



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

FACOLTÀ DI SCIENZE MM. FF. NN.

Dipartimento di Geoscienze
Direttrice Prof.ssa Cristina Stefani

TESI DI LAUREA MAGISTRALE IN
GEOLOGIA E GEOLOGIA TECNICA

**LA CONTAMINAZIONE CHIMICA DEL COMPLESSO
SUPERFICIALE DI FALDE NELL'AREA INDUSTRIALE DI
PORTO MARGHERA, CON PARTICOLARE RIFERIMENTO
ALLA SUA EVOLUZIONE NELL'ULTIMO DECENNIO.**

Relatore: Prof. Paolo Fabbri
Correlatore: Prof. Renzo Antonelli

Laureando: Paolini Matteo

ANNO ACCADEMICO 2011 / 2012

Indice

1.	I DATI TRATTATI	5
1.1.	PROVENIENZA DEI DATI	5
1.1.1	<i>Il Magistrato alle Acque di Venezia</i>	5
1.1.2	<i>La Direzione Progetto Venezia</i>	6
1.2.	QUALITÀ, RAPPRESENTATIVITÀ E DISTRIBUZIONE DEI DATI.....	6
2.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	8
2.1	L'ORIGINE DELLA LAGUNA VENETA	8
2.1.1	<i>L'intervento dell'Uomo</i>	9
2.1.2	<i>Porto Marghera</i>	10
2.2	IL MODELLO STRATIGRAFICO.....	11
2.2.1	<i>Approccio Metodologico</i>	11
2.2.2	<i>I Livelli Deposizionali</i>	13
3	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	19
3.1	ACQUIFERI.....	19
3.1.1	<i>Definizione degli acquiferi</i>	19
3.1.2	<i>Misure di Permeabilità</i>	21
3.2	DEFUSSO DELLE FALDE.....	22
3.3	FENOMENI DI MIGRAZIONE DEI CONTAMINANTI	26
3.3.1	<i>Meccanismi di trasporto dei contaminanti.</i>	26
3.3.2	<i>Meccanismi di accumulo dei contaminanti.</i>	27
4	INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA IN ATTO NELL'AREA PORTUALE INDUSTRIALE	28
4.1	SOLUZIONI TECNICHE	29
4.1.1	<i>Marginamenti</i>	30
4.1.2	<i>Drenaggi</i>	32
4.2	SVILUPPO TEMPORALE DEI MARGINAMENTI.....	33
5	ANALISI E COMMENTO DEI DATABASE ORIGINALI	39
5.1	INQUADRAMENTO DELLA SITUAZIONE DEI DATI GREZZI.....	40
5.2	SELEZIONE ED ANALISI PRELIMINARE DEL DATO.....	41
5.3	GRAFICI DELLE MEDIE.....	50
5.3.1	<i>Area Petroli</i>	50
5.3.2	<i>Macroisola di Fusina</i>	54
5.3.3	<i>Macroisola Nuovo Petrolchimico</i>	58
5.3.4	<i>Macroisola Vecchio Petrolchimico</i>	62
5.4	COMMENTO GENERALE DEI GRAFICI.....	66
6	VALUTAZIONI SUL CHIMISMO DELLE ACQUE IN RELAZIONE ALLO SVILUPPO DEI MARGINAMENTI	67
6.1	MACROISOLA DEL NUOVO PETROLCHIMICO	68
6.1.1	<i>Risultati delle osservazioni</i>	72
6.2	MACROISOLA DEL VECCHIO PETROLCHIMICO.....	80
6.2.1	<i>Risultati delle osservazioni</i>	83
	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	89
	RINGRAZIAMENTI	91
	BIBLIOGRAFIA	92
	APPENDICE	95

Introduzione

Lo studio si propone di analizzare l'evoluzione della contaminazione chimica nell'area industriale di Porto Marghera.

Il principale obiettivo quindi non è trarre conclusioni e affrontare l'origine e l'effetto della contaminazione, ma quello di osservare e valutare la sua entità, permanenza e diffusione nel tempo in alcune zone dell'area industriale. Saranno inoltre seguite solo alcune specie chimiche contaminanti, selezionate tra l'ampio spettro di analiti oggetto delle analisi chimiche sui campioni di acqua, raccolti dai pozzi e piezometri delle aree oggetto della nostra analisi. Di particolare interesse è osservare se e come l'esecuzione degli interventi di conterminazione, realizzati progressivamente e ancora in fase di attuazione, abbiano modificato la concentrazione dei contaminanti.

L'area di Porto Marghera è un sito industriale molto esteso, composto di insediamenti industriali, canali, specchi d'acqua e tutte le aree del porto commerciale e delle infrastrutture. L'attività industriale ha generato nel tempo un forte impatto sulla limitrofa laguna di Venezia e sulla terraferma, a causa della mancanza nel passato di una legislazione ambientale consapevole della pericolosità delle sostanze chimiche impiegate nei processi industriali. La zona industriale è stata creata tramite la bonifica delle aree lagunari, che è avvenuta grazie alla creazione di isole dette "macroisole" (Fig. 1). Queste sono state create utilizzando materiali reperibili localmente e provenienti dallo scavo dei canali o dai cicli produttivi della prima zona industriale. Questo è stato il motivo dell'elevata contaminazione dell'area fin dalla sua creazione che ha permesso il trasferimento degli inquinanti ai canali industriali e successivamente alla laguna. (Master Plan, 2004)

Nel 1998 Porto Marghera è stato identificato, tramite la L. 426/1998, come sito ad alto rischio industriale facendolo entrare a far parte dei Siti di Interesse Nazionale (detti SIN). La definizione dell'area del SIN è avvenuta sulla base di una serie di studi ufficializzati con il D.M. Ambiente del 23/02/2000 in cui l'area viene definita e perimetrata. Il Master Plan per la bonifica dei siti inquinati di Porto Marghera individua all'interno del SIN un sistema di quindici macroisole.



Figura 1 – Area del SIN e toponimi delle macroisole di Porto Marghera. (Zangheri et al., 2009)

Per le finalità dello studio le aree più adeguate sono risultate essere le macroisole delle Raffinerie e dei Serbatoi (Area Petroli), la macroisola del Nuovo Petrochimico e la macroisola di Fusina. Questa scelta, a cui successivamente si è aggiunta la macroisola del Vecchio Petrochimico, è stata fatta in base alla densità areale e la sistematicità temporale dei dati che è stato possibile reperire. Nonostante la loro notevole quantità, soprattutto in termini di numero di prelievi effettuati nei singoli piezometri, è stato necessario trascurare alcune aree a causa della cattiva consistenza dei dati relativi a uno o più analiti che non avrebbe permesso di tracciarne la loro evoluzione.

1. I dati trattati

1.1. Provenienza dei dati

I dati analitici in nostro possesso sono sostanzialmente pervenuti da due fonti: il Magistrato alle Acque di Venezia e la Direzione del Progetto Venezia della Regione Veneto.

Il Magistrato alle Acque ha concesso l'autorizzazione ad accedere al Database in cui erano disponibili i dati del monitoraggio Idrochimico dell'area industriale, questo ci è pervenuto tramite la cortese collaborazione della Technital SpA di Verona.

La Direzione del Progetto Venezia ha dato l'opportunità di accedere alle analisi delle acque sotterranee relative alle operazioni di caratterizzazione e bonifica nelle aree all'interno del SIN.

L'arco temporale coperto dai due database varia dall'anno 1995 al 2002 per il database del Magistrato alle Acque, con alcuni campionamenti relativi al 2009, e dal 1999 al 2008 per il database del Progetto Venezia. In totale le analisi chimiche in nostro possesso sono 119.824, effettuate sui campioni provenienti da circa 1000 piezometri.

1.1.1 Il Magistrato alle Acque di Venezia

Il Magistrato alle Acque di Venezia (MAV) è un istituto periferico del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti istituito nel 1907. Il Magistrato si occupa della gestione e tutela idraulica delle lagune di Venezia, Marano e Grado, e di alcune tratte dei fiumi Tagliamento, Livenza e del torrente Judrio. Nel territorio della laguna di Venezia, il Magistrato alle Acque di Venezia svolge le attività di salvaguardia di competenza dello Stato che vengono realizzate dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti tramite il Consorzio Venezia Nuova. (magisacque.it, 2011)

Il database fornitoci dal Magistrato è costituito da un file MDB (Microsoft Database). Al suo interno sono contenute molteplici entità (tabelle) che descrivono ognuna un tipo di dati omogeneo (Geologici, Geotecnici, Idrogeologici, Idrochimici, ecc..). Alcuni di questi in particolare sono stati approfonditi ed

elaborati in una campagna specifica di caratterizzazione del sottosuolo dell'area industriale al fine di realizzare un modello idrodinamico previsionale sugli effetti dei previsti marginamenti della sponda lagunare. Per le finalità di questo studio sono state usate sia una parte delle analisi idrochimiche con il loro sistema di georeferenziazione sia una parte dei dati geologici e idrogeologici. In totale ci sono stati i forniti i dati relativi a 45.012 analisi chimiche, effettuate su 499 piezometri, di cui ne sono state usate 3003.

1.1.2 La Direzione Progetto Venezia

La Direzione Progetto Venezia fa parte della Segreteria della Regione Veneto per le Infrastrutture. Le competenze della Direzione sono la gestione dell'Accordo per la Chimica e Innovazione Idrogeno, la bonifica dei Siti Inquinati di Porto Marghera, la pianificazione e il monitoraggio degli interventi relativi alla Legge Speciale per Venezia. (regione.veneto.it, 2011)

I dati fornitici dalla Direzione Progetto Venezia sono sia in formato Microsoft Database che in formato Microsoft Excel, e sono strutturati in maniera simile a quanto visto per il database del MAV. Si tratta di analisi chimiche delle acque raccolte nelle campagne di caratterizzazione e nelle operazioni di bonifica realizzate dalle varie aziende all'interno dell'area SIN. Ci sono state forniti i dati di 74.812 analisi, effettuate su 725 piezometri, di cui ne sono state usate 3164.

1.2. Qualità, rappresentatività e distribuzione dei dati

La principale difficoltà dello studio è stato valutare la qualità dei dati. Per ogni macroisola sono infatti presenti molteplici analiti, alcuni dei quali possono non essere presenti nelle altre macroisole perché relativi alle analisi per la ricerca di prodotti industriali specifici legati a delle attività industriali localizzate esclusivamente all'interno di una determinata macroisola. Alcuni analiti invece sono stati ricercati solo a partire da una certa data, a causa dell'adeguamento legislativo avvenuto con il passare del tempo che ha portato ad un ampliamento delle specie ricercate. Di conseguenza trovare analiti che avessero una continuità sia spaziale che temporale ha richiesto una conoscenza approfondita dei database ed una loro rielaborazione.

La copertura temporale e spaziale delle informazioni rende abbastanza difficile una analisi evolutiva completa ed uniforme. Nel campo temporale i prelievi nelle varie macroisole variano irregolarmente. Alcune macroisole sono prive di dati prima di una certa data, mentre in altre mancano i dati più recenti. Nel campo spaziale la variabilità è ancora più palese, ed evidenzia che lo scopo della maggior parte dei campioni presenti nei database non fa parte di interventi di monitoraggio sistematici, ma proviene da campagne di campionamento racchiuse in aree delimitate e che avvengono in periodi di pochi mesi. C'è inoltre da considerare una variabilità ulteriore nei valori dell'analisi, dovuta ai diversi metodi ed alle diverse procedure utilizzate dai vari enti e dai vari laboratori nella realizzazione di queste e dovuta anche al cambiare dei metodi e delle strumentazioni col passare del tempo. Non essendo possibile valutare con precisione il grado di qualifica e la standardizzazione delle procedure dei vari laboratori questo problema è noto ma non viene considerato se non nei casi in cui sia chiaramente discriminabile.

Considerando la profondità di campionamento, il nostro studio si è concentrato nelle prime tre falde: la falda freatica appartenente allo strato di riporto superficiale e le prime due falde di tipo confinato o semiconfinato. Come meglio si preciserà in seguito questi acquiferi sono interessati dalle opere di marginamento delle macroisole dal lato lagunare. Il numero dei campionamenti non è omogeneamente ripartito tra i tre principali acquiferi considerati, ma nelle varie macroisole si concentra principalmente nella seconda falda confinata. Lo studio tuttavia considera nel suo complesso il dominio acquifero intercettato dalle opere di marginamento. Pertanto, la disposizione verticale dei dati non pregiudica il loro utilizzo.

Dopo aver consultato i database il passo successivo è stato quello di selezionare gli analiti da seguire e su cui basare lo studio. La scelta è ricaduta su dieci analiti: Arsenico, Benzene, Cloruri, Manganese, Mercurio, Piombo, Tetracloro Etano, Tetracloro Etilene, Tricloro Etano e Tricloro Etilene.

2. Inquadramento Geologico e Geomorfologico

Lo studio in oggetto si applica alla porzione di sottosuolo definita dalle opere di conterminazione tutt'ora in fase di completamento. Queste opere sono state progettate e realizzate per proteggere la laguna dalla contaminazione proveniente dallo scarico delle falde più superficiali, che arrivano alla profondità massima di -28 metri s.l.m.m.. Di conseguenza lo studio si è concentrato nei depositi più superficiali.

Porto Marghera sorge in un'area che agli inizi del secolo scorso era un'area della laguna ricca di canali naturali. Quest'area fu successivamente imbonita creando casse di colmata che formarono il sistema di macroisole e di canali per l'accesso delle navi al porto industriale.

L'unione dei processi erosivi e deposizionali della laguna a quelli attuati dall'uomo hanno creato un sistema molto eterogeneo e irregolare in cui, soprattutto nei depositi più superficiali, è difficile realizzare un'interpretazione delle successioni stratigrafiche a causa di incertezze nella loro correlazione.

Di seguito è riportato un breve inquadramento desunto dalla abbondante bibliografia sull'origine e sull'evoluzione della laguna veneta. L'obiettivo è quello sia di fornire indicazioni di massima sulle complesse fasi che ne hanno consentito l'attuale assetto, sia quello di mettere in evidenza i processi erosivi e deposizionali al fine di permettere una migliore comprensione del modello stratigrafico.

2.1 *L'origine della Laguna Veneta*

Dopo l'ultimo picco di espansione della glaciazione würmiana, circa 20.000 anni fa, la linea di costa, che in quel periodo era situata all'altezza di Ancona/Pesaro, cominciò a spostarsi verso nord. Lo scioglimento dei ghiacci alimentò un'intensa attività fluviale nel Pleistocene, che portò un'intensa deposizione di sedimenti che andarono a colmare la depressione adriatica. La laguna, da prima una zona fortemente incisa, venne gradualmente colmata da sedimenti fluviali.

Il Pleistocene terminò con un lungo periodo di siccità che permise il consolidamento, l'ossidazione e l'essiccazione dei più recenti sedimenti continentali,

con la formazione in quest'area del noto livello di argille sovraconsolidate chiamato "caranto" (che rappresenta il limite tra Pleistocene e Olocene).

Nell'Olocene il livello del medio mare tornò a salire, e l'area della laguna, tornata ad essere un ambiente fluvio-palustre, venne raggiunta dall'ingressione marina circa 6000 anni fa. I paleosuoli pleistocenici vennero coperti da sedimenti litoranei e lagunari, e le acque marine si diffusero nel bacino palustre attraverso le numerose incisioni fluviali, creando l'originaria Laguna Veneta.

Intorno ai 3000/4000 anni fa ci fu un episodio temporaneo di regressione marina, che fece tornare la laguna un ambiente palustre. La successiva trasgressione riportò la laguna allo stato attuale. (Gatto, Previatello, 1974; Scortegagna, 2008)

2.1.1 L'intervento dell'Uomo

Dopo il XV secolo le autorità della Repubblica Veneta preposte alla tutela idraulica del territorio, riconosciuta la naturale tendenza della laguna a venire progressivamente colmata dal sedimento, decisero di attuare una serie di opere al fine di ripristinare l'equilibrio idraulico del sistema. Il fine era salvaguardare la propria città che faceva della laguna una delle principali difese e ricchezze.

Le prime opere attuate, principalmente dal '500 al '900, furono la deviazione dei fiumi sfocianti in laguna, impedendo così lo scarico dei sedimenti in laguna da parte dei corsi d'acqua, e la costruzione dei "Murazzi" lungo il litorale da Chioggia al Cavallino. (Baschieri, 1996)

Nel XIX secolo gli interventi furono mirati a potenziare la funzione portuale e commerciale di Venezia e di tutta la Laguna. (Favero et al, 1988) Questi interventi si focalizzarono sulla sistemazione delle bocche di porto, prima di Malamocco (1840-1865) e successivamente del Lido (1872). Queste opere consistevano nella creazione di dighe per convogliare le acque affinché uscissero dalle bocche di porto, approfondendo in questo modo i canali grazie all'erosione delle correnti canalizzate. (Cavazzoni, 1995)

Altre opere importanti sono state il ponte ferroviario e automobilistico, rispettivamente del 1841 e del 1931, e la costruzione dell'isola del Tronchetto (1958), opere che sono state attuate portando profonde modifiche all'ambiente lagunare e alla circolazione delle correnti. (Primon, 2008)

2.1.2 Porto Marghera

I lavori per la creazione delle prime macroisole cominciarono nel 1919. Le prime ad essere costruite furono la Prima Zona Industriale, il Porto e il canale navigabile Vittorio Emanuele III che congiungeva Marghera alla Giudecca.

La prima zona industriale fu costruita riempiendo le casse di colmata con i fanghi di risulta dello scavo dei canali. Il lavoro terminò nel 1930 e negli anni 50 sorse la Seconda Zona Industriale, che fu realizzata tramite materiali di riporto costituiti in prevalenza da residui dei cicli produttivi della prima zona industriale (Master Plan,

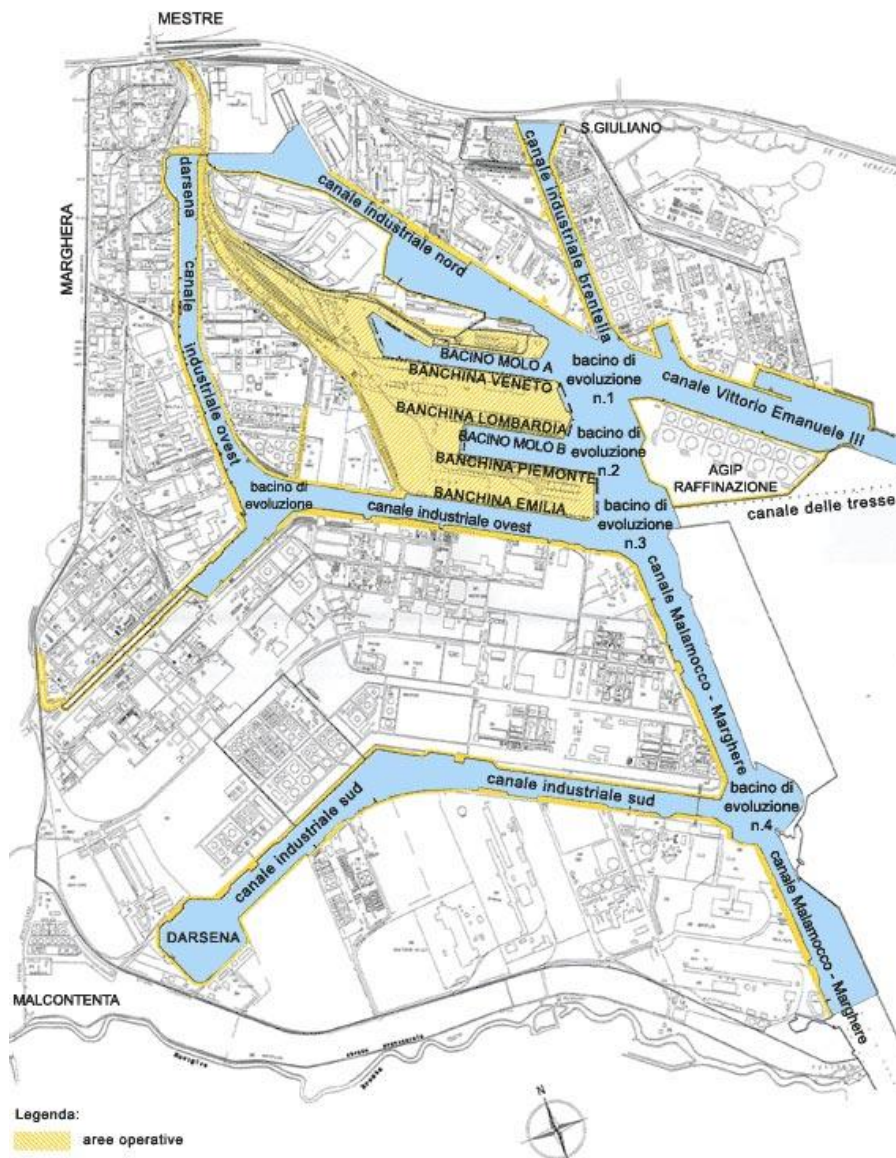


Figura 2 – Mappa dei Canali Industriali (Gusella S.a.s, 2011, alla pagina: http://www.gusellashipping.eu/site_files/ita/porto_ita.html)

2004).

Negli anni '60 venne scavato il canale Malamocco-Marghera (detto “Canale dei Petroli”) e vennero realizzati il terminal petrolifero di San Leonardo e le casse di colmata per la Terza Zona Industriale, che non fu mai realizzata. La terza zona industriale è costituita da tre casse di colmata che furono riempite con fango proveniente dal “Canale dei Petroli” (Fig. 2). (Cavazzoni, 1995)

2.2 Il Modello Stratigrafico

Il Magistrato alle Acque di Venezia tramite la Technital S.p.A. ha realizzato tra il 2004 ed il 2011 un modello concettuale stratigrafico dell'intera area mestrina.

Il presente studio si avvale solo dell'ultima tranche di questa importante realizzazione che ha maggiore attinenza all'area industriale e portuale.

Questo è al momento il modello più completo e dettagliato del sottosuolo del SIN. Di seguito si riporta un quadro di sintesi del modello desunto dal Rapporto Finale della Technital S.p.A. per l'Aggiornamento del Modello concettuale Stratigrafico di Maggio 2011.

2.2.1 Approccio Metodologico

Il modello è stato realizzato in varie fasi. In primo luogo sono stati raccolti i certificati originali di tutte le stratigrafie reperibili nell'area. Ciascuna stratigrafia è stata successivamente omogeneizzata con un criterio di forma prestabilito, che è basato su un codice di 20 litotipi detti “Sub-Livelli”. La classe dei litotipi è stata individuata sulla base degli elementi stratigrafici universalmente riconosciuti come caratterizzanti il sottosuolo del territorio mestrino-veneziano.

In questo modo le stratigrafie sono state ricodificate, mantenendo un dettaglio nell'ordine dei centimetri, ottenendo un'omogeneizzazione del dato e permettendo il confronto tra i dati provenienti da operatori diversi (Fig. 3).

SUB-LIVELLI			Livelli Deposizionali	
codice	simbolo grafico	descrizione litotipo		
g		Ghiaia		
r1		Riparto - tout venant non contaminante		Riparto - tout venant - materiale non contaminante
r2		Riparto - tout venant contaminante		
s		Sabbia		
s1		Sabbia fine		Sabbia fine limosa
s2		Sabbia media - fine		Argilla compatta - Caranto
s3		Sabbia fine con conchiglie		Limo argilloso - argilla limosa con presenza di livelli sabbiosi
s4		Sabbia limosa		Sabbia fine localmente limosa
l		Limo		Limo argilloso - Limo Sabbioso
l1		Limo sabbioso		Sabbia media fine localmente limosa
l2		Limo sabbioso con argilla		Limo argilloso-sabbioso
l3		Limo argilloso con sabbie		Limo argilloso-sabbioso
l4		Limo con argilla		Sabbia fine limosa
a		Argilla		Limo argilloso, argilla limosa
a1		Argilla con limo		Deposito ghiaioso
a2		Argilla limosa con sabbia		Deposito sabbioso
a3		Argilla sabbiosa con limo		Deposito limoso
a4		Argilla compatta (Caranto)		Deposito argilloso
t1		Limo argilloso con torba		
t2		Torba		

Figura 3 – Codificazione dei Sub-Livelli e dei Livelli Deposizionali. (Technital, 2011)

Le stratigrafie dettagliate, definite in Sub-Livelli, sono state successivamente sintetizzate secondo una sequenza di Livelli Deposizionali.

Il codice dei Livelli Deposizionali è stato introdotto per poter realizzare un modello prevalentemente idrostratigrafico con un adeguata scala di rappresentazione degli elementi a questo strettamente inerenti. Questi livelli sono in effetti definiti in base al comportamento prevalentemente granulare o coesivo, dovuto alla componente sedimentologica più rappresentativa, e hanno potenza e continuità stratigrafica di una certa rilevanza.

Questa caratterizzazione è necessaria per poter realizzare una rappresentazione schematica, che mantenga un dettaglio coerente alla necessità di descrivere l'intero sistema e contemporaneamente riprodurre un modello sufficientemente rappresentativo della realtà.

2.2.2 I Livelli Deposizionali

Il livello di schematizzazione realizzato è sicuramente uno strumento utile quando si deve osservare un ambiente così vasto e complesso. La realizzazione della classificazione in livelli prevalentemente permeabili e prevalentemente impermeabili è importante, soprattutto perché permette di considerare dei corpi, in realtà molto complessi, come elementi con caratteristiche omogenee. Allo stesso tempo, nonostante la perdita di dettaglio, questo ci permette di considerare il corpo come appartenente ad una determinata serie di eventi deposizionali. Questo mette in luce come i livelli non siano composti da tanti piccoli Sub-Livelli perfettamente separati tra loro, ma come un insieme di Sub-Livelli la cui litologia varia gradualmente tra uno e l'altro.

- Livello R1: Strato Superficiale di Riporto

Questo strato è costituito dai materiali utilizzati per riempire le casse di colmata o per la realizzazione di opere in terra sopraelevate. E' costituito da fanghi ottenuti dallo scavo dei canali, o rifiuti e scarti delle lavorazioni industriali.

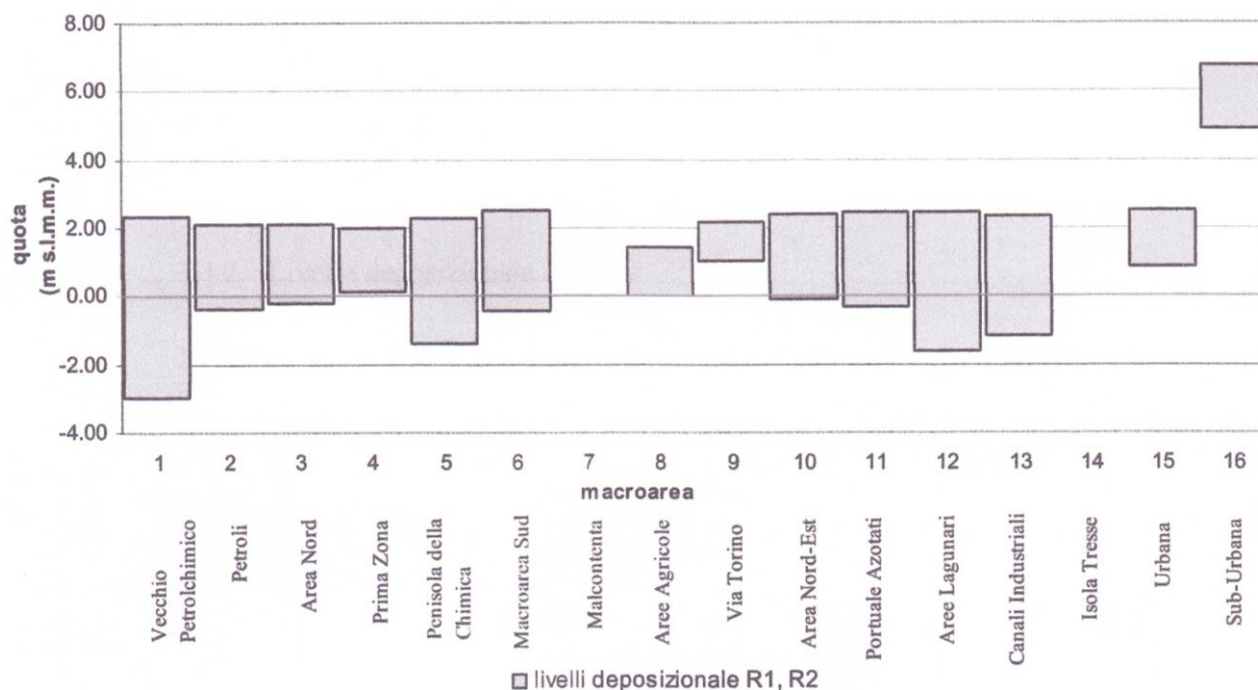


Figura 4 – Posizionamento dello strato di riporto superficiale R1 rispetto al livello del medio mare (Technital, 2011)

Il livello medio del letto in genere coincide circa con il livello del medio mare, mentre quello del tetto si attesta a +2,1m s.l.m.m.. Nelle macroisole create tramite casse di colmata il livello del letto può arrivare a -3,0m s.l.m.m., con una tendenza ad essere più profondo nelle parti più all'interno della laguna.

Lo strato ha una potenza variabile da 1,1 a 5,3m (potenza media di 3,1m) ed è continuo in tutta l'area di Porto Marghera (Fig. 4).

