,03	PRESENTI
07/07/2008	<0,5	<0,04	<0,01	<0,5	0,26	21,4	PRESENTI
11/07/2008	<0,5	<0,04	0,15	<0,5	0,36	<0,03	PRESENTI
14/07/2008	<0,5	<0,04	0,18	<0,5	0,21	<0,03	PRESENTI
17/07/2008	<0,5	<0,04	0,06	<0,5	0,20	<0,03	PRESENTI
21/07/2008	<0,5	<0,04	0,06	<0,5	0,28	<0,03	PRESENTI
25/07/2008	<0,5	<0,04	0,06	<0,5	0,29	<0,03	PRESENTI
28/07/2008	<0,5	<0,04	0,06	<0,5	0,33	22,4	PRESENTI
01/08/2008	<0,5	<0,04	0,06	<0,5	0,30	<0,03	PRESENTI
05/08/2008	<0,5	<0,04	68,7	<0,5	0,30	<0,03	PRESENTI
08/08/2008	<0,5	<0,04	70,1	<0,5	0,31	<0,03	PRESENTI
12/08/2008	<0,5	<0,04	71,6	<0,5	0,31	<0,03	PRESENTI
15/08/2008	<0,5	<0,04	73,1	<0,5	0,31	<0,03	PRESENTI
19/08/2008	<0,5	<0,04	74,6	<0,5	0,10	<0,03	PRESENTI
22/08/2008	<0,5	<0,04	76,1	<0,5	0,41	22,4	PRESENTI
26/08/2008	<0,5	<0,04	77,6	<0,5	0,26	<0,03	PRESENTI
29/08/2008	<0,5	<0,04	79,1	<0,5	0,36	<0,03	PRESENTI
03/09/2008	<0,5	<0,04	80,6	<0,5	0,21	<0,03	PRESENTI
06/09/2008	<0,5	<0,04	68,7	<0,5	0,20	<0,03	PRESENTI

10/09/2008	<0,5	<0,04	70,1	<0,5	0,28	<0,03	PRESENTI
13/09/2008	<0,5	<0,04	71,6	<0,5	0,29	<0,03	PRESENTI
20/09/2008	<0,5	<0,04	73,1	<0,5	0,33	<0,03	PRESENTI
24/09/2008	<0,5	<0,04	74,6	<0,5	0,30	<0,03	PRESENTI
27/09/2008	<0,5	<0,04	76,1	<0,5	0,30	21,4	PRESENTI
01/10/2008	<0,5	<0,04	77,6	<0,5	0,31	<0,03	PRESENTI
05/10/2008	<0,5	<0,04	79,1	<0,5	0,31	<0,03	PRESENTI
08/10/2008	<0,5	<0,04	80,6	<0,5	0,31	<0,03	PRESENTI
12/10/2008	<0,5	<0,04	0,07	<0,5	0,10	<0,03	PRESENTI
15/10/2008	<0,5	<0,04	<0,01	<0,5	0,41	<0,03	PRESENTI
19/10/2008	<0,5	<0,04	0,15	<0,5	0,26	22,4	PRESENTI
22/10/2008	<0,5	<0,04	0,18	<0,5	0,36	<0,03	PRESENTI
26/10/2008	<0,5	<0,04	0,06	<0,5	0,21	<0,03	PRESENTI
29/10/2008	<0,5	<0,04	0,06	<0,5	0,20	<0,03	PRESENTI
03/11/2008	<0,5	<0,04	0,06	<0,5	0,28	<0,03	PRESENTI
06/11/2008	<0,5	<0,04	0,06	<0,5	0,29	<0,03	PRESENTI
10/11/2008	<0,5	<0,04	68,7	<0,5	0,33	<0,03	PRESENTI
13/11/2008	<0,5	<0,04	70,1	<0,5	0,30	22,4	PRESENTI
17/11/2008	<0,5	<0,04	71,6	<0,5	0,30	<0,03	PRESENTI
20/11/2008	<0,5	<0,04	73,1	<0,5	0,31	<0,03	PRESENTI
24/11/2008	<0,5	<0,04	74,6	<0,5	0,31	<0,03	PRESENTI
27/11/2008	<0,5	<0,04	76,1	<0,5	0,31	<0,03	PRESENTI
02/12/2008	<0,5	<0,04	77,6	<0,5	0,10	<0,03	PRESENTI
05/12/2008	<0,5	<0,04	79,1	<0,5	0,41	23,4	PRESENTI
09/12/2008	<0,5	<0,04	80,6	<0,5	0,26	<0,03	PRESENTI
12/12/2008	<0,5	<0,04	0,07	<0,5	0,36	<0,03	PRESENTI
16/12/2008	<0,5	<0,04	<0,01	<0,5	0,21	<0,03	PRESENTI
19/12/2008	<0,5	<0,04	0,15	<0,5	0,20	<0,03	PRESENTI
23/12/2008	<0,5	<0,04	0,18	<0,5	0,28	<0,03	PRESENTI
26/12/2008	<0,5	<0,04	0,06	<0,5	0,29	<0,03	PRESENTI
29/12/2008	<0,5	<0,04	0,06	<0,5	0,33	23,4	PRESENTI
03/01/2009	<0,5	<0,04	0,06	<0,5	0,30	<0,03	PRESENTI
06/01/2009	<0,5	<0,04	0,06	<0,5	0,30	<0,03	PRESENTI
10/01/2009	<0,5	<0,04	0,18	<0,5	0,31	<0,03	PRESENTI
13/01/2009	<0,5	<0,04	0,06	<0,5	0,31	<0,03	PRESENTI
17/01/2009	<0,5	<0,04	0,06	<0,5	0,31	<0,03	PRESENTI
20/01/2009	<0,5	<0,04	0,06	<0,5	0,10	<0,03	PRESENTI
24/01/2009	<0,5	<0,04	0,06	<0,5	0,41	<0,03	PRESENTI
27/01/2009	<0,5	<0,04	0,06	<0,5	0,26	<0,03	PRESENTI
31/01/2009	<0,5	<0,04	0,06	<0,5	0,36	22,4	PRESENTI
02/02/2009	<0,5	<0,04	0,06	<0,5	0,21	<0,03	PRESENTI
05/02/2009	<0,5	<0,04	0,06	<0,5	0,20	<0,03	PRESENTI
09/02/2009	<0,5	<0,04	0,06	<0,5	0,28	<0,03	PRESENTI
12/02/2009	<0,5	<0,04	0,06	<0,5	0,29	<0,03	PRESENTI
16/02/2009	<0,5	<0,04	0,06	<0,5	0,33	<0,03	PRESENTI
19/02/2009	<0,5	<0,04	0,06	<0,5	0,30	23,4	PRESENTI
23/02/2009	<0,5	<0,04	0,06	<0,5	0,30	<0,03	PRESENTI
26/02/2009	<0,5	<0,04	0,06	<0,5	0,31	<0,03	PRESENTI
01/03/2009	<0,5	<0,04	68,7	<0,5	0,31	<0,03	PRESENTI

04/03/2009	<0,5	<0,04	70,1	<0,5	0,31	<0,03	PRESENTI
07/03/2009	<0,5	<0,04	71,6	<0,5	0,10	<0,03	PRESENTI
11/03/2009	<0,5	<0,04	73,1	<0,5	0,41	<0,03	PRESENTI
14/03/2009	<0,5	<0,04	74,6	<0,5	0,26	23,4	PRESENTI
18/03/2009	<0,5	<0,04	76,1	<0,5	0,36	<0,03	PRESENTI
21/03/2009	<0,5	<0,04	77,6	<0,5	0,21	<0,03	PRESENTI
25/03/2009	<0,5	<0,04	79,1	<0,5	0,20	<0,03	PRESENTI
28/03/2009	<0,5	<0,04	80,6	<0,5	0,28	<0,03	PRESENTI
02/04/2009	<0,5	<0,04	0,07	<0,5	0,29	<0,03	PRESENTI
06/04/2009	<0,5	<0,04	<0,01	<0,5	0,33	24,4	PRESENTI
09/04/2009	<0,5	<0,04	0,15	<0,5	0,30	<0,03	PRESENTI
13/04/2009	<0,5	<0,04	0,18	<0,5	0,30	<0,03	PRESENTI
16/04/2009	<0,5	<0,04	68,7	<0,5	0,31	<0,03	PRESENTI
21/04/2009	<0,5	<0,04	70,1	<0,5	0,31	<0,03	PRESENTI
23/04/2009	<0,5	<0,04	71,6	<0,5	0,31	<0,03	PRESENTI
27/04/2009	<0,5	<0,04	73,1	<0,5	0,10	<0,03	PRESENTI
30/04/2009	<0,5	<0,04	74,6	<0,5	0,41	24,4	PRESENTI
02/05/2009	<0,5	<0,04	76,1	<0,5	0,26	<0,03	PRESENTI
06/05/2009	<0,5	<0,04	77,6	<0,5	0,36	<0,03	PRESENTI
09/05/2009	<0,5	<0,04	79,1	<0,5	0,21	<0,03	PRESENTI
13/05/2009	<0,5	<0,04	80,6	<0,5	0,20	<0,03	PRESENTI
16/05/2009	<0,5	<0,04	0,07	<0,5	0,28	<0,03	PRESENTI
20/05/2009	<0,5	<0,04	<0,01	<0,5	0,29	<0,03	PRESENTI
23/05/2009	<0,5	<0,04	0,15	<0,5	0,33	<0,03	PRESENTI
27/05/2009	<0,5	<0,04	0,18	<0,5	0,30	<0,03	PRESENTI
30/05/2009	<0,5	<0,04	0,06	<0,5	0,30	23,4	PRESENTI

Medie mensili PUNTO 1 (zona urbana)					
COD	BOD₅	OLI E GRA SSI	TENSIOATTIVI	IPA	PCB
mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/L
338,20	146,00	5,82	1,71	2,16	<0,1
422,62	178,10	5,25	1,21	1,69	<0,1
435,66	211,70	10,68	0,63	2,04	<0,1
285,00	127,20	4,82	1,32	0,93	<0,1
205,37	95,00	3,38	2,83	0,43	<0,1
111,33	52,78	2,67	2,21	0,27	<0,1
338,22	146,00	5,82	1,71	0,18	<0,1
422,63	178,13	5,25	1,21	0,12	<0,1
435,67	211,67	10,69	0,63	0,05	<0,1
303,14	137,86	5,21	1,33	0,12	<0,1
207,89	92,78	3,38	2,67	1,89	<0,1
139,13	67,50	2,79	2,25	1,73	<0,1
274,44	117,11	5,08	1,84	1,98	<0,1
390,11	165,00	4,78	1,09	1,21	<0,1
459,63	217,50	10,75	0,69	1,98	<0,1
323,78	152,22	6,41	1,27	1,69	<0,1

207,89	92,78	3,38	2,67	1,98	<0,1
128,22	61,67	2,76	2,22	1,21	<0,1

Medie mensili PUNTO 1 (zona urbana)						
DATA	Cromo	Cadmio	Rame	Cromo VI	Zinco	Piombo
	mg/l	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
dicembre-07	<0,5	<0,02	0,68	<0,5	0,14	0,22
gennaio-08	<0,5	<0,02	0,09	<0,5	0,23	0,09
febbraio-08	<0,5	<0,02	0,09	<0,5	0,27	13,30
marzo-08	<0,5	<0,02	50,10	<0,5	0,27	13,30
aprile-08	<0,5	<0,02	66,60	<0,5	0,31	19,90
maggio-08	<0,5	<0,02	79,08	<0,5	0,35	21,69
giugno-08	<0,5	<0,02	0,09	<0,5	0,36	21,38
luglio-08	<0,5	<0,02	0,09	<0,5	0,29	21,88
agosto-08	<0,5	<0,02	65,67	<0,5	0,30	22,38
settembre-08	<0,5	<0,02	73,55	<0,5	0,27	21,38
ottobre-08	<0,5	<0,02	29,72	<0,5	0,27	22,38
novembre-08	<0,5	<0,02	54,30	<0,5	0,30	22,38
dicembre-08	<0,5	<0,02	29,72	<0,5	0,27	23,38
gennaio-09	<0,5	<0,02	0,07	<0,5	0,30	22,38
febbraio-09	<0,5	<0,02	0,06	<0,5	0,28	23,38
marzo-09	<0,5	<0,02	74,61	<0,5	0,27	23,38
aprile-09	<0,5	<0,02	44,82	<0,5	0,30	24,38
maggio-09	<0,5	<0,02	39,23	<0,5	0,28	23,38

Valori relativi al PUNTO 2 (zona industriale)						
Data	COD	BOD	OLIE GRASSI	TENSIOATTIVI	IPA totali	PCB
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
03/12/2007	234	110	2,9	1,80	0,4	<0,1
07/12/2007	216	85	3,6	1,25	0,5	<0,1
10/12/2007	211	90	2,8	1,18	0,3	<0,1
14/12/2007	261	120	4,2	2,90	0,5	<0,1
17/12/2007	197	95	2,9	2,70	0,3	<0,1
21/12/2007	113	60	2,3	2,90	0,2	<0,1
24/12/2007	201	90	3,5	3,60	0,6	<0,1

28/12/2007	107	55	2,7	3,20	0,3	<0,1
30/12/2007	75	35	3,4	3,20	0,2	<0,1
04/01/2008	161	75	2,3	1,40	0,2	<0,1
07/01/2008	87	40	1,6	2,00	0,1	<0,1
11/01/2008	115	55	2,7	2,15	0,2	<0,1
14/01/2008	41	15	2,5	1,90	0,2	<0,1
18/01/2008	87	45	3,5	1,20	0,3	<0,1
21/01/2008	95	40	1,9	1,45	0,1	<0,1
25/01/2008	89	35	1,7	1,13	0,3	<0,1
28/01/2008	145	65	2,3	1,28	0,2	<0,1
02/02/2008	115	45	3,6	1,30	0,3	<0,1
05/02/2008	110	50	2,4	1,35	0,3	<0,1
09/02/2008	85	40	1,7	1,90	0,2	<0,1
12/02/2008	103	45	3,2	1,36	0,4	<0,1
16/02/2008	105	45	1,7	1,60	0,1	<0,1
19/02/2008	130	60	3,1	1,20	0,4	<0,1
23/02/2008	879	485	13,5	1,25	1,2	<0,1
26/02/2008	113	55	2,4	1,25	0,2	<0,1
30/02/2008	297	145	2,8	1,36	0,2	<0,1
02/03/2008	386	180	3,9	1,30	0,4	<0,1
06/03/2008	427	205	4,4	1,36	0,3	<0,1
09/03/2008	395	190	3,4	1,30	0,2	<0,1
13/03/2008	410	200	4,4	1,20	0,3	<0,1
16/03/2008	507	240	5,8	1,66	0,5	<0,1
20/03/2008	511	250	5,7	1,25	0,4	<0,1
23/03/2008	525	255	6,1	1,50	0,5	<0,1
27/03/2008	300	140	3,9	1,30	0,2	<0,1
30/03/2008	365	170	4,6	1,40	0,3	<0,1
04/04/2008	215	100	3,1	1,30	0,2	<0,1
07/04/2008	385	180	3,9	1,20	0,3	<0,1
11/04/2008	284	135	2,6	1,20	0,2	<0,1
14/04/2008	180	75	3,2	3,14	0,3	<0,1
18/04/2008	125	85	3,5	2,87	0,3	<0,1
21/04/2008	302	155	4,7	2,98	0,6	<0,1
25/04/2008	210	95	3,4	3,18	0,6	<0,1
28/04/2008	260	125	7,0	1,15	1,8	<0,1
01/05/2008	210	117	5,0	0,60	1,3	<0,1
05/05/2008	205	80	2,0	0,69	1,6	<0,1
08/05/2008	107	45	3,2	2,60	1,8	<0,1
12/05/2008	215	75	5,2	3,17	5,6	<0,1
15/05/2008	367	167	4,5	2,40	2,4	<0,1
19/05/2008	470	219	3,1	2,00	1,4	<0,1
22/05/2008	558	271	7,7	2,70	0,4	<0,1
26/05/2008	295	164	7,5	0,50	2,8	<0,1
29/05/2008	234	110	2,9	1,80	0,4	<0,1
02/06/2008	216	85	3,6	1,25	0,5	<0,1
05/06/2008	211	90	2,8	1,18	0,3	<0,1
09/06/2008	261	120	4,2	2,90	0,5	<0,1
12/06/2008	197	95	2,9	2,70	0,3	<0,1
16/06/2008	113	60	2,3	2,90	0,2	<0,1

19/06/2008	201	90	3,5	3,60	0,6	<0,1
23/06/2008	107	55	2,7	3,20	0,3	<0,1
26/06/2008	75	35	3,4	3,20	0,2	<0,1
30/06/2008	161	75	2,3	1,40	0,2	<0,1
04/07/2008	87	40	1,6	2,00	0,1	<0,1
07/07/2008	115	55	2,7	2,15	0,2	<0,1
11/07/2008	41	15	2,5	1,90	0,2	<0,1
14/07/2008	87	45	3,5	1,20	0,3	<0,1
17/07/2008	95	40	1,9	1,45	0,1	<0,1
21/07/2008	89	35	1,7	1,13	0,3	<0,1
25/07/2008	145	65	2,3	1,28	0,2	<0,1
28/07/2008	115	45	3,6	1,30	0,3	<0,1
01/08/2008	110	50	2,4	1,35	0,3	<0,1
05/08/2008	85	40	1,7	1,90	0,2	<0,1
08/08/2008	103	45	3,2	1,36	0,4	<0,1
12/08/2008	105	45	1,7	1,60	0,1	<0,1
15/08/2008	130	60	3,1	1,20	0,4	<0,1
19/08/2008	879	485	13,5	1,25	1,2	<0,1
22/08/2008	113	55	2,4	1,25	0,2	<0,1
26/08/2008	297	145	2,8	1,36	0,2	<0,1
29/08/2008	386	180	3,9	1,30	0,4	<0,1
03/09/2008	427	205	4,4	1,36	0,3	<0,1
06/09/2008	395	190	3,4	1,30	0,2	<0,1
10/09/2008	410	200	4,4	1,20	0,3	<0,1
13/09/2008	507	240	5,8	1,66	0,5	<0,1
20/09/2008	511	250	5,7	1,25	0,4	<0,1
24/09/2008	525	255	6,1	1,50	0,5	<0,1
27/09/2008	300	140	3,9	1,30	0,2	<0,1
01/10/2008	365	170	4,6	1,40	0,3	<0,1
05/10/2008	215	100	3,1	1,30	0,2	<0,1
08/10/2008	385	180	3,9	1,20	0,3	<0,1
12/10/2008	284	135	2,6	1,20	0,2	<0,1
15/10/2008	180	75	3,2	3,14	0,3	<0,1
19/10/2008	125	85	3,5	2,87	0,3	<0,1
22/10/2008	302	155	4,7	2,98	0,6	<0,1
26/10/2008	210	95	3,4	3,18	0,6	<0,1
29/10/2008	260	125	7,0	1,15	1,8	<0,1
03/11/2008	210	117	5,0	0,60	1,3	<0,1
06/11/2008	205	80	2,0	0,69	1,6	<0,1
10/11/2008	107	45	3,2	2,60	1,8	<0,1
13/11/2008	215	75	5,2	3,17	5,6	<0,1
17/11/2008	367	167	4,5	2,40	2,4	<0,1
20/11/2008	470	219	3,1	2,00	1,4	<0,1
24/11/2008	558	271	7,7	2,70	0,4	<0,1
27/11/2008	295	164	7,5	0,50	2,8	<0,1
02/12/2008	234	110	2,9	1,80	0,4	<0,1
05/12/2008	216	85	3,6	1,25	0,5	<0,1
09/12/2008	211	90	2,8	1,18	0,3	<0,1
12/12/2008	261	120	4,2	2,90	0,5	<0,1
16/12/2008	197	95	2,9	2,70	0,3	<0,1

19/12/2008	113	60	2,3	2,90	0,2	<0,1
23/12/2008	201	90	3,5	3,60	0,6	<0,1
26/12/2008	107	55	2,7	3,20	0,3	<0,1
29/12/2008	75	35	3,4	3,20	0,2	<0,1
03/01/2009	161	75	2,3	1,40	0,2	<0,1
06/01/2009	87	40	1,6	2,00	0,1	<0,1
10/01/2009	115	55	2,7	2,15	0,2	<0,1
13/01/2009	41	15	2,5	1,90	0,2	<0,1
17/01/2009	87	45	3,5	1,20	0,3	<0,1
20/01/2009	95	40	1,9	1,45	0,1	<0,1
24/01/2009	89	35	1,7	1,13	0,3	<0,1
27/01/2009	145	65	2,3	1,28	0,2	<0,1
31/01/2009	115	45	3,6	1,30	0,3	<0,1
02/02/2009	110	50	2,4	1,35	0,3	<0,1
05/02/2009	85	40	1,7	1,90	0,2	<0,1
09/02/2009	103	45	3,2	1,36	0,4	<0,1
12/02/2009	105	45	1,7	1,60	0,1	<0,1
16/02/2009	130	60	3,1	1,20	0,4	<0,1
19/02/2009	879	485	13,5	1,25	1,2	<0,1
23/02/2009	113	55	2,4	1,25	0,2	<0,1
26/02/2009	297	145	2,8	1,36	0,2	<0,1
01/03/2009	386	180	3,9	1,30	0,4	<0,1
04/03/2009	427	205	4,4	1,36	0,3	<0,1
07/03/2009	395	190	3,4	1,30	0,2	<0,1
11/03/2009	410	200	4,4	1,20	0,3	<0,1
14/03/2009	507	240	5,8	1,66	0,5	<0,1
18/03/2009	511	250	5,7	1,25	0,4	<0,1
21/03/2009	525	255	6,1	1,50	0,5	<0,1
25/03/2009	300	140	3,9	1,30	0,2	<0,1
28/03/2009	365	170	4,6	1,40	0,3	<0,1
02/04/2009	215	100	3,1	1,30	0,2	<0,1
06/04/2009	385	180	3,9	1,20	0,3	<0,1
09/04/2009	284	135	2,6	1,20	0,2	<0,1
13/04/2009	180	75	3,2	3,14	0,3	<0,1
16/04/2009	125	85	3,5	2,87	0,3	<0,1
21/04/2009	302	155	4,7	2,98	0,6	<0,1
23/04/2009	210	95	3,4	3,18	0,6	<0,1
27/04/2009	260	125	7,0	1,15	1,8	<0,1
30/04/2009	210	117	5,0	0,60	1,3	<0,1
02/05/2009	205	80	2,0	0,69	1,6	<0,1
06/05/2009	107	45	3,2	2,60	1,8	<0,1
09/05/2009	215	75	5,2	3,17	5,6	<0,1
13/05/2009	367	167	4,5	2,40	2,4	<0,1
16/05/2009	470	219	3,1	2,00	1,4	<0,1
20/05/2009	558	271	7,7	2,70	0,4	<0,1
23/05/2009	295	164	7,5	0,50	2,8	<0,1
27/05/2009	260	125	7,0	1,15	1,8	<0,1
30/05/2009	210	117	5,0	0,60	1,3	<0,1

Valori relativi al PUNTO 2 (zona industriale)						
Data	COD	BOD	OLI E GR AS SI	TENSIOATTIVI	IPA tota li	PCB
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
03/12/2007	234	110	2,9	1,80	0,4	<0,1
07/12/2007	216	85	3,6	1,25	0,5	<0,1
10/12/2007	211	90	2,8	1,18	0,3	<0,1
14/12/2007	261	120	4,2	2,90	0,5	<0,1
17/12/2007	197	95	2,9	2,70	0,3	<0,1
21/12/2007	113	60	2,3	2,90	0,2	<0,1
24/12/2007	201	90	3,5	3,60	0,6	<0,1
28/12/2007	107	55	2,7	3,20	0,3	<0,1
30/12/2007	75	35	3,4	3,20	0,2	<0,1
04/01/2008	161	75	2,3	1,40	0,2	<0,1
07/01/2008	87	40	1,6	2,00	0,1	<0,1
11/01/2008	115	55	2,7	2,15	0,2	<0,1
14/01/2008	41	15	2,5	1,90	0,2	<0,1
18/01/2008	87	45	3,5	1,20	0,3	<0,1
21/01/2008	95	40	1,9	1,45	0,1	<0,1
25/01/2008	89	35	1,7	1,13	0,3	<0,1
28/01/2008	145	65	2,3	1,28	0,2	<0,1
02/02/2008	115	45	3,6	1,30	0,3	<0,1
05/02/2008	110	50	2,4	1,35	0,3	<0,1
09/02/2008	85	40	1,7	1,90	0,2	<0,1
12/02/2008	103	45	3,2	1,36	0,4	<0,1
16/02/2008	105	45	1,7	1,60	0,1	<0,1
19/02/2008	130	60	3,1	1,20	0,4	<0,1
23/02/2008	879	485	13,5	1,25	1,2	<0,1
26/02/2008	113	55	2,4	1,25	0,2	<0,1
30/02/2008	297	145	2,8	1,36	0,2	<0,1
02/03/2008	386	180	3,9	1,30	0,4	<0,1
06/03/2008	427	205	4,4	1,36	0,3	<0,1
09/03/2008	395	190	3,4	1,30	0,2	<0,1
13/03/2008	410	200	4,4	1,20	0,3	<0,1
16/03/2008	507	240	5,8	1,66	0,5	<0,1
20/03/2008	511	250	5,7	1,25	0,4	<0,1

23/03/2008	525	255	6,1	1,50	0,5	<0,1
27/03/2008	300	140	3,9	1,30	0,2	<0,1
30/03/2008	365	170	4,6	1,40	0,3	<0,1
04/04/2008	215	100	3,1	1,30	0,2	<0,1
07/04/2008	385	180	3,9	1,20	0,3	<0,1
11/04/2008	284	135	2,6	1,20	0,2	<0,1
14/04/2008	180	75	3,2	3,14	0,3	<0,1
18/04/2008	125	85	3,5	2,87	0,3	<0,1
21/04/2008	302	155	4,7	2,98	0,6	<0,1
25/04/2008	210	95	3,4	3,18	0,6	<0,1
28/04/2008	260	125	7,0	1,15	1,8	<0,1
01/05/2008	210	117	5,0	0,60	1,3	<0,1
05/05/2008	205	80	2,0	0,69	1,6	<0,1
08/05/2008	107	45	3,2	2,60	1,8	<0,1
12/05/2008	215	75	5,2	3,17	5,6	<0,1
15/05/2008	367	167	4,5	2,40	2,4	<0,1
19/05/2008	470	219	3,1	2,00	1,4	<0,1
22/05/2008	558	271	7,7	2,70	0,4	<0,1
26/05/2008	295	164	7,5	0,50	2,8	<0,1
29/05/2008	234	110	2,9	1,80	0,4	<0,1
02/06/2008	216	85	3,6	1,25	0,5	<0,1
05/06/2008	211	90	2,8	1,18	0,3	<0,1
09/06/2008	261	120	4,2	2,90	0,5	<0,1
12/06/2008	197	95	2,9	2,70	0,3	<0,1
16/06/2008	113	60	2,3	2,90	0,2	<0,1
19/06/2008	201	90	3,5	3,60	0,6	<0,1
23/06/2008	107	55	2,7	3,20	0,3	<0,1
26/06/2008	75	35	3,4	3,20	0,2	<0,1
30/06/2008	161	75	2,3	1,40	0,2	<0,1
04/07/2008	87	40	1,6	2,00	0,1	<0,1
07/07/2008	115	55	2,7	2,15	0,2	<0,1
11/07/2008	41	15	2,5	1,90	0,2	<0,1
14/07/2008	87	45	3,5	1,20	0,3	<0,1
17/07/2008	95	40	1,9	1,45	0,1	<0,1
21/07/2008	89	35	1,7	1,13	0,3	<0,1
25/07/2008	145	65	2,3	1,28	0,2	<0,1
28/07/2008	115	45	3,6	1,30	0,3	<0,1
01/08/2008	110	50	2,4	1,35	0,3	<0,1
05/08/2008	85	40	1,7	1,90	0,2	<0,1
08/08/2008	103	45	3,2	1,36	0,4	<0,1
12/08/2008	105	45	1,7	1,60	0,1	<0,1
15/08/2008	130	60	3,1	1,20	0,4	<0,1
19/08/2008	879	485	13,5	1,25	1,2	<0,1
22/08/2008	113	55	2,4	1,25	0,2	<0,1
26/08/2008	297	145	2,8	1,36	0,2	<0,1
29/08/2008	386	180	3,9	1,30	0,4	<0,1
03/09/2008	427	205	4,4	1,36	0,3	<0,1
06/09/2008	395	190	3,4	1,30	0,2	<0,1
10/09/2008	410	200	4,4	1,20	0,3	<0,1
13/09/2008	507	240	5,8	1,66	0,5	<0,1

20/09/2008	511	250	5,7	1,25	0,4	<0,1
24/09/2008	525	255	6,1	1,50	0,5	<0,1
27/09/2008	300	140	3,9	1,30	0,2	<0,1
01/10/2008	365	170	4,6	1,40	0,3	<0,1
05/10/2008	215	100	3,1	1,30	0,2	<0,1
08/10/2008	385	180	3,9	1,20	0,3	<0,1
12/10/2008	284	135	2,6	1,20	0,2	<0,1
15/10/2008	180	75	3,2	3,14	0,3	<0,1
19/10/2008	125	85	3,5	2,87	0,3	<0,1
22/10/2008	302	155	4,7	2,98	0,6	<0,1
26/10/2008	210	95	3,4	3,18	0,6	<0,1
29/10/2008	260	125	7,0	1,15	1,8	<0,1
03/11/2008	210	117	5,0	0,60	1,3	<0,1
06/11/2008	205	80	2,0	0,69	1,6	<0,1
10/11/2008	107	45	3,2	2,60	1,8	<0,1
13/11/2008	215	75	5,2	3,17	5,6	<0,1
17/11/2008	367	167	4,5	2,40	2,4	<0,1
20/11/2008	470	219	3,1	2,00	1,4	<0,1
24/11/2008	558	271	7,7	2,70	0,4	<0,1
27/11/2008	295	164	7,5	0,50	2,8	<0,1
02/12/2008	234	110	2,9	1,80	0,4	<0,1
05/12/2008	216	85	3,6	1,25	0,5	<0,1
09/12/2008	211	90	2,8	1,18	0,3	<0,1
12/12/2008	261	120	4,2	2,90	0,5	<0,1
16/12/2008	197	95	2,9	2,70	0,3	<0,1
19/12/2008	113	60	2,3	2,90	0,2	<0,1
23/12/2008	201	90	3,5	3,60	0,6	<0,1
26/12/2008	107	55	2,7	3,20	0,3	<0,1
29/12/2008	75	35	3,4	3,20	0,2	<0,1
03/01/2009	161	75	2,3	1,40	0,2	<0,1
06/01/2009	87	40	1,6	2,00	0,1	<0,1
10/01/2009	115	55	2,7	2,15	0,2	<0,1
13/01/2009	41	15	2,5	1,90	0,2	<0,1
17/01/2009	87	45	3,5	1,20	0,3	<0,1
20/01/2009	95	40	1,9	1,45	0,1	<0,1
24/01/2009	89	35	1,7	1,13	0,3	<0,1
27/01/2009	145	65	2,3	1,28	0,2	<0,1
31/01/2009	115	45	3,6	1,30	0,3	<0,1
02/02/2009	110	50	2,4	1,35	0,3	<0,1
05/02/2009	85	40	1,7	1,90	0,2	<0,1
09/02/2009	103	45	3,2	1,36	0,4	<0,1
12/02/2009	105	45	1,7	1,60	0,1	<0,1
16/02/2009	130	60	3,1	1,20	0,4	<0,1
19/02/2009	879	485	13,5	1,25	1,2	<0,1
23/02/2009	113	55	2,4	1,25	0,2	<0,1
26/02/2009	297	145	2,8	1,36	0,2	<0,1
01/03/2009	386	180	3,9	1,30	0,4	<0,1
04/03/2009	427	205	4,4	1,36	0,3	<0,1
07/03/2009	395	190	3,4	1,30	0,2	<0,1
11/03/2009	410	200	4,4	1,20	0,3	<0,1

14/03/2009	507	240	5,8	1,66	0,5	<0,1
18/03/2009	511	250	5,7	1,25	0,4	<0,1
21/03/2009	525	255	6,1	1,50	0,5	<0,1
25/03/2009	300	140	3,9	1,30	0,2	<0,1
28/03/2009	365	170	4,6	1,40	0,3	<0,1
02/04/2009	215	100	3,1	1,30	0,2	<0,1
06/04/2009	385	180	3,9	1,20	0,3	<0,1
09/04/2009	284	135	2,6	1,20	0,2	<0,1
13/04/2009	180	75	3,2	3,14	0,3	<0,1
16/04/2009	125	85	3,5	2,87	0,3	<0,1
21/04/2009	302	155	4,7	2,98	0,6	<0,1
23/04/2009	210	95	3,4	3,18	0,6	<0,1
27/04/2009	260	125	7,0	1,15	1,8	<0,1
30/04/2009	210	117	5,0	0,60	1,3	<0,1
02/05/2009	205	80	2,0	0,69	1,6	<0,1
06/05/2009	107	45	3,2	2,60	1,8	<0,1
09/05/2009	215	75	5,2	3,17	5,6	<0,1
13/05/2009	367	167	4,5	2,40	2,4	<0,1
16/05/2009	470	219	3,1	2,00	1,4	<0,1
20/05/2009	558	271	7,7	2,70	0,4	<0,1
23/05/2009	295	164	7,5	0,50	2,8	<0,1
27/05/2009	260	125	7,0	1,15	1,8	<0,1
30/05/2009	210	117	5,0	0,60	1,3	<0,1