- Livello Deposizionale A

Il livello è costituito da sabbie fini limose e a volte si colloca al di sotto del Livello R1, altre affiora fino alla superficie del piano campagna.

In genere il tetto di questo strato si attesta di poco al di sopra del livello del medio mare (mediamente +0,4m s.l.m.m.), a parte nella macroisola Portuale e nei Canali Industriali, dove si approfondisce probabilmente a causa degli scavi eseguiti.

Le quote del letto vanno da -0,6m s.l.m.m. a -9,9m s.l.m.m., con media di -2,8m s.l.m.m..

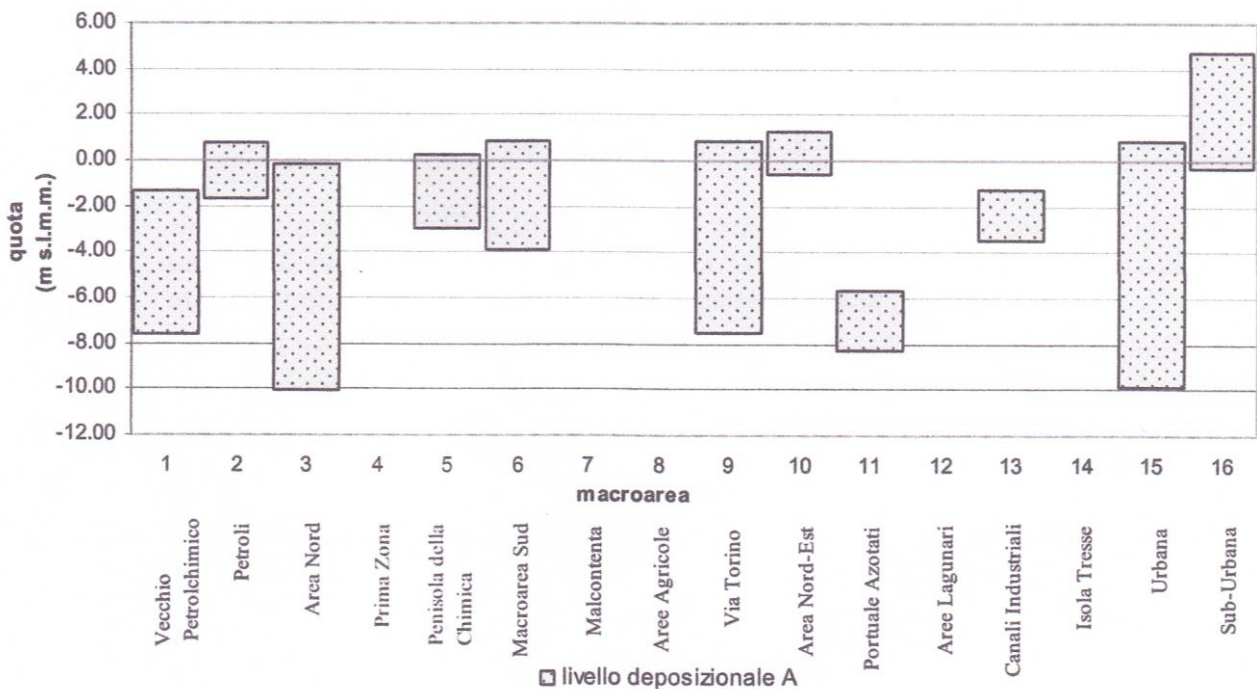


Figura 5 – Posizionamento del Livello Deposizionale A rispetto al livello del medio mare (Technital, 2011)

Questo livello ha poca continuità spaziale, esso è riconducibile alla linea di costa del mare Adriatico. Muovendosi dall'entroterra alla laguna si possono notare molti fenomeni erosivi locali, probabilmente legati alla presenza di canali di marea che alle volte mettono in comunicazione il livello A e C (Fig. 5).

- Livello Deposizionale B e B': Primo livello Coesivo.

La natura coesiva di questo livello è dovuta alla litologia che varia da limi argillosi a argille limose. Esso può essere caratterizzato da un alternanza di lenti di argilla sovraconsolidata (Livello B'), il "caranto".

Nelle zone portuali-industriali il livello del tetto è in genere tra 0,0 e -1,0m s.l.m.m., mentre nella macroisola del Vecchio Petrolchimico e Portuale il tetto si approfondisce fino a -3,0m s.l.m.m. Per quanto riguarda il letto la profondità media è tra i -4,0 e i -6,0m s.l.m.m. e va approfondendosi nelle aree lagunari fino a -8,0m.

La potenza media è di 3,2m s.l.m.m.. Le discontinuità di questo livello mettono localmente in comunicazione i livelli A e R1 con il sottostante livello C, tuttavia la sua continuità è da considerarsi quasi totale. La mancanza di questo livello è da attribuirsi a fenomeni erosivi complessi, avvenuti tra il Pleistocene e l'Olocene.

- Livello Deposizionale C: Primo livello Incoerente.

Questo orizzonte permeabile è costituito da sabbie fini localmente limose, il suo spessore è variabile, come anche la posizione del suo tetto e del suo letto.

Nelle macroisole oggetto del nostro studio la profondità del tetto è intorno ai -6,0m s.l.m.m. e quella del letto è circa a -11,0m s.l.m.m., con una potenza media di 5,5m.

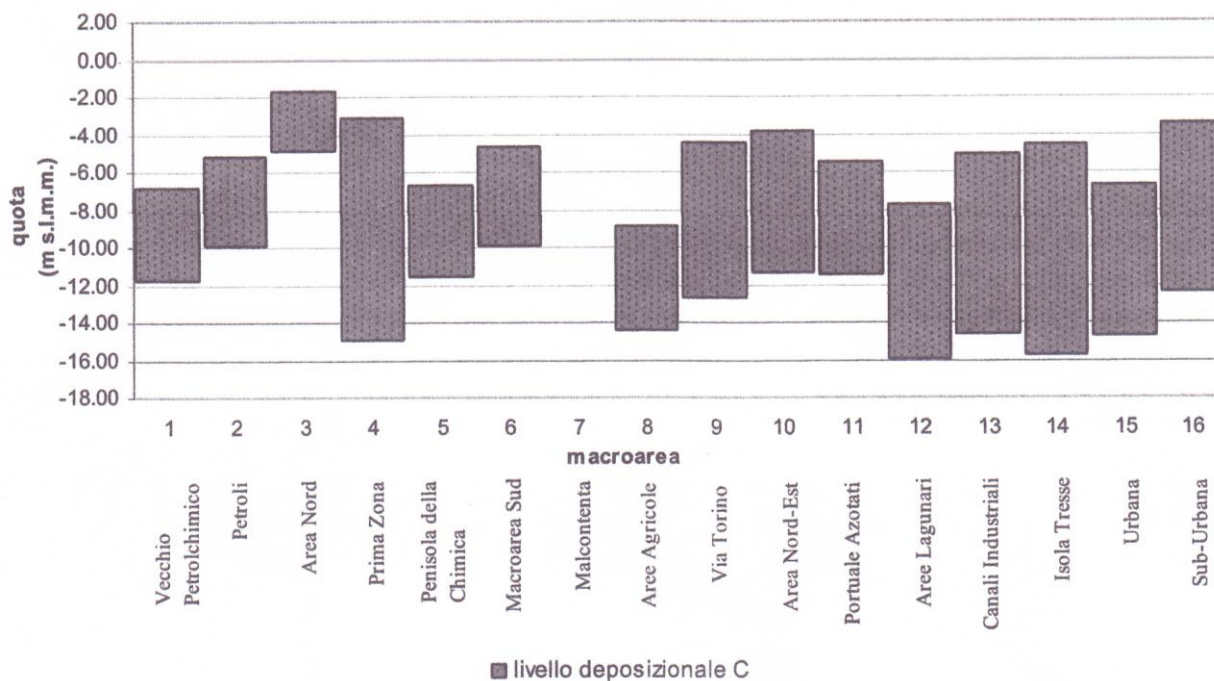


Figura 6 – Posizionamento del Livello Deposizionale C rispetto al livello del medio mare (Technital, 2011)

Tale variabilità all'interno del SIN rimane sempre molto elevata. Nonostante questo la sua continuità spaziale è decisamente elevata e, quindi, facilmente correlabile (Fig 6).

- Livello Deposizionale D e T: Secondo livello Coesivo.

Il secondo livello coesivo è costituito da materiali limoso argillosi. Localmente sono presenti lenti di torba mescolata a sabbia fine e argilla (Livello T), probabilmente legate ad ambienti palustri e fluvio-palustri in cui si sono formati depositi di materiale organico.

Anche questo livello presenta una discreta variabilità di sia di spessori che di soggiacenza. La quota media del tetto è di -11,9m s.l.m.m. e quella del letto -18.1m s.l.m.m. con una potenza media di 6,2m.

In realtà il range di variabilità di questi valori è molto grande: lo spessore può variare dai 3 ai 12m e la quota del letto da -13,00 a oltre -30,0m s.l.m.m.. La continuità di questo livello è molto buona su tutta l'area portuale, anche se alcune sezioni evidenziano un assottigliamento del livello fino alla sua scomparsa.

Questi punti sono importanti in quanto mettono in collegamento i livelli C ed E.

- Livello Deposizionale E ed E': Secondo livello Incoerente.

Il secondo livello in prevalenza incoerente e permeabile è costituito da un alternanza di sabbie medie fini localmente limose e livelli costituiti da limi argilloso-sabbiosi (Livello E'). Nell'area industriale ci sono meno sondaggi che intercettano questo livello, per cui la sua correlazione ha un'incertezza maggiore rispetto ai precedenti.

Da quello che si evince anche questo livello risente di elevata variabilità. Gli spessori variano da 2 a 9m, con media di 6,3m, e il tetto mediamente è tra i -15,0 e i -20,0m s.l.m.m., con media di -17,7m. Il letto ha quota media di -24,0m s.l.m.m..

Questo livello non è sempre continuo e non è infrequente che vi siano delle interruzioni (Fig 7).

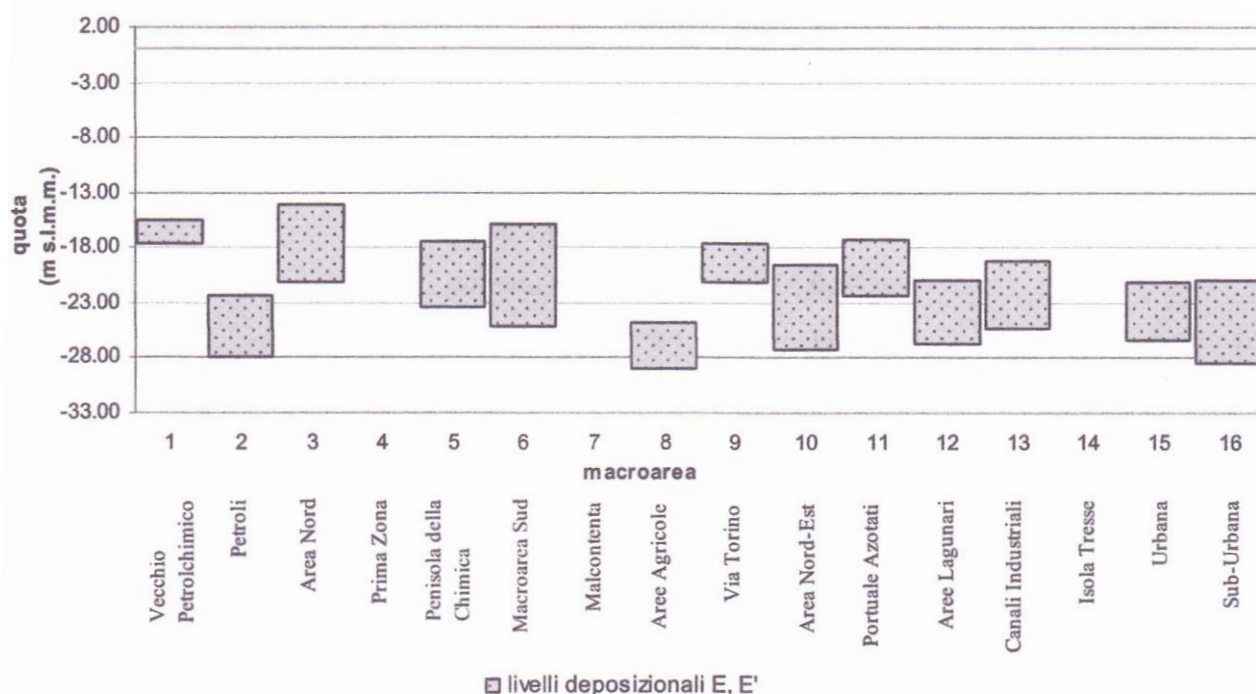


Figura 7 – Posizionamento del Livello Deposizionale E rispetto al livello del medio mare (Technital, 2011)

- Livello F e Livelli Successivi

Il livello F è un livello di limo argilloso-sabbioso al di sotto del livello E. Viene considerato il livello impermeabile che chiude il sistema di acquiferi superficiali interessato dal presente studio. La quantità di sondaggi che raggiungono i livelli inferiori a questo sono molto limitati e non permettono una correlazione affidabile. Nella realizzazione dei profili si è in ogni caso provveduto a segnalare sia pure localmente la loro presenza.

- Profili Stratigrafici

Qui di seguito è riportata la griglia dei profili stratigrafici realizzati dalla Technital S.p.A per conto del Magistrato alle Acque. In particolare i profili LB ed LC, allegati in appendice, sono due degli ultimi cinque profili realizzati nella corrente fase dello studio del sottosuolo dell'area del SIN.

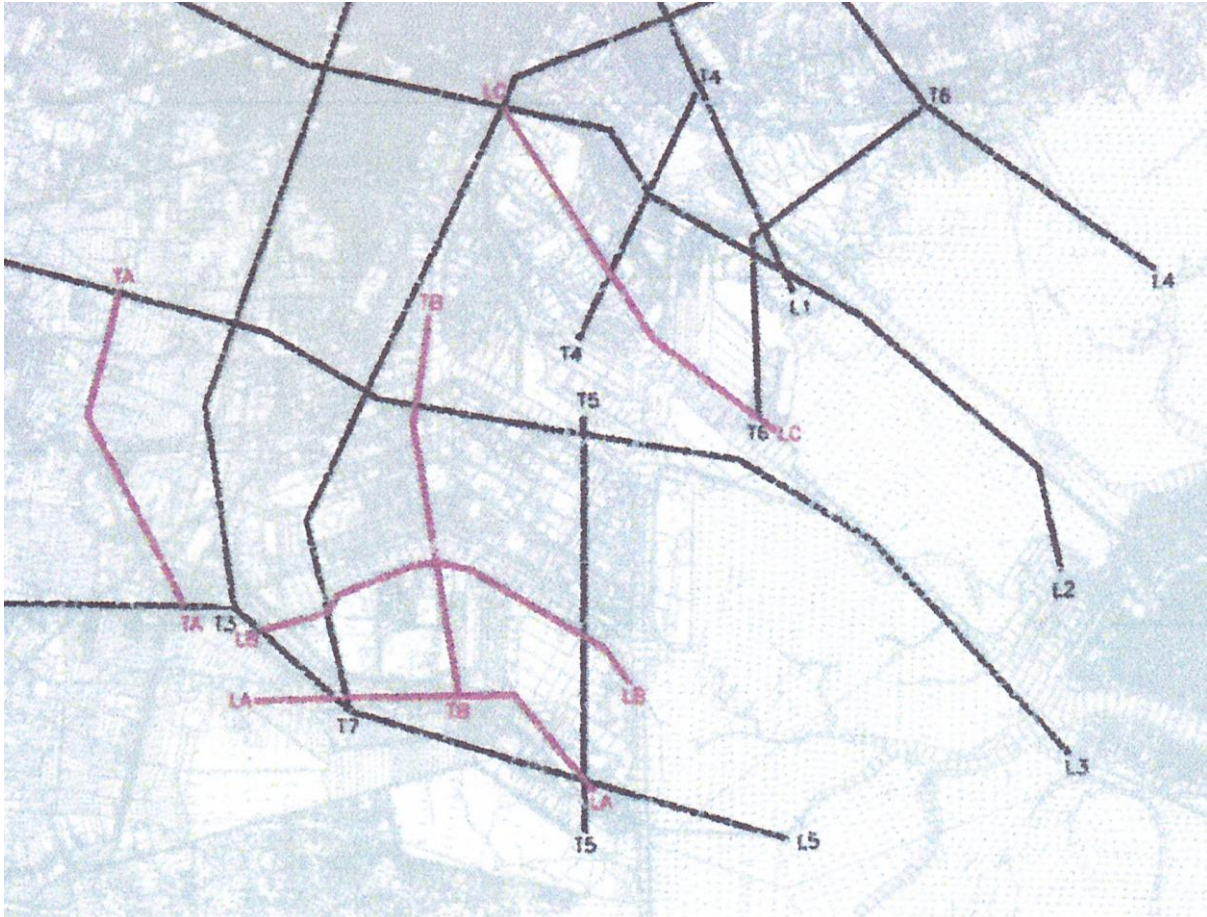


Figura 8 – Griglia dei Profili Stratigrafici (Technital, 2011)

I profili riportati nelle Appendici I-IV sono: T4 e T5 in nero, LB e LC in rosso (Fig. 8).

3 Inquadramento Idrogeologico

Come già detto, i livelli deposizionali, assunti come insieme di sotto-livelli litologicamente differenziati, sono stati definiti in base al loro comportamento principalmente granulare o coesivo. Questo consente di individuarne univocamente il comportamento idraulico.

I livelli R1, A, C ed E (ed in parte E') si possono considerare acquiferi con una trasmissività idraulica ed un immagazzinamento sufficienti ad ospitare una falda e permetterne il deflusso. I livelli B (e B'), D, T ed F, a comportamento coesivo, agiranno come setti impermeabili, separando e differenziando le falde.

Queste considerazioni sono in realtà confermate dalle conoscenze e dalle numerose opere di sfruttamento realizzate nell'area, oltre che dalla realizzazione di numerose prove Lefranc volte a approfondire l'aspetto quantitativo e definire dei valori di permeabilità rappresentativi dei livelli deposizionali. Va ricordato che questi valori vanno acquisiti su base statistica in quanto il volume di acquifero è molto ampio, e di conseguenza estremamente eterogeneo.

3.1 *Acquiferi*

Passiamo quindi alla caratterizzazione degli acquiferi servendoci dei livelli deposizionali definiti e entrando nel dettaglio per quanto riguarda le loro caratteristiche idrauliche.

3.1.1 *Definizione degli acquiferi*

- Acquifero Freatico Superficiale

Questo acquifero alloggia nello strato di riporto R1 e, dove questo è assente, nel livello A. Considerando complessivamente i due livelli si assume che la quota media del tetto è posizionata a +2,1m s.l.m.m., mentre quella del letto è -2,8m s.l.m.m. nei punti in cui il livello A è presente, intorno al livello del medio mare nei punti in cui non lo è.

La piezometrica di questa falda normalmente si trova ad una quota superiore a quella della piezometrica della prima falda semiconfinata. (Zangheri et al., 2009).

Per quanto riguarda la permeabilità, essa è molto variabile nello strato di riporto, mentre nel livello A essa è circa 10^{-4} m/s.

- Prima Falda confinata o semiconfinata

Questa falda è ospitata in un acquifero confinato o semiconfinato denominato livello C. Esso è composto da sabbie fini localmente limose. La potenza media è di 5,5m, il tetto è ad una quota media intorno ai -6,0m e il letto a -11,0m s.l.m.m.. L'acquifero, essendo composto da litologie più omogenee, consente di attribuirgli una permeabilità più affidabile: il valore medio rilevato è di 10^{-4} m/s.

La quota media di questo acquifero può essere desunta dai numerosissimi rilievi piezometrici su oltre 300 piezometri distribuiti su tutta l'area di interesse, nell'arco dell'ultimo decennio (Tab. 1).

Macroisola	Quota media falda	Quota max falda	Quota min falda	Nr. Piezometri	Nr. Letture/ piezometri (media)	Primo dato	Ultimo dato
Vecchio petrolchimico	0,69	1,40	-0,75	30	4,17	19/04/2000	07/09/2009
Raffinerie	0,51	1,20	-0,30	31	4,19	01/02/2000	08/09/2009
Serbatoi	0,81	2,33	0,03	9	5,67	28/02/2007	15/04/2009
Nuovo Petrolchimico	0,57	1,60	-0,90	50	6,24	03/01/2000	05/09/2007
Fusina	0,44	1,98	-0,80	60	2,45	11/02/2000	29/03/2010

Tabella 1 – Tabella relativa ai valori piezometrici del primo acquifero confinato o semiconfinato. Periodo 2000-2010. (Technital, 2011)

La media della quota piezometrica ottenuta dalle medie di tutte le singole macroisole è di +0,8m s.l.m.m., con massimi che vanno da +2,4m a minimi di -2,4m.

- Seconda Falda confinata

L'acquifero si può considerare confinato. Esso è costituito dal livello denominato E o E', che sono rispettivamente costituiti da sabbie medie fini e sabbie limose, la cui permeabilità media è di circa 10^{-5} m/s. La sua variabilità e il numero minore dei sondaggi che lo intercettano rendono più incerta l'attribuzione degli spessori medi su vaste aree. Questi possono andare dai -15,5m del tetto e -17,7m del letto nel Vecchio Petrolchimico, ai -22,3m di tetto e -27,9m del letto della macroisola

Petroli. La variabilità dunque è alta, come gli spessori a cui si può attribuire un valore medio di circa 6 metri.

Macroisola	Quota media falda	Quota max falda	Quota min falda	Nr. Piezometri	Nr. Letture/ piezometri (media)	Primo dato	Ultimo dato
Vecchio petrolchimico	0,64	1,95	-0,75	13	3,46	08/05/2006	07/09/2009
Raffinerie	0,96	1,25	0,60	5	5,80	21/11/2002	08/09/2009
Nuovo Petrolchimico	0,66	2,28	-0,15	10	4,60	03/10/2001	05/09/2007
Fusina	0,50	1,05	0,16	21	3,29	17/01/2001	17/09/2009

Tabella 2 – Tabella relativa ai valori piezometrici del secondo acquifero confinato. Periodo 2000-2010. (Technital, 2011)

La media della quota piezometrica ottenuta dalle medie di tutte le singole macroisole è di +0,6m s.l.m.m., con massimi che vanno da +2,3m a minimi di -0,8m (Tab. 2).

3.1.2 Misure di Permeabilità

I valori di permeabilità sono stati desunti da un totale di oltre 300 prove sperimentali nelle due falde semiconfiniate, o confinate, C ed E. Queste prove sono state eseguite perlopiù con il metodo Lefranc che per lo stesso livello fornisce valori all'interno di un range ampio, fino a due ordini di grandezza. Questo è dovuto sia all'eterogeneità a piccola scala, sia a diminuzioni progressive di permeabilità avvicinandosi al bordo lagunare. All'interno dello stesso livello la variabilità può diminuire di un ordine di grandezza muovendosi dall'entroterra all'area portuale.

Il range di tutti i valori di permeabilità misurati all'interno del SIN varia da circa $5 \cdot 10^{-5}$ a $5 \cdot 10^{-8}$ m/s.

Sempre all'interno dell'area SIN sono stati eseguiti una decina di test di pompaggio classici, i cui risultati evidenziano come le prove Lefranc tendono a sottostimare il valore di permeabilità. I risultati, ottenuti tramite il metodo di Theis, ricadono tra 10^{-4} e 10^{-5} m/s sia nella prima che nella seconda falda. Questa minore dispersione dei valori è dovuta al fatto che le prove di falda interessano tutto il livello deposizionale investigato e sono in grado di fornire un valore effettivamente

rappresentativo di quest'ultimo, con influenza trascurabile da parte dei sub-livelli a maggiore frazione fine che possono far ottenere un valore ridotto da una prova Lefranc intestata su quel sub-livello. Questo può portare a differenze di due ordini di grandezza tra le due tipologie di prove se effettuate nello stesso pozzo.

Tramite i test di pompaggio è stato inoltre possibile ottenere valori di Storage e di Trasmissività. Utilizzando metodi diversi, Theis e Cooper-Jacob, sono stati inoltre osservati valori congruenti, cosa che permette di considerare l'esecuzione delle prove come ottimale.

3.2 Deflusso delle Falde

Per quanto riguarda l'assetto del deflusso delle acque sotterranee, per lo studio in oggetto sono indispensabili due tipi di approccio.

Il primo riguarda un deflusso alla scala regionale ampiamente studiato da una nutrita bibliografia.

Nel secondo riguarda il campo di flusso alla scala di dettaglio, ovvero di macroisola.

Quest'ultimo può presentare un assetto diverso o anche contrastante con il primo. Le ragioni sono ovviamente da attribuire al pesante intervento antropico che si è sviluppato nell'area di studio e che si sta tuttora sviluppando ad esempio attraverso il pompaggio di bonifica o i manufatti di conterminazione.

- Campo di Deflusso Regionale.

Come ampiamente documentato in bibliografia, la direzione prevalente del deflusso idrico sotterraneo negli acquiferi della pianura veneta è NW-SE. Situazioni locali come la presenza di fiumi possono creare fenomeni di alimentazione o drenaggio della falda determinando evidenti variazioni nella morfologia delle curve isopotenziali e nelle direzioni di deflusso sotterraneo. Anche variazioni di permeabilità locali possono creare assi di drenaggio o spartiacque sotterranei tali da variare anche sensibilmente la loro posizione spaziale a seconda del regime della falda stessa. I gradienti idraulici della falda freatica di alta pianura possono variare dallo 0,1 allo 0,6%, e eventi di alimentazione e drenaggio possono farla variare fino a raggiungere il 2,5%. Tali gradienti decrescono comunque più o meno

regolarmente procedendo dall'alta alla bassa pianura (Fig. 9). (Boscolo e Mion, 2008)

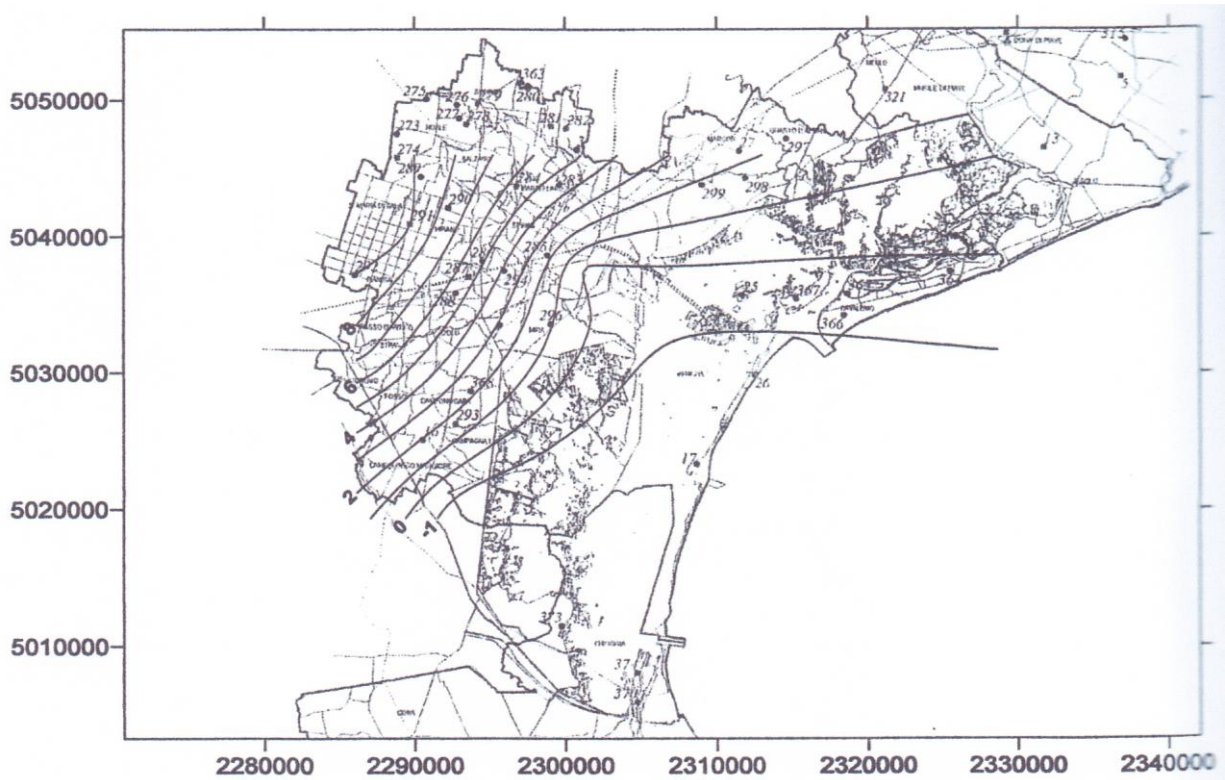


Figura 9 – Carta del campo di flusso regionale. Profondità inferiore ai 100 metri.
(Beda, 2004)

- Campi di Deflusso a scala di Macroisola.

All'interno delle macroisole il campo di flusso risulta molto perturbato e spesso in discontinuità più o meno netta con l'assetto piezometrico dell'entroterra mestrino. Questo avviene per varie cause: prima fra tutte la tendenza del livello piezometrico a raccordarsi con il livello della laguna, secondo le profonde modificazioni della linea di costa. L'assetto naturale della falda è inoltre fortemente condizionato da tutti quei manufatti che ne ostacolano il flusso naturale o che generano zone di drenaggio.