Valori relativi al PUNTO 2 (zona industriale)							
Data	Cromo	Cadmio	Rame	Cromo VI	Zinco	Piombo	Solventi Organici
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	pres/ass
03/12/2007	28,0	<0,02	7,30	<0,5	4,60	1,10	PRESENTI
07/12/2007	50,1	<0,02	4,20	<0,5	0,01	2,10	PRESENTI
10/12/2007	39,6	<0,02	2,70	<0,5	3,80	1,40	PRESENTI
14/12/2007	29,1	<0,02	0,09	<0,5	0,08	<0,03	PRESENTI
17/12/2007	57,1	<0,02	<0,01	<0,5	0,03	<0,03	PRESENTI
21/12/2007	43,0	<0,02	<0,01	<0,5	0,07	<0,03	PRESENTI
24/12/2007	30,8	<0,02	0,04	<0,5	0,17	<0,03	PRESENTI
28/12/2007	30,5	<0,02	0,05	<0,5	0,15	0,03	PRESENTI
30/12/2007	41,2	<0,02	0,14	<0,5	0,15	<0,03	PRESENTI
04/01/2008	34,9	<0,02	0,06	<0,5	0,20	<0,03	PRESENTI
07/01/2008	34,2	<0,02	0,09	<0,5	0,16	0,03	PRESENTI
11/01/2008	33,5	<0,02	0,06	<0,5	0,15	<0,03	PRESENTI
14/01/2008	32,7	<0,02	0,06	<0,5	0,20	<0,03	PRESENTI
18/01/2008	57,2	<0,02	0,09	<0,5	0,31	<0,03	PRESENTI
21/01/2008	44,0	<0,02	0,10	<0,5	0,27	<0,03	PRESENTI
25/01/2008	30,2	<0,02	0,05	<0,5	0,14	<0,03	PRESENTI
28/01/2008	30,1	<0,02	0,02	<0,5	0,06	<0,03	PRESENTI
02/02/2008	34,2	<0,02	0,18	<0,5	0,54	<0,03	PRESENTI
05/02/2008	33,5	<0,02	0,03	<0,5	0,12	<0,03	PRESENTI
09/02/2008	32,7	<0,02	0,08	<0,5	0,18	<0,03	PRESENTI
12/02/2008	57,2	<0,02	0,13	<0,5	0,42	<0,03	PRESENTI

16/02/2008	44,0	<0,02	0,14	<0,5	0,27	<0,03	PRESENTI
19/02/2008	30,2	<0,02	0,08	<0,5	0,36	<0,03	PRESENTI
23/02/2008	30,1	<0,02	0,10	<0,5	0,36	<0,03	PRESENTI
26/02/2008	33,4	<0,02	0,15	<0,5	0,36	<0,03	PRESENTI
30/02/2008	34,9	<0,02	0,13	0,17	0,36	<0,03	PRESENTI
02/03/2008	33,5	<0,02	0,13	<0,5	0,36	<0,03	PRESENTI
06/03/2008	32,7	<0,04	103,6	<0,5	1,58	5,8	PRESENTI
09/03/2008	57,2	<0,04	96,2	<0,5	0,97	8,3	PRESENTI
13/03/2008	44,0	<0,04	21,6	<0,5	0,65	9,6	PRESENTI
16/03/2008	30,2	<0,04	66,5	<0,5	0,41	11,3	PRESENTI
20/03/2008	30,1	<0,04	66,1	<0,5	0,50	8,5	PRESENTI
23/03/2008	33,4	<0,04	60,9	<0,5	0,54	9,0	PRESENTI
27/03/2008	33,9	<0,04	82,0	<0,5	0,47	6,2	PRESENTI
30/03/2008	34,4	<0,04	106,0	<0,5	0,61	15,3	PRESENTI
04/04/2008	35,5	<0,04	40,2	<0,5	0,28	6,2	PRESENTI
07/04/2008	36,0	<0,04	22,9	<0,5	0,31	2,8	PRESENTI
11/04/2008	57,3	<0,02	7,30	<0,5	4,60	1,83	PRESENTI
14/04/2008	45,0	<0,02	4,20	<0,5	0,01	1,98	PRESENTI
18/04/2008	30,0	<0,02	2,70	<0,5	3,80	2,13	PRESENTI
21/04/2008	30,1	<0,02	0,09	<0,5	0,08	<0,03	PRESENTI
25/04/2008	32,0	<0,02	<0,01	<0,5	0,03	<0,03	PRESENTI
28/04/2008	31,3	<0,02	<0,01	<0,5	0,07	<0,03	PRESENTI
01/05/2008	29,9	<0,02	0,04	<0,5	0,17	<0,03	PRESENTI
05/05/2008	57,3	<0,02	0,05	<0,5	0,15	1,03	PRESENTI
08/05/2008	45,0	<0,02	0,14	<0,5	0,15	<0,03	PRESENTI
12/05/2008	30,0	<0,02	0,06	<0,5	0,20	<0,03	PRESENTI
15/05/2008	30,1	<0,02	0,09	<0,5	0,16	1,03	PRESENTI
19/05/2008	34,4	<0,02	0,06	<0,5	0,15	<0,03	PRESENTI
22/05/2008	32,0	<0,02	0,06	<0,5	0,20	<0,03	PRESENTI
26/05/2008	31,3	<0,02	0,09	<0,5	0,31	<0,03	PRESENTI
29/05/2008	30,6	<0,02	0,10	<0,5	0,27	1,83	PRESENTI
02/06/2008	57,3	<0,02	0,05	<0,5	0,14	1,98	PRESENTI
05/06/2008	45,0	<0,02	0,02	<0,5	0,06	2,13	PRESENTI
09/06/2008	30,4	<0,02	0,18	<0,5	0,54	<0,03	PRESENTI
12/06/2008	30,7	<0,02	0,03	<0,5	0,12	<0,03	PRESENTI
16/06/2008	36,5	<0,02	0,08	<0,5	0,18	<0,03	PRESENTI
19/06/2008	37,0	<0,02	0,13	<0,5	0,42	<0,03	PRESENTI
23/06/2008	37,5	<0,02	0,14	<0,5	0,27	1,03	PRESENTI
26/06/2008	38,0	<0,02	0,08	<0,5	0,36	<0,03	PRESENTI
30/06/2008	38,6	<0,02	0,10	<0,5	0,36	<0,03	PRESENTI
04/07/2008	57,4	<0,02	0,15	<0,5	0,36	1,03	PRESENTI
07/07/2008	46,0	<0,02	0,13	1,17	0,36	<0,03	PRESENTI
11/07/2008	30,2	<0,04	0,13	<0,5	0,36	<0,03	PRESENTI
14/07/2008	30,3	<0,04	7,30	<0,5	1,58	<0,03	PRESENTI
17/07/2008	29,1	<0,04	4,20	<0,5	0,97	<0,03	PRESENTI
21/07/2008	28,4	<0,02	2,70	<0,5	0,65	<0,03	PRESENTI
25/07/2008	27,7	<0,02	0,09	<0,5	0,41	<0,03	PRESENTI
28/07/2008	27,0	<0,02	<0,01	<0,5	0,50	<0,03	PRESENTI
01/08/2008	46,0	<0,02	<0,01	<0,5	0,54	<0,03	PRESENTI
05/08/2008	30,2	<0,02	0,04	<0,5	0,47	<0,03	PRESENTI

08/08/2008	30,3	<0,02	0,05	<0,5	0,61	<0,03	PRESENTI
12/08/2008	35,4	<0,02	0,14	<0,5	0,28	<0,03	PRESENTI
15/08/2008	29,1	<0,02	0,06	<0,5	0,31	<0,03	PRESENTI
19/08/2008	28,4	<0,02	0,09	<0,5	4,60	<0,03	PRESENTI
22/08/2008	27,7	<0,02	0,06	<0,5	0,01	<0,03	PRESENTI
26/08/2008	27,0	<0,02	0,06	<0,5	3,80	<0,03	PRESENTI
29/08/2008	57,4	<0,02	0,09	<0,5	0,08	<0,03	PRESENTI
03/09/2008	30,10	<0,02	0,10	<0,5	0,03	2,7	PRESENTI
06/09/2008	30,13	<0,02	0,05	<0,5	0,07	2,1	PRESENTI
10/09/2008	39,6	<0,02	0,02	<0,5	0,17	1,5	PRESENTI
13/09/2008	40,1	<0,02	0,18	<0,5	0,15	0,9	PRESENTI
20/09/2008	40,6	<0,04	0,03	<0,5	0,15	0,3	PRESENTI
24/09/2008	41,1	<0,04	0,08	<0,5	0,20	-0,3	PRESENTI
27/09/2008	41,7	<0,04	0,13	<0,5	0,16	-0,9	PRESENTI
01/10/2008	57,5	<0,04	0,14	<0,5	0,15	1,5	PRESENTI
05/10/2008	47,0	<0,04	0,08	<0,5	0,20	2,1	PRESENTI
08/10/2008	30,4	<0,04	0,10	<0,5	0,31	2,7	PRESENTI
12/10/2008	30,5	<0,04	0,15	<0,5	0,27	3,29	PRESENTI
15/10/2008	26,3	<0,04	0,13	<0,5	0,14	3,88	PRESENTI
19/10/2008	25,5	<0,02	0,13	<0,5	0,06	4,48	PRESENTI
22/10/2008	24,8	<0,02	7,30	<0,5	0,54	<0,03	PRESENTI
26/10/2008	24,1	<0,02	4,20	<0,5	0,12	<0,03	PRESENTI
29/10/2008	57,5	<0,02	2,70	<0,5	0,18	<0,03	PRESENTI
03/11/2008	30,4	<0,02	0,09	<0,5	0,42	<0,03	PRESENTI
06/11/2008	30,5	<0,02	<0,01	<0,5	0,27	2,03	PRESENTI
10/11/2008	36,4	<0,02	<0,01	<0,5	0,36	<0,03	PRESENTI
13/11/2008	26,3	<0,02	0,04	<0,5	0,36	<0,03	PRESENTI
17/11/2008	25,5	<0,02	0,05	<0,5	0,36	2,03	PRESENTI
20/11/2008	24,8	<0,02	0,14	2,17	0,36	<0,03	PRESENTI
24/11/2008	24,1	<0,02	0,06	<0,5	0,36	<0,03	PRESENTI
27/11/2008	57,5	<0,02	0,09	<0,5	1,58	<0,03	PRESENTI
02/12/2008	30,16	<0,02	0,06	<0,5	0,97	2,28	PRESENTI
05/12/2008	30,19	<0,02	0,06	<0,5	0,65	2,43	PRESENTI
09/12/2008	42,7	<0,02	0,09	<0,5	0,41	2,58	PRESENTI
12/12/2008	43,2	<0,02	0,10	<0,5	0,50	<0,03	PRESENTI
16/12/2008	43,7	<0,04	0,05	<0,5	0,54	<0,03	PRESENTI
19/12/2008	44,2	<0,04	0,02	<0,5	0,47	<0,03	PRESENTI
23/12/2008	44,8	<0,04	0,18	<0,5	0,61	1,83	PRESENTI
26/12/2008	45,3	<0,04	0,03	<0,5	0,28	1,98	PRESENTI
29/12/2008	57,6	<0,04	0,08	<0,5	0,31	2,13	PRESENTI
03/01/2009	30,6	<0,04	0,13	<0,5	4,60	<0,03	PRESENTI
06/01/2009	30,7	<0,04	0,14	<0,5	0,01	<0,03	PRESENTI
10/01/2009	23,4	<0,04	0,08	<0,5	3,80	<0,03	PRESENTI
13/01/2009	22,7	<0,04	0,10	<0,5	0,08	<0,03	PRESENTI
17/01/2009	21,9	<0,04	0,15	<0,5	0,03	1,03	PRESENTI
20/01/2009	21,2	<0,02	0,13	<0,5	0,07	<0,03	PRESENTI
24/01/2009	57,6	<0,02	0,13	<0,5	0,17	<0,03	PRESENTI
27/01/2009	48,0	<0,02	7,30	<0,5	0,15	1,03	PRESENTI
31/01/2009	30,6	<0,02	4,20	<0,5	0,15	<0,03	PRESENTI
02/02/2009	37,4	<0,02	2,70	<0,5	0,20	<0,03	PRESENTI

05/02/2009	23,4	<0,02	0,09	<0,5	0,16	<0,03	PRESENTI
09/02/2009	22,7	<0,02	<0,01	<0,5	0,15	<0,03	PRESENTI
12/02/2009	21,9	<0,02	<0,01	<0,5	0,20	<0,03	PRESENTI
16/02/2009	21,2	<0,02	0,04	<0,5	0,31	<0,03	PRESENTI
19/02/2009	57,6	<0,02	0,05	<0,5	0,27	<0,03	PRESENTI
23/02/2009	48,0	<0,02	0,14	<0,5	0,14	<0,03	PRESENTI
26/02/2009	30,22	<0,02	0,06	<0,5	0,06	<0,03	PRESENTI
01/03/2009	45,8	<0,02	0,09	<0,5	0,54	<0,03	PRESENTI
04/03/2009	46,3	<0,02	0,06	<0,5	0,12	<0,03	PRESENTI
07/03/2009	46,8	<0,02	0,06	<0,5	0,18	<0,03	PRESENTI
11/03/2009	47,3	<0,02	0,09	<0,5	0,42	<0,03	PRESENTI
14/03/2009	47,9	<0,02	0,10	<0,5	0,27	<0,03	PRESENTI
18/03/2009	48,4	<0,02	0,05	<0,5	0,36	<0,03	PRESENTI
21/03/2009	57,7	<0,02	0,02	<0,5	0,36	<0,03	PRESENTI
25/03/2009	49,0	<0,02	0,18	<0,5	0,36	2,7	PRESENTI
28/03/2009	30,8	<0,02	0,03	3,17	0,36	2,1	PRESENTI
02/04/2009	20,5	<0,02	0,08	<0,5	0,36	1,5	PRESENTI
06/04/2009	19,8	<0,02	0,13	<0,5	1,58	0,9	PRESENTI
09/04/2009	19,1	<0,02	0,14	<0,5	0,97	0,3	PRESENTI
13/04/2009	18,3	<0,02	0,08	<0,5	0,65	0,3	PRESENTI
16/04/2009	57,7	<0,02	0,10	<0,5	0,41	0,9	PRESENTI
21/04/2009	49,0	<0,04	0,15	<0,5	0,50	1,5	PRESENTI
23/04/2009	30,8	<0,04	0,13	<0,5	0,54	2,1	PRESENTI
27/04/2009	30,9	<0,04	0,13	<0,5	0,47	2,7	PRESENTI
30/04/2009	38,4	<0,02	7,30	<0,5	0,61	3,29	PRESENTI
02/05/2009	19,8	<0,02	4,20	<0,5	0,28	3,88	PRESENTI
06/05/2009	19,1	<0,02	2,70	<0,5	0,31	4,48	PRESENTI
09/05/2009	18,3	<0,02	0,09	<0,5	0,36	<0,03	PRESENTI
13/05/2009	57,7	<0,02	<0,01	<0,5	0,36	<0,03	PRESENTI
16/05/2009	49,0	<0,02	<0,01	<0,5	0,36	<0,03	PRESENTI
20/05/2009	30,28	<0,02	0,04	<0,5	0,36	<0,03	PRESENTI
23/05/2009	30,31	<0,02	0,05	<0,5	1,58	2,03	PRESENTI
27/05/2009	48,9	<0,02	0,14	<0,5	0,97	<0,03	PRESENTI
30/05/2009	49,4	<0,02	0,06	<0,5	0,65	<0,03	PRESENTI

Medie mensili PUNTO 2 (zona industriale)

DATA	COD	BOD ₅	OLI E GR AS SI	TENSIOATTIVI	IPA	PCB
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/L
dicembre-07	179,44	82,22	3,14	2,53	0,37	<0,1
gennaio-08	102,50	46,25	2,31	1,56	0,20	<0,1
febbraio-08	215,22	107,78	3,82	1,40	0,37	<0,1
marzo-08	425,11	203,33	4,69	1,36	0,34	<0,1
aprile-08	245,13	118,75	3,93	2,13	0,54	<0,1

maggio-08	295,67	138,67	4,57	1,83	1,97	<0,1
giugno-08	171,33	78,33	3,08	2,48	0,34	<0,1
luglio-08	96,75	42,50	2,48	1,55	0,21	<0,1
agosto-08	245,33	122,78	3,86	1,40	0,38	<0,1
settembre-08	439,29	211,43	4,81	1,37	0,34	<0,1
ottobre-08	258,44	124,44	4,00	2,05	0,51	<0,1
novembre-08	303,38	142,25	4,78	1,83	2,16	<0,1
dicembre-08	179,44	82,22	3,14	2,53	0,37	<0,1
gennaio-09	103,89	46,11	2,46	1,53	0,21	<0,1
febbraio-09	227,75	115,63	3,85	1,41	0,38	<0,1
marzo-09	425,11	203,33	4,69	1,36	0,34	<0,1
aprile-09	241,22	118,56	4,04	1,96	0,62	<0,1
maggio-09	298,56	140,33	5,02	1,76	2,12	<0,1

Medie mensili PUNTO 2 (zona industriale)						
DATA	Cromo	Cadmio	Rame	Cromo VI	Zinco	Piombo
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
dicembre-07	38,5	<0,02	2,07	<0,5	1,01	1,16
gennaio-08	35,9	<0,02	0,07	<0,5	0,19	0,03
febbraio-08	35,4	<0,02	0,11	<0,5	0,33	<0,03
marzo-08	35,3	<0,02	67,00	<0,5	0,68	9,25
aprile-08	36,0	<0,02	12,90	<0,5	1,15	2,99
maggio-08	33,9	<0,02	0,08	<0,5	0,20	1,30
giugno-08	38,8	<0,02	0,09	<0,5	0,27	1,72
luglio-08	31,6	<0,02	2,10	<0,5	0,65	1,03
agosto-08	32,3	<0,02	0,07	<0,5	1,19	<0,03
settembre-08	40,6	<0,02	0,08	<0,5	0,13	0,88
ottobre-08	29,5	<0,02	1,66	<0,5	0,22	2,99
novembre-08	27,4	<0,02	0,08	<0,5	0,51	2,03
dicembre-08	44,0	<0,02	0,07	<0,5	0,53	2,21
gennaio-09	27,4	<0,02	1,37	<0,5	1,01	1,03
febbraio-09	29,1	<0,02	0,51	<0,5	0,19	<0,03
marzo-09	47,4	<0,02	0,08	<0,5	0,33	2,37
aprile-09	27,5	<0,02	0,92	<0,5	0,68	1,49
maggio-09	34,08	<0,02	1,04	<0,5	0,58	3,46