Nella prima e nella seconda falda sono invece più influenti tutti i fenomeni di richiamo, dovuti sia a sfruttamento idrico sia alle opere di bonifica posizionate nell'immediato retroterra, che provocano ampi coni di depressione piezometrica, con richiamo di acque contaminate dalla zona portuale e industriale (Fig. 10 e 12).



Figura 10 – Direzioni prevalenti di flusso in prima falda. (Technital, 2009)

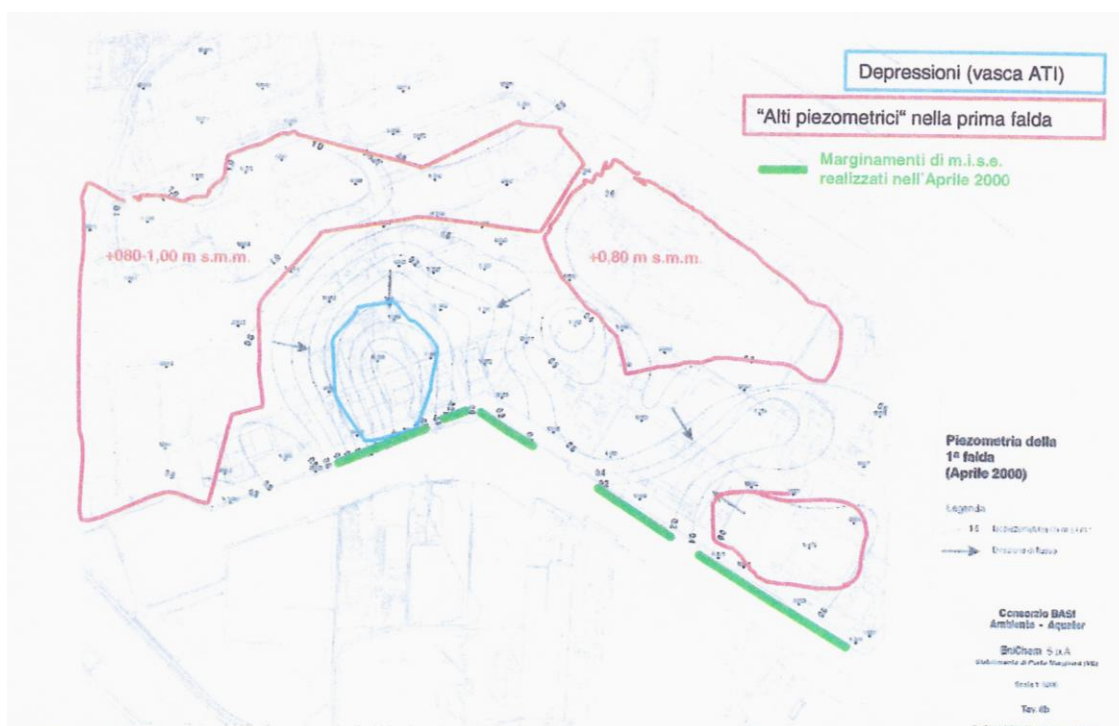


Figura 11 – Alti e bassi piezometrici nella prima falda del Nuovo Petrolchimico. Aprile 2000. (Technital, 2009)

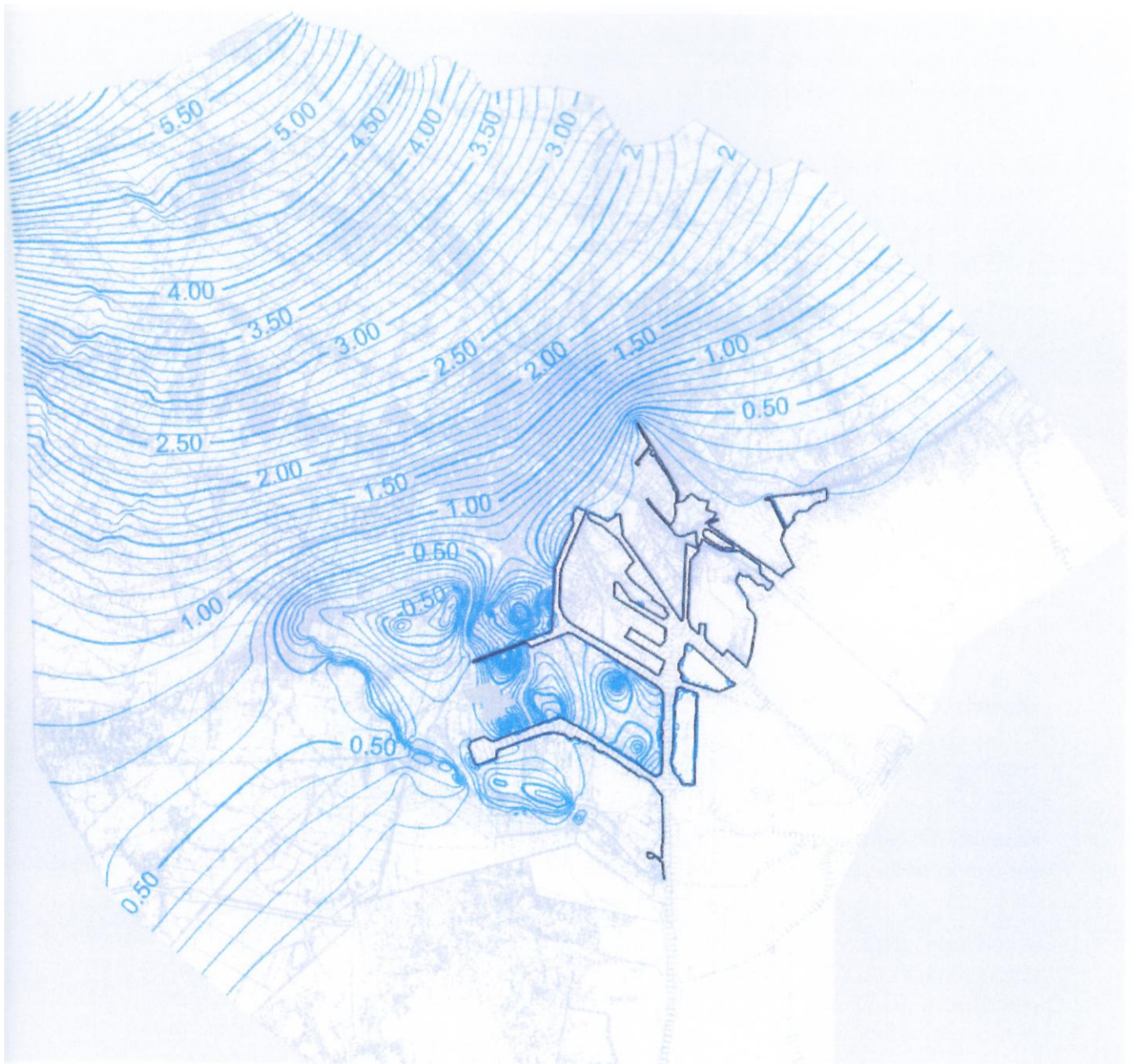


Figura 12 – Confronto tra l'assetto piezometrico dell'area mestrina e nell'area portuale industriale. Primo acquifero confinato o semiconfinito. (Technital, 2009)

Un'ulteriore perturbazione è stata apportata dall'inserimento delle opere di conterminazione, che oltre a prevenire il contatto tra la falda e la laguna, sono dotate di drenaggi per la raccolta delle acque di falda.

Questo non modifica sostanzialmente la direzione prevalente del campo di flusso, ma influisce soprattutto modificando i gradienti che non tenderanno più a raccordarsi al livello della laguna ma alle linee di drenaggio posizionate a

profondità maggiori (Fig. 11). La forma predominante è quella di un alto centrale che si abbassa verso le sponde, a volte modificata da alcuni di questi fenomeni.

La Figura 12 mette in evidenza la differenza tra l'assetto delle linee isopotenziali nell'area interna mestrina con la zona portuale industriale.

3.3 Fenomeni di migrazione dei contaminanti

Come è facile intuire la presenza di uno strato superficiale di materiali di riporto di origine antropica, che in alcune zone è formato da veri e propri scarti delle lavorazioni industriali (Master Plan, 2004), ha dato luogo ad una contaminazione che dai depositi è passata nelle acque sotterranee. La sorgente di questa contaminazione è dunque molto estesa arealmente, e ha spessore che varia da circa uno a cinque metri a seconda della zona.

Il plume di contaminazione che ha origine da questo tipo di depositi è caratterizzato da un'elevata dispersione di composti nocivi a concentrazione e composizione estremamente variabili nello spazio e nel tempo.

L'eventuale rilascio diretto di sostanze liquide contaminanti, provenienti dai rifiuti industriali degli anni '20, avrà avuto un massimo con la loro deposizione e una diminuzione col passare del tempo. Al momento le principali cause di rilascio del contaminante sono probabilmente dovute al contatto delle acque con i depositi primari o con depositi secondari, formati da porzioni di livelli deposizionali naturali in cui uno o più contaminanti si sono accumulati.

3.3.1 Meccanismi di trasporto dei contaminanti.

Una volta che il contaminante migra al di fuori della sorgente primaria, esso si muoverà sotto un vettore forza, come la gravità, la spinta dell'acqua o di un gradiente di pressione o di concentrazione.

Questo tipo di trasporto dipenderà dalla specie contaminante e dalle forze motrici disponibili. Anche la forza che lo muove avrà un'origine e, qualora il contaminante non migri fino a raggiungere la laguna, ad un certo punto si esaurirà. Il termine del movimento può essere dovuto sia all'esaurirsi della forza "motrice", sia al manifestarsi di una forza capace di bloccare il trasporto.

Per quanto riguarda la contaminazione delle acque, la provenienza stessa dell'acqua può dare indicazione sia su dove avviene il contatto con il contaminante sia sul meccanismo di trasporto. Nell'area di studio possiamo incontrare acque che hanno origine dall'infiltrazione delle acque meteoriche, dal deflusso naturale delle acque di falda attraverso gli acquiferi, acque contenute negli acquicludi o trattenute dalle forze capillari nella zona vadosa e acque lagunari di intrusione. Queste acque si muovono in direzioni differenti oppure non si muovono affatto, immobilizzate dalla pressione di suzione.

Si può comunque affermare che la direzione prevalente del deflusso sia diretta verso le acque lagunari contaminandole.

Possiamo ipotizzare che la principale modalità di contaminazione sia da ricollegare alla percolazione dei fluidi attraverso le coperture superficiali, la lisciviazione del deposito contaminato da parte delle acque meteoriche e per l'oscillazione della falda libera sotto la forza delle maree.

Una volta che il contaminante è entrato in contatto con la falda libera, o con una porzione di acquifero anche occupato soltanto stagionalmente, i principali meccanismi di trasporto sono relazionati ai fenomeni idrodinamici locali. Il movimento per Convezione o Dispersione saranno predominanti nei sub-livelli ad elevata permeabilità, mentre il movimento per Diffusione molecolare sarà importante nei sub-livelli di argille e litologie intermedie a bassa permeabilità.

3.3.2 Meccanismi di accumulo dei contaminanti.

Qualora nel tempo o nello spazio ci sia un mutamento di condizioni fisiche, chimiche o chimico-fisiche sufficiente, il contaminante si arresterà. Questo fenomeno può avvenire per varie cause, ed il suo effetto sarà separare il contaminante dal flusso acquoso e accumularlo nel sedimento. Il mutamento di condizioni come Temperatura e pH potrebbero portare il contaminante a precipitare, anche temporaneamente. Il contatto della sostanza con depositi organici o argille potrebbe portare l'adsorbimento da parte di queste. Anche il fenomeno di diffusione molecolare, prima citato come un meccanismo di trasporto, potrebbe accumulare all'interno di un livello di potenza sufficiente, e con permeabilità sufficientemente ridotta, una piccola parte di contaminante.

4 Interventi di messa in sicurezza in atto nell'area portuale industriale

Di seguito verranno illustrate le tecniche di intervento volte ad evitare il trasferimento degli inquinanti in laguna che sono state spesso citate nei capitoli precedenti. Questo dà l'opportunità di capire quale può essere stato il loro impatto sulla contaminazione sia in relazione al loro funzionamento che alla loro costruzione, avvenuta in un ampio periodo di tempo.

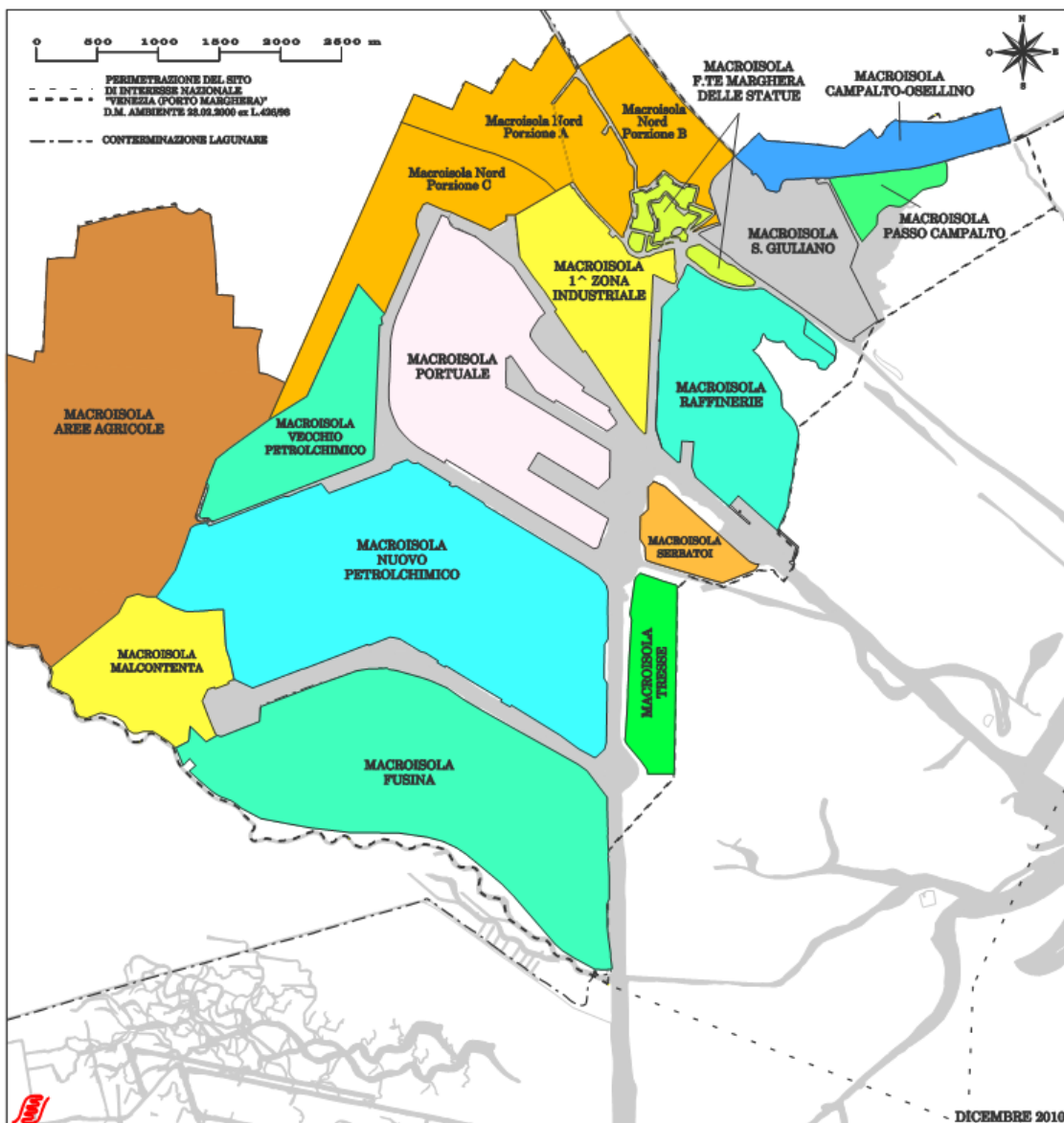


Figura 13 – Identificazione delle macroisole del SIN secondo il DM Ambiente 23/02/2000, Art. 1 L. 426/1998. (MAV, 2011)

Le opere di confinamento strategico (diaframmi) sono state prescritte dal Master Plan e sono in corso di realizzazione dal 1996. Esse fanno parte della strategia di bonifica e sono volte a realizzare una messa in sicurezza di emergenza. Oltre ai semplici marginamenti il Master Plan prescrive la presenza di alcuni programmi di monitoraggio per verificare sia la funzionalità e l'efficacia dell'opera, sia gli effetti progressivamente indotti sul sistema idrogeologico e sulle caratteristiche geotecniche delle aree confinate. (Master Plan, 2004)

Il Master Plan prevede in totale 15 aree individuate e definite da criteri geografici e idraulici (Fig. 13). Si ricorda che il presente studio prevede di esaminare alcuni aspetti del chimismo di cinque di queste macroisole: Raffinerie, Serbatoi, Vecchio Petrolchimico, Nuovo Petrolchimico e Fusina.

4.1 Soluzioni tecniche

Il marginamento mediante diaframmi intercetta completamente il primo acquifero e garantisce la continuità della tenuta idraulica. Le interferenze con il secondo acquifero sono state limitate in quanto nel 2001 la Commissione per la Salvaguardia di Venezia si è pronunciata affinché la seconda falda in pressione non venga completamente intercettata.

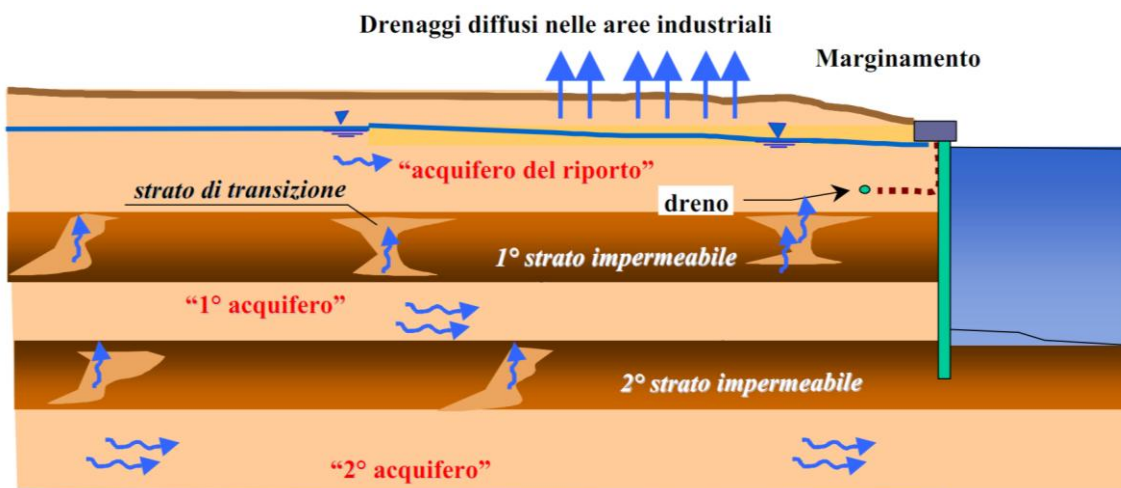


Figura 14 – Schema concettuale di funzionamento del sistema di marginamento e drenaggio (Master Plan, 2004)

La quota superiore dei marginamenti è compresa tra +2,1m e +2,5m s.l.m.m. e la profondità di infissione delle palancole varia tra -14,0 e -28,0m s.l.m.m.. (“Stato di attuazione degli interventi di competenza del Magistrato alle acque di Venezia”, aggiornamento 31 dicembre 2010)

4.1.1 Marginamenti

Di seguito una breve presentazione delle tecniche utilizzate per la realizzazione delle opere, di cui in figura 15 si può vedere una sezione di esempio. (Master Plan, 2004)

- Palancole

Le palancole sono elementi prefabbricati che vengono infissi nel terreno senza scavo e che hanno la funzione di tenuta idraulica. Le palancole possono essere metalliche o in materiale plastico e vengono infisse nel terreno mediante vibroinfessori. Le palancole metalliche possono essere anche usate per sostenere porzioni di terreno.

Le palancole vengono unite tra loro tramite dei giunti detti gargami la cui impermeabilità viene garantita dalla presenza di guarnizioni in poliuretano nella porzione più alta della palancola.

- Diaframma in bentonite

Si tratta di un diaframma plastico composto da una miscela di acqua, bentonite e cemento con una permeabilità fino a 10^{-9} m/s. Il terreno che occupa il volume del diaframma viene rimosso tramite cassero, che lo preleva e permette alla miscela fluida di occuparne il posto, salendo dal basso verso l'alto mano a mano che il cassero viene estratto.

- Jet grouting laminare bifluido

Consiste nell'iniezione di volumi controllati di miscela cemento-bentonite nel terreno attraverso fori di piccolo diametro (da 1,2 a 2,2mm). Questa miscela

garantisce una consistenza plastica che non si fessura e autosutura in seguito alle possibili deformazioni del terreno in cui viene iniettata.

L'iniezione consiste nella disaggregazione del terreno ad opera di getti di aria compressa e la miscelazione di esso con il fluido formando delle ali di oltre 1,2m di raggio e di 10cm di spessore attorno al foro di perforazione. La permeabilità ottenuta è inferiore a quella del terreno originario.

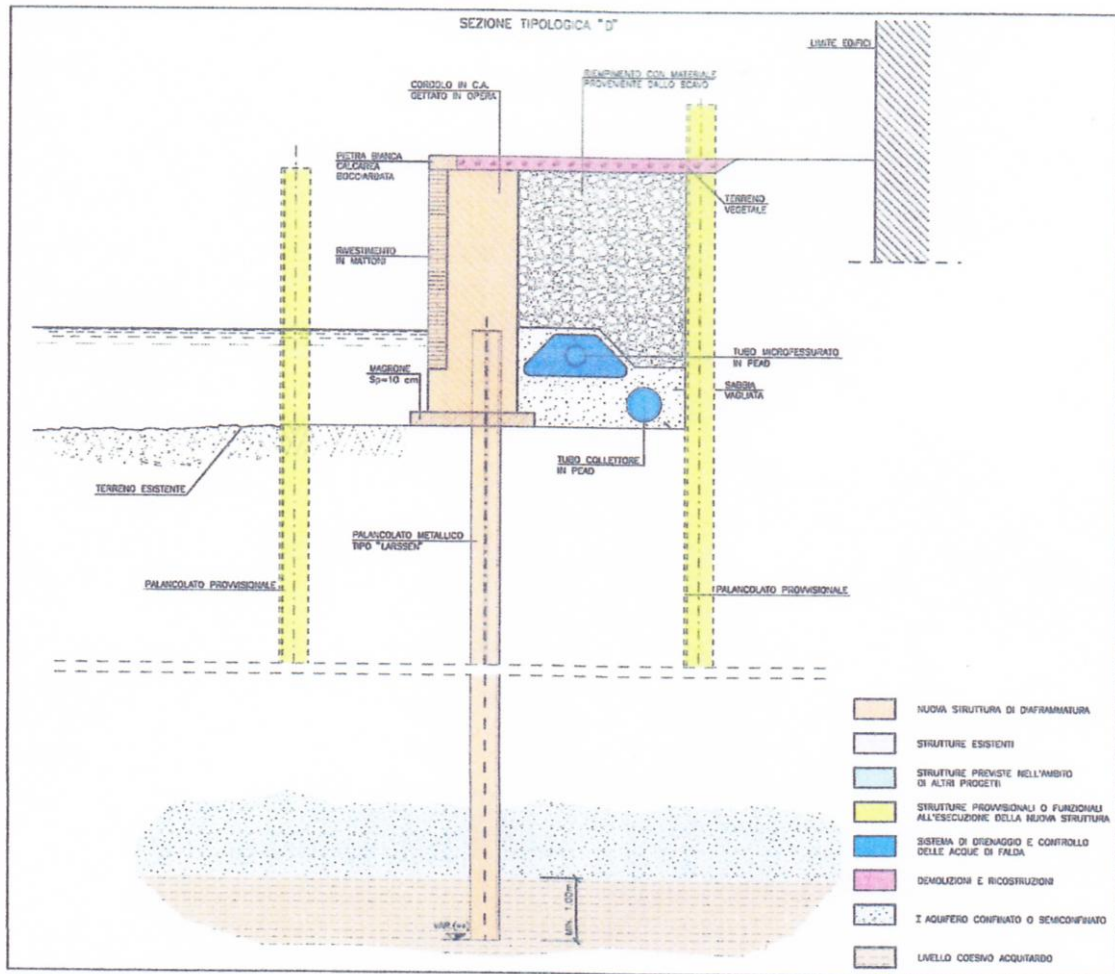


Figura 15 – Sezione tipologica di un diaframma di marginamento in aderenza alla sponda di un canale. (Technital, 2009)

4.1.2 Drenaggi

Tutti gli schemi dei marginamenti prevedono a monte un indispensabile sistema di drenaggio (Fig. 15). Questo ha lo scopo di richiamare le acque di falda abbassandone il livello piezometrico e di conseguenza, come specificato in precedenza, questi drenaggi hanno la capacità di alterare localmente il deflusso della falda.

I drenaggi hanno un duplice scopo: in primo luogo prevenire che il deflusso della falda, venendo sbarrato dal marginamento, provochi un innalzamento piezometrico andando in questo modo a modificare il campo di deflusso. Questo creerebbe delle forze di spinta sui marginamenti, in direzione della laguna, che potrebbero permettere alle acque di filtrare in laguna attraverso le conterminazioni. In secondo luogo la raccolta delle acque che defluiscono sia verso la laguna, ma anche verso l'entroterra (vedi Figura 10 e 12), trasportando con loro sostanze inquinanti, vengono avviate ad un sistema di depuratori per il recupero ed il trattamento.

La realizzazione dei drenaggi non sempre avviene contemporaneamente a quella del

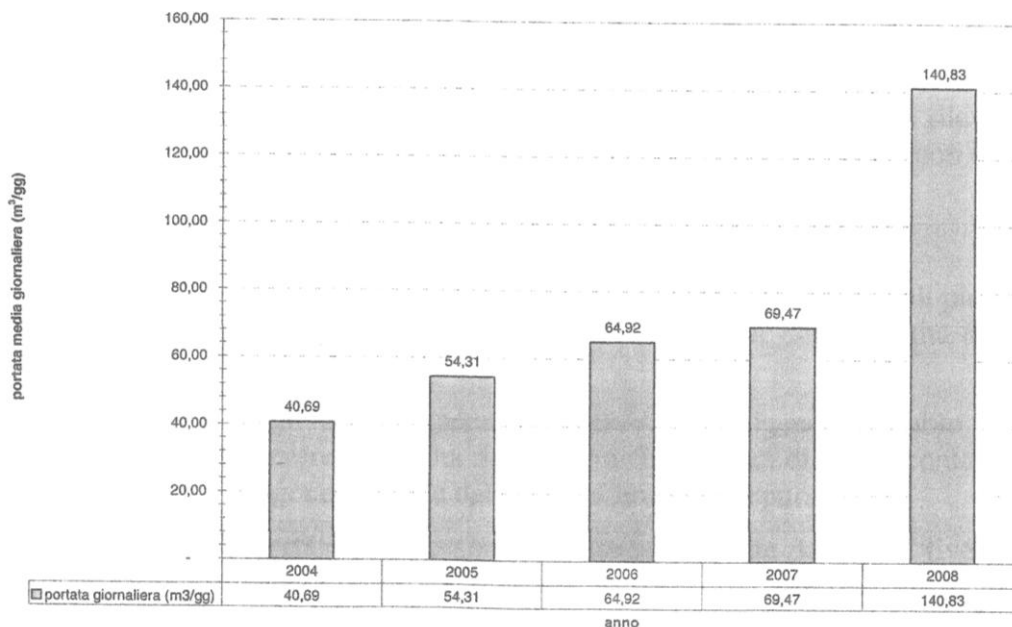


Figura 16 – Portate raccolte dai dreni retrostanti il marginamento della sponda nord del canale industriale sud. (Technital, 2008)

marginamento. La loro importanza però non è subordinata e le portate prelevate sono molto grandi. In Figura 16 è rappresentato un esempio delle portate prelevate dal 2004 al 2008, in m³/gg, all'interno del Nuovo Petrolchimico lungo la sponda Nord del Canale Industriale Sud.

Per quanto riguarda le altre macroisole, al momento non sono disponibili dati quantitativi delle portate estratte.

4.2 Sviluppo temporale dei marginamenti

L'intervento di marginamento del fronte lagunare era stato inserito fin dal 1993 nel "progetto generale degli interventi per l'arresto e l'inversione del degrado lagunare", sviluppato dal MAV tramite il proprio concessionario, come stabilito nell'articolo 3, comma 2 della legge 798/84. Il progetto è stato approvato con decreto del Presidente del Magistrato alle Acque il 25 luglio 1995 ed è operativo dal 29 marzo 1996. (Master Plan, 2004).

Dopo la pubblicazione del Master Plan, gli interventi di marginamento sono stati attuati seguendo un programma di priorità che tiene conto dell'inquinamento noto dei suoli e delle acque sotterranee, delle priorità indicate dal Ministero dell'Ambiente, dalla proprietà pubblica delle aree da mettere in sicurezza e da altri fattori legati allo stato delle aree e alla fattibilità degli interventi.