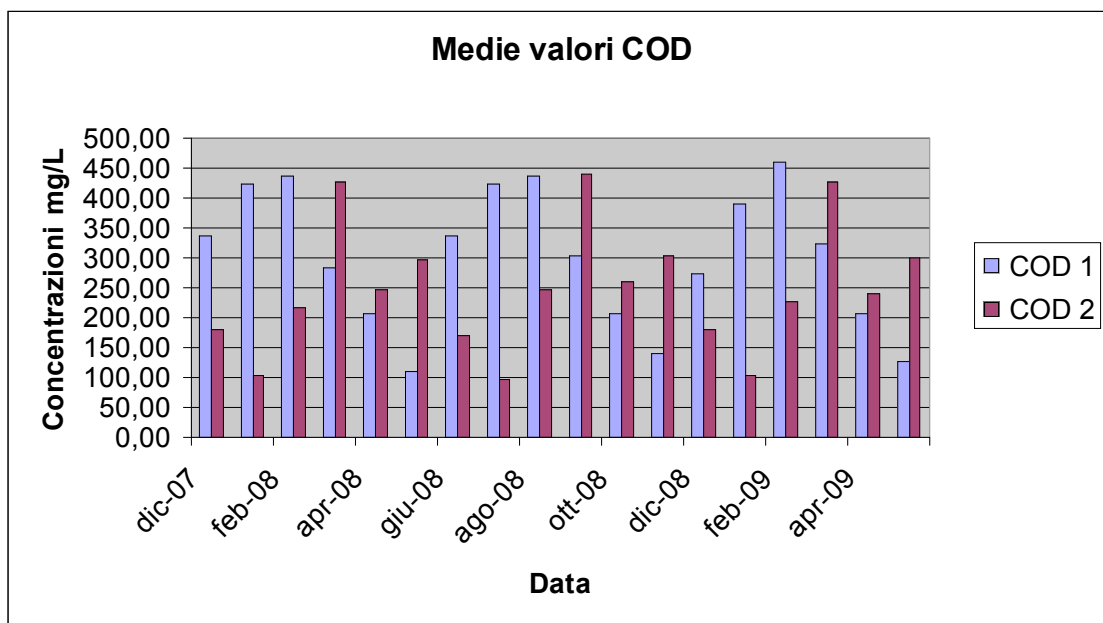
I grafici riportati rappresentano l'andamento medio mensile di ciascun parametro nel tempo, sia dei valori che rappresentano il punto 1 "zona urbana" e sia il punto 2 che rappresenta la "zona industriale".

I parametri PCB, Cadmio, Cromo VI, Solventi Organici analizzati non sono stati rappresentati da un grafico, poiché il dato rilevato è sempre lo stesso nel tempo.

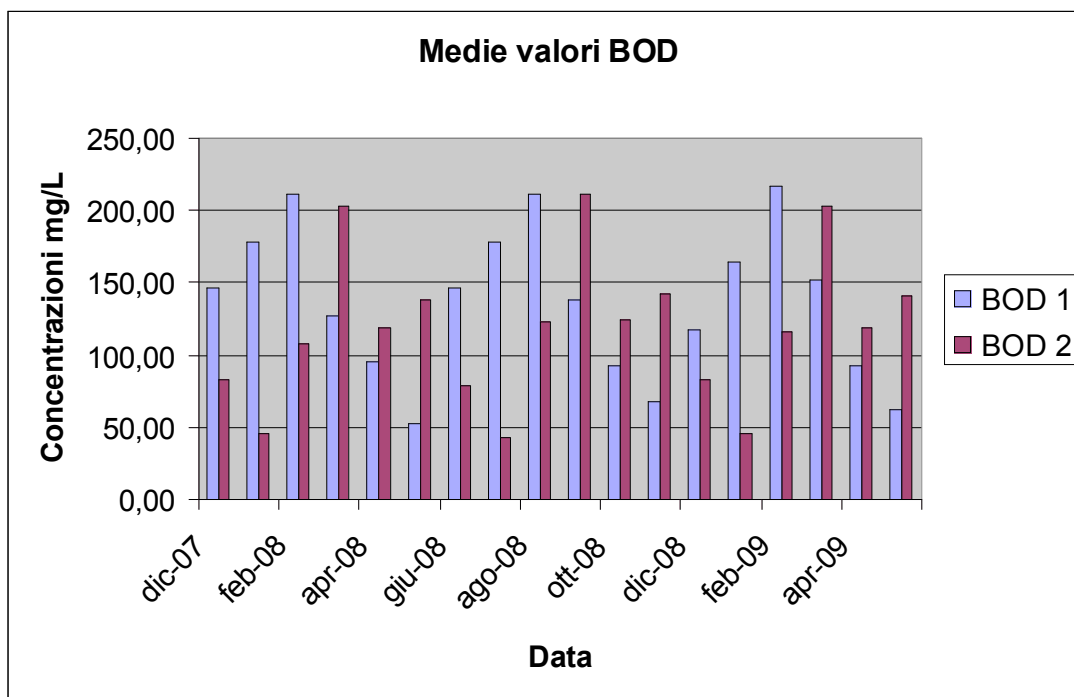
I grafici mostrano l'andamento delle analisi effettuate COD nei due punti di campionamento, indicando con COD 1 il parametro relativo alla zona urbana e con COD 2 il parametro relativo alla zona industriale.

Come è possibile rilevare i picchi più alti appartengono alla zona urbana, che però dovrebbe contenere soltanto liquami civili e/o industriali pre-trattati. Ciò fa pensare, quindi, che la vasta area coperta dal depuratore (34 comuni tra le province di Napoli ed Avellino) possa essere oggetto di scarichi abusivi di liquami di origine industriale non pre-trattati.

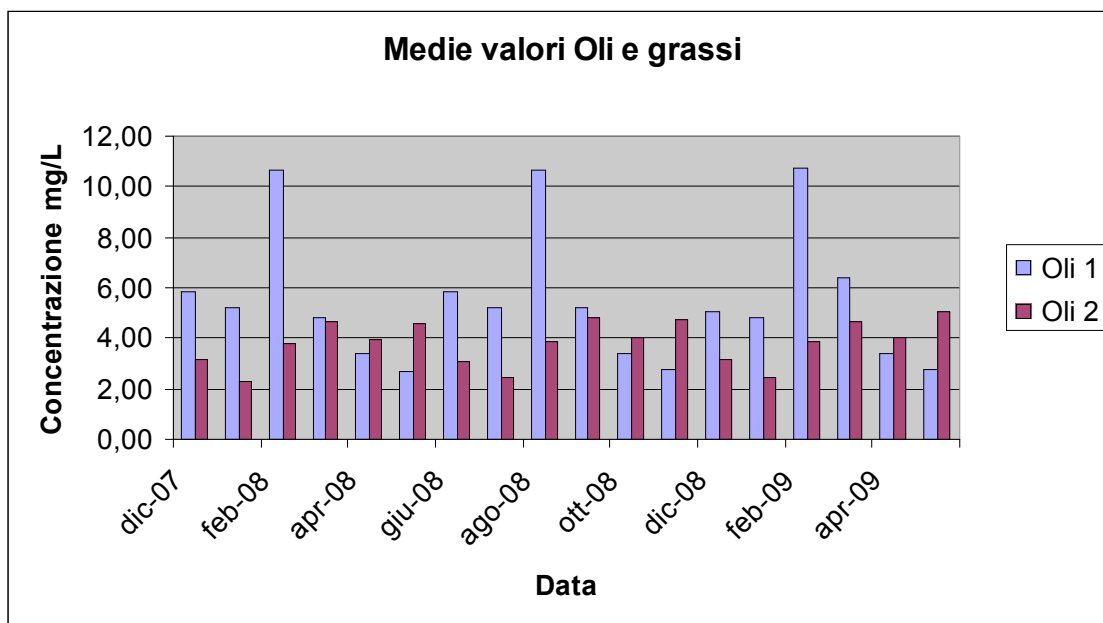
Inoltre si notano valori più elevati di COD durante i mesi primaverili rispetto ai mesi estivi dovuti probabilmente alla chiusura estiva degli insediamenti produttivi, che privano il refluo in arrivo di alcune componenti inquinanti industriali.



Per quanto riguarda il BOD₅ i valori sono ovviamente contenuti in quelli del COD e rispecchiano lo stesso trend, ossia rileviamo valori più elevati durante i mesi primaverili rispetto ai mesi estivi e ritroviamo i picchi più alti nella zona urbana. Dai grafici si evince inoltre che nella zona urbana il carico di contaminanti ottenuto nel corso della settimana è più elevato rispetto a quello individuato ad inizio settimana, ciò potrebbe essere causato da eventuali sversamenti produttivi pretrattati o, addirittura abusivi non trattati, che avverrebbero più facilmente durante i giorni lavorativi della settimana anziché nel week-end.

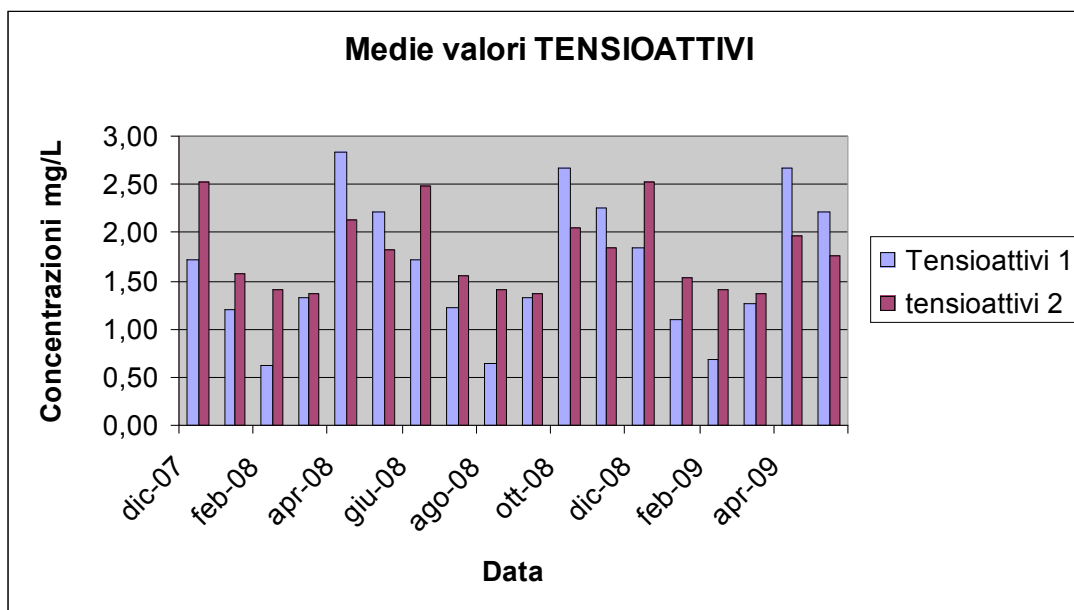


I grafici relativi agli oli e grassi seguono un andamento molto simile a quello del COD e del BOD₅, per cui si ritrovano valori più elevati durante i mesi primaverili rispetto ai mesi estivi e si rilevano i picchi più alti nella zona urbana. In seguito vedremo che il simile andamento del COD, BOD₅, e degli oli e grassi è confermato da un $R^2 \geq 0,8$ (indice di correlazione significativo all'1 %).

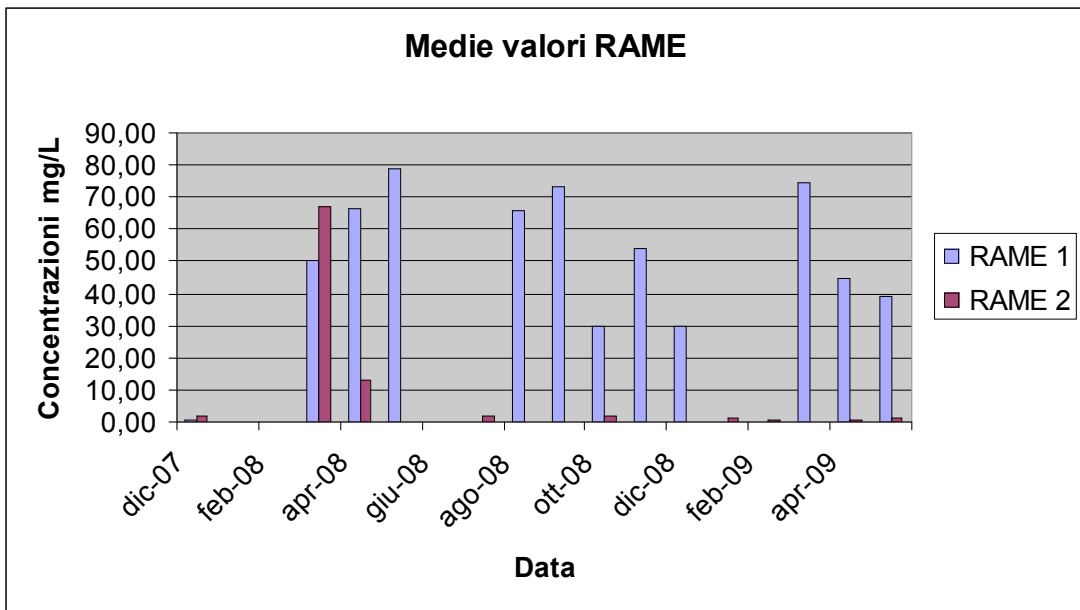
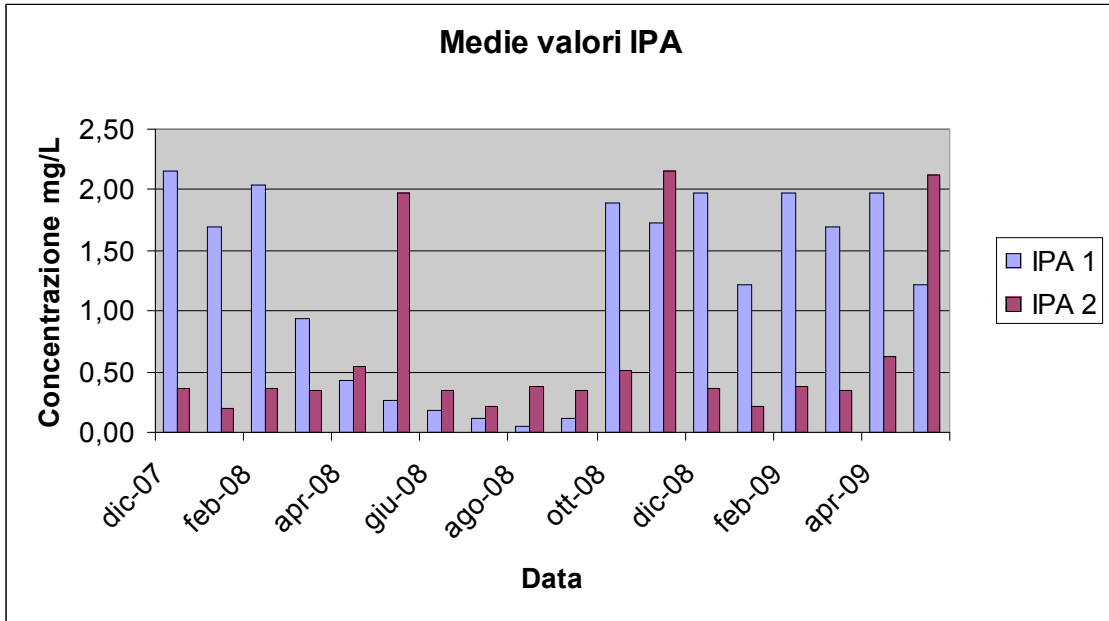