Nella Figura 17 si può notare come in nero siano segnalati i tratti di marginamento realizzati tra marzo 1996 e giugno 2004.

Nelle Figure 18, 19, 20 e 21 appaiono le figure dello stato del completamento dei lavori pubblicati dal Magistrato alle Acque relativi ai periodi dal 31 dicembre 2007 al 31 dicembre 2010.

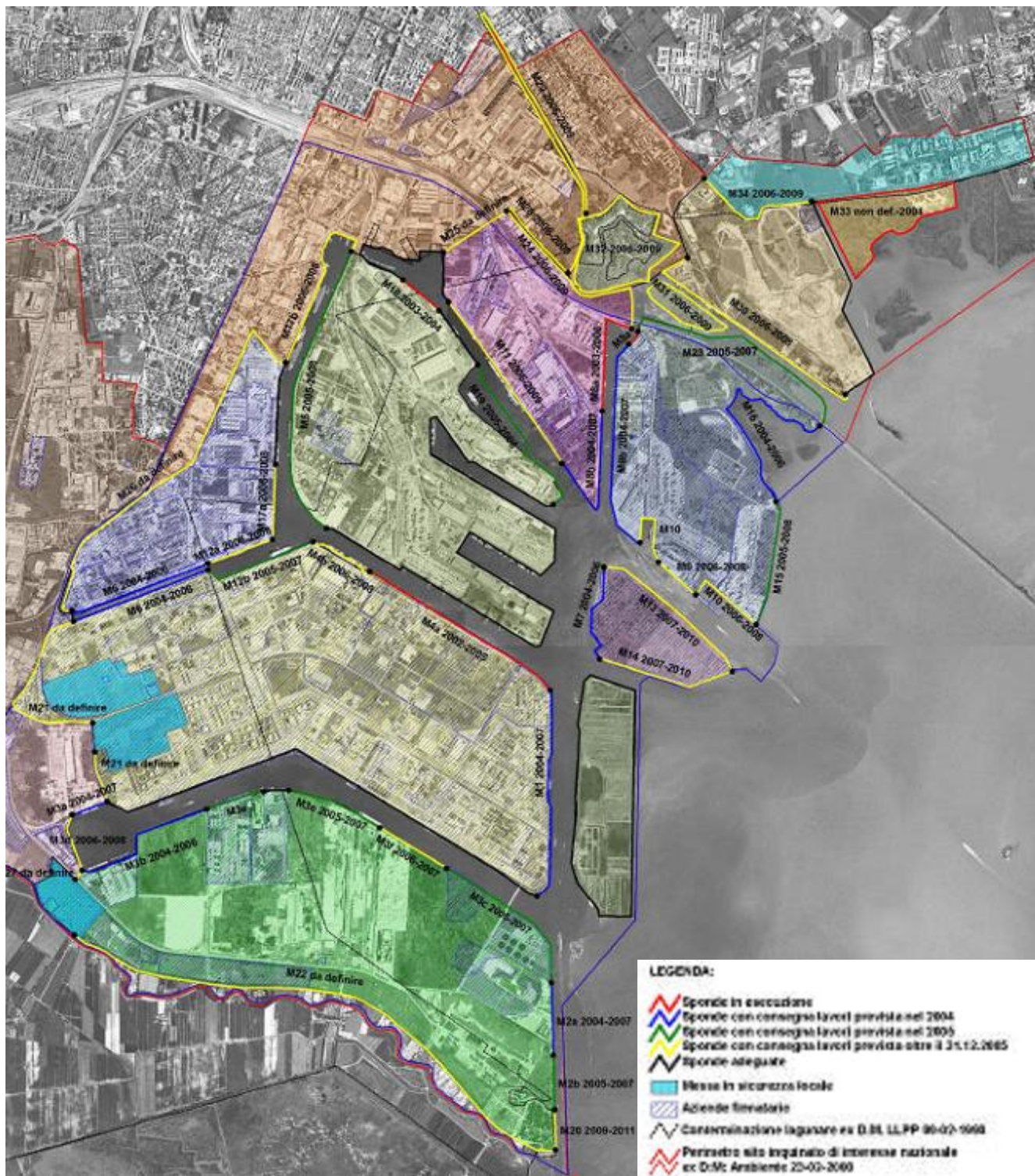


Figura 17 – Crono programma per lo sviluppo dei marginamenti delle sponde di Porto Marghera. Anno 2004. (Master Plan, 2004)

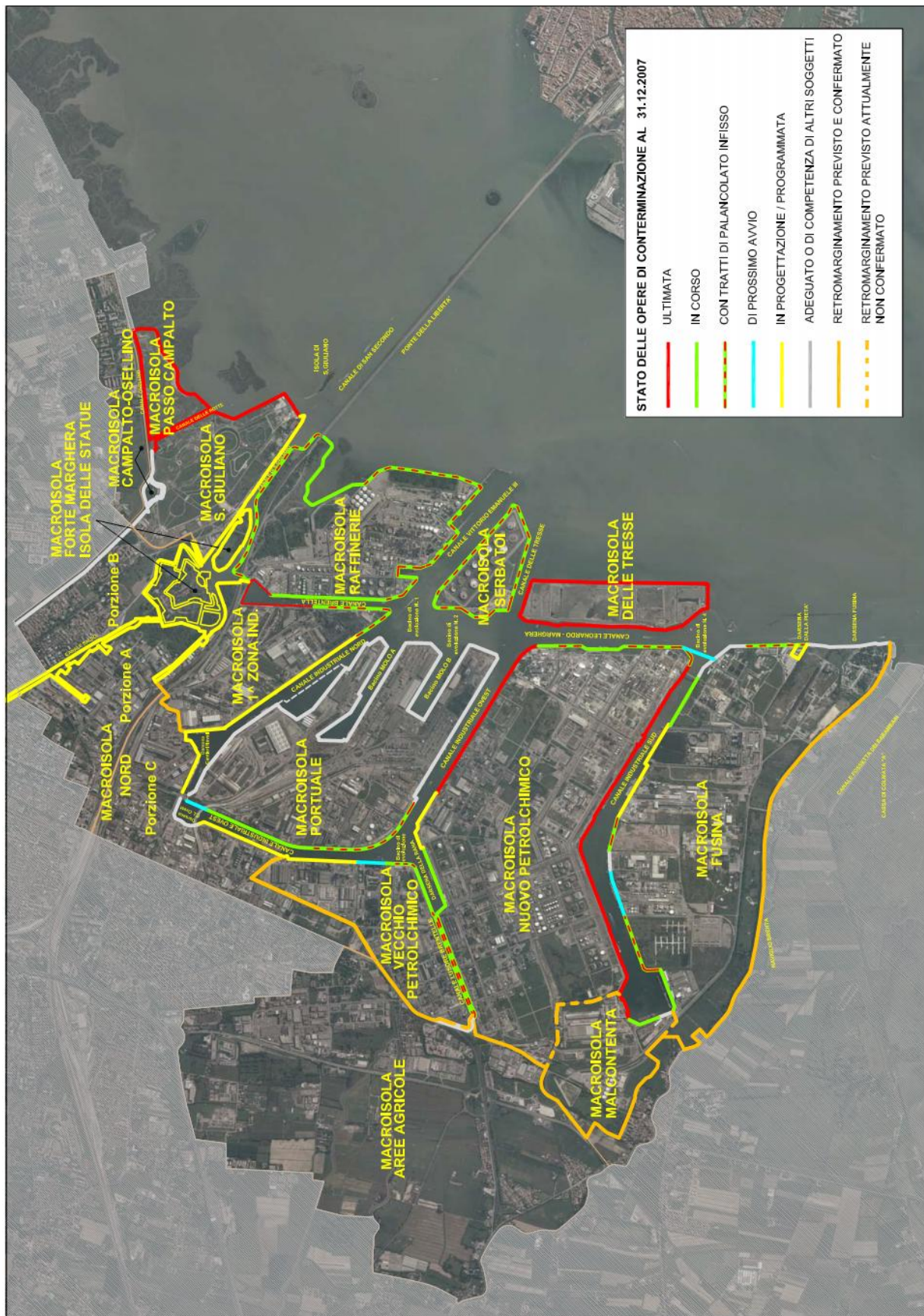


Figura 18 – Avanzamento degli interventi di conterminazione, aggiornato al 31 dicembre 2007. (MAV, 2007)

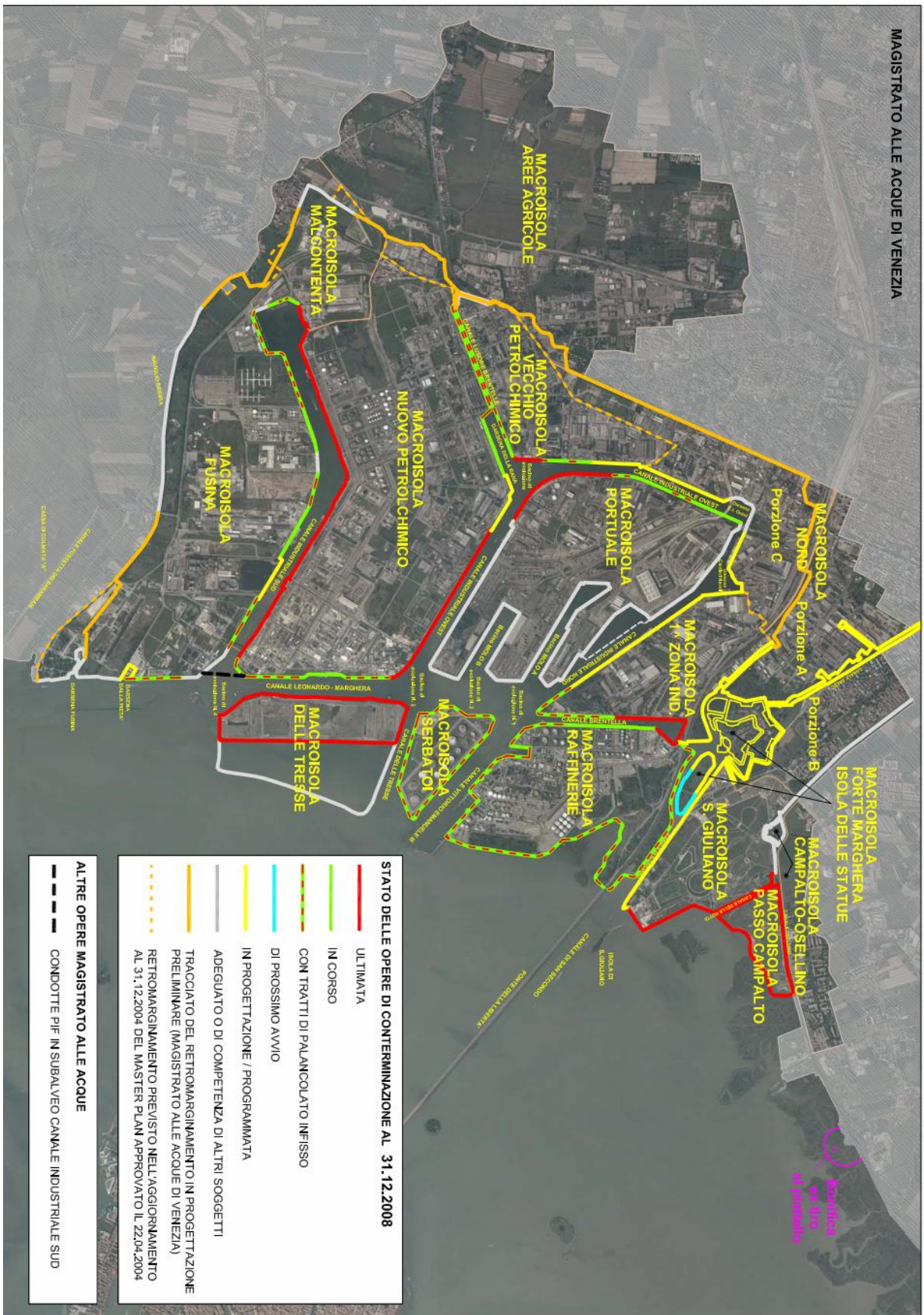


Figura 19 – Avanzamento degli interventi di conterminazione, aggiornato al 31 dicembre 2008. (MAV, 2008)

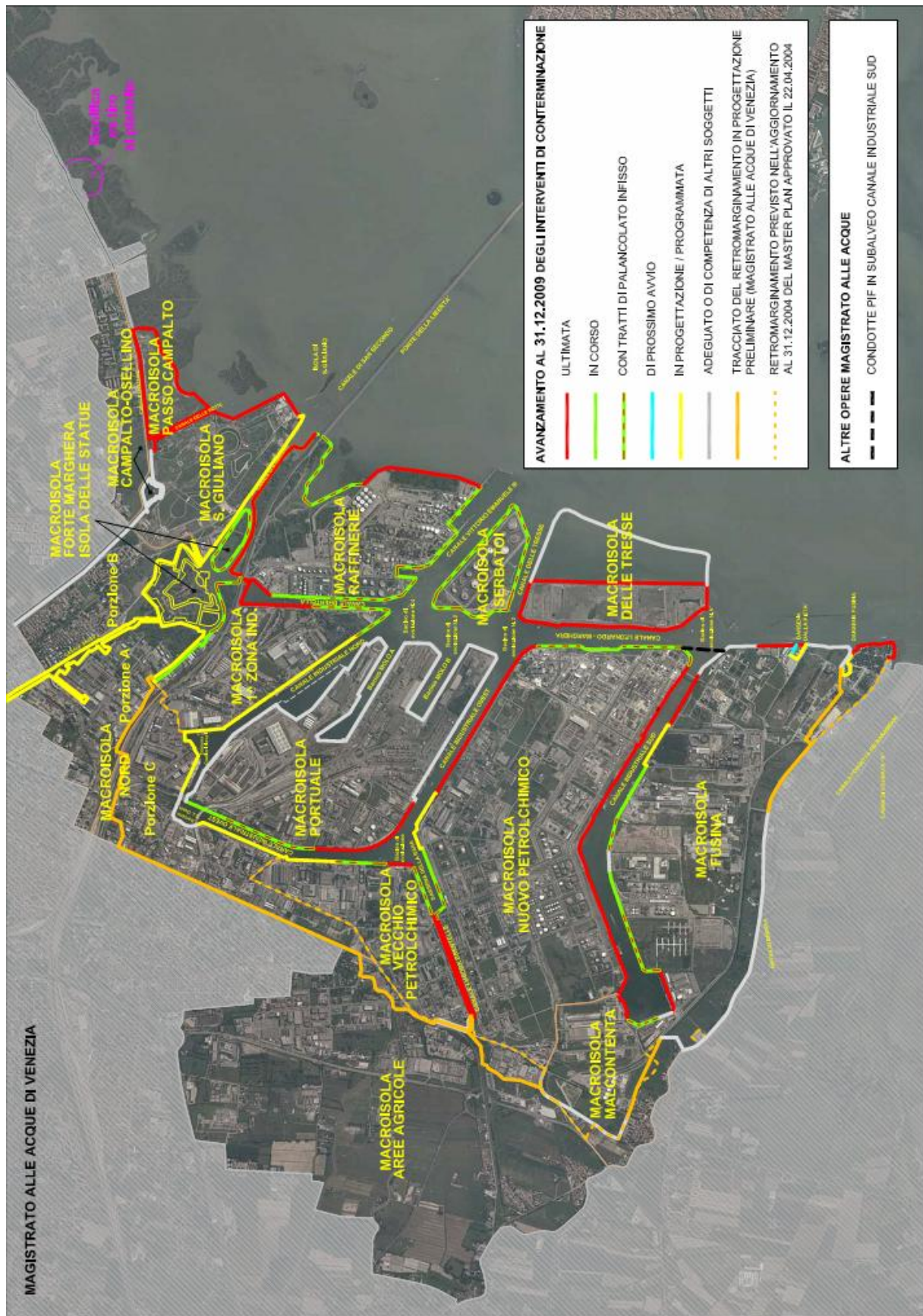


Figura 20 – Avanzamento degli interventi di conterminazione, aggiornato al 31 dicembre 2009. (MAV, 2009)

5 Analisi e commento dei database originali

I dati idrochimici elaborati in questo studio sono stati desunti dai database illustrati nel Capitolo 1. Questi database raccolgono una grande quantità di dati che sono stati raccolti da diversi Enti e Laboratori in un'ampia finestra temporale; inoltre sono stati organizzati con criteri e caratteri diverso uno dall'altro.

La bonifica del SIN è un intervento molto complesso e molto importante per l'ambiente lagunare, le opere di marginamento sono una difesa essenziale al fine di preservare e garantire il recupero della laguna. Nonostante la rilevanza ambientale di questo progetto non è stata predisposta nessuna vera e propria attività di monitoraggio delle acque sotterranee. Nei database non c'è traccia di alcuna campagna sistematica di campionamento annuale o mensile per la verifica dello stato delle acque sotterranee e ad oggi non c'è nessuno studio sull'impatto dei marginamenti su di esse.

I campioni disponibili provengono, come già accennato nel Capitolo 1, da campagne di caratterizzazione delle aree industriali e da indagini effettuate in modo estemporaneo per scopi di bonifica dei siti inquinati. Questo significa che quasi mai abbiamo campioni di anni diversi nello stesso piezometro. La disomogeneità spazio-temporale dei campionamenti è tale da rendere difficile l'uso dei dati al fine di una loro interpretazione evolutiva.

Un altro aspetto importante è la mancanza di campioni negli anni successivi al completamento delle conterminazioni nelle macroisole. Questa mancanza non permette di verificare l'effetto del nuovo campo idrodinamico sulla composizione chimica delle acque e quindi di capire quale sia il reale impatto dei marginamenti.

Per riuscire ad ottenere dei risultati significativi da una massa notevole di informazioni, ma con una distribuzione casuale, è stato necessario approfondire molto la conoscenza sulla struttura del database e sull'affidabilità dei dati. Sono stati necessari diversi approcci all'analisi al fine di individuare, ove possibile, una traccia evolutiva del chimismo cercando di eliminare o contenere interpretazioni poco sostenibili proprio a causa della elevata disomogeneità del dato.

5.1 Inquadramento della situazione dei dati grezzi

Al fine dello studio è di fondamentale importanza che il dato esaminato abbia alcune caratteristiche fondamentali: un riferimento spaziale, un riferimento temporale, l'identificazione dell'analita in oggetto ed il suo valore di concentrazione. La mancanza di uno o più di questi parametri rende poco significativa l'informazione e purtroppo una buona parte dei record aveva delle mancanze che ne hanno reso impossibile l'utilizzo.

Il valore analitico originale è riportato in tabelle prive di un diretto riferimento temporale, che può essere desunto dalla tabella contenente i dati del campione d'acqua, tramite un codice di riferimento del campione contenuto in entrambe le tabelle. Tramite questa relazione possiamo collocare temporalmente le nostre analisi.

Le coordinate geografiche sono invece contenute in una terza tabella relativa ai piezometri o ai sondaggi in cui è avvenuto il campionamento, questa a sua volta è relazionata alla tabella dei campioni d'acqua tramite il codice di riferimento del piezometro da cui il campione è stato prelevato.

Relazionando l'analisi chimica al suo campione, ed il campione al suo piezometro, è possibile definire per ogni analisi le coordinate geografiche e temporali.

Dalle tabelle dei piezometri è stato possibile inoltre desumere le quote degli estremi della fenestrazione.

Sia per il database del Magistrato alle Acque di Venezia sia per quello fornito dalla Regione Veneto si possono rilevare ampie lacune nell'informazione, come la mancanza di campioni associati ad un piezometro in una determinata campagna o la mancanza di alcuni analiti in un determinato campione.

Questo probabilmente significa che esistono molti dati raccolti dai vari Enti o dai singoli laboratori, che non sono stati reperiti dalle autorità che hanno realizzato i database o che devono ancora venire digitalizzati. La mancanza di singoli analiti da un campione può invece semplicemente venire spiegata con la non esecuzione dell'analisi stessa.

5.2 Selezione ed analisi preliminare del dato

Una volta selezionati tutti i dati le cui informazioni erano complete si è proceduto a identificare le macroisole dell'area portuale industriale che risultavano maggiormente coperte e a separare i dati in base alla macroisola di appartenenza. Come già specificato le macroisole oggetto del nostro studio sono state le isole Serbatoi e Raffinerie (chiamate nel seguente studio con l'unico nome di Area Petroli), il Vecchio Petrolchimico, il Nuovo Petrolchimico (detto Penisola della Chimica) e la macroisola di Fusina (detta Macroarea Sud). Di queste, come si vedrà in seguito, la macroisola del Nuovo Petrolchimico è quella che contiene una maggiore quantità di dati, caratterizzati da una maggiore sistematicità temporale di rilevamento.

Sono stati successivamente scelti, come già illustrato nel Cap. 1, i dieci analiti guida: Arsenico, Benzene, Cloruri, Manganese, Mercurio, Piombo, Tetracloro Etano, Tetracloro Etilene, Tricloro Etano e Tricloro Etilene. Essi permettono di valutare sia l'evoluzione dei processi naturali che quella dei processi industriali.

Nelle Tabelle, dalla 3 alla 9, è possibile osservare l'elaborazione preliminare del dato. Le Tabelle 3, 4 e 5 illustrano i dati ricavati dal database del Magistrato alle Acque per le macroisole dell'Area Petroli, di Fusina e del Nuovo Petrolchimico. All'interno di questo database non erano presenti dati significativi per il Vecchio Petrolchimico. Le Tabelle 6, 7, 8 e 9 illustrano invece i dati provenienti dal database fornitoci dalla Direzione Progetto Venezia per tutte le macroisole oggetto del nostro studio.

Le Tabelle indicano il numero di analisi e la concentrazione media di ogni analita divise per anno. Da notare come per ogni analita sia stato specificato il limite di concentrazione ammissibile nelle acque, relativo al Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n.152, Tabella 2: "Concentrazione soglia di contaminazione nelle acque sotterranee".

Ogni anno considerato è suddiviso in due colonne: una denominata "Nr. Analisi" e un "Media Conc.". Nella prima è indicato il numero di analisi relative all'analita presente in quella macroisola in quell'anno. Nella seconda, viene indicato il valore di concentrazione medio di quell'insieme di analisi in $\mu\text{g/l}$ o in mg/l (soltanto per i Cloruri).

Ogni analita è contraddistinto da cinque righe:

- Totale Analisi: E' la colonna in cui sono considerate tutte le analisi a disposizione in quell'anno.
- Acquifero Freatico Sup. (0-5m): riporta il numero di analisi per quell'analita e la loro media, per un campione prelevato ad una profondità non superiore ai 5m.
- Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m): riporta il numero di analisi per quell'analita e la loro media, per un campione prelevato ad una profondità compresa tra 5 e 10m.
- Seconda Falda Confinata (10m o più): riporta il numero di analisi per quell'analita e la loro media, per un campione prelevato ad una profondità superiore a 10m.
- Nr. Analisi > limite di rilevabilità: riporta il numero complessivo di analisi per quell'analita il cui valore di concentrazione era superiore al limite minimo di rilevabilità permesso dalle tecniche analitiche o dalle strumentazioni utilizzate.
- Nr. Analisi >= al limite ammissibile: riporta il numero complessivo di analisi per quell'analita la cui concentrazione è uguale o maggiore alla concentrazione soglia di contaminazione per le acque sotterranee.

Tab. 3: Area Petroli		1995		1996		1997		1998		1999		2000		2001		2002	
		Nr. Analisi	Media Conc.	Nr. Analisi	Media Conc.	Nr. Analisi	Media Conc.	Nr. Analisi	Media Conc.	Nr. Analisi	Media Conc.	Nr. Analisi	Media Conc.	Nr. Analisi	Media Conc.	Nr. Analisi	Media Conc.
Arsenico (10 µg/l)	Totale Analisi	\	\	\	\	\	\	\	\	62	15,9	19	32,6	\	\	13	9,2
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	\	\	\	\	\	\	\	\	56	17,3	13	41,0	\	\	2	7,5
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	\	\	\	\	\	\	\	\	5	0,4	3	23,3	\	\	4	3,3
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	\	\	\	\	\	\	\	\	1	18,0	3	5,4	\	\	7	13,2
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità	\	\	\	\	\	\	\	\	47	\	15	\	\	\	10	\
	Nr. Analisi >= al limite Ammissibile	\	\	\	\	\	\	\	\	14	\	13	\	\	\	3	\
Benzene (1 µg/l)	Totale Analisi	\	\	\	\	\	\	\	\	57	14,0	19	1,7	\	\	13	0,02
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	\	\	\	\	\	\	\	\	53	15,0	13	2,3	\	\	2	0,01
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	\	\	\	\	\	\	\	\	3	0,2	3	0,5	\	\	4	0,03
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	\	\	\	\	\	\	\	\	1	1,7	3	0,5	\	\	7	0,02
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità	\	\	\	\	\	\	\	\	25	\	2	\	\	\	0	\
	Nr. Analisi >= al limite Ammissibile	\	\	\	\	\	\	\	\	25	\	2	\	\	\	0	\
Cloruri (250 mg/l)	Totale Analisi	\	\	\	\	\	\	\	\	5	831	0	\	\	9	7161	
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	\	\	\	\	\	\	\	\	3	1260	0	\	\	2	707	
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	\	\	\	\	\	\	\	\	2	187	0	\	\	2	10907	
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	\	\	\	\	\	\	\	\	0	\	0	\	\	5	8244	
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità	\	\	\	\	\	\	\	\	5	\	\	\	\	9	\	
	Nr. Analisi >= al limite Ammissibile	\	\	\	\	\	\	\	\	3	\	\	\	\	8	\	
Manganese (50 µg/l)	Totale Analisi	\	\	\	\	\	\	\	\	0	\	0	\	\	13	913	
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	\	\	\	\	\	\	\	\	0	\	0	\	\	2	100	
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	\	\	\	\	\	\	\	\	0	\	0	\	\	4	388	
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	\	\	\	\	\	\	\	\	0	\	0	\	\	7	1446	
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	13	\	
	Nr. Analisi >= al limite Ammissibile	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	13	\	
Mercurio (1 µg/l)	Totale Analisi	\	\	\	\	\	\	\	\	62	0,21	19	0,1	\	\	13	0,1
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	\	\	\	\	\	\	\	\	56	0,13	13	0,1	\	\	2	0,1
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	\	\	\	\	\	\	\	\	5	1,00	3	0,1	\	\	4	0,1
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	\	\	\	\	\	\	\	\	1	1,00	3	0,1	\	\	7	0,1
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità	\	\	\	\	\	\	\	\	1	\	0	\	\	0	\	
	Nr. Analisi >= al limite Ammissibile	\	\	\	\	\	\	\	\	1	\	0	\	\	0	\	
Piombo (10 µg/l)	Totale Analisi	\	\	\	\	\	\	\	\	62	5,3	19	4,2	\	\	13	6,7
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	\	\	\	\	\	\	\	\	56	5,0	13	2,8	\	\	2	0,2
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	\	\	\	\	\	\	\	\	5	9,6	3	8,0	\	\	4	7,6
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	\	\	\	\	\	\	\	\	1	1,0	3	8,0	\	\	7	8,1
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità	\	\	\	\	\	\	\	\	42	\	8	\	\	\	7	\
	Nr. Analisi >= al limite Ammissibile	\	\	\	\	\	\	\	\	11	\	4	\	\	\	3	\
Tetracloro Etano (0,05 µg/l)	Totale Analisi	\	\	\	\	\	\	\	\	0	\	19	0,05	\	\	13	0,05
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	\	\	\	\	\	\	\	\	0	\	13	0,05	\	\	2	0,05
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	\	\	\	\	\	\	\	\	0	\	3	0,05	\	\	4	0,05
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	\	\	\	\	\	\	\	\	0	\	3	0,05	\	\	7	0,05
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	0	\	\	\	0	\
	Nr. Analisi >= al limite Ammissibile	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	0	\	\	\	0	\
Tetracloro Etilene (1,1 µg/l)	Totale Analisi	\	\	\	\	\	\	\	\	0	\	19	0,1	\	\	13	0,1
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	\	\	\	\	\	\	\	\	0	\	13	0,1	\	\	2	0,1
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	\	\	\	\	\	\	\	\	0	\	3	0,1	\	\	4	0,1
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	\	\	\	\	\	\	\	\	0	\	3	0,1	\	\	7	0,1
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	0	\	\	\	0	\
	Nr. Analisi >= al limite Ammissibile	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	0	\	\	\	0	\
Tricloro Etano (0,2 µg/l)	Totale Analisi	\	\	\	\	\	\	\	\	0	\	19	0,1	\	\	13	0,1
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	\	\	\	\	\	\	\	\	0	\	13	0,1	\	\	2	0,1
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	\	\	\	\	\	\	\	\	0	\	3	0,1	\	\	4	0,1
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	\	\	\	\	\	\	\	\	0	\	3	0,1	\	\	7	0,1
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	0	\	\	\	0	\
	Nr. Analisi >= al limite Ammissibile	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	0	\	\	\	0	\
Tricloro Etilene (1,5 µg/l)	Totale Analisi	\	\	\	\	\	\	\	\	0	\	19	0,1	\	\	13	0,1
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	\	\	\	\	\	\	\	\	0	\	13	0,1	\	\	2	0,1
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	\	\	\	\	\	\	\	\	0	\	3	0,1	\	\	4	0,1
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	\	\	\	\	\	\	\	\	0	\	3	0,1	\	\	7	0,1
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	0	\	\	\	0	\
	Nr. Analisi >= al limite Ammissibile	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	0	\	\	\	0	\

Tab. 4: Fusina		1996		1997		1998		1999		2000		2001		2002		2009	
		Nr. Analisi	Media Conc.	Nr. Analisi	Media Conc.	Nr. Analisi	Media Conc.	Nr. Analisi	Media Conc.	Nr. Analisi	Media Conc.	Nr. Analisi	Media Conc.	Nr. Analisi	Media Conc.	Nr. Analisi	Media Conc.
Arsenico (10 µg/l)	Totale Analisi	8	9,1	11	7,2	\	\	5	20,4	7	9,7	13	9,3	7	6,43	15	31,1
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	0		0		\	\	4	25,5	3	18,3	2	3,5	2	1,5	1	8,0
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	8	9,1	11	7,2	\	\	1	0,0	3	4,3	2	16,0	1	15	3	21,7
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	0		0		\	\	0		1	0,1	9	9,1	4	6,75	11	35,7
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità	8	\	6	\	\	\	4	\	5	\	10	\	6	\	12	\
	Nr. Analisi ≥ al limite Ammissibile	3	\	3	\	\	\	3	\	3	\	4	\	1	\	11	\
Benzene (1 µg/l)	Totale Analisi	0		0		\	\	5	0,1	7	0,1	13	0,2	7	0,1	15	6,5
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	0		0		\	\	4	0,1	3	0,1	2	0,1	2	0,1	1	1,0
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	0		0		\	\	1	0,1	3	0,1	2	1,1	1	0,1	3	1,0
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	0		0		\	\	0		1	0,1	9	0,1	4	0,1	11	8,6
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità		\		\	\	\	0	\	0	\	1	\	0	\	3	\
	Nr. Analisi ≥ al limite Ammissibile		\		\	\	\	0	\	0	\	1	\	0	\	3	\
Cloruri (250 mg/l)	Totale Analisi	9	2545	11	1180	\	\	0		0		13	3599	7	4214	0	
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	0		0		\	\	0		0		2	2468	2	596	0	
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	9	2545	11	1180	\	\	0		0		2	303	1	3546	0	
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	0		0		\	\	0		0		9	4582	4	6191	0	
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità	9	\	11	\	\	\		\		\	13	\	7	\		\
	Nr. Analisi ≥ al limite Ammissibile	7	\	9	\	\	\		\		\	11	\	7	\		\
Manganese (50 µg/l)	Totale Analisi	0		0		\	\	0		0		13	236	7	216	15	877
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	0		0		\	\	0		0		2	135	2	200	1	318
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	0		0		\	\	0		0		2	395	1	80	3	782
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	0		0		\	\	0		0		9	223	4	258	11	954
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità		\		\	\	\		\		\	13	\	7	\	15	\
	Nr. Analisi ≥ al limite Ammissibile		\		\	\	\		\		\	13	\	7	\	15	\
Mercurio (1 µg/l)	Totale Analisi	8	0,2	11	0,2	\	\	5	0,16	7	0,17	13	0,05	7	0,16	15	0,5
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	0		0		\	\	4	0,15	3	0,21	2	0,05	2	0,05	1	0,5
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	8	0,2	11	0,2	\	\	1	0,20	3	0,14	2	0,05	1	0,05	3	0,5
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	0		0		\	\	0		1	0,11	9	0,05	4	0,24	11	0,5
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità	0	\	0	\	\	\	0	\	7	\	0	\	1	\	0	\
	Nr. Analisi ≥ al limite Ammissibile	0	\	0	\	\	\	0	\	0	\	0	\	0	\	0	\
Piombo (10 µg/l)	Totale Analisi	9	26,1	11	15,9	\	\	5	20,8	7	2,1	13	18,1	7	6,8	15	2,6
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	0		0		\	\	4	25,8	3	2,8	2	13,4	2	22,0	1	2,0
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	9	26,1	11	15,9	\	\	1	1,0	3	2,1	2	10,2	1	0,7	3	2,0
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	0		0		\	\	0		1	1,0	9	20,9	4	0,7	11	2,8
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità	8	\	5	\	\	\	4	\	2	\	13	\	2	\	2	\
	Nr. Analisi ≥ al limite Ammissibile	8	\	5	\	\	\	3	\	0	\	10	\	1	\	0	\
Tetracloro Etano (0,05 µg/l)	Totale Analisi	0		0		\	\	0		0		13	0,05	6	0,05	15	0,05
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	0		0		\	\	0		0		2	0,05	2	0,05	1	0,05
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	0		0		\	\	0		0		2	0,05	1	0,05	3	0,05
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	0		0		\	\	0		0		9	0,05	3	0,05	11	0,05
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità		\		\	\	\		\		\	0	\	0	\	0	\
	Nr. Analisi ≥ al limite Ammissibile		\		\	\	\		\		\	0	\	0	\	0	\
Tetracloro Etilene (1,1 µg/l)	Totale Analisi	0		11	0,1	\	\	0		0		13	0,5	6	0,0	15	0,1
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	0		0		\	\	0		0		2	1,0	2	0,2	1	0,1
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	0		11	0,1	\	\	0		0		2	0,7	1	0,1	3	0,1
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	0		0		\	\	0		0		9	0,4	3	0,1	11	0,1
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità		\	0	\	\	\		\		\	6	\	2	\	0	\
	Nr. Analisi ≥ al limite Ammissibile		\	0	\	\	\		\		\	2	\	0	\	0	\
Tricloro Etano (0,2 µg/l)	Totale Analisi	0		11	0,1	\	\	0		0		13	3,9	7	0,1	15	0,1
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	0		0		\	\	0		0		2	1,9	2	0,1	1	0,1
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	0		11	0,1	\	\	0		0		2	6,0	1	0,1	3	0,1
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	0		0		\	\	0		0		9	3,9	4	0,1	11	0,1
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità		\	0	\	\	\		\		\	6	\	0	\	0	\
	Nr. Analisi ≥ al limite Ammissibile		\	0	\	\	\		\		\	6	\	0	\	0	\
Tricloro Etilene (1,5 µg/l)	Totale Analisi	0		11	0,1	\	\	0		0		13	1,4	7	0,1	15	0,4
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	0		0		\	\	0		0		2	0,7	2	0,1	1	0,1
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	0		11	0,1	\	\	0		0		2	2,3	1	0,1	3	0,1
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	0		0		\	\	0		0		9	1,4	4	0,1	11	0,6
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità		\	3	\	\	\		\		\	6	\	0	\	1	\
	Nr. Analisi ≥ al limite Ammissibile		\		\	\	\		\		\	4	\	0	\	0	\

Tab. 5: Nuovo Petrolchimico		1995		1996		1997		1998		1999		2000		2001		2002	
		Nr. Analisi	Media Conc.	Nr. Analisi	Media Conc.	Nr. Analisi	Media Conc.	Nr. Analisi	Media Conc.	Nr. Analisi	Media Conc.	Nr. Analisi	Media Conc.	Nr. Analisi	Media Conc.	Nr. Analisi	Media Conc.
Arsenico (10 µg/l)	Totale Analisi	19	21,9	18	0,8	53	5,5	25	15,1	45	13,5	50	10,3	7	3,1	9	4,7
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	0		1	14,0	5	42,2	3	45,7	9	34,3	24	10,7	0		3	5,7
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	7	12,9	5	1,0	19	1,0	8	11,3	11	1,0	5	5,8	1	1,0	0	
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	12	27,2	12	1,0	29	2,8	14	10,7	25	11,9	21	10,9	6	3,7	6	4,2
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità	6	\	1	\	5	\	4	\	15	\	49	\	4	\	8	\
	Nr. Analisi ≥ al limite Ammissibile	6	\	1	\	5	\	4	\	14	\	11	\	1	\	2	\
Benzene (1 µg/l)	Totale Analisi	19	7,4	17	0,6	53	1,5	25	1,0	45	0,2	50	7,4	7	0,1	9	7,9
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	0		1	0,1	5	0,1	3	0,1	9	0,8	24	9,9	0		3	3,8
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	7	18,6	5	0,1	19	3,4	8	0,1	11	0,1	5	25,8	1	0,1	0	
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	12	0,8	11	0,9	29	0,5	14	1,7	25	0,1	21	0,2	6	0,1	6	10,0
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità	4	\	2	\	6	\	1	\	1	\	18	\	0	\	9	\
	Nr. Analisi ≥ al limite Ammissibile	4	\	2	\	6	\	1	\	1	\	8	\	0	\	1	\
Cloruri (250 mg/l)	Totale Analisi	19	5591	18	7431	53	7631	25	7625	1	1159	13	3132	7	4340	9	5910
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	0		1	850	5	1465	3	1706	0		7	1268	0		3	881
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	7	7197	5	8704	19	8384	8	7815	1	1159	2	6200	1	2253	0	
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	12	4655	12	7450	29	8202	14	8784	0		4	4860	6	4688	6	8426
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità	19	\	18	\	53	\	25	\	1	\	13	\	7	\	9	\
	Nr. Analisi ≥ al limite Ammissibile	0	\	0	\	0	\	0	\	0	\	0	\	0	\	0	\
Manganese (50 µg/l)	Totale Analisi	19	627	17	339	53	398	25	361	34	396	13	1474	7	313	9	459
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	0		1	550	5	1096	3	860	4	1215	7	1849	0		3	737
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	7	617	5	276	19	290	8	265	11	208	2	2215	1	310	0	
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	12	633	11	348	29	349	14	309	19	332	4	447	6	313	6	320
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità	16	\	13	\	37	\	19	\	20	\	13	\	7	\	9	\
	Nr. Analisi ≥ al limite Ammissibile	16	\	12	\	37	\	19	\	20	\	13	\	7	\	9	\
Mercurio (1 µg/l)	Totale Analisi	19	0,87	17	1,4	53	1,2	25	1,4	45	1,0	50	0,04	7	0,1	9	0,1
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	0		1	0,5	5	0,5	3	1,5	9	0,7	24	0,05	0		3	0,1
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	7	0,94	5	1,7	19	1,5	8	1,1	11	1,4	5	0,04	1	0,1	0	
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	12	0,83	11	1,4	29	1,2	14	1,5	25	1,0	21	0,02	6	0,1	6	0,2
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità	7	\	12	\	46	\	25	\	31	\	7	\	0	\	1	\
	Nr. Analisi ≥ al limite Ammissibile	6	\	10	\	28	\	14	\	20	\	0	\	0	\	0	\
Piombo (10 µg/l)	Totale Analisi	19	2,8	17	11,9	52	13,8	25	8,9	12	24,4	50	27,9	7	10,7	9	1,8
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	0		1	1,0	5	46,6	3	14,0	5	45,8	24	53,6	0		3	1,3
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	7	5,9	5	1,0	19	9,0	8	14,3	0		5	2,6	1	1,0	0	
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	12	1,0	11	17,9	28	11,1	14	4,8	7	9,1	21	4,5	6	12,5	6	2,0
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità	2	\	4	\	12	\	6	\	12	\	48	\	5	\	8	\
	Nr. Analisi ≥ al limite Ammissibile	2	\	4	\	12	\	6	\	6	\	7	\	2	\	0	\
Tetracloro Etano (0,05 µg/l)	Totale Analisi	19	1,6	13	4,5	49	4,2	23	4,3	33	3,8	14	2,3	7	0,01	9	0,01
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	0		0		5	12,8	3	9,7	4	0,1	7	1,2	0		3	0,01
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	7	0,6	5	1,0	19	1,6	8	4,8	11	1,5	2	0,8	1	0,01	0	
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	12	2,3	8	6,8	25	4,6	12	2,7	18	6,0	5	4,3	6	0,01	6	0,01
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità	13	\	9	\	35	\	9	\	0	\	4	\	0	\	0	\
	Nr. Analisi ≥ al limite Ammissibile	13	\	9	\	35	\	9	\	0	\	4	\	0	\	0	\
Tetracloro Etilene (1,1 µg/l)	Totale Analisi	19	1877	18	1240	53	594	25	596	34	123	51	216	7	0,1	9	1,0
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	0		1	2,0	5	430	3	12,3	4	0,8	24	443	0		3	1,6
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	7	1,0	5	1,6	19	12,4	8	1,8	11	39,9	5	1,9	1	0,1	0	
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	12	2971	12	1860	29	1003	14	1061	19	197	22	17,0	6	0,1	6	0,8
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità	17	\	15	\	50	\	24	\	21	\	33	\	0	\	3	\
	Nr. Analisi ≥ al limite Ammissibile	8	\	8	\	18	\	13	\	10	\	18	\	0	\	3	\
Tricloro Etano (0,2 µg/l)	Totale Analisi	19	57,0	15	20,7	53	9,1	25	9,5	33	12,8	51	2458	7	0,02	9	0,02
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	0		0		5	23,4	3	20,3	4	4,8	24	4022	0		3	0,02
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	7	2,3	5	2,0	19	5,9	8	2,3	11	7,2	5	40,5	1	0,02	0	
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	12	88,9	10	30,0	29	8,8	14	11,3	18	18,0	22	1300	6	0,02	6	0,02
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità	15	\	15	\	35	\	13	\	17	\	28	\	0	\	0	\
	Nr. Analisi ≥ al limite Ammissibile	15	\	15	\	35	\	13	\	17	\	28	\	0	\	0	\
Tricloro Etilene (1,5 µg/l)	Totale Analisi	18	14187	18	12448	53	7377	25	8561	34	564	51	1278	7	0,05	9	9,2
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	0		1	1,0	5	147	3	9,7	4	1,8	24	2261	0		3	9,5
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	7	3,3	5	2,6	19	57,6	8	37,0	11	126	5	1453	1	0,05	0	
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	11	23313	12	18671	29	13419	14	15264	19	936	22	167	6	0,05	6	9,0
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità	17	\	16	\	51	\	24	\	28	\	32	\	0	\	4	\
	Nr. Analisi ≥ al limite Ammissibile	14	\	12	\	37	\	18	\	16	\	19	\	0	\	3	\

Tab. 6: Area Petroli		2003		2004		2005		2006		2007		2008	2009	
		Nr. Analisi	Media Conc.	Nr. Analisi	Media Conc.	Nr. Analisi	Media Conc.	Nr. Analisi	Media Conc.	Nr. Analisi	Media Conc.	\	Nr. Analisi	Media Conc.
Arsenico (10 µg/l)	Totale Analisi	\	\	11	24,1	\	\	\	\	9	10,5		\	\
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	\	\	5	19,4	\	\	\	\	3	4,1		\	\
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	\	\	3	1,8	\	\	\	\	1	8,2		\	\
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	\	\	3	54,4	\	\	\	\	5	14,8		\	\
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità	\	\	10	\	\	\	\	\	9	\		\	\
	Nr. Analisi >= al limite Ammissibile	\	\	5	\	\	\	\	\	3	\		\	\
Benzene (1 µg/l)	Totale Analisi	\	\	11	0,69	\	\	\	\	9	0,07		\	\
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	\	\	5	1,01	\	\	\	\	3	0,03		\	\
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	\	\	3	0,29	\	\	\	\	1	0,03		\	\
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	\	\	3	0,57	\	\	\	\	5	0,11		\	\
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità	\	\	6	\	\	\	\	\	2	\		\	\
	Nr. Analisi >= al limite Ammissibile	\	\	1	\	\	\	\	\	0	\		\	\
Cloruri (250 mg/l)	Totale Analisi	\	\	0		\	\	\	\	0			\	\
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	\	\	0		\	\	\	\	0			\	\
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	\	\	0		\	\	\	\	0			\	\
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	\	\	0		\	\	\	\	0			\	\
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità	\	\		\	\	\	\	\		\		\	\
	Nr. Analisi >= al limite Ammissibile	\	\		\	\	\	\	\		\		\	\
Manganese (50 µg/l)	Totale Analisi	\	\	11	111	\	\	\	\	9	210		\	\
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	\	\	5	57,4	\	\	\	\	3	89,1		\	\
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	\	\	3	234	\	\	\	\	1	10,0		\	\
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	\	\	3	77,7	\	\	\	\	5	277		\	\
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità	\	\	11	\	\	\	\	\	9	\		\	\
	Nr. Analisi >= al limite Ammissibile	\	\	6	\	\	\	\	\	7	\		\	\
Mercurio (1 µg/l)	Totale Analisi	\	\	11	0,1	\	\	\	\	9	0,1		\	\
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	\	\	5	0,1	\	\	\	\	3	0,1		\	\
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	\	\	3	0,1	\	\	\	\	1	0,1		\	\
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	\	\	3	0,1	\	\	\	\	5	0,1		\	\
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità	\	\	0	\	\	\	\	\	0	\		\	\
	Nr. Analisi >= al limite Ammissibile	\	\	0	\	\	\	\	\	0	\		\	\
Piombo (10 µg/l)	Totale Analisi	\	\	11	1,9	\	\	\	\	9	3,5		\	\
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	\	\	5	3,3	\	\	\	\	3	7,1		\	\
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	\	\	3	0,9	\	\	\	\	1	0,6		\	\
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	\	\	3	0,6	\	\	\	\	5	1,9		\	\
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità	\	\	9	\	\	\	\	\	7	\		\	\
	Nr. Analisi >= al limite Ammissibile	\	\	1	\	\	\	\	\	1	\		\	\
Tetracloro Etano (0,05 µg/l)	Totale Analisi	\	\	11	0,05	\	\	\	\	9	0,05		\	\
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	\	\	5	0,05	\	\	\	\	3	0,05		\	\
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	\	\	3	0,05	\	\	\	\	1	0,05		\	\
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	\	\	3	0,05	\	\	\	\	5	0,05		\	\
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità	\	\	0	\	\	\	\	\	0	\		\	\
	Nr. Analisi >= al limite Ammissibile	\	\	0	\	\	\	\	\	0	\		\	\
Tetracloro Etilene (1,1 µg/l)	Totale Analisi	\	\	11	0,1	\	\	\	\	9	0,05		\	\
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	\	\	5	0,1	\	\	\	\	3	0,05		\	\
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	\	\	3	0,1	\	\	\	\	1	0,05		\	\
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	\	\	3	0,1	\	\	\	\	5	0,05		\	\
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità	\	\	0	\	\	\	\	\	0	\		\	\
	Nr. Analisi >= al limite Ammissibile	\	\	0	\	\	\	\	\	0	\		\	\
Tricloro Etano (0,2 µg/l)	Totale Analisi	\	\	11	0,1	\	\	\	\	9	0,08		\	\
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	\	\	5	0,1	\	\	\	\	3	0,08		\	\
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	\	\	3	0,1	\	\	\	\	1	0,08		\	\
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	\	\	3	0,1	\	\	\	\	5	0,08		\	\
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità	\	\	0	\	\	\	\	\	0	\		\	\
	Nr. Analisi >= al limite Ammissibile	\	\	0	\	\	\	\	\	0	\		\	\
Tricloro Etilene (1,5 µg/l)	Totale Analisi	\	\	11	0,1	\	\	\	\	9	0,02		\	\
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	\	\	5	0,1	\	\	\	\	3	0,02		\	\
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	\	\	3	0,1	\	\	\	\	1	0,02		\	\
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	\	\	3	0,1	\	\	\	\	5	0,02		\	\
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità	\	\	0	\	\	\	\	\	0	\		\	\
	Nr. Analisi >= al limite Ammissibile	\	\	0	\	\	\	\	\	0	\		\	\

Tab. 7: Fusina		2003		2004		2005		2006		2007		2008	2009	
		Nr. Analisi	Media Conc.	Nr. Analisi	Media Conc.	Nr. Analisi	Media Conc.	Nr. Analisi	Media Conc.	Nr. Analisi	Media Conc.	\	Nr. Analisi	Media Conc.
Arsenico (10 µg/l)	Totale Analisi	\	\	\	\	60	18,1	16	7,6	\	\		\	\
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	\	\	\	\	24	19,8	8	3,6	\	\		\	\
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	\	\	\	\	16	20,9	5	9,8	\	\		\	\
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	\	\	\	\	20	13,8	3	10,3	\	\		\	\
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità	\	\	\	\	60	\	16	\	\	\		\	\
	Nr. Analisi >= al limite Ammissibile	\	\	\	\	33	\	4	\	\	\		\	\
Benzene (1 µg/l)	Totale Analisi	\	\	\	\	60	6,23	16	0,1	\	\		\	\
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	\	\	\	\	24	15,19	8	0,1	\	\		\	\
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	\	\	\	\	16	0,17	5	0,1	\	\		\	\
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	\	\	\	\	20	0,32	3	0,1	\	\		\	\
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità	\	\	\	\	20	\	0	\	\	\		\	\
	Nr. Analisi >= al limite Ammissibile	\	\	\	\	5	\	0	\	\	\		\	\
Cloruri (250 mg/l)	Totale Analisi	\	\	\	\	0		16	5204	\	\		\	\
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	\	\	\	\	0		8	1437	\	\		\	\
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	\	\	\	\	0		5	10830	\	\		\	\
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	\	\	\	\	0		3	7111	\	\		\	\
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità	\	\	\	\			16	\	\	\		\	\
	Nr. Analisi >= al limite Ammissibile	\	\	\	\			16	\	\	\		\	\
Manganese (50 µg/l)	Totale Analisi	\	\	\	\	60	282	16	684	\	\		\	\
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	\	\	\	\	24	438	8	906	\	\		\	\
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	\	\	\	\	16	185	5	378	\	\		\	\
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	\	\	\	\	20	173	3	603	\	\		\	\
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità	\	\	\	\	60	\	16	\	\	\		\	\
	Nr. Analisi >= al limite Ammissibile	\	\	\	\	39	\	15	\	\	\		\	\
Mercurio (1 µg/l)	Totale Analisi	\	\	\	\	60	0,70	16	0,5	\	\		\	\
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	\	\	\	\	24	0,51	8	0,5	\	\		\	\
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	\	\	\	\	16	0,94	5	0,5	\	\		\	\
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	\	\	\	\	20	0,72	3	0,5	\	\		\	\
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità	\	\	\	\	7	\	0	\	\	\		\	\
	Nr. Analisi >= al limite Ammissibile	\	\	\	\	0	\	0	\	\	\		\	\
Piombo (10 µg/l)	Totale Analisi	\	\	\	\	60	7,2	16	14,1	\	\		\	\
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	\	\	\	\	24	10,6	8	6,4	\	\		\	\
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	\	\	\	\	16	4,7	5	28,6	\	\		\	\
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	\	\	\	\	20	5,2	3	10,7	\	\		\	\
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità	\	\	\	\	20	\	16	\	\	\		\	\
	Nr. Analisi >= al limite Ammissibile	\	\	\	\	5	\	8	\	\	\		\	\
Tetracloro Etano (0,05 µg/l)	Totale Analisi	\	\	\	\	60	0,02	16	0,01	\	\		\	\
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	\	\	\	\	24	0,02	8	0,01	\	\		\	\
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	\	\	\	\	16	0,02	5	0,01	\	\		\	\
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	\	\	\	\	20	0,02	3	0,01	\	\		\	\
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità	\	\	\	\	0	\	0	\	\	\		\	\
	Nr. Analisi >= al limite Ammissibile	\	\	\	\	0	\	0	\	\	\		\	\
Tetracloro Etilene (1,1 µg/l)	Totale Analisi	\	\	\	\	60	0,17	16	0,2	\	\		\	\
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	\	\	\	\	24	0,23	8	0,1	\	\		\	\
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	\	\	\	\	16	0,10	5	0,2	\	\		\	\
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	\	\	\	\	20	0,15	3	0,2	\	\		\	\
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità	\	\	\	\	1	\	4	\	\	\		\	\
	Nr. Analisi >= al limite Ammissibile	\	\	\	\	1	\	0	\	\	\		\	\
Tricloro Etano (0,2 µg/l)	Totale Analisi	\	\	\	\	60	0,04	16	0,1	\	\		\	\
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	\	\	\	\	24	0,04	8	0,1	\	\		\	\
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	\	\	\	\	16	0,05	5	0,1	\	\		\	\
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	\	\	\	\	20	0,05	3	0,1	\	\		\	\
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità	\	\	\	\	0	\	0	\	\	\		\	\
	Nr. Analisi >= al limite Ammissibile	\	\	\	\	0	\	0	\	\	\		\	\
Tricloro Etilene (1,5 µg/l)	Totale Analisi	\	\	\	\	60	0,37	16	0,1	\	\		\	\
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	\	\	\	\	24	0,39	8	0,1	\	\		\	\
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	\	\	\	\	16	0,11	5	0,1	\	\		\	\
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	\	\	\	\	20	0,55	3	0,1	\	\		\	\
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità	\	\	\	\	16	\	0	\	\	\		\	\
	Nr. Analisi >= al limite Ammissibile	\	\	\	\	4	\	0	\	\	\		\	\

Tab. 8: Nuovo Petrochimico		2003		2004		2005		2006		2007		2008	2009	
		Nr. Analisi	Media Conc.	Nr. Analisi	Media Conc.	Nr. Analisi	Media Conc.	Nr. Analisi	Media Conc.	Nr. Analisi	Media Conc.		\	Nr. Analisi
Arsenico (10 µg/l)	Totale Analisi	\	\	103	20,4	52	24,4	1	6,0	\	\		\	\
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	\	\	52	12,1	27	32,5			\	\		\	\
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	\	\	7	8,0	3	40,3	1	6,0	\	\		\	\
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	\	\	44	32,0	22	12,3			\	\		\	\
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità	\	\	78	\	50	\	1	\	\	\		\	\
	Nr. Analisi >= al limite Ammissibile	\	\	42	\	33	\	0	\	\	\		\	\
Benzene (1 µg/l)	Totale Analisi	\	\	121	162	48	6,3	1	0,5	\	\		\	\
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	\	\	58	332	24	6,1			\	\		\	\
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	\	\	10	4,4	3	20,6	1	0,5	\	\		\	\
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	\	\	53	6,7	21	4,3			\	\		\	\
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità	\	\	68	\	36	\	0	\	\	\		\	\
	Nr. Analisi >= al limite Ammissibile	\	\	48	\	27	\	0	\	\	\		\	\
Cloruri (250 mg/l)	Totale Analisi	\	\	120	10771	9	625	1	550	\	\		\	\
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	\	\	58	7174	4	801			\	\		\	\
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	\	\	10	10278	0		1	550	\	\		\	\
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	\	\	52	14877	5	484			\	\		\	\
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità	\	\	120	\	9	\	1	\	\	\		\	\
	Nr. Analisi >= al limite Ammissibile	\	\	108	\	2	\	1	\	\	\		\	\
Manganese (50 µg/l)	Totale Analisi	\	\	33	626	47	423	1	19,0	\	\		\	\
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	\	\	18	753	26	304			\	\		\	\
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	\	\	2	1980	3	399	1	19,0	\	\		\	\
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	\	\	13	243	18	598			\	\		\	\
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità	\	\	33	\	47	\	1	\	\	\		\	\
	Nr. Analisi >= al limite Ammissibile	\	\	25	\	22	\	0	\	\	\		\	\
Mercurio (1 µg/l)	Totale Analisi	\	\	103	0,44	52	0,30	1	0,1	\	\		\	\
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	\	\	52	0,46	27	0,35			\	\		\	\
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	\	\	7	1,23	3	0,21	1	0,1	\	\		\	\
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	\	\	44	0,29	22	0,25			\	\		\	\
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità	\	\	25	\	13	\	0	\	\	\		\	\
	Nr. Analisi >= al limite Ammissibile	\	\	9	\	3	\	0	\	\	\		\	\
Piombo (10 µg/l)	Totale Analisi	\	\	103	8,0	52	12,9	1	0,1	\	\		\	\
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	\	\	52	12,5	27	14,5			\	\		\	\
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	\	\	7	2,4	3	2,1	1	0,1	\	\		\	\
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	\	\	44	3,5	22	12,3			\	\		\	\
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità	\	\	63	\	29	\	0	\	\	\		\	\
	Nr. Analisi >= al limite Ammissibile	\	\	24	\	6	\	0	\	\	\		\	\
Tetracloro Etano (0,05 µg/l)	Totale Analisi	\	\	121	1536	48	81,2	1	0,1	\	\		\	\
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	\	\	58	1168	24	0,22			\	\		\	\
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	\	\	10	1643	3	0,02	1	0,1	\	\		\	\
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	\	\	53	1919	21	185			\	\		\	\
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità	\	\	93	\	5	\	0	\	\	\		\	\
	Nr. Analisi >= al limite Ammissibile	\	\	93	\	5	\	0	\	\	\		\	\
Tetracloro Etilene (1,1 µg/l)	Totale Analisi	\	\	121	98,6	48	86,8	1	885	\	\		\	\
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	\	\	58	119	24	170			\	\		\	\
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	\	\	10	123	3	5,7	1	885	\	\		\	\
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	\	\	53	71,6	21	3,6			\	\		\	\
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità	\	\	105	\	13	\	1	\	\	\		\	\
	Nr. Analisi >= al limite Ammissibile	\	\	87	\	13	\	1	\	\	\		\	\
Tricloro Etano (0,2 µg/l)	Totale Analisi	\	\	121	2068	48	151	1	18,2	\	\		\	\
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	\	\	58	374	24	2,4			\	\		\	\
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	\	\	10	5575	3	66,7	1	18,2	\	\		\	\
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	\	\	53	3259	21	333			\	\		\	\
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità	\	\	99	\	14	\	1	\	\	\		\	\
	Nr. Analisi >= al limite Ammissibile	\	\	99	\	10	\	1	\	\	\		\	\
Tricloro Etilene (1,5 µg/l)	Totale Analisi	\	\	121	541	48	71,5	1	332	\	\		\	\
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	\	\	58	799	24	3,9			\	\		\	\
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	\	\	10	399	3	204	1	332	\	\		\	\
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	\	\	53	286	21	5,2			\	\		\	\
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità	\	\	114	\	23	\	1	\	\	\		\	\
	Nr. Analisi >= al limite Ammissibile	\	\	101	\	16	\	1	\	\	\		\	\