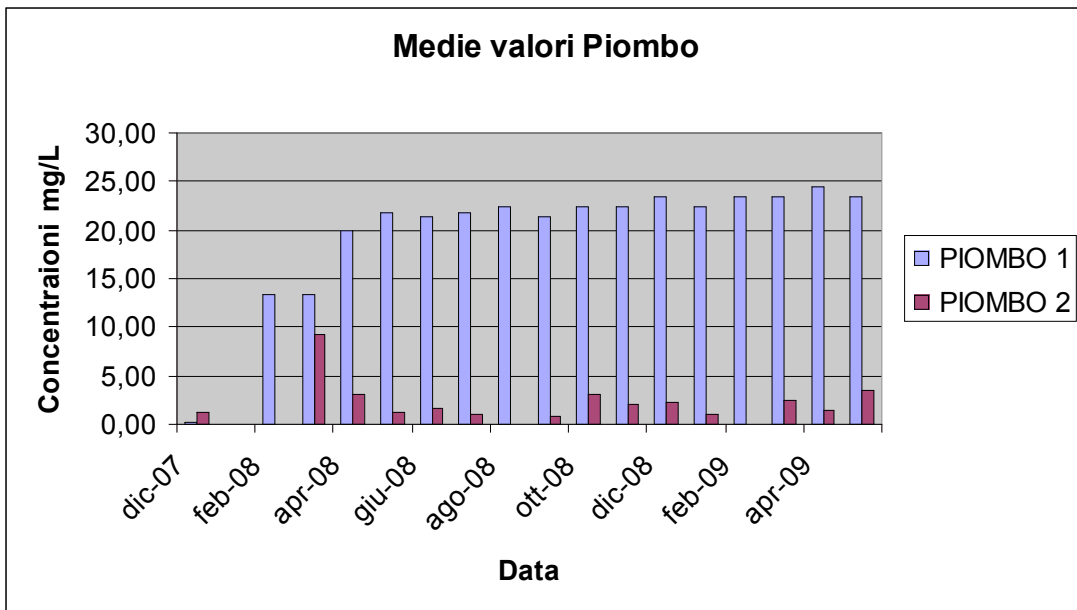
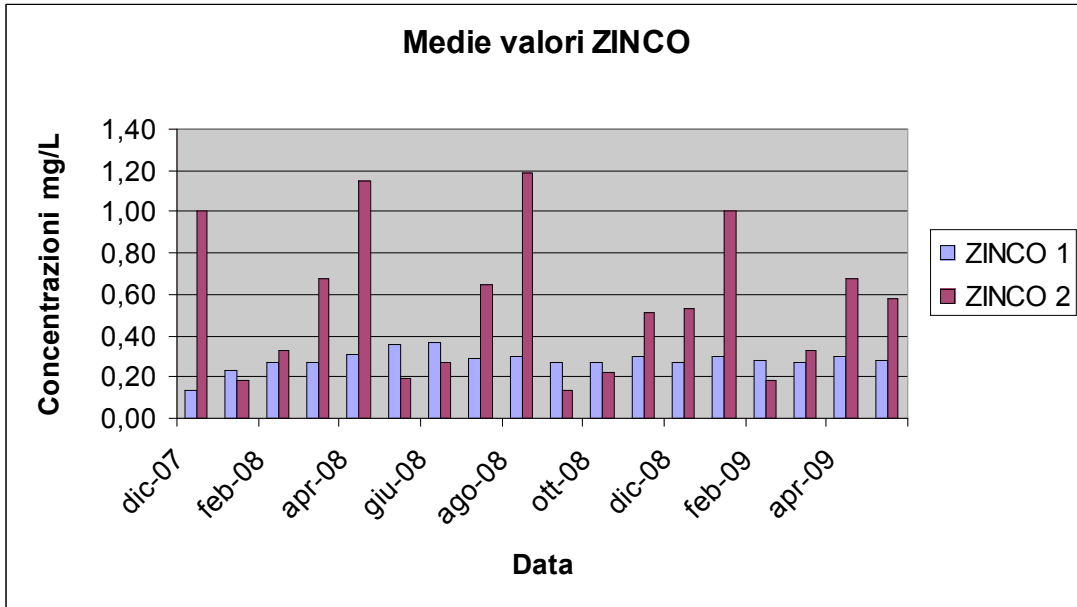
I grafici relativi ai tensioattivi seguono un andamento diverso dagli altri parametri esaminati fino ad ora, infatti si ritrovano valori più elevati durante i mesi estivi rispetto ai mesi primaverili. Anche in questo caso il carico di contaminanti individuato nella zona urbana nel corso della settimana è più alto rispetto a quello dell'inizio settimana.

L'ipotesi che è possibile proporre, per motivare questo opposto andamento, è che con l'approssimarsi del periodo di chiusura estiva degli insediamenti produttivi (immediatamente prima e/o dopo) le aziende facciano largo uso di sostanze detergenti (tensioattivi appunto) per operare pulizie di serbatoi, vasche d'accumulo, macchinari e altro.



Per quanto riguarda gli idrocarburi policiclici aromatici i valori rilevati nella zona urbana e quelli rilevati nella zona industriale sono molto simili tra loro. Nel mese di marzo notiamo un picco elevatissimo (6 mg/l) nel refluo proveniente dalla zona urbana dovuto probabilmente a uno scarico abusivo; nella stessa giornata ritroviamo anche nel refluo proveniente dalla zona industriale un valore molto elevato (5,6 mg/l). Anche per gli IPA le concentrazioni sono molto più alte nei mesi primaverili rispetto agli estivi. Anche questo parametro, quindi, indica che non esiste una reale distinzione fra comprensorio industriale ed urbano, in quanto entrambi sono affetti da scarichi di tipo produttivo che concorrono alla formazione del refluo.





Per indagare le possibili correlazioni tra i vari parametri è stato calcolato il quadrato del coefficiente di correlazione = R^2 .

$$\text{Correlaz}(x, y) = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \sum (y - \bar{y})^2}} = R$$

Dove x ed y sono i valori medi di ciascuna serie di dati relativa ai due parametri di cui vogliamo stabilire la correlazione.

R^2 può assumere valori compresi tra 0 ed 1.

Nella media è possibile definire:

- $R^2 < 0,2$ correlazione bassa
- $R^2 = 0,5$ correlazione da debole a moderata
- $R^2 > 0,8$ correlazione forte

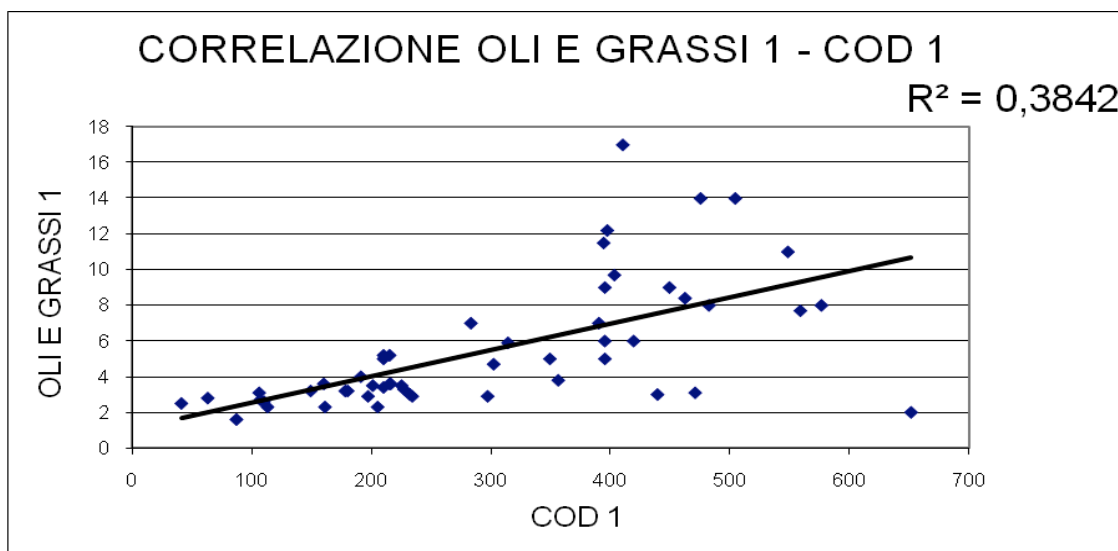
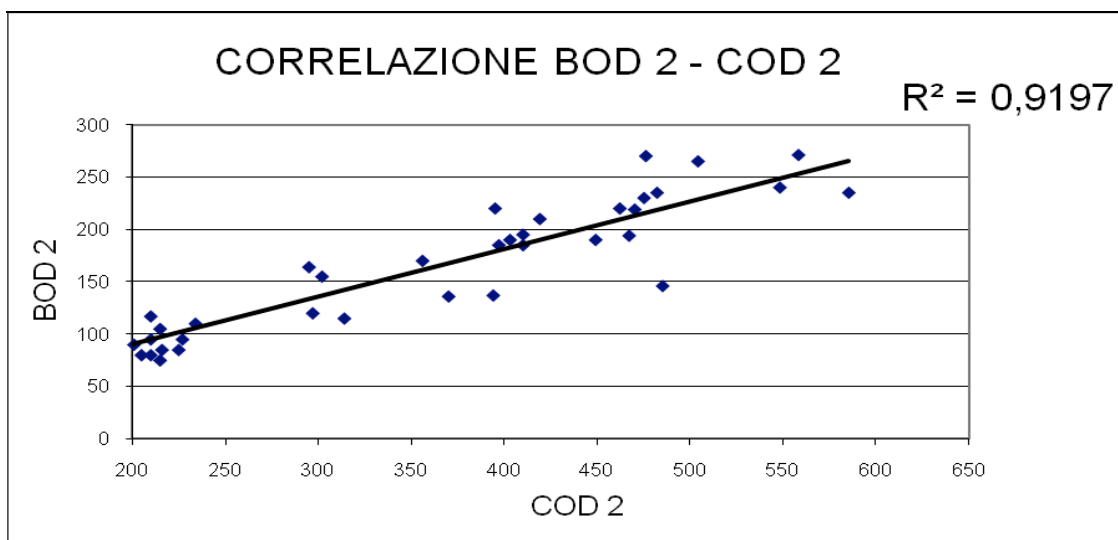
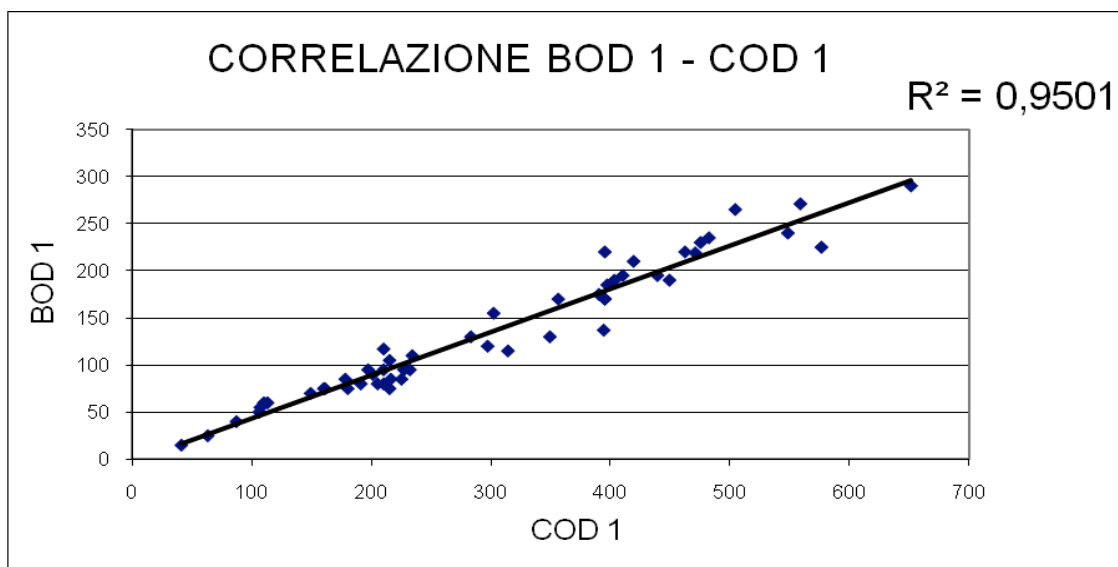
Più precisamente la significatività statistica dell'indice di correlazione è legata alle variabili in gioco e, quindi, al numero di prove eseguite che rappresentano la popolazione di dati che si va ad analizzare statisticamente. La tabella che segue mostra che, nella nostra sperimentazione, il grado di significatività statistica apprezzabile (all'1 %) viene raggiunto con valori dell'indice di $\pm 0,3721$.

<i>n=numero di prove effettuate</i>	.1	.05	.02	.01	.001
16	.4000	.4683	.5425	.5897	.7084
17	.3887	.4555	.5285	.5751	.6932
18	.3783	.4438	.5155	.5614	.6787
19	.3687	.4329	.5034	.5487	.6652
20	.3598	.4227	.4921	.5368	.6524
25	.3233	.3809	.4451	.4869	.5974
30	.2960	.3494	.4093	.4487	.5541
35	.2746	.3246	.3810	.4182	.5189
40	.2573	.3044	.3578	.3932	.4896
45	.2428	.2875	.3384	.3721	.4648
50	.2306	.2732	.3218	.3541	.4433
60	.2108	.2500	.2948	.3248	.4078
70	.1954	.2319	.2737	.3017	.3799
80	.1829	.2172	.2565	.2830	.3568
90	.1726	.2050	.2422	.2673	.3375
100	.1638	.1946	.2301	.2540	.3211

Tabella. A - Valori di correlazione per diversi livelli di significatività

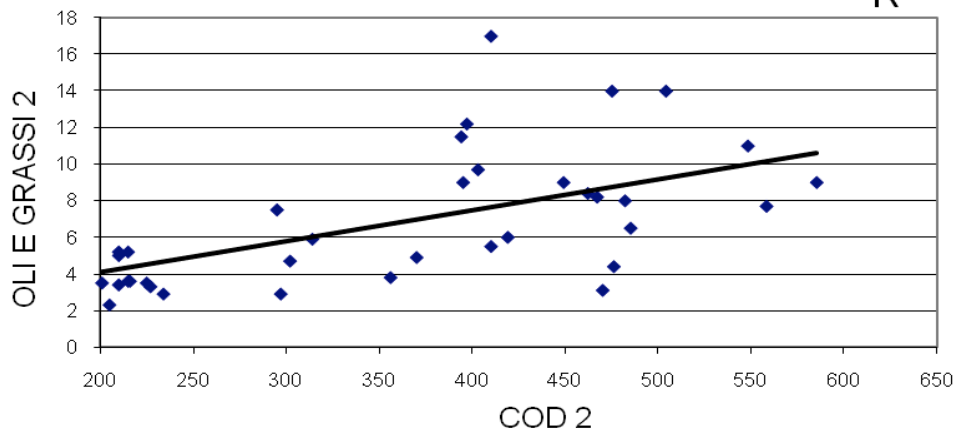
Di seguito, pertanto, si presenta l'andamento dei diversi parametri correlati tra loro:

- si conferma una forte correlazione tra COD – BOD₅ sia nel punto 1 che nel punto 2 ($R^2 = 0,95$ punto 1; $R^2 = 0,92$ punto 2) a dimostrazione che, in ogni caso, sebbene in presenza di inquinanti di tipo industriale, la tipica natura biodegradabile del refluo non è mai stata persa;
- una correlazione meno forte, ma in ogni caso statisticamente significativa, tra oli e grassi - COD ($R^2 = 0,37$ punto 1; $R^2 = 0,52$ punto 2), e tra oli e grassi - BOD₅ ($R^2 = 0,40$ punto 1; $R^2 = 0,51$ punto 2) in entrambi i punti, con valori più alti nella zona industriale, a dimostrazione che gli oli e grassi contenuti rappresentano sostanze ancora ossidabili per via microbiologica;
- una correlazione bassa tra tutti gli altri parametri analizzati.