Tab. 9: Vecchio Petrolchimico		2003		2004		2005		2006		2007		2008	2009	
		Nr. Analisi	Media Conc.	Nr. Analisi	Media Conc.	Nr. Analisi	Media Conc.	Nr. Analisi	Media Conc.	Nr. Analisi	Media Conc.		Nr. Analisi	Media Conc.
Arsenico (10 µg/l)	Totale Analisi	6	30,9	41	29,1	8	15,6	\	\	\	\		\	\
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	0		20	19,0	4	17,0	\	\	\	\		\	\
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	0		8	9,9	3	18,1	\	\	\	\		\	\
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	6	30,9	13	56,5	1	2,6	\	\	\	\		\	\
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità	6	\	41	\	8	\	\	\	\	\		\	\
	Nr. Analisi >= al limite Ammissibile	5	\	26	\	6	\	\	\	\	\		\	\
Benzene (1 µg/l)	Totale Analisi	6	2,1	41	72,6	21	12,8	\	\	\	\		\	\
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	0		20	22,6	9	6,9	\	\	\	\		\	\
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	0		8	1,6	5	1,6	\	\	\	\		\	\
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	6	2,1	13	193	7	28,4	\	\	\	\		\	\
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità	6	\	39	\	17	\	\	\	\	\		\	\
	Nr. Analisi >= al limite Ammissibile	6	\	31	\	12	\	\	\	\	\		\	\
Cloruri (250 mg/l)	Totale Analisi	6	1666	41	617	14	637	\	\	\	\		\	\
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	0		20	111	6	117	\	\	\	\		\	\
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	0		8	17,3	3	684	\	\	\	\		\	\
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	6	1666	13	1763	5	1232	\	\	\	\		\	\
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità	6	\	41	\	14	\	\	\	\	\		\	\
	Nr. Analisi >= al limite Ammissibile	4	\	11	\	8	\	\	\	\	\		\	\
Manganese (50 µg/l)	Totale Analisi	6	95,7	41	496	8	271	\	\	\	\		\	\
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	0		20	199	4	334	\	\	\	\		\	\
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	0		8	141	3	259,0	\	\	\	\		\	\
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	6	95,7	13	1171	1	56,0	\	\	\	\		\	\
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità	6	\	41	\	8	\	\	\	\	\		\	\
	Nr. Analisi >= al limite Ammissibile	5	\	35	\	7	\	\	\	\	\		\	\
Mercurio (1 µg/l)	Totale Analisi	6	0,1	41	0,1	8	0,2	\	\	\	\		\	\
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	0		20	0,1	4	0,3	\	\	\	\		\	\
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	0		8	0,1	3	0,2	\	\	\	\		\	\
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	6	0,1	13	0,1	1	0,2	\	\	\	\		\	\
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità	0	\	0	\	2	\	\	\	\	\		\	\
	Nr. Analisi >= al limite Ammissibile	0	\	0	\	0	\	\	\	\	\		\	\
Piombo (10 µg/l)	Totale Analisi	6	1,5	41	1,7	8	1,1	\	\	\	\		\	\
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	0		20	2,4	4	1,2	\	\	\	\		\	\
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	0		8	0,6	3	1,0	\	\	\	\		\	\
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	6		13	1,2	1	1,0	\	\	\	\		\	\
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità	5	\	32	\	1	\	\	\	\	\		\	\
	Nr. Analisi >= al limite Ammissibile	0	\	1	\	0	\	\	\	\	\		\	\
Tetracloro Etano (0,05 µg/l)	Totale Analisi	6	825	41	2743	7	0,02	\	\	\	\		\	\
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	0		20	4004	3	0,02	\	\	\	\		\	\
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	0		8	267	3	0,02	\	\	\	\		\	\
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	6	825	13	2325	1	0,02	\	\	\	\		\	\
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità	6	\	34	\	0	\	\	\	\	\		\	\
	Nr. Analisi >= al limite Ammissibile	6	\	34	\	0	\	\	\	\	\		\	\
Tetracloro Etilene (1,1 µg/l)	Totale Analisi	6	1290	41	274	21	27,1	\	\	\	\		\	\
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	0		20	391	9	15,7	\	\	\	\		\	\
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	0		8	98,1	5	17,2	\	\	\	\		\	\
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	6	1290	13	201	7	48,7	\	\	\	\		\	\
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità	6	\	41	\	19	\	\	\	\	\		\	\
	Nr. Analisi >= al limite Ammissibile	6	\	41	\	13	\	\	\	\	\		\	\
Tricloro Etano (0,2 µg/l)	Totale Analisi	6	1,5	41	904	7	0,15	\	\	\	\		\	\
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	0		20	18,9	3	0,29	\	\	\	\		\	\
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	0		8	2,56	3	0,04	\	\	\	\		\	\
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	6	1,5	13	2821	1	0,04	\	\	\	\		\	\
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità	3	\	28	\	1	\	\	\	\	\		\	\
	Nr. Analisi >= al limite Ammissibile	3	\	25	\	0	\	\	\	\	\		\	\
Tricloro Etilene (1,5 µg/l)	Totale Analisi	6	3458	41	16709	21	204	\	\	\	\		\	\
	Acquifero Freatico Sup. (0-5m)	0		20	4846	9	131	\	\	\	\		\	\
	Prima Falda Conf/Semiconf (5-10m)	0		8	5070	5	175	\	\	\	\		\	\
	Seconda Falda Confinata (10m o più)	6	3458	13	42123	7	318	\	\	\	\		\	\
	Nr. Analisi > limite di rilevabilità	6	\	41	\	19	\	\	\	\	\		\	\
	Nr. Analisi >= al limite Ammissibile	6	\	41	\	15	\	\	\	\	\		\	\

5.3 Grafici delle Medie

Le Tabelle dalla 3 alla 9 mostrano le medie di tutte le analisi, ma come spesso è stato sottolineato i campioni sono disposti in maniera del tutto irregolare sul territorio. Questo renderebbe le medie del tutto non rappresentative, ma in realtà il loro comportamento è utile ad individuare il comportamento generale degli analiti nelle macroisole oppure la variazione nella locazione dei campionamenti. Questi dati sono quindi utili perché forniscono una base di appoggio per le successive osservazioni che sono state fatte per ogni singola macroisola.

Di seguito presentiamo i grafici delle concentrazioni medie ottenute dalla media di tutte le analisi eseguite in un anno all'interno di una macroisola.

5.3.1 Area Petroli

Questa area è composta dalla Macroisola Raffinerie e dalla Macroisola Serbatoi.

Di seguito vengono riportati i grafici delle concentrazioni medie di tutte le analisi riferite alla Tabella 3 e 6.

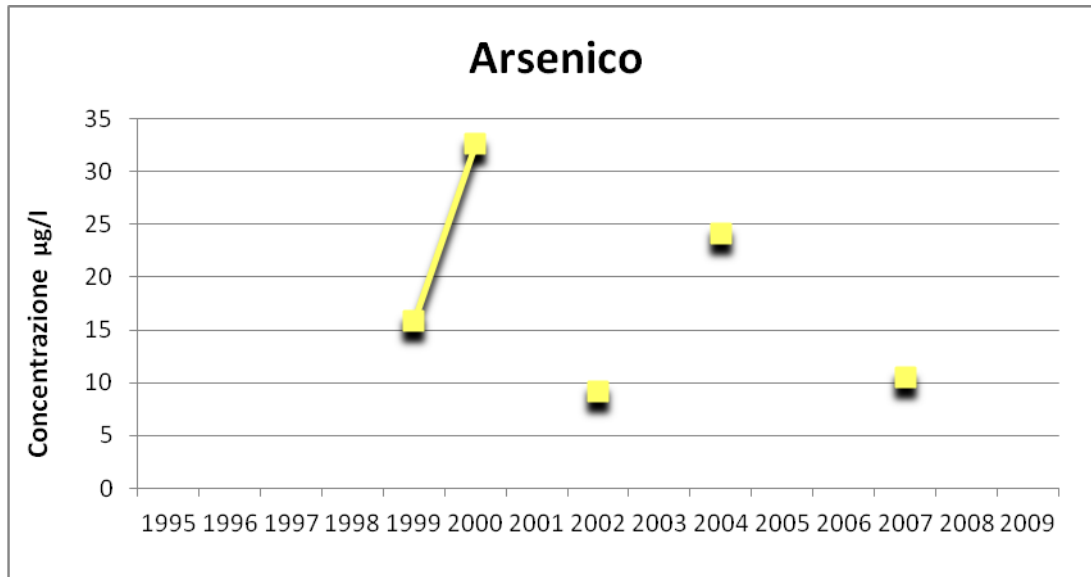


Figura 22 – Grafico della concentrazione media di Arsenico nell'Area Petroli.

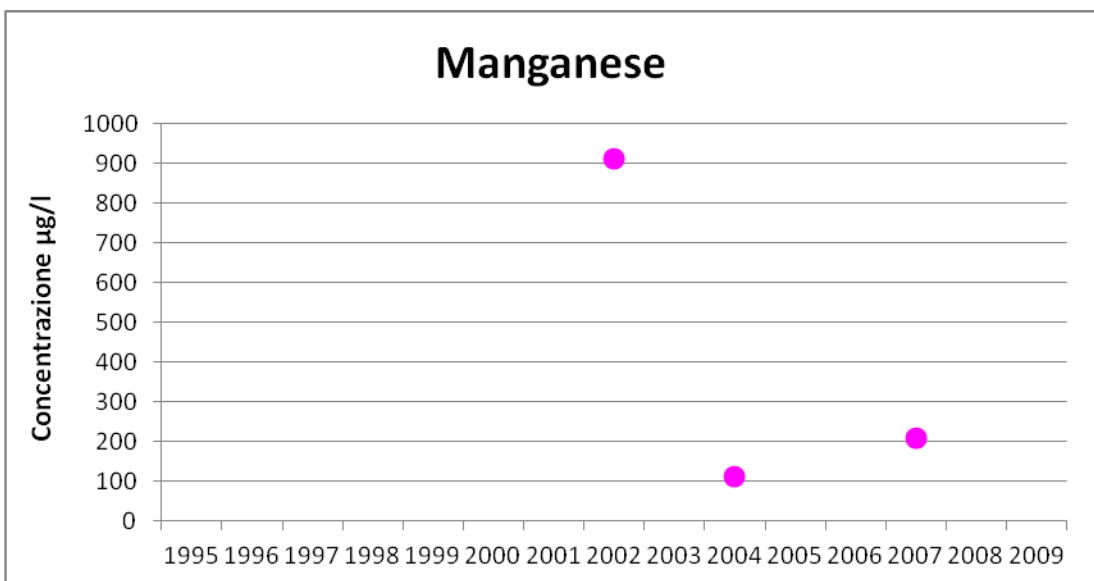
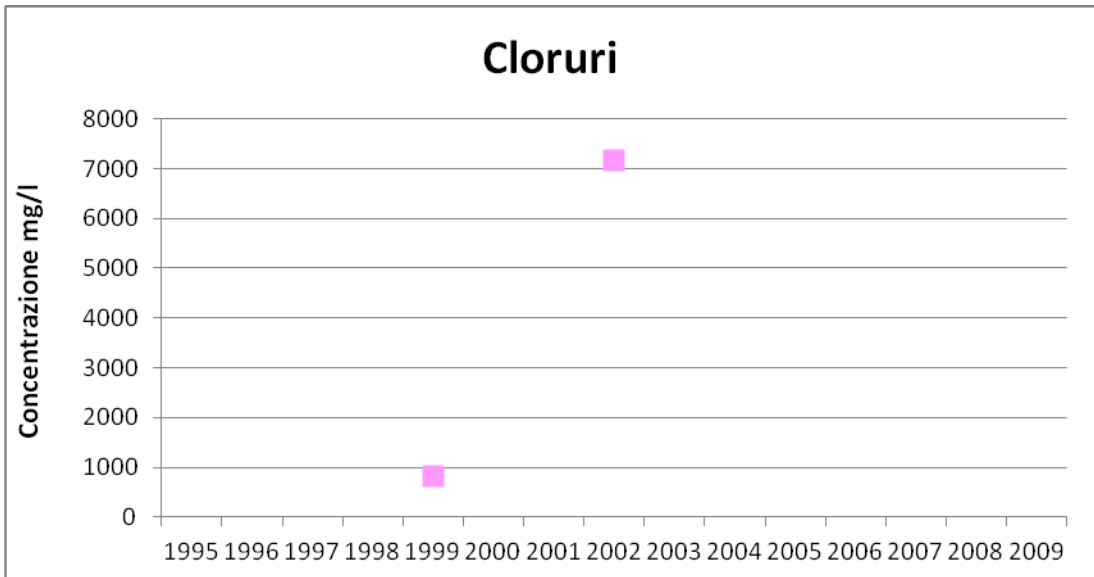
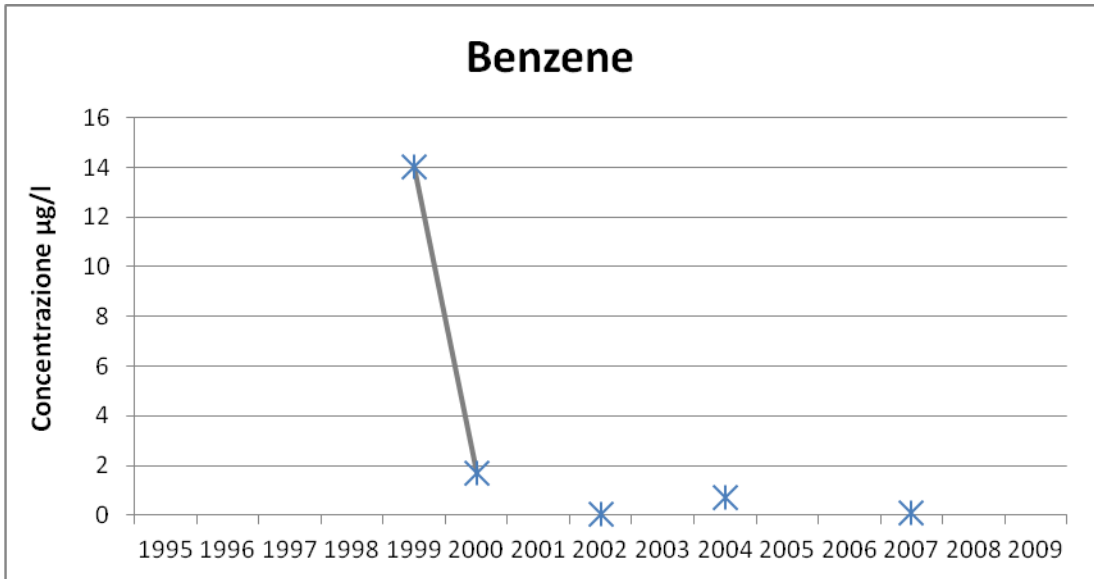


Figura 23 – Grafici della concentrazione media di Benzene, Cloruri e Manganese nell'Area Petroli.

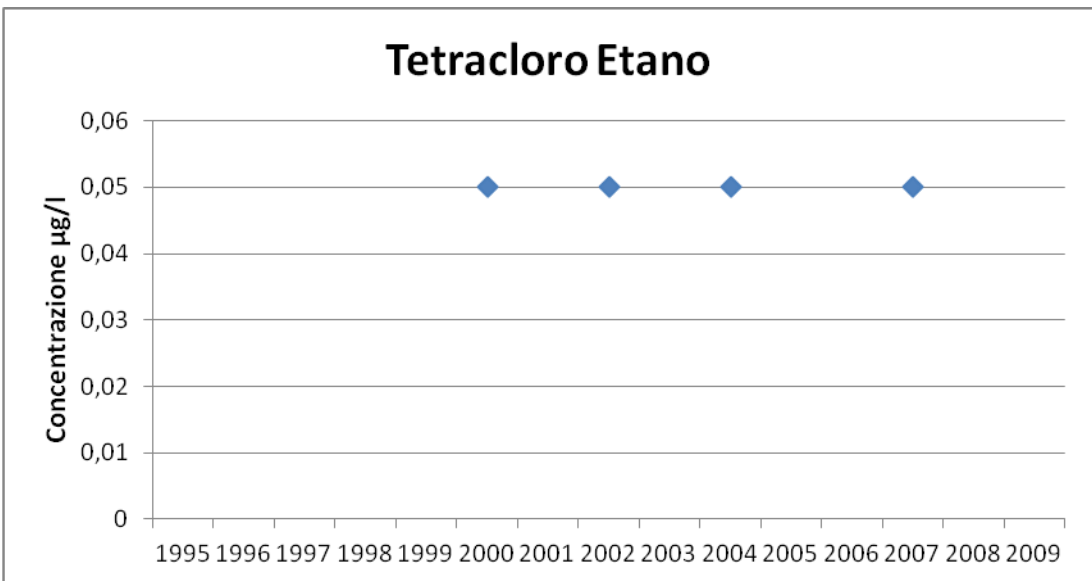
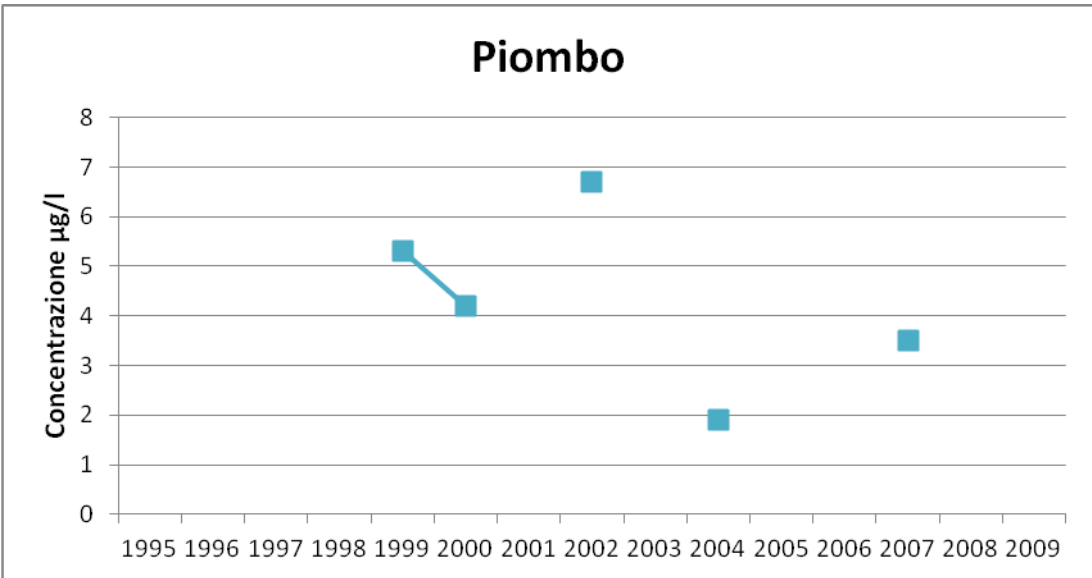
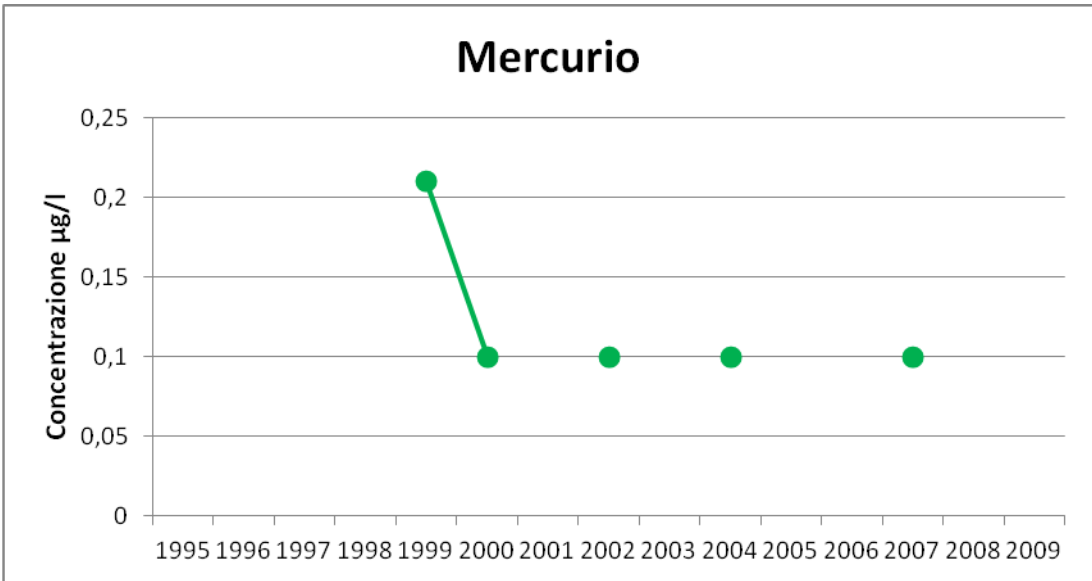


Figura 24 – Grafici della concentrazione media di Mercurio, Piombo e Tetracloro Etano nell'Area Petroli.

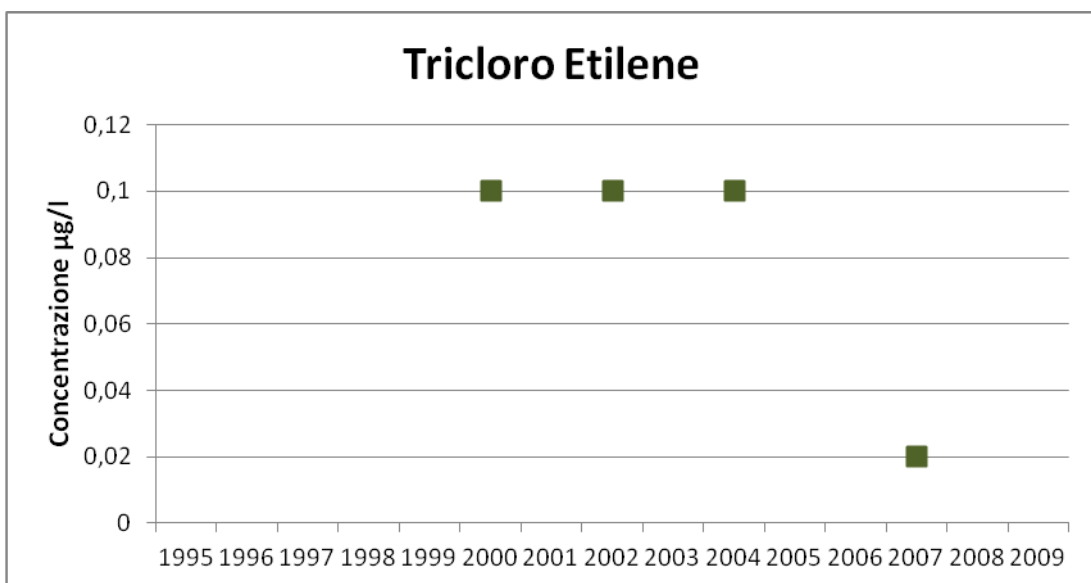
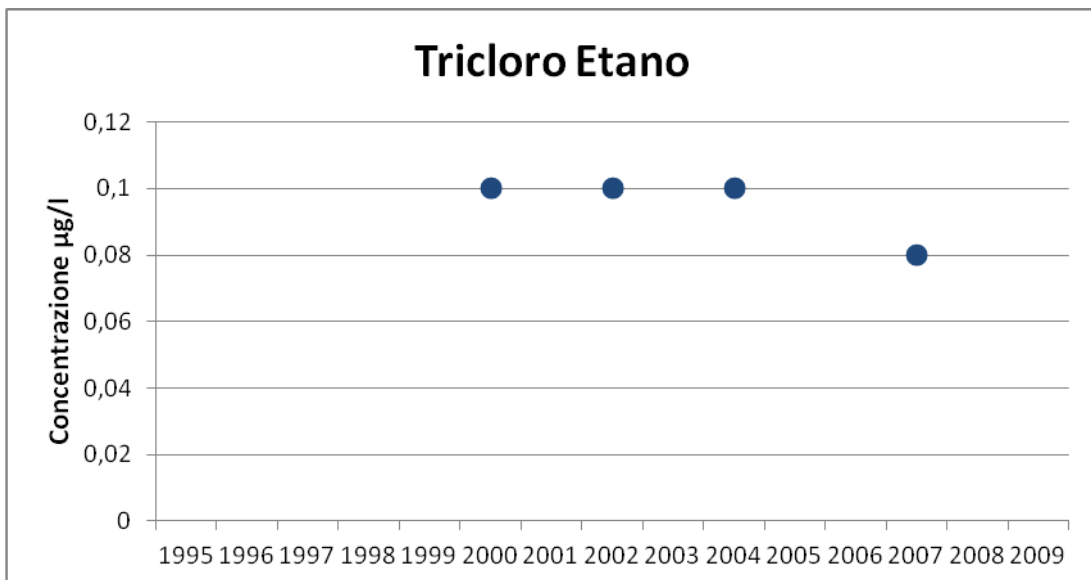
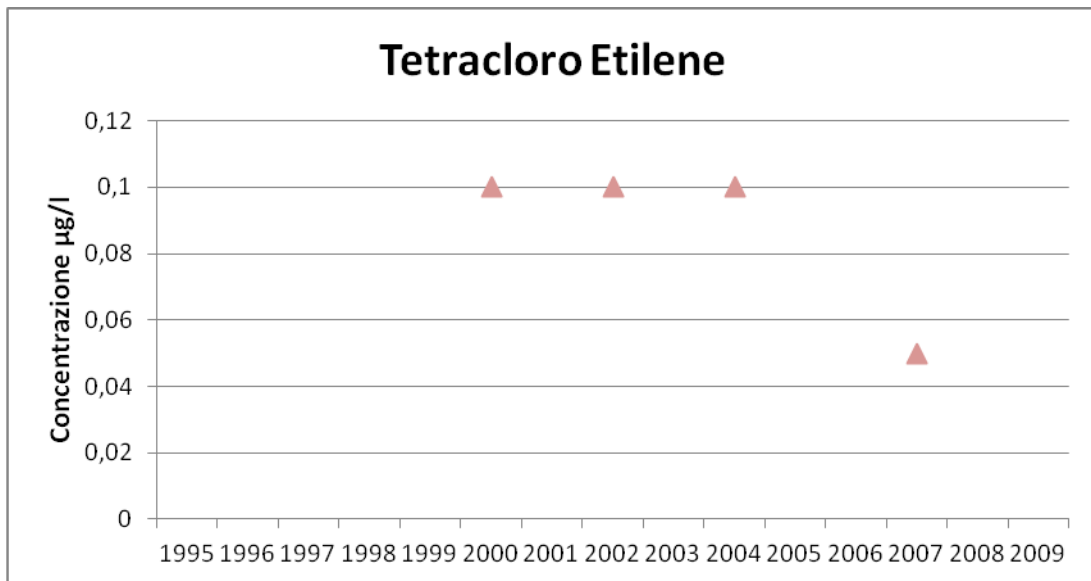


Figura 25 – Grafici della concentrazione media di Tetracloro Etilene, Tricloro Etano e Tricloro Etilene nell'Area Petroli.

5.3.2 Macroisola di Fusina

Questa area è composta dalla Macroisola di Fusina, detta anche Macroarea Sud.

Di seguito vengono riportati i grafici delle concentrazioni medie di tutte le analisi riferite alla Tabella 4 e 7.

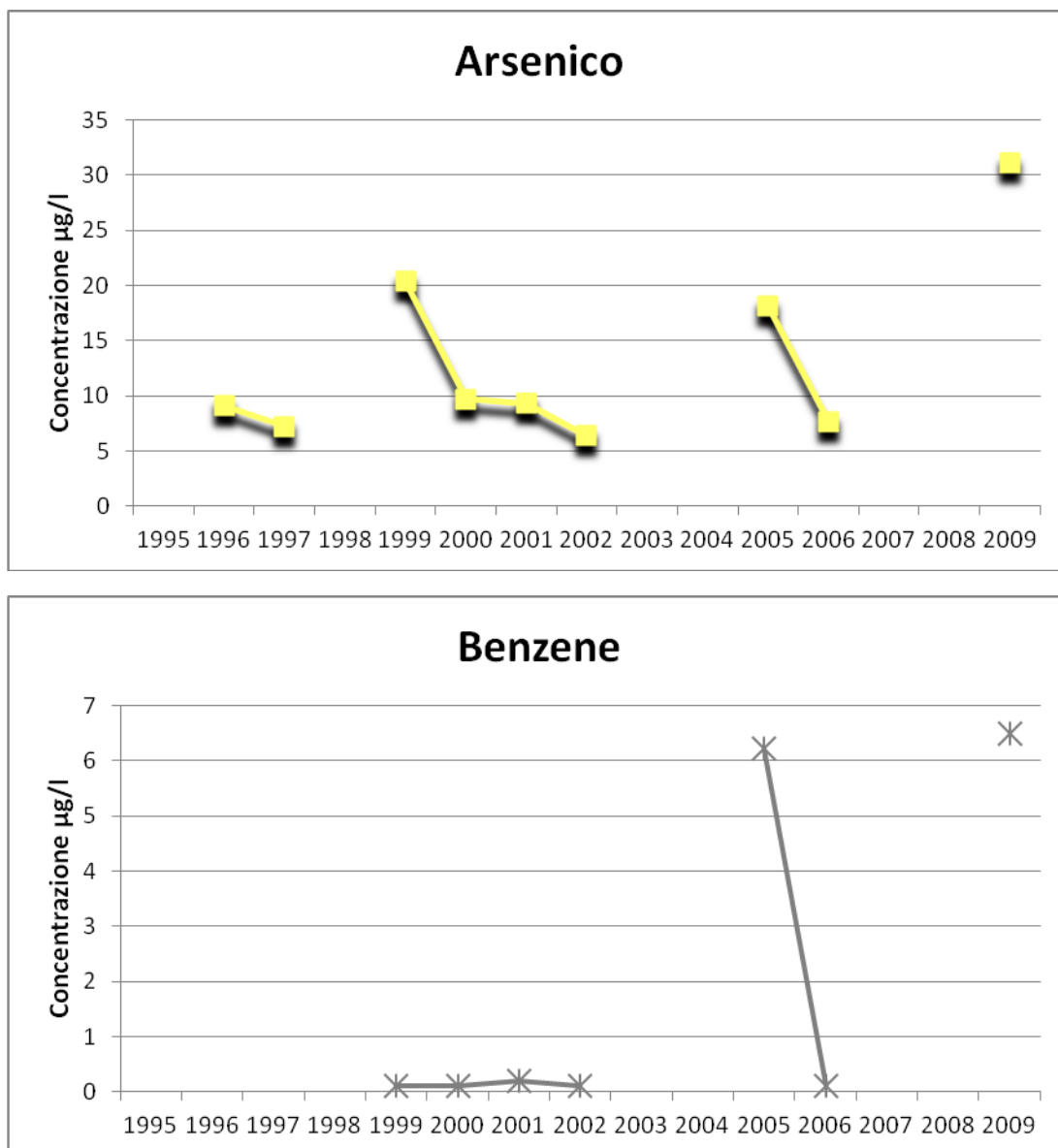


Figura 26 – Grafici della concentrazione media di Arsenico e Benzene nella macroisola di Fusina.

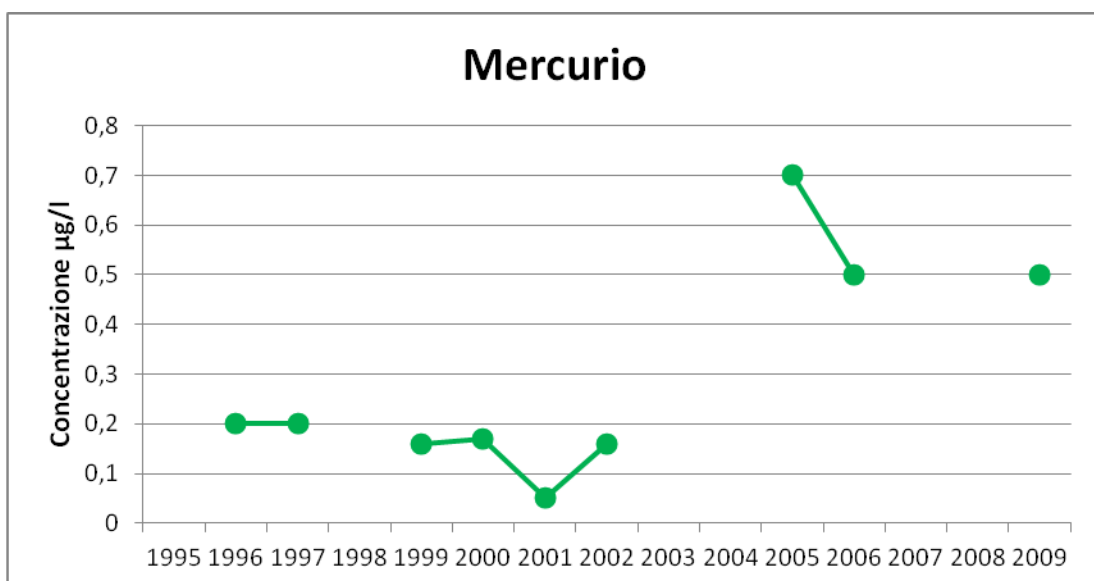
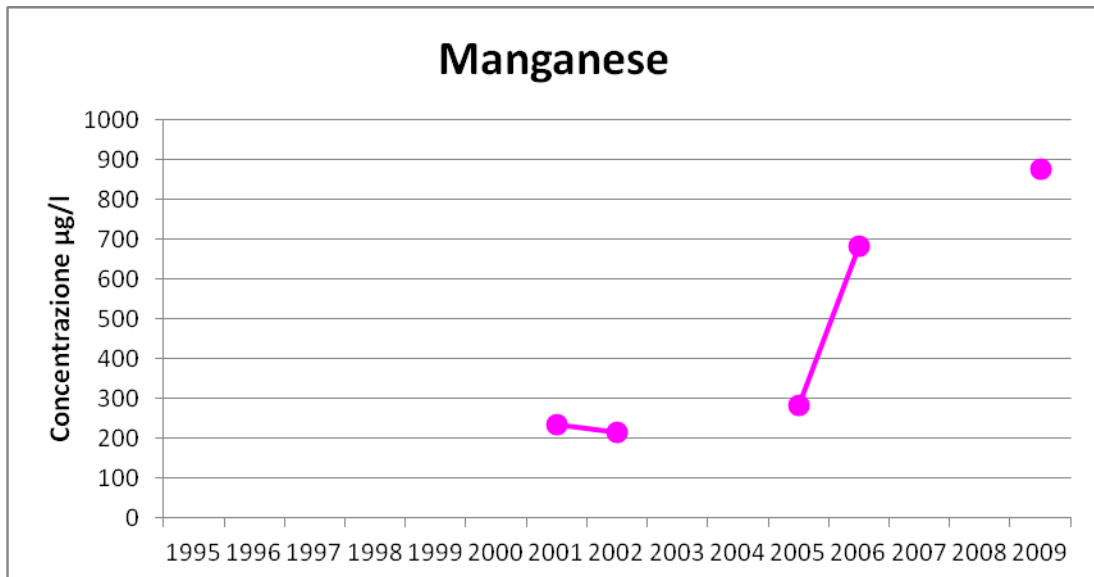
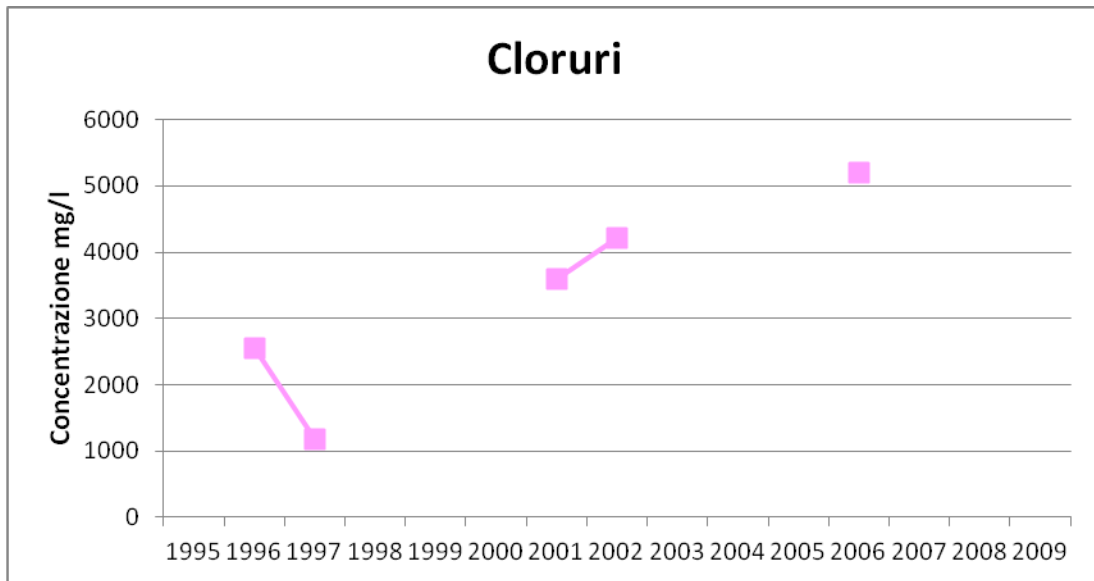


Figura 27 – Grafici della concentrazione media di Cloruri, Manganese e Mercurio nella macroisola di Fusina.

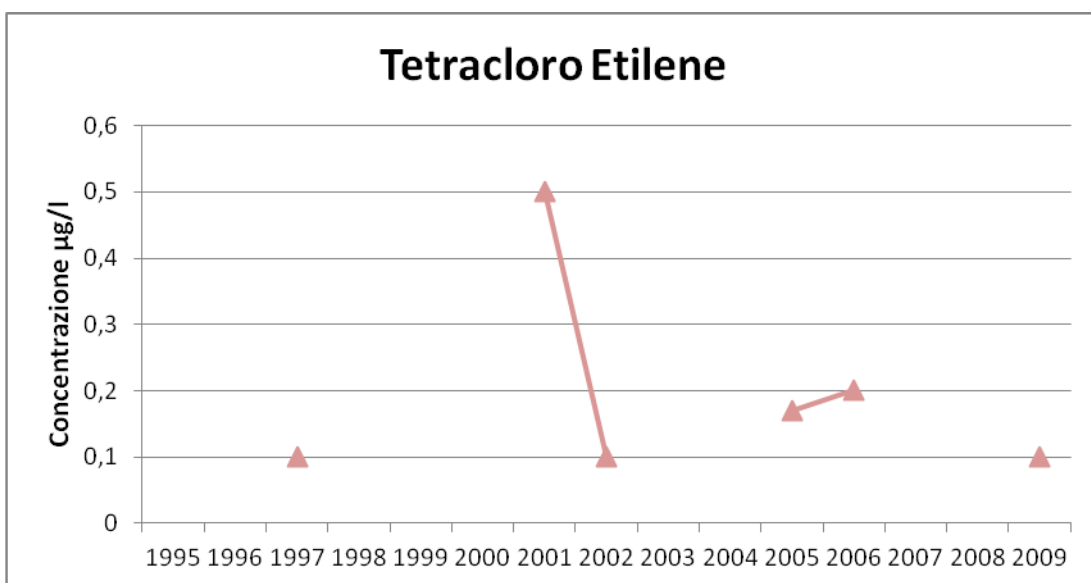
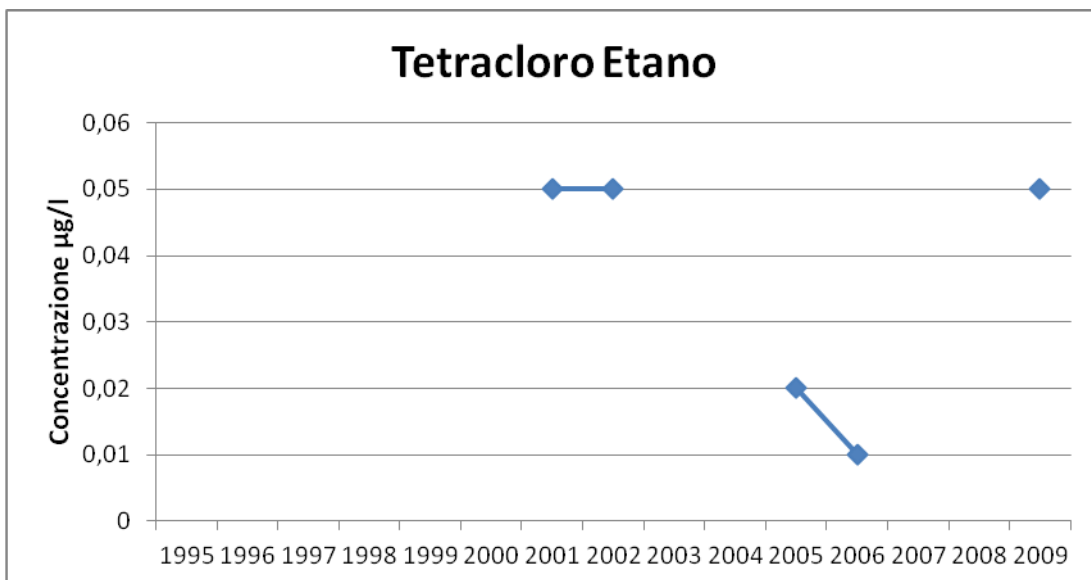
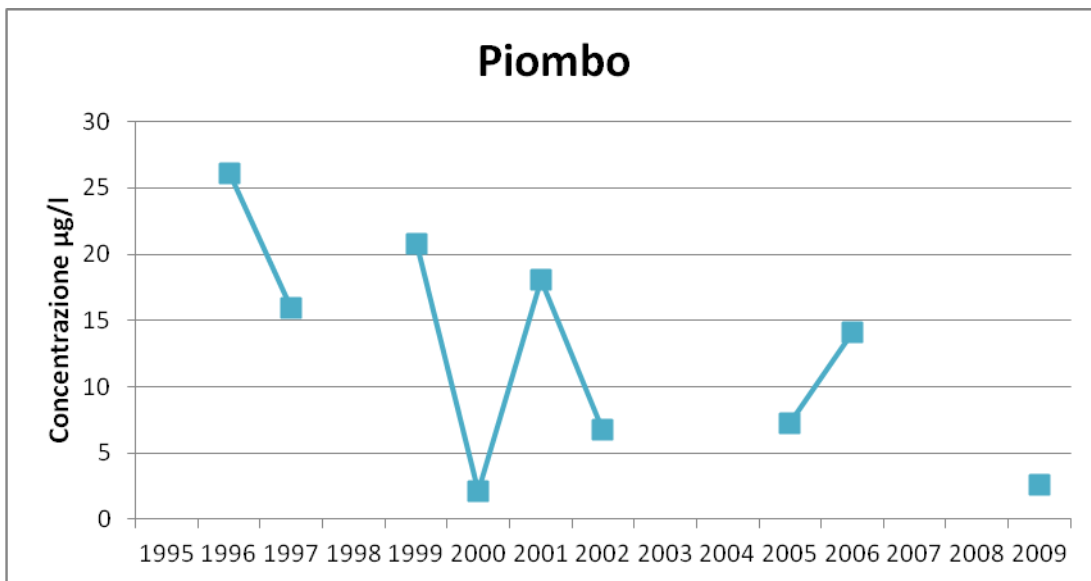


Figura 28 – Grafici della concentrazione media di Piombo, Tetracloro Etano e Tetracloro Etilene nella macroisola di Fusina.

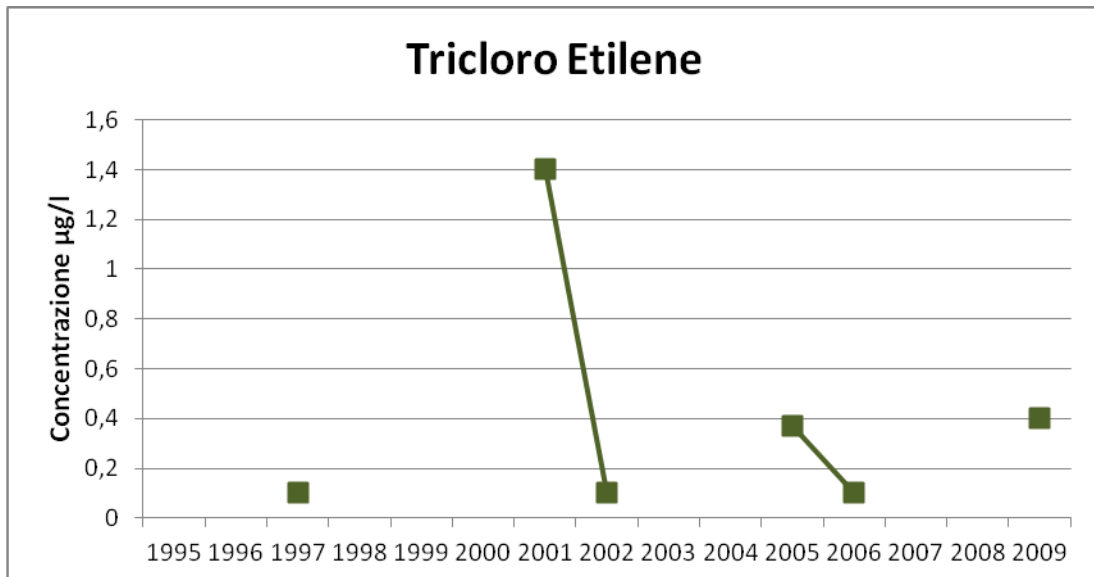
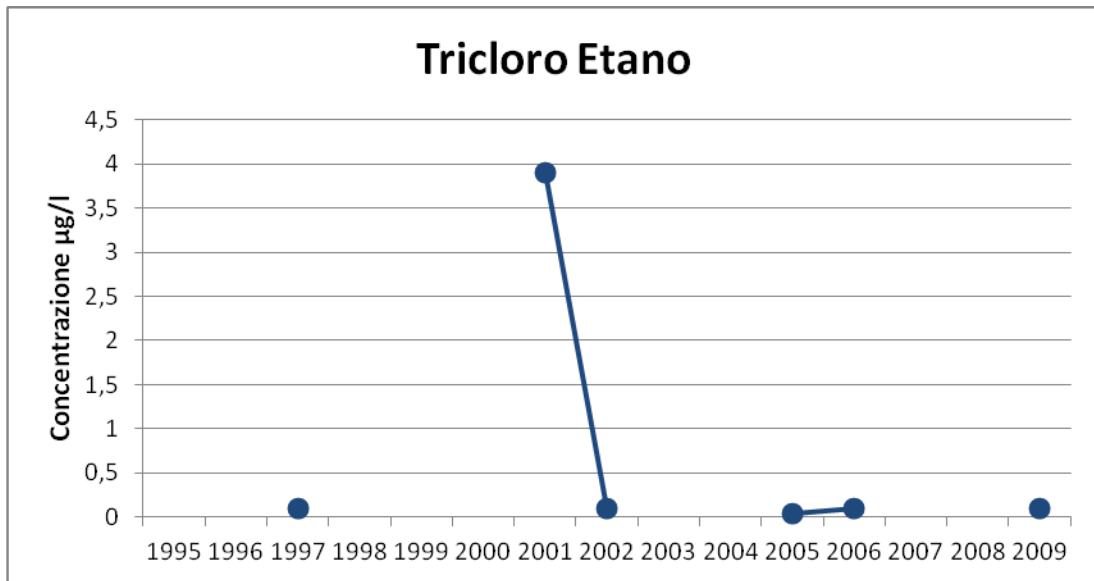


Figura 29 – Grafici della concentrazione media di Tricloro Etano e Tricloro Etilene nella macroisola di Fusina.

5.3.3 Macroisola Nuovo Petrolchimico

Questa area è composta dalla Macroisola Nuovo Petrolchimico, detta anche Penisola della Chimica.

Di seguito vengono riportati i grafici delle concentrazioni medie di tutte le analisi riferite alla Tabella 5 e 8.

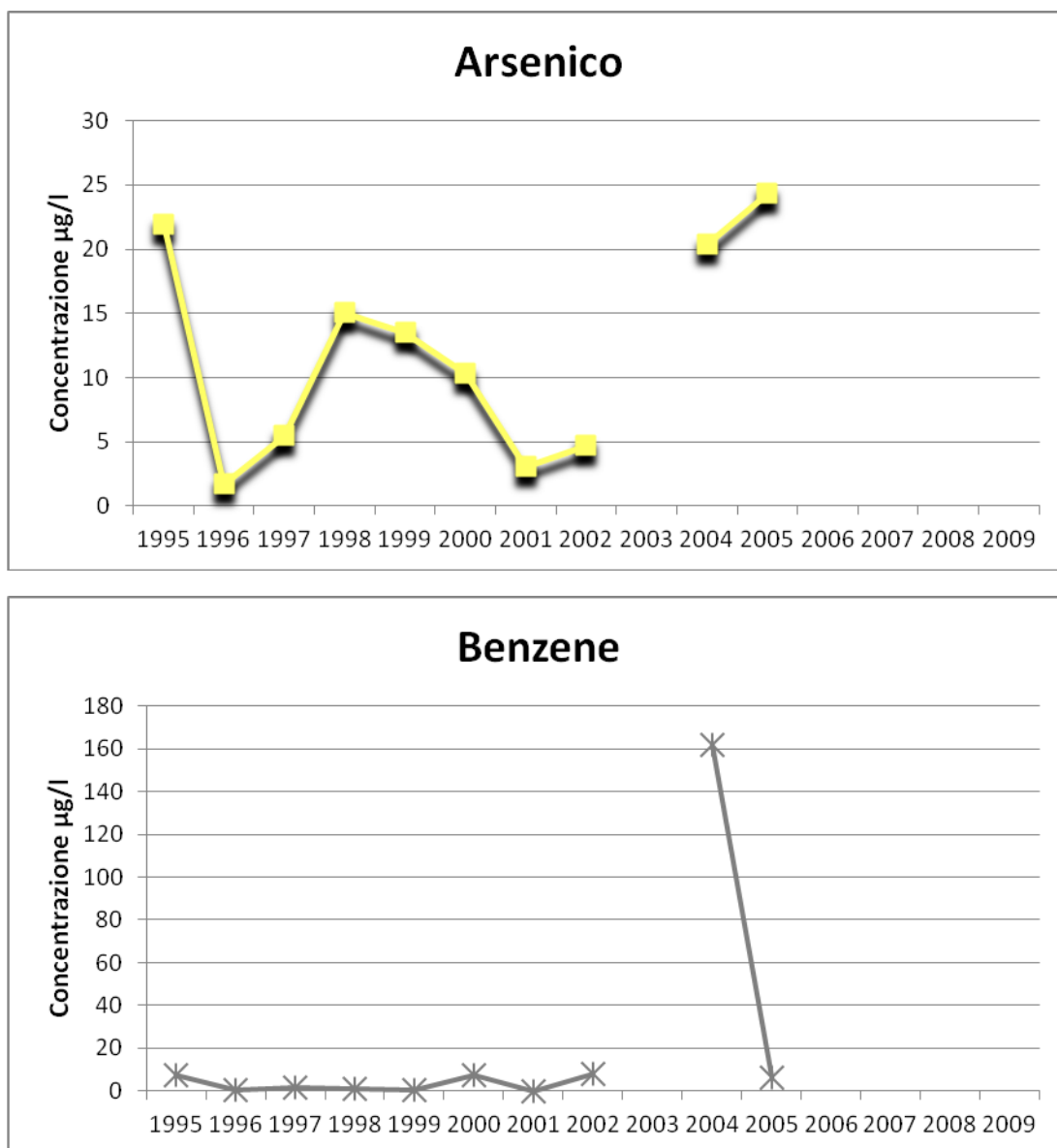


Figura 30 – Grafici della concentrazione media di Arsenico e Benzene nella macroisola del Nuovo Petrolchimico.

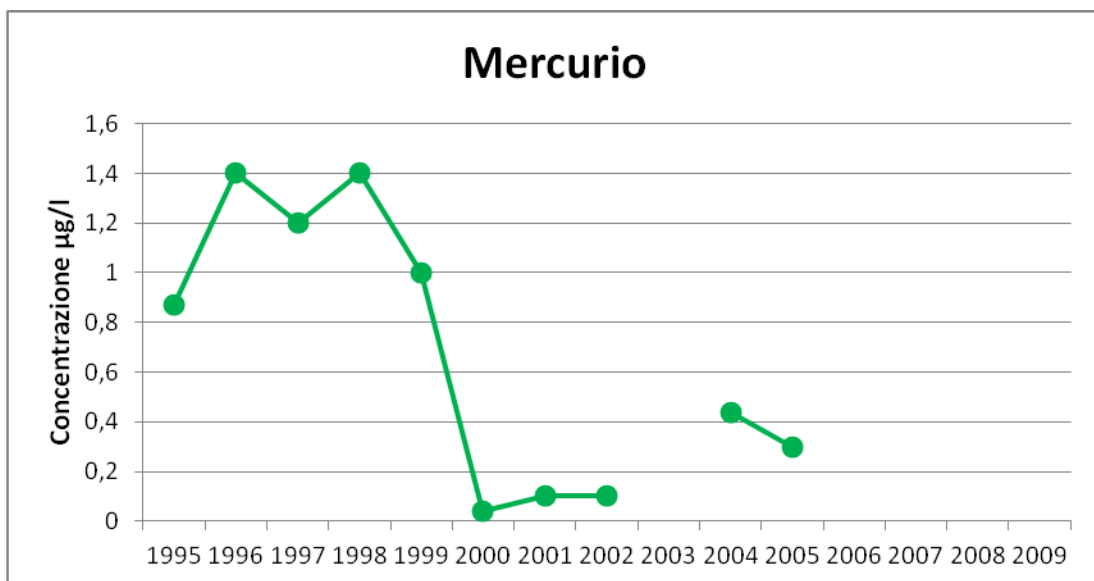
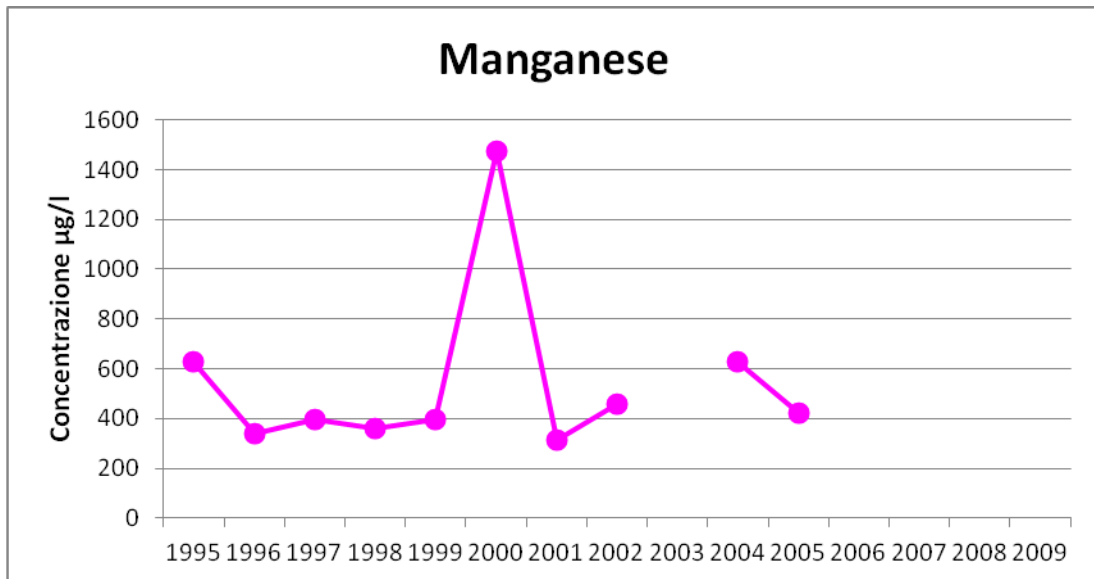
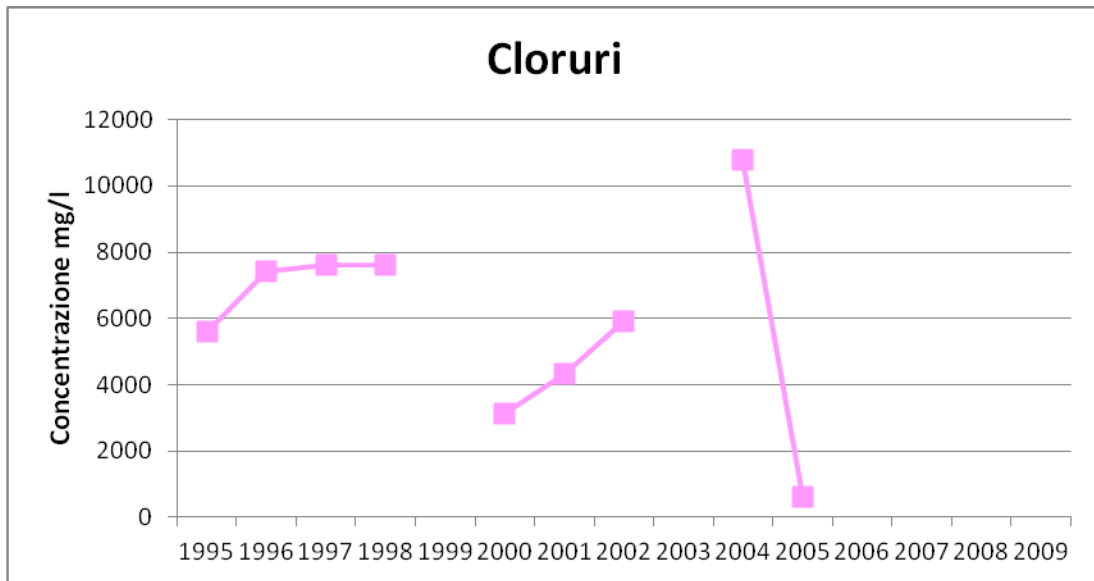


Figura 31 – Grafici della concentrazione media di Cloruri, Manganese e Mercurio nella macroisola del Nuovo Petrolchimico.