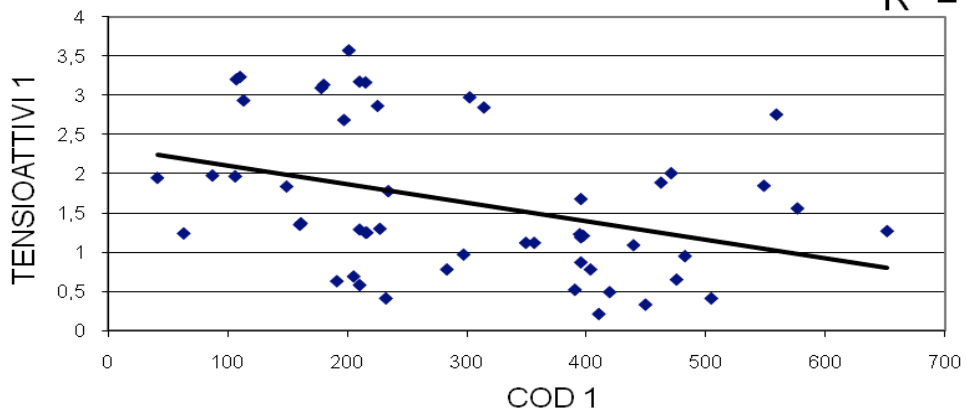
CORRELAZIONE OLI E GRASSI 2 - COD 2

$R^2 = 0,5243$



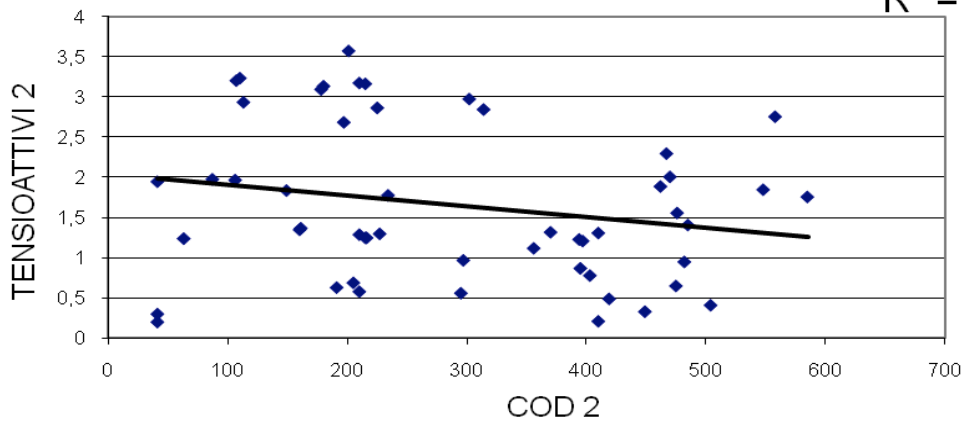
CORRELAZIONE TENSIOATTIVI 1 - COD 1

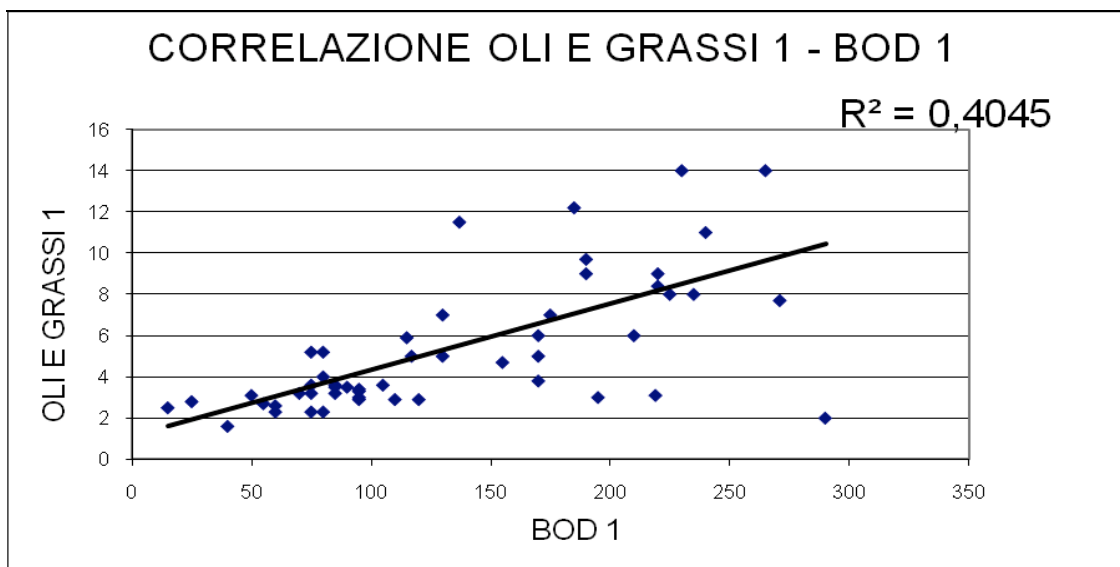
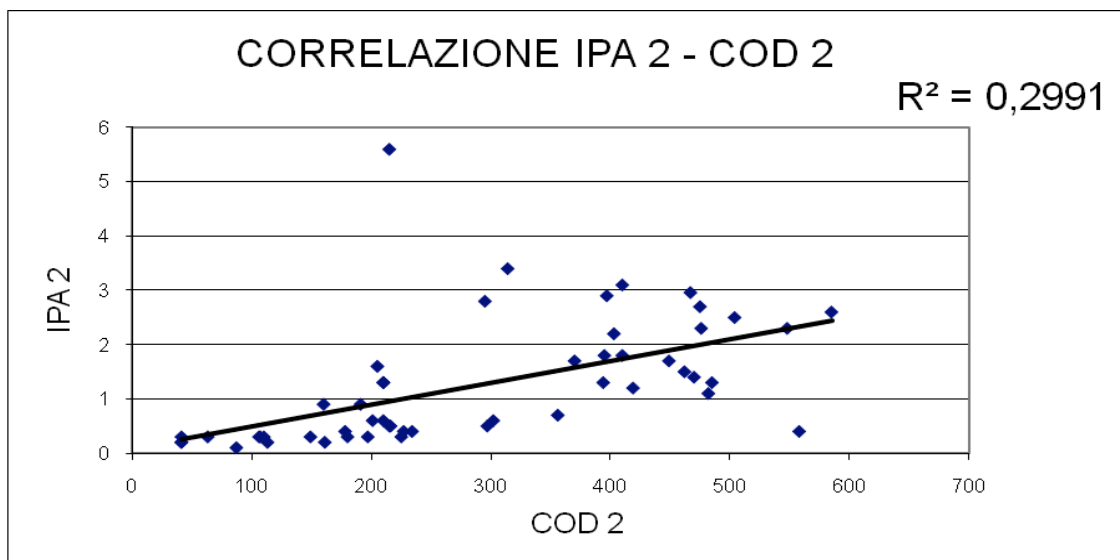
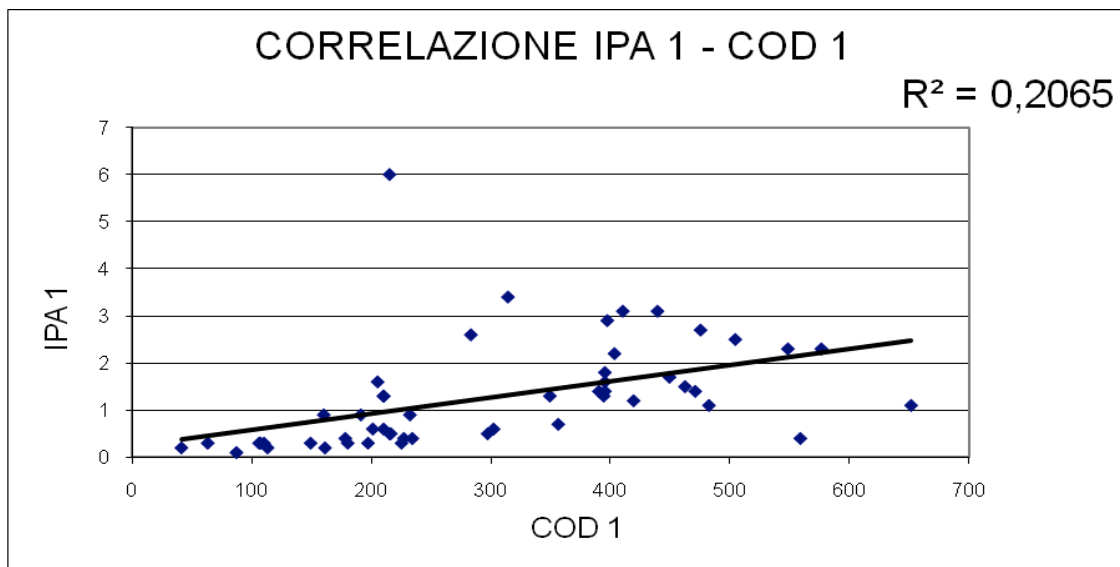
$R^2 = 0,1362$



CORRELAZIONE TENSIOATTIVI 2 - COD 2

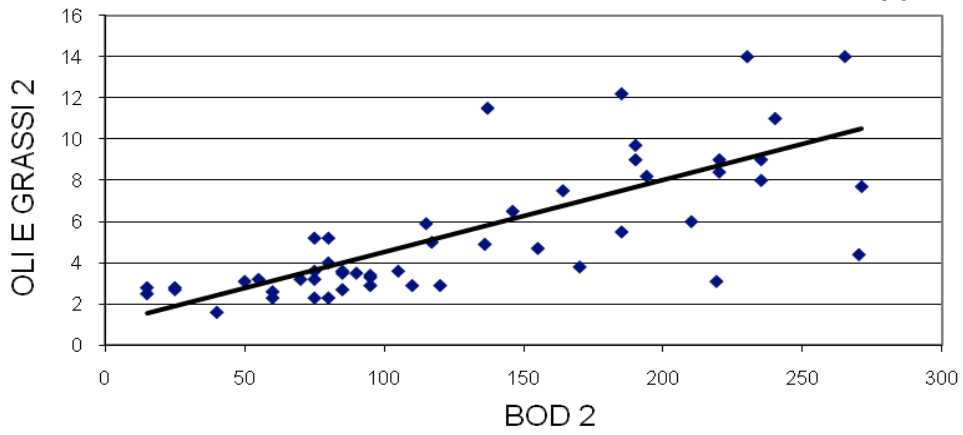
$R^2 = 0,0458$





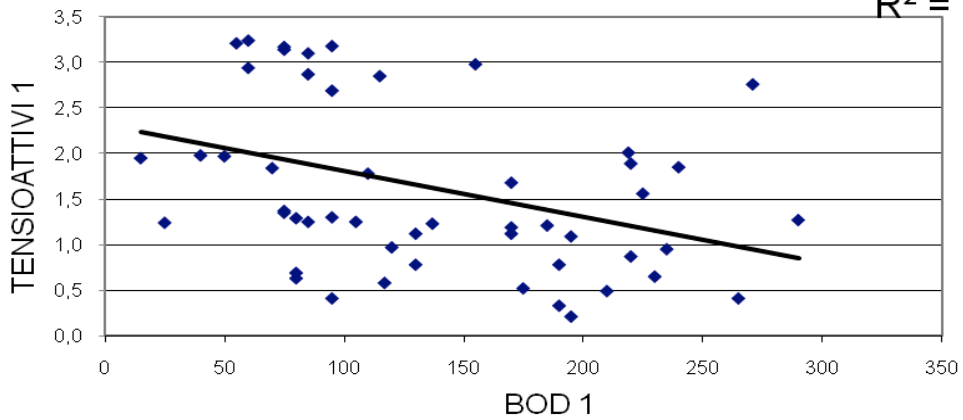
CORRELAZIONE OLI E GRASSI 2 - BOD 2

$R^2 = 0,5101$



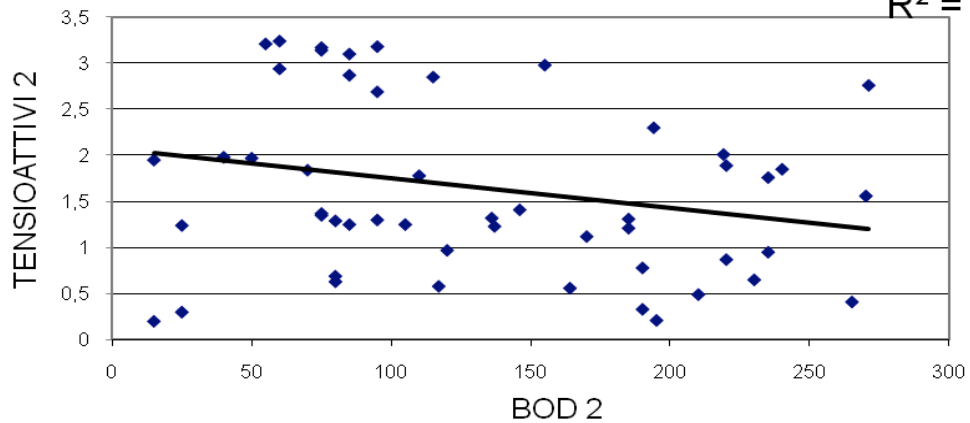
CORRELAZIONE TENSIOATTIVI 1 - BOD 1

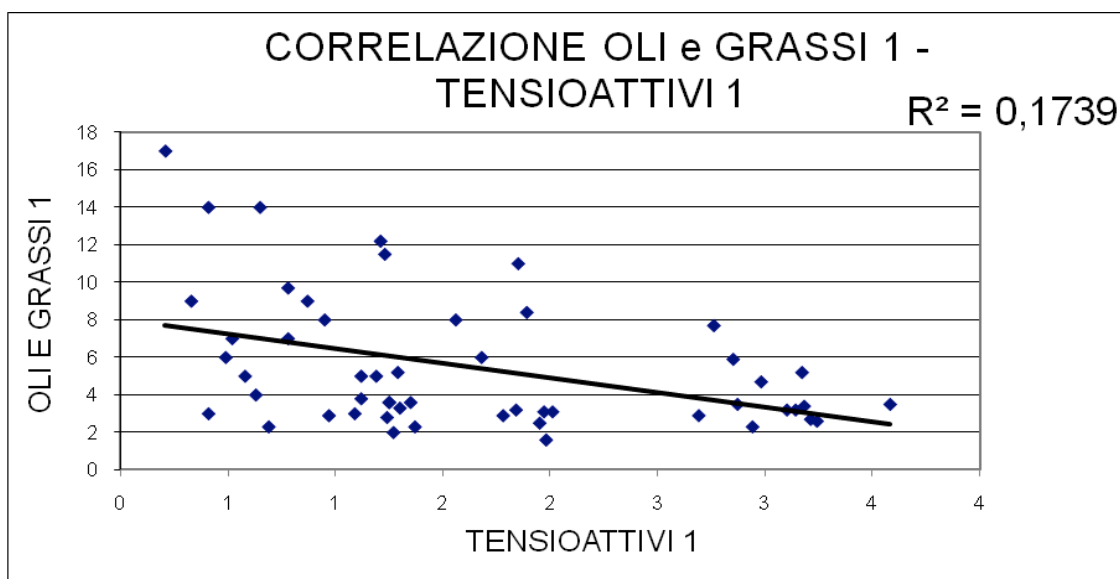
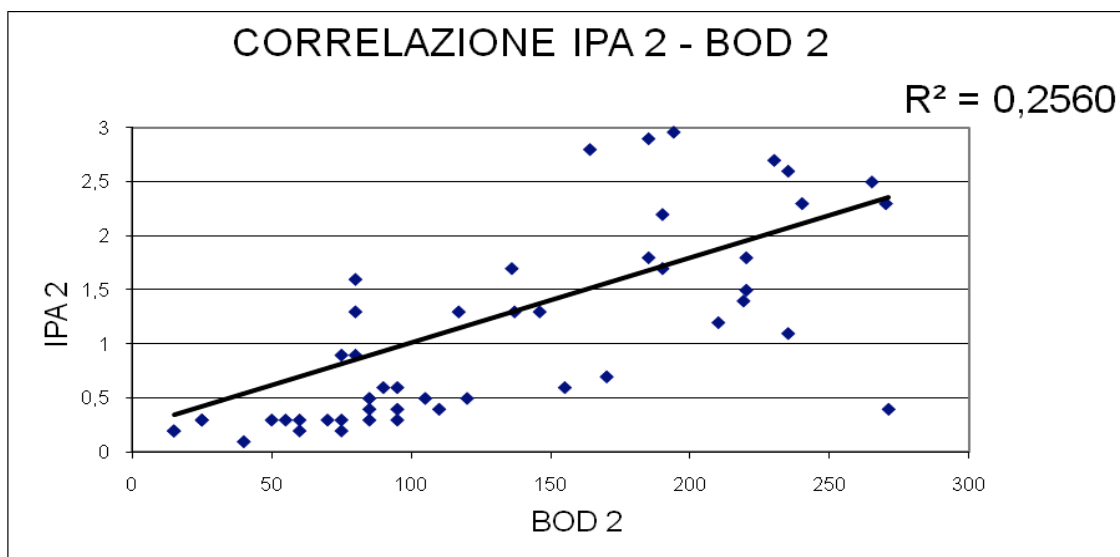
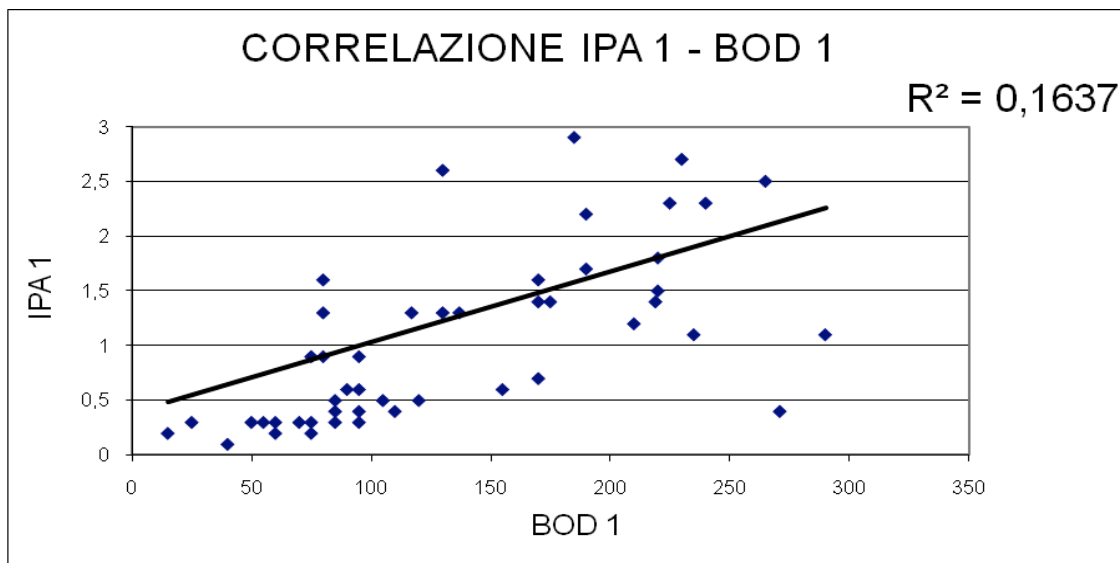
$R^2 = 0,1400$

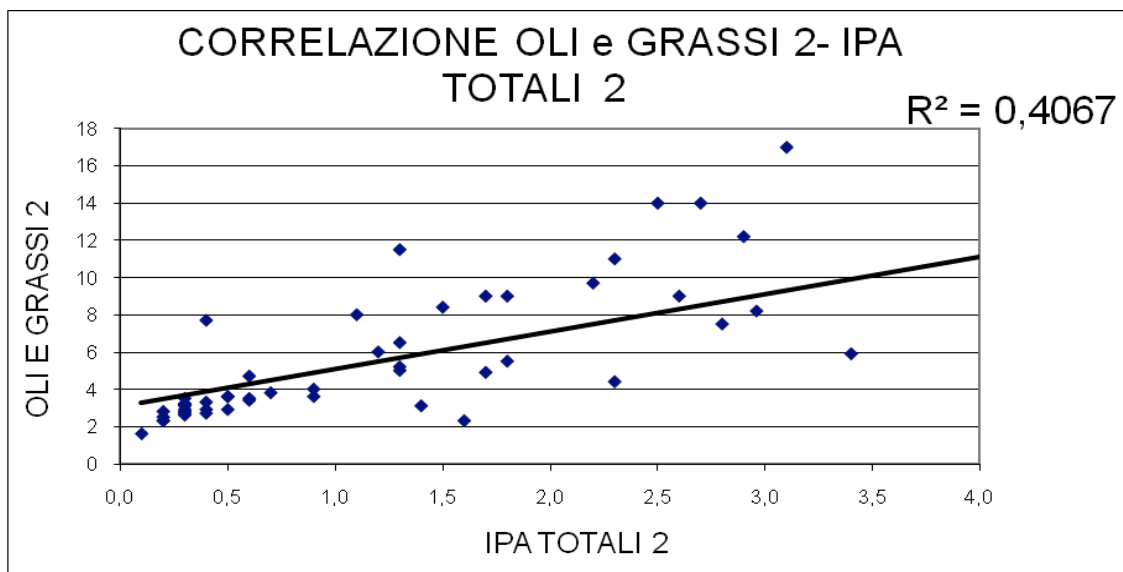
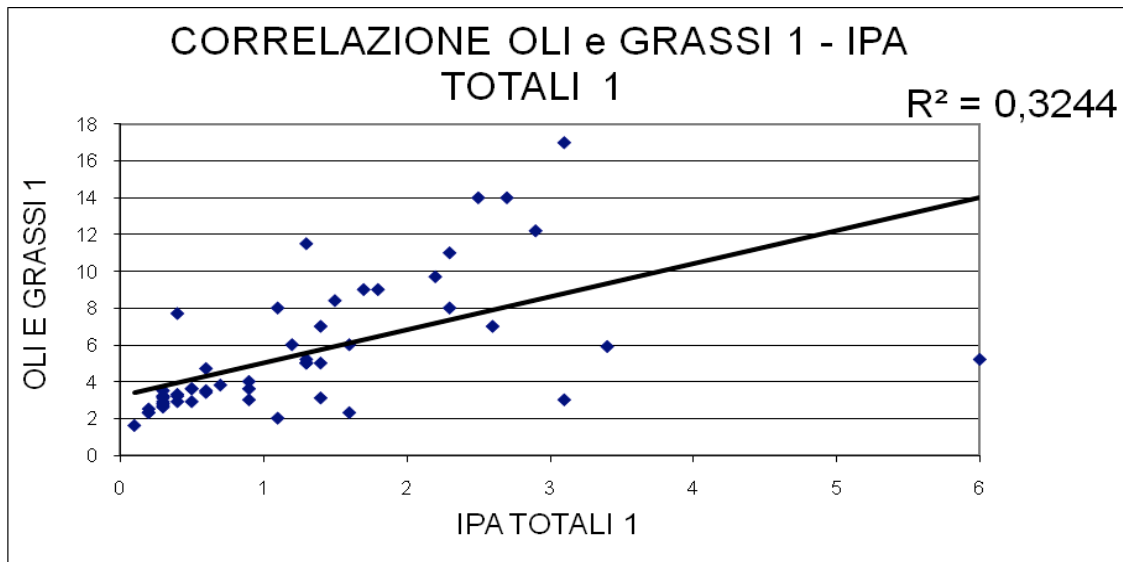
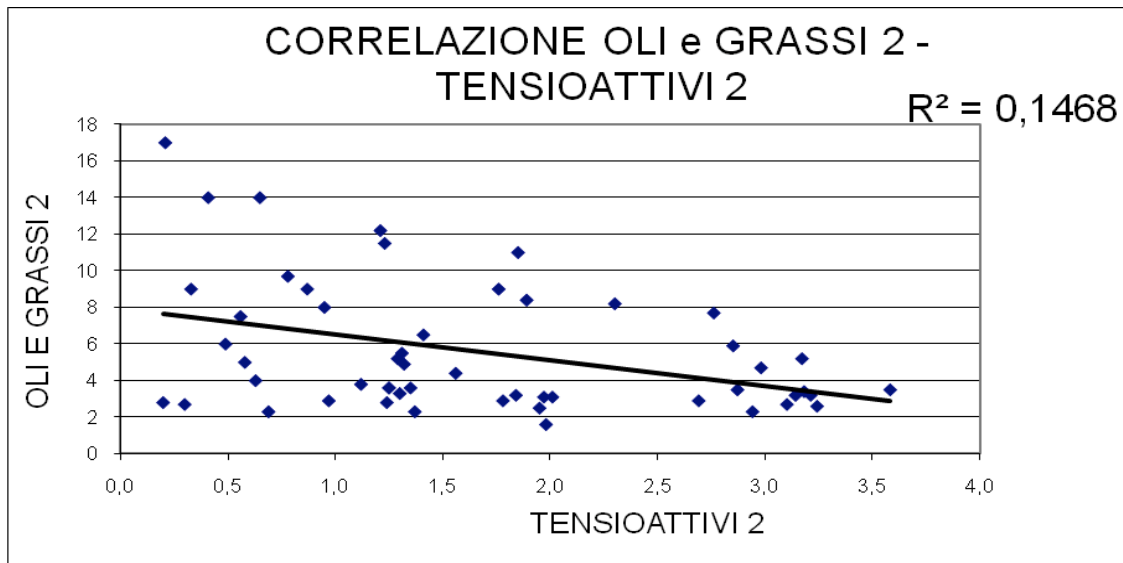


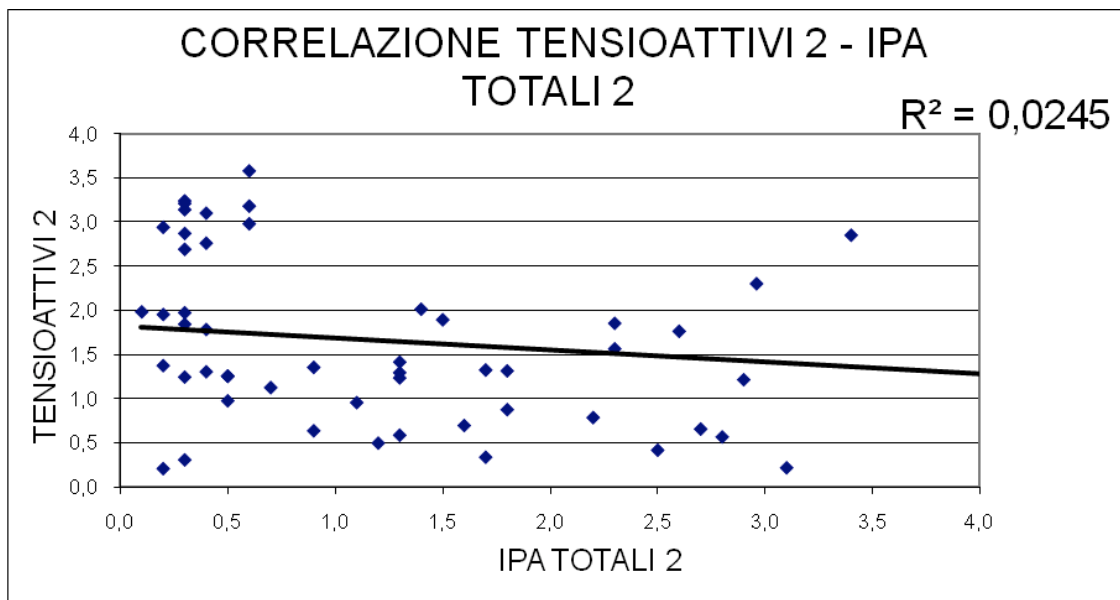
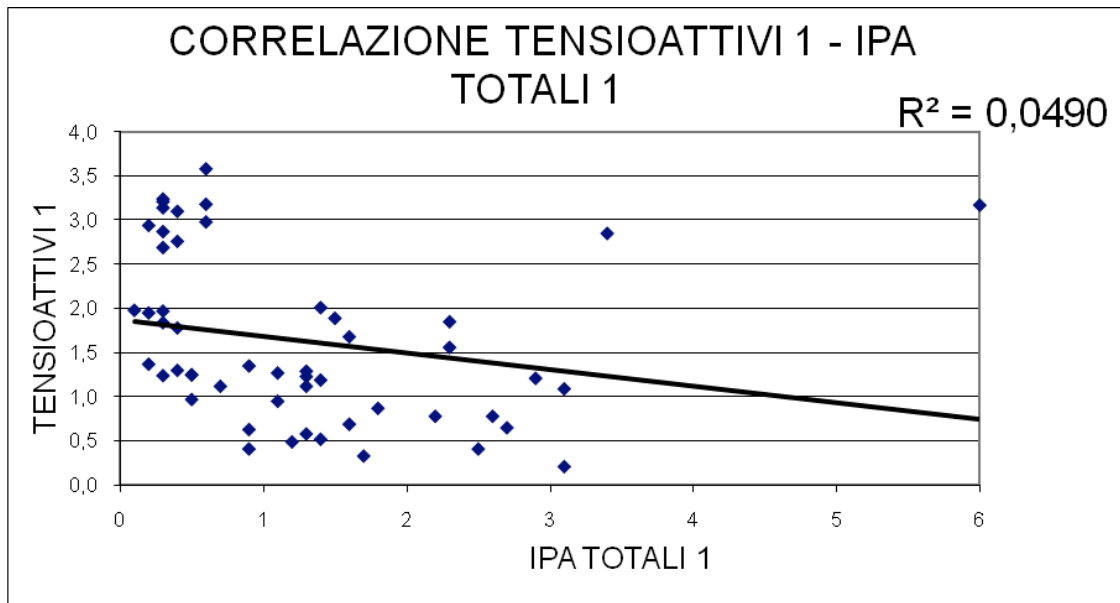
CORRELAZIONE TENSIOATTIVI 2 - BOD 2

$R^2 = 0,0579$









Per valutare se i contaminanti organici ritrovati interferissero con il processo biologico nitro-denitro, è stato considerato quale parametro indicasse la capacità di abbattimento dell'azoto ammoniacale inteso come differenza fra l'azoto ammoniacale presente nel refluo in ingresso e quello in uscita dall'impianto di depurazione.

Il tenore di azoto ammoniacale in ingresso è stato determinato immediatamente a monte della fase biologica del depuratore laddove, si era già avuta la miscelazione fra liquame proveniente dalla zona urbana e quello proveniente dalla zona industriale.

Valori puntuali di azoto ammoniacale

Data	INGRESSO IMPIANTO	USCITA IMPIANTO
	AZOTO AMMONIACALE mg/l	AZOTO AMMONIACALE mg/l
03/12/2007	17,8	2,6
07/12/2007	14,8	1,2
10/12/2007	13,3	2,8
14/12/2007	19,3	5,1
17/12/2007	23,9	7,3
21/12/2007	13,9	2,3
24/12/2007	17,2	6,9
28/12/2007	22,8	7,5
30/12/2007	17,4	2,9
04/01/2008	11,6	3,3
07/01/2008	18,1	4,5
11/01/2008	19,3	5,9
14/01/2008	26,2	2,3
18/01/2008	24,0	2,8
21/01/2008	21,7	7,5
25/01/2008	24,0	5,4
28/01/2008	24,3	4,8
02/02/2008	14,0	5,7
05/02/2008	16,8	8,2
09/02/2008	21,7	2,8
12/02/2008	7,9	9,5
16/02/2008	21,0	6,9
19/02/2008	22,5	6,5
23/02/2008	23,5	5,2
26/02/2008	26,2	11,9

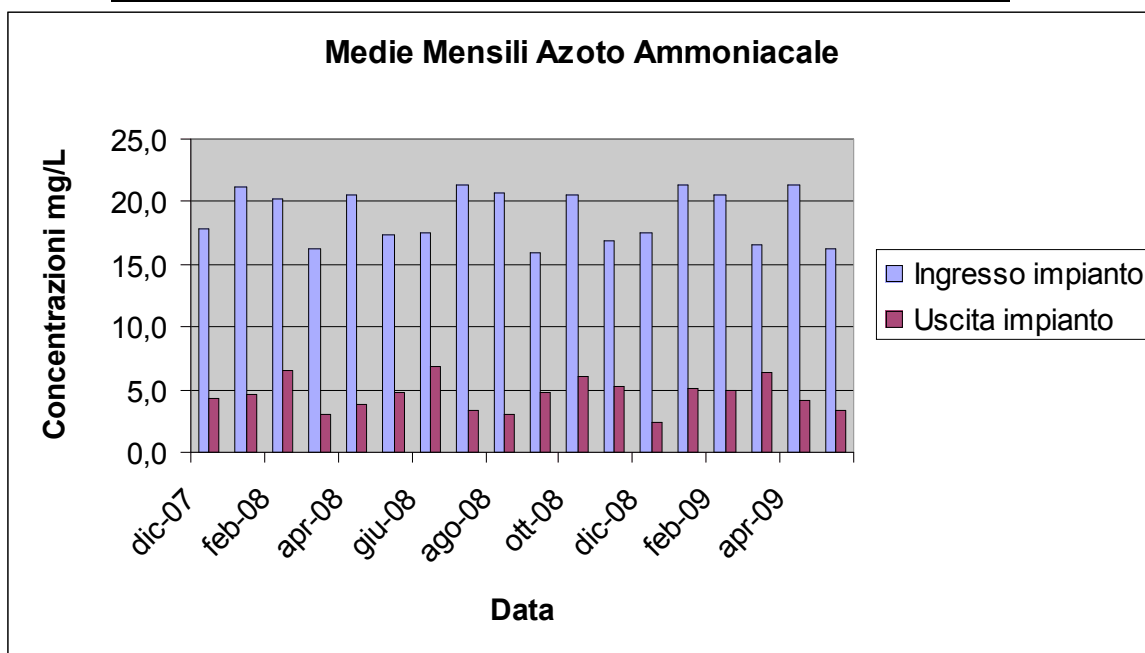
30/02/2008	28,3	2,5
02/03/2008	19,4	2,0
06/03/2008	15,6	6,2
09/03/2008	22,0	6,3
13/03/2008	8,8	1,5
16/03/2008	7,4	1,2
20/03/2008	20,8	3,2
23/03/2008	21,5	4,2
27/03/2008	15,8	2,3
30/03/2008	14,7	1,3
04/04/2008	19,6	2,8
07/04/2008	19,0	2,6
11/04/2008	21,9	1,2
14/04/2008	14,8	2,8
18/04/2008	22,5	5,1
21/04/2008	33,4	7,3
25/04/2008	26,6	2,3
28/04/2008	6,2	6,9
01/05/2008	21,6	7,5
05/05/2008	31,3	2,9
08/05/2008	14,7	3,3
12/05/2008	19,2	4,5
15/05/2008	7,4	5,9
19/05/2008	18,2	2,3
22/05/2008	11,3	2,8
26/05/2008	17,8	7,5
29/05/2008	14,8	5,4
02/06/2008	13,3	4,8
05/06/2008	19,3	5,7
09/06/2008	23,9	8,2
12/06/2008	13,9	2,8
16/06/2008	17,2	9,5
19/06/2008	22,8	6,9
23/06/2008	17,4	6,5
26/06/2008	11,6	5,2
30/06/2008	18,1	11,9
04/07/2008	19,3	2,5
07/07/2008	26,2	2,0
11/07/2008	24,0	6,2
14/07/2008	21,7	6,3
17/07/2008	24,0	1,5
21/07/2008	24,3	1,2
25/07/2008	14,0	3,2
28/07/2008	16,8	4,2
01/08/2008	21,7	2,3
05/08/2008	7,9	1,3
08/08/2008	21,0	2,8
12/08/2008	22,5	2,6
15/08/2008	23,5	1,2
19/08/2008	26,2	2,8

22/08/2008	28,3	5,1
26/08/2008	19,4	7,3
29/08/2008	15,6	2,3
03/09/2008	22,0	6,9
06/09/2008	8,8	7,5
10/09/2008	7,4	2,9
13/09/2008	20,8	3,3
20/09/2008	21,5	4,5
24/09/2008	15,8	5,9
27/09/2008	14,7	2,3
01/10/2008	19,6	2,8
05/10/2008	19,0	7,5
08/10/2008	21,9	5,4
12/10/2008	14,8	4,8
15/10/2008	22,5	5,7
19/10/2008	33,4	8,2
22/10/2008	26,6	2,8
26/10/2008	6,2	9,5
29/10/2008	21,6	6,9
03/11/2008	31,3	6,5
06/11/2008	14,7	5,2
10/11/2008	19,2	11,9
13/11/2008	7,4	2,5
17/11/2008	18,2	2,0
20/11/2008	11,3	6,2
24/11/2008	17,8	6,3
27/11/2008	14,8	1,5
02/12/2008	13,3	1,2
05/12/2008	19,3	3,2
09/12/2008	23,9	4,2
12/12/2008	13,9	2,3
16/12/2008	17,2	1,3
19/12/2008	22,8	2,8
23/12/2008	17,4	2,6
26/12/2008	11,6	1,2
29/12/2008	18,1	2,8
03/01/2009	19,3	5,1
06/01/2009	26,2	7,3
10/01/2009	24,0	2,3
13/01/2009	21,7	6,9
17/01/2009	24,0	7,5
20/01/2009	24,3	2,9
24/01/2009	14,0	3,3
27/01/2009	16,8	4,5
31/01/2009	21,7	5,9
02/02/2009	7,9	2,3
05/02/2009	21,0	2,8
09/02/2009	22,5	7,5
12/02/2009	23,5	5,4
16/02/2009	26,2	4,8