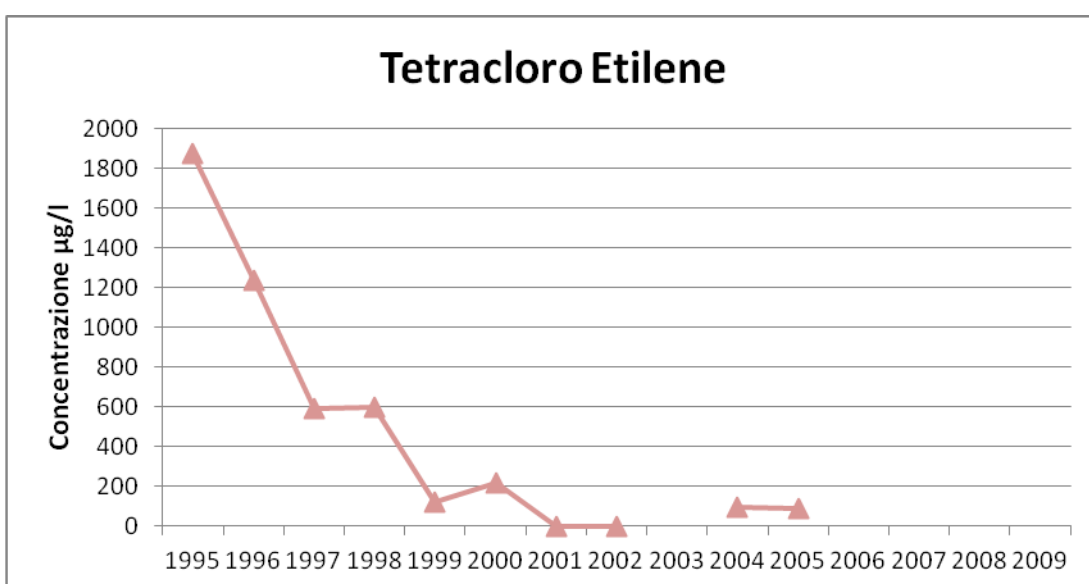
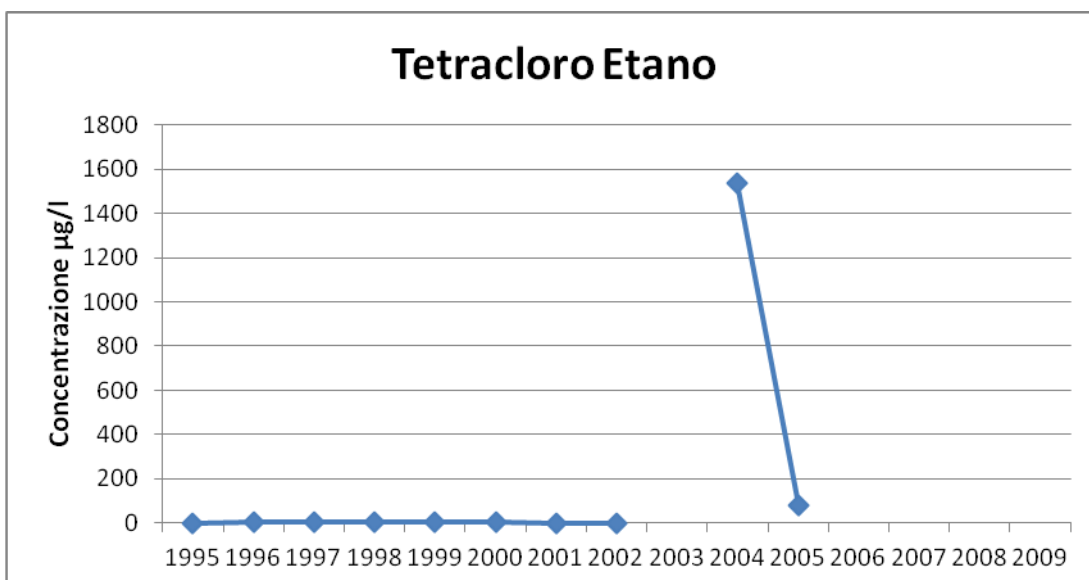
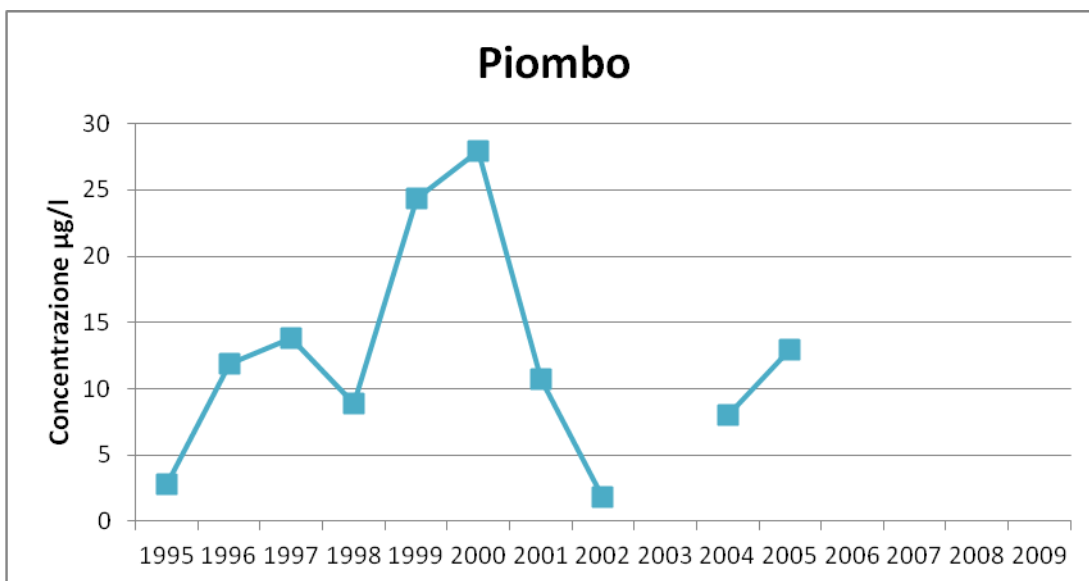


Figura 32 – Grafici della concentrazione media di Piombo, Tetracloro Etano e Tetracloro Etilene nella macroisola del Nuovo Petrolchimico.

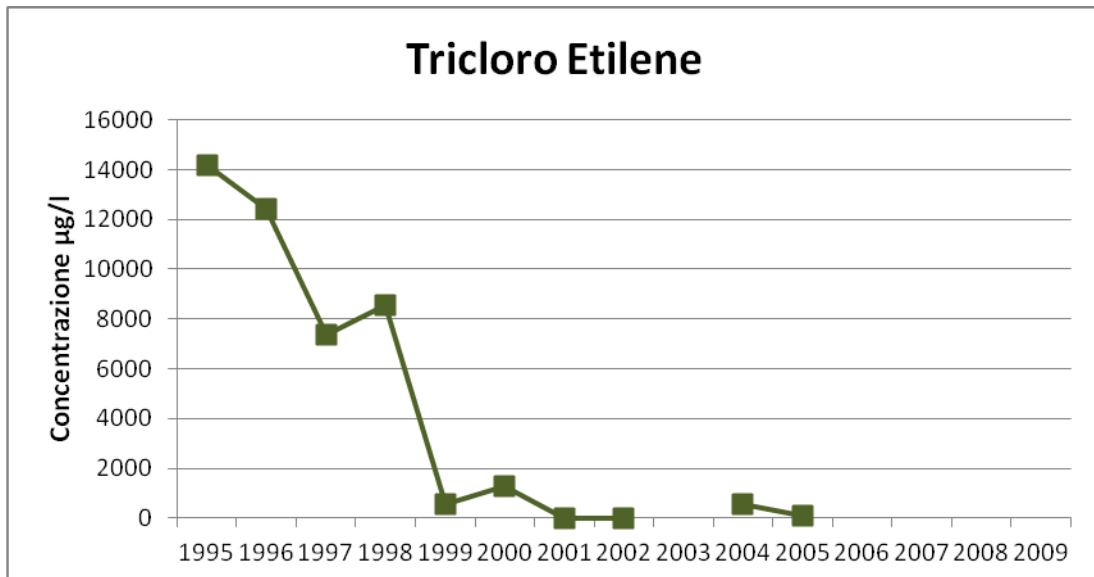
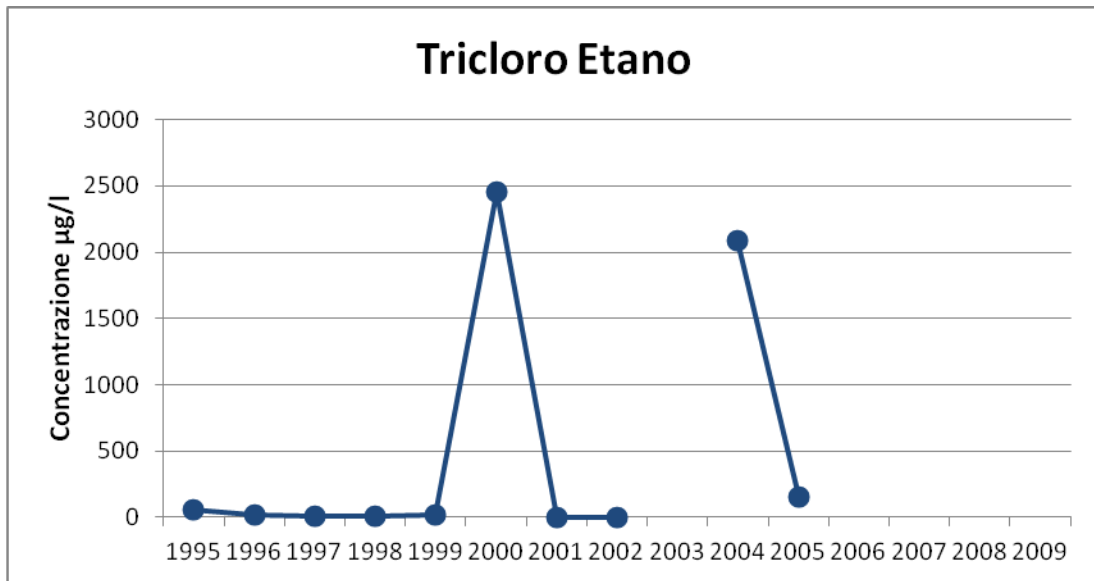


Figura 33 – Grafici della concentrazione media di Tricloro Etano e Tricloro Etilene nella macroisola del Nuovo Petrolchimico.

5.3.4 Macroisola Vecchio Petrolchimico

Questa area è composta dalla Macroisola Vecchio Petrolchimico.

Di seguito vengono riportati i grafici delle concentrazioni medie di tutte le analisi riferite alla Tabella 9.

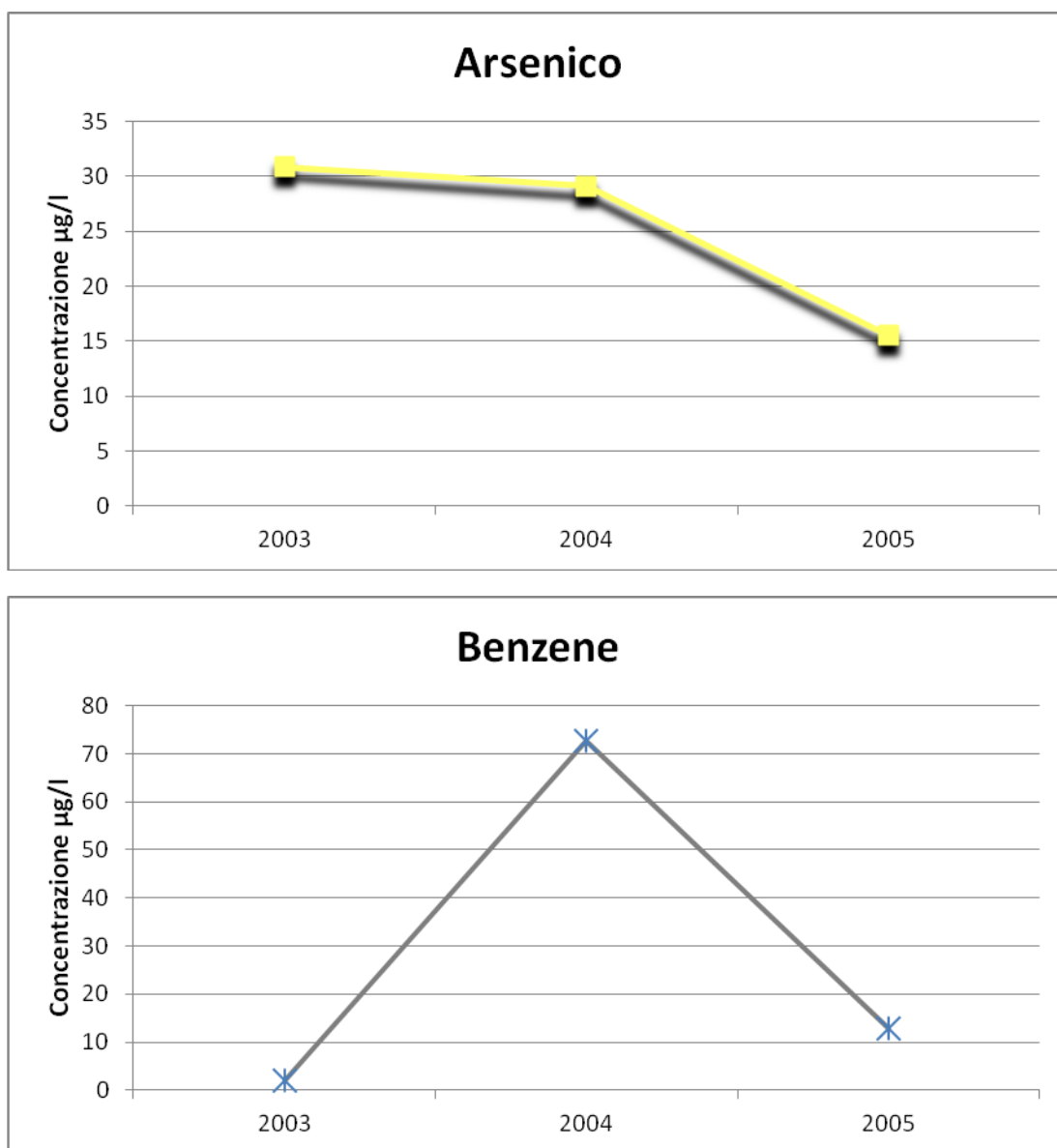


Figura 34 – Grafici della concentrazione media di Arsenico e Benzene nella macroisola del Vecchio Petrolchimico.

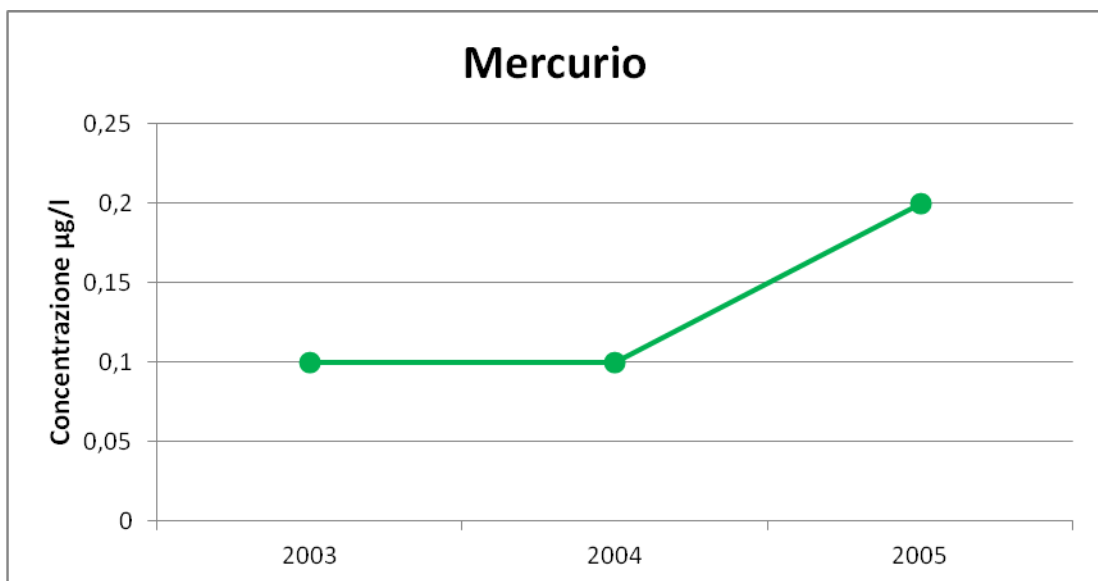
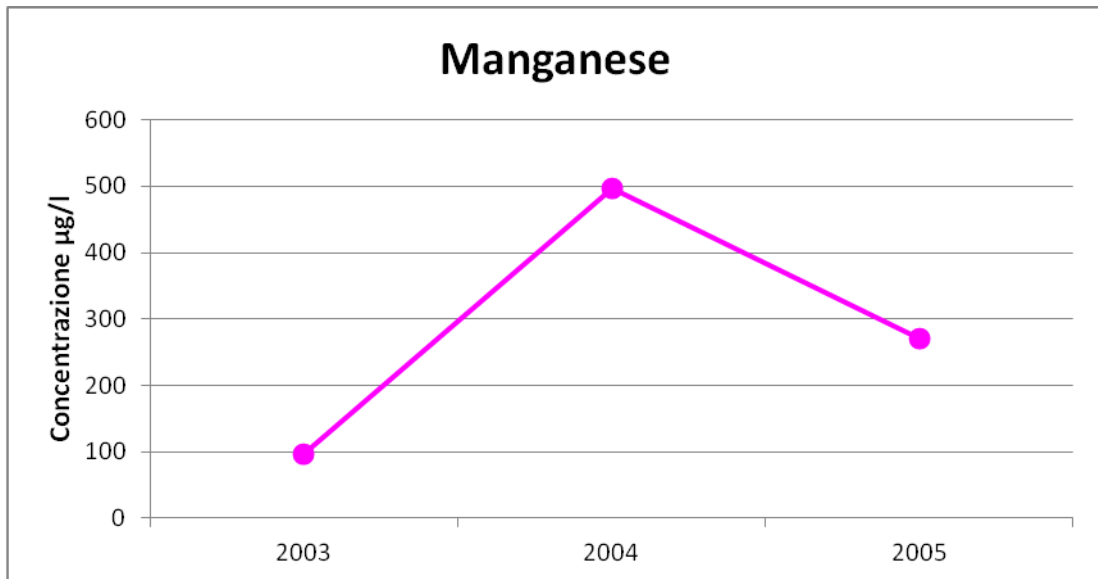
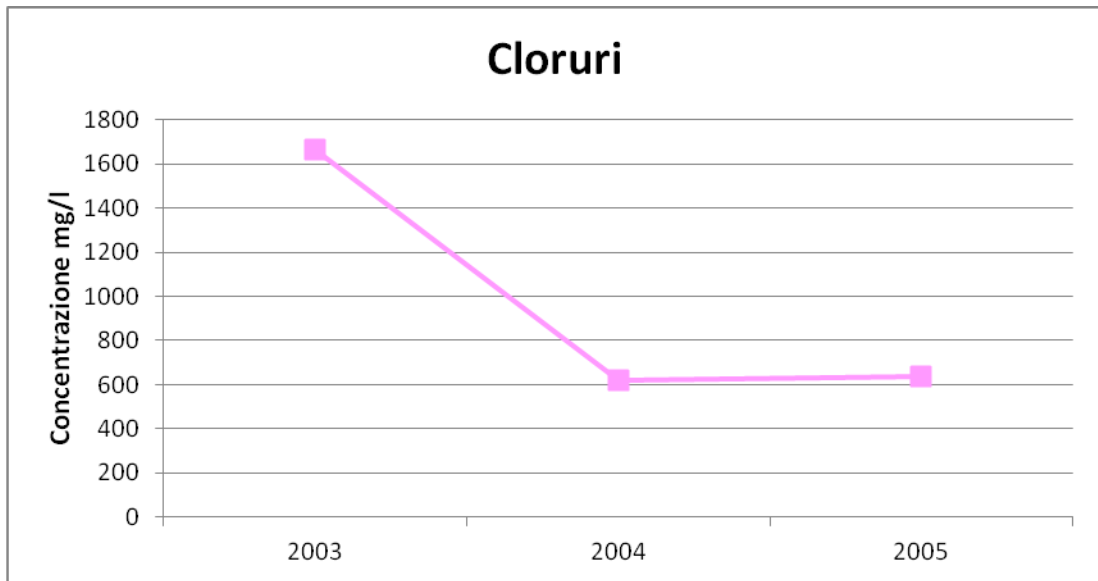


Figura 35 – Grafici della concentrazione media di Cloruri, Manganese e Mercurio nella macroisola del Vecchio Petrolchimico.

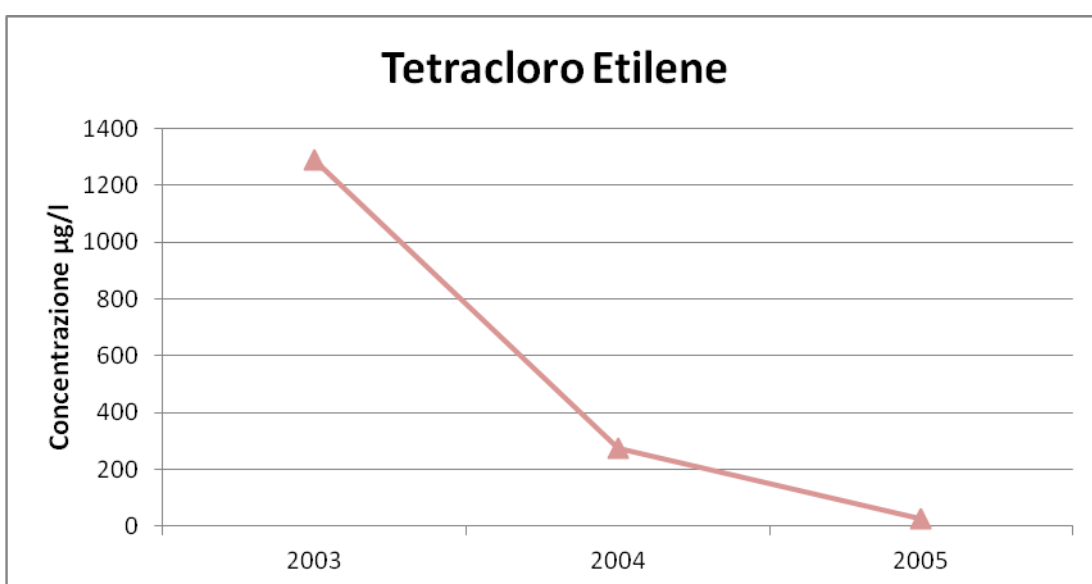
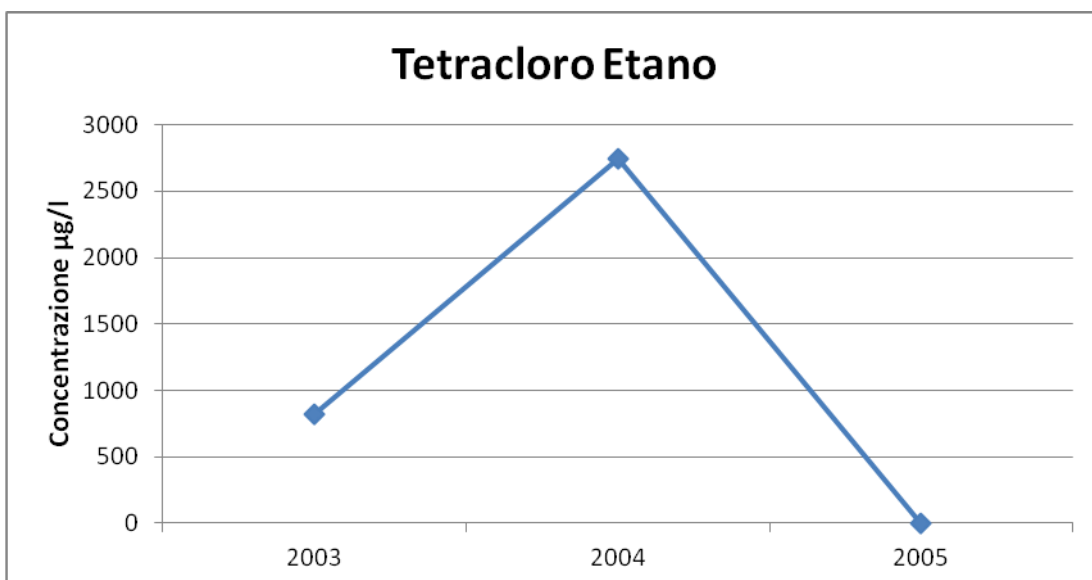
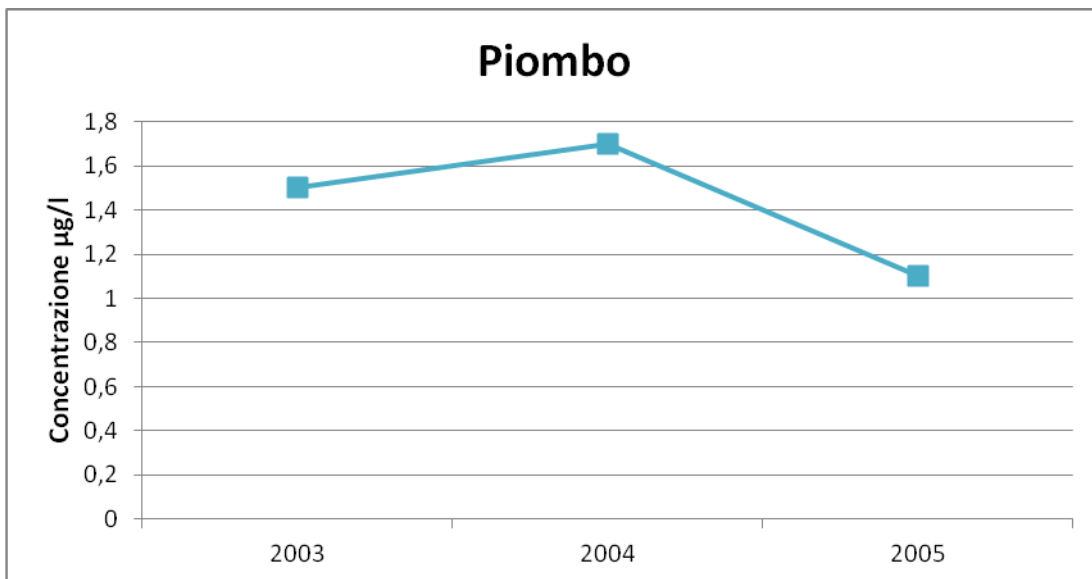


Figura 36 – Grafici della concentrazione media di Piombo, Tetracloro Etano e Tetracloro Etilene nella macroisola del Vecchio Petrolchimico.

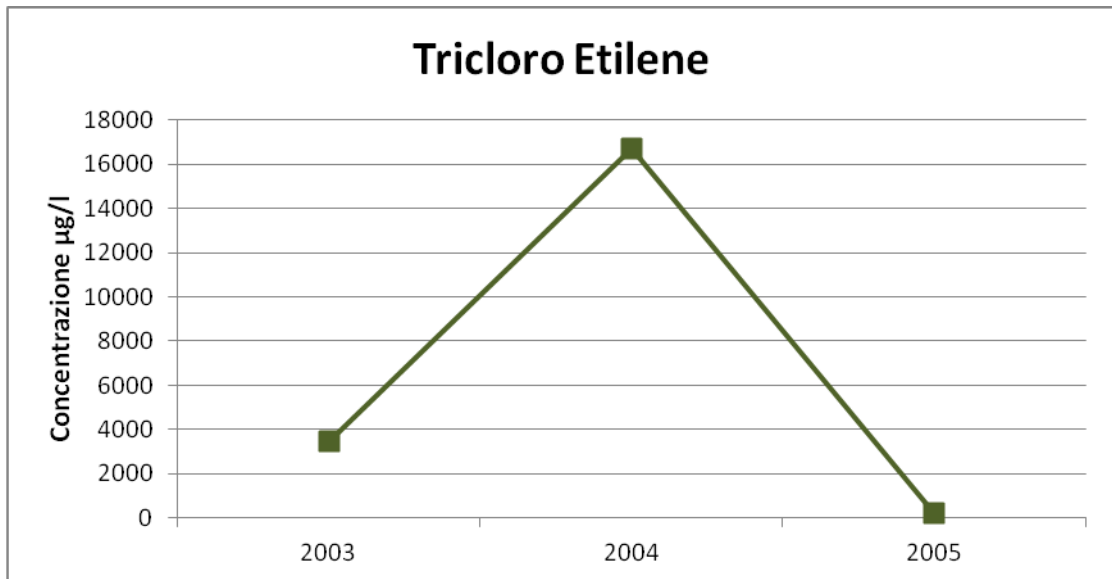