19/02/2009	28,3	5,7
23/02/2009	19,4	8,2
26/02/2009	15,6	2,8
01/03/2009	22,0	9,5
04/03/2009	8,8	6,9
07/03/2009	7,4	6,5
11/03/2009	20,8	5,2
14/03/2009	21,5	11,9
18/03/2009	15,8	2,5
21/03/2009	14,7	2,0
25/03/2009	19,6	6,2
28/03/2009	19,0	6,3
02/04/2009	21,9	1,5
06/04/2009	14,8	1,2
09/04/2009	22,5	3,2
13/04/2009	33,4	4,2
16/04/2009	26,6	2,3
21/04/2009	6,2	1,3
23/04/2009	21,6	6,5
27/04/2009	31,3	5,2
30/04/2009	14,7	11,9
02/05/2009	19,2	2,5
06/05/2009	7,4	2,0
09/05/2009	18,2	6,2
13/05/2009	11,3	6,3
16/05/2009	31,3	1,5
20/05/2009	14,7	1,2
23/05/2009	19,2	3,2
27/05/2009	7,4	4,2
30/05/2009	18,2	2,3

VALORI MEDI MENSILI AZOTO AMMONIACALE		
DATA	ingresso impianto	uscita impianto
	mg/l	mg/l
dicembre-07	17,8	4,3
gennaio-08	21,2	4,6
febbraio-08	20,2	6,6
marzo-08	16,2	3,1
aprile-08	20,5	3,9
maggio-08	17,4	4,7
giugno-08	17,5	6,8
luglio-08	21,3	3,4
agosto-08	20,7	3,1
settembre-08	15,9	4,8
ottobre-08	20,6	6
novembre-08	16,8	5,3

dicembre-08	17,5	2,4
gennaio-09	21,3	5,1
febbraio-09	20,6	4,9
marzo-09	16,6	6,3
aprile-09	21,4	4,1
maggio-09	16,3	3,3



Nella tabella sono riportati i dati relativi alla concentrazione di azoto ammoniacale nei punti di ingresso e di uscita dell'impianto medi mensili. Come si nota dal grafico, i valori dell'effluente sono sempre nettamente inferiori a quelli dell'influente. Inoltre la concentrazione di azoto ammoniacale nel refluo in uscita dall'impianto rientra sempre nel limite di 15 mg/l previsto dal D.lgs. 152/06.

Ciò dimostra che il processo biologico di nitrificazione - denitrificazione non sembra venire alterato dalla occasionale presenza di tali contaminanti organici, probabilmente perché le concentrazioni relative non sono significativamente elevate per produrre un danno diretto alla capacità depurativa o perché gli ingressi di tali sostanze sono così puntiformi nel tempo che non riescono a produrre effetti manifesti sull'ingente volume di biomassa in reazione (circa 18.000 m³).

CAPITOLO 6 – DISCUSSIONI E CONCLUSIONI

I risultati ottenuti sono stati utilizzati al fine di:

- determinare il contenuto totale di contaminanti organici non o difficilmente biodegradabili presenti nei reflui sia urbani che industriali;
- individuare l'eventuale correlazione tra l'efficienza del processo depurativo (inteso come capacità di trasformare ed abbattere le forme azotate) e la quantità di contaminanti organici presenti nei campioni prelevati.

Dai grafici relativi ai valori medi mensili si evince che nel refluo proveniente dalla zona industriale e da quello proveniente dalla zona urbana, la presenza di contaminanti organici è pressoché uguale. Tuttavia, esaminando i grafici relativi alle analisi effettuate bisettimanalmente, si rilevano, in alcuni giorni, picchi più alti per i contaminanti provenienti dalla zona urbana. In primo luogo si è perciò dimostrato che nel refluo proveniente dalla zona urbana, contrariamente a quanto atteso, c'è una presenza uguale, o addirittura maggiore, rispetto al refluo proveniente dalla zona industriale, di contaminanti organici generalmente presenti negli scarichi produttivi. Questo ci fa pensare ad eventuali apporti di natura abusiva, che avverrebbero per intervalli brevi ma in maniera abbastanza frequente. Questi apporti possono provenire dalle tante attività produttive che sussistono nei 34 comuni del comprensorio che, evidentemente, pretrattano in maniera insufficiente i propri reflui industriali, o anche da eventi dolosi con sversamenti “spot” tramite autobotti direttamente in fognatura attraverso tombino fognario stradale.

Ciò parrebbe anche dall'andamento molto irregolare dei grafici che riportano la concentrazione di ciascun contaminante organico proveniente dalla zona urbana in funzione del tempo.

Dai dati relativi alla presenza di azoto ammoniacale in ingresso ed uscita dal trattamento biologico si è potuto verificare che la presenza di contaminanti organici non ha costituito causa di evidente disturbo nei confronti del funzionamento del sistema biologico. Questa interferenza non è stata colta probabilmente a causa della diluizione che i contaminanti hanno avuto in un sistema biologico molto vasto (volume 18.000 m³ di sistema nitro-denitro) che tratta circa 60.000 m³ di liquame al giorno. Si consideri, infatti, che l'eterogeneo sistema biologico di un impianto così grande ha, in ogni caso, una notevole capacità tampone e/o "omeostatica" e tende, pertanto, a reagire a stimoli ed offese provenienti dall'esterno minimizzandole fin tanto che la loro entità non sia tale da colpire sensibilmente delle attività metaboliche della maggior parte dei batteri presenti nel fango attivo.

Da quanto esposto nei grafici relativi ai risultati sperimentali, nonché dalle considerazioni prima esposte, è possibile concludere che l'impianto di depurazione a fanghi attivi, ha nelle attuali condizioni di funzionamento potenziali capacità di trattamento di reflui eterogenei, anche quando intervengono fattori esterni non direttamente compatibili con il processo depurativo.

BIBLIOGRAFIA

[1] D. Goi, F. Conti, G. Urbini. *Trattamento delle acque reflue*. II edizione. Dario Flaccovio Editore, Palermo, 2005: 50-85.

[2] Fanizzi Luigi. *Depurazione biologica avanzata, teoria e pratica dei processi*. Ranieri Editore, Milano, 2006: 28-44.

[3] Grillo Nicola G., *Smaltimento delle acque reflue civili sul suolo*, II edizione. GEVA, 2003: 57-69.

[4] Berthouex P.M., Lai W. *Testing Expert System for Activated Sludge Process Control*. J. Envir. Engrg., September 1990; Volume 116, Issue 5: pp. 890-909.

[5] Masotti Luigi, Verlicchi Paola. *Depurazione delle acque di piccole comunità. Tecniche naturali e tecniche impiantistiche*. III edizione. Hoepli, Milano, 2005: 110-135.

[6] Renato Vismara. *Depurazione biologica, teoria e processi*. III edizione. Hoepli, Milano, 2008: 504-517.

[7] Prati Luca, Galotto Giannicola. *Scarichi, inquinamento idrico e difesa del suolo, la nuova disciplina dopo il d.lgs. 152/2006 e la sua riforma*. I edizione. IPSOA, Torino, 2008: 239-253.

[8] Bianucci Giovanni, Ribaldone Bianucci Esther. *Il trattamento delle acque inquinate*. IV edizione. Hoepli, Milano, 2001: 86-93.

- [9] Metcalf & Eddy. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. Fourth edition. McGraw-Hill International Editions, London, 2004: 356-377.
- [10] ISO EN UNI 9887 (92) *Evaluation of the aerobic biodegradability of organic compound in an aqueous medium. Semi-continuous activated sludge method.*
- [11] ISO 7827 (94) *Evaluation in an aqueous medium of the “ultimate” aerobic biodegradability of organic compounds (Method by analysis of dissolved organic carbon).*
- [12] ISO 10707 (94) *Evaluation in an aqueous medium of the “ultimate” aerobic biodegradability of organic compounds (Method by analysis of biochemical oxygen demand: closed bottle test).*
- [13] ISO 10708 (95) *Evaluation in an aqueous medium of the “ultimate” aerobic biodegradability of organic compounds (Method by determining the biochemical oxygen demand. Two-phase closed bottle test).*
- [14] ISO EN UNI 11266-1 (92) *Guidance on laboratory tests for biodegradation of organic chemical in soil.*
- [15] ISO 11733 (95) *Evaluation of the elimination and biodegradation of organic compound in an aqueous medium (Activated sludge simulation test).*
- [16] ISO 11734(95) *Evaluation of the “ultimate” anaerobic biodegradability of organic compounds in digested sludge (Method by measurement of the biogas production).*

- [17] ISO 10634 (95) *Guidance for the preparation and treatment of poorly water-soluble organic compounds for the subsequent evaluation of their biodegradability in an aqueous medium.*
- [18] Vismara R., Magni S. *Trattabilità biologica degli effluenti.* Biologi Italiani, 1997; n.8: pag.66-69.
- [19] Canzi P. *Biodegradazione delle sostanze organiche.* Biologi Italiani, 1997; n.7, pp. 20-30.
- [20] Piazzolla Paolo. *Depurazione acque.* il Sole 24ore Ambiente & Sicurezza - Tecnologie e soluzioni per l'ambiente- articolo del 6 maggio 2008: pag. 8-18.
- [21] Bonomo Luca. *Trattamenti delle acque reflue.* McGraw-Hill, London, 2008: pag. 56-67.
- [22] Solaroli Massimo. *Impianti di depurazione delle acque di scarico tecnologie. gestione. Conduzione, Manutenzione.* Maggioli editore,2004: pag. 29-35.
- [23] Bragadin Gianni Luigi, Mancini Maurizio Luca, *Depurazione e smaltimento degli scarichi urbani, dispense tecniche,* Pitagora editrice Bologna, 2007.
- [24] R. Vismara, P. Butelli, P. Comolli . *La regolazione dei processi biologici per impianti a fanghi attivi.* Ingegneria Sanitaria, 1994.

[25] Pipes W.O.. Bulking, deflocculation and pin-point flocc. Journal water Pollution Control Federation, vol 41, 1988: 103-116.

[26] Francesco Calza, *L'acqua: utilizzo, depurazione, recupero*, III edizione Tecniche Nuove, Milano, 2008: 47-55.

[27] Madoni P., *La Microfauna nell'analisi di Qualità Biologica dei Fanghi Attivi*. Manuale di Applicazione, Azienda Gas Acqua Consorziale di Reggio Emilia, Università degli Studi di Parma (1994b).

[28] M.da Motta, M.N.Pons, H.Vivier, A.L.Amaral, E.C.Ferreira, N.Roche and M. Mota. *The study of protozoa population in wastewater treatment plants by image analysis* Braz. J. Chem. Eng. vol.18 no.1 São Paulo Mar. 2001: pp. 103-111.

[29] C. Contardi, M. Gay, A. Ghisotti, G. Robasto, G. Tabasso, *Guida tecnica sui trattamenti sulle acque, tecniche di trattamento dei reflui, sistemi di depurazione e di smaltimento*, Franco Angeli, Milano, 1991.

[30] Cho-Hee Yoon, Seung-Hyun Kim and Jong-Choul Won. *Biological nitrogen removal for long-term landfill leachate by using mle process*. Journal of Water and Environment Technology, 2003; Vol. 1 n. 2 :155-161.

[31] Thauré D, Lemoine C, Daniel O, Moatamri N, Chabrol J. *Optimisation of aeration for activated sludge treatment with simultaneous nitrification denitrification*. Water Sci Technol. 2008;58(3):645-651.

[32] Poduska R. A., Andrews J.F. *Dynamics of nitrification in the activated sludge process*. 29 Industrial Waste Conference, Purdue University, Lafayette, Indiana, USA, 1994.

[33] Satoshi Okabe, Hisashi Satoh, Tsukasa Ito and Yoshimasa Watanabe. *Analysis of microbial community structure and in situ activity of nitrifying biofilms*. Journal of Water and Environment Technology, Vol. 2 (2004) n. 2 pp.65-74.

[34] Béline F, Daumer ML, Loyon L, Pourcher AM, Dabert P, Guiziou F, Peu P. *The efficiency of biological aerobic treatment of piggery wastewater to control nitrogen, phosphorus, pathogen and gas emissions*. Water Sci Technol. 2008;57(12):1909-14.

[35] Galí A, Dosta J, Mata-Alvarez J. *Optimisation of nitrification-denitrification process in a sbr for the treatment of reject water via nitrite*. Environ Technol. 2007 May;28(5):565-71.

[36] Nakhla GF, Lugowski A, Sverdlikov A, Scherbina G, Babcock K. *Simultaneous nitrification-denitrification and clarification in a pseudoliquified activated sludge system*. Water Environ Res. 2005 Jan-Feb;77(1):98-112.

[37] Stüven R, Bock E. *Nitrification and denitrification as a source for NO and NO₂ production in high-strength wastewater*. Water Res. 2001 Jun;35(8):1905-14.

[38] APHA, AWWA. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 19th ed. American Public Health Association, Washington, 1995: pp.5.12-5.14.

[39] APAT IRSA-CNR. *Metodi analitici per le acque*. Volume 2, 2003, sez. 5130: pag. 781-787.

[40] BAUMANN F.J. *Dichromate reflux chemical oxygen demand. A proposed method for chloride correction in highly saline wastes*. *Anal. Chem.*, Volume 46, 1974: pages 1336-38.

[41] BURNS, *et al.* *Correction for Chloride Interference in the Chemical Oxygen Demand Test*. *J. Water Pollut. Control Fed.*, Volume 37, 1965: pages 1716-21.

[42] APHA, AWWA. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. XX ed. American Public Health Association, Washington, 1995, metodo n.5220 D.

[43] APAT IRSA-CNR. *Metodi analitici per le acque*. Volume 2, 2003, sez. 5120: pag. 767-779.

[44] CARLBERG S.R. & SKARSTEDT C.B. *Determination of small amounts of non-polar hydrocarbons (oil) in sea water*. *ICES Journal of marine Science*, 1972; Volume 34, number 3. pages 506-15.

[45] ASTM. *Standard test method for oil and grease and petroleum hydrocarbons in water*. Annual Book of ASTM Standards, Philadelphia, 1996, method D 3921; pages 355-360.

[46] ASTM. *Test method for oil and grease by gravimetric determination*. Annual Book of ASTM Standards, Philadelphia, 1990, method D 4281-89: pages 55-56.

[47] APAT IRSA-CNR. *Metodi analitici per le acque*. Volume 2, 2003, sez. 5160: pag. 811-26.

[48] ISO/DIS 7875-1. Water quality. Determination of surfactants. Part 1: *Determination of anionic surfactants by measurement of the methylene blue index (MBAS)*, 1984.

[49] APAT IRSA-CNR. *Metodi analitici per le acque*. Volume 2, 2003, sez. 5170, pag. 827-31.

[50] MC CONKEY B.J., DUXBURY C.L., DIXON D.G. & GREENBERG B.M. *Toxicity of PAH Photooxidation product to the bacteria Photobacterium Phosphoreum and the duckweed Lemna Gibba: effects of phenanthrene and its primary product phenanthroquinone*. Environ. Toxicol. and Chemistry, 1997, 16: 892-899.

[51] WILCOCK R.J., CORBAN G.A., NORTHCOTT C.L. & LANGDON A.G. *Persistence of polycyclic aromatic compounds of different molecular size and water solubility in surficial sediment of interstitial sandflat*. Environ. Toxicol. and Chemistry, 1995; 15, 670-676.

[52] GUIDOTTI M. *Presenza di idrocarburi policiclici aromatici e composti organo clorurati persistenti in sedimenti di acque superficiali*. *Acqua e aria*, 1996; 9: pag. 783-785.

[53] APAT IRSA-CNR . *Metodi analitici per le acque*. Vol ume 2, 2003, sez. 5080: pag. 697-705.

[54] APHA, AWWA, WEF . *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*,XX Ed., APHA ,Washington,1998, pp. 3-24/3-31.

[55] PETTINE M., LA NOCE T. & LIBERATORI A. *Hydrogen peroxide interferences in the determination of chromium (VI) by the diphenylcarbazide method*. *Anal. Chim. Acta*, 1988, pages 209,315-319.

[56] APAT IRSA-CNR “*Metodi analitici per le acque*”, Volume 1, 2003, sez. 3150, metodo C1- Determinazione spettrofotometrica diretta del cromo (VI) mediante difenilcarbazide: pag. 743-705.

[57] APAT IRSA-CNR “*Metodi analitici per le acque*”, Volume 2, 2003, sez. 4030, metodo A2-Determinazione spettrofotometrica mediante reattivo di Nessler: pag 512-515.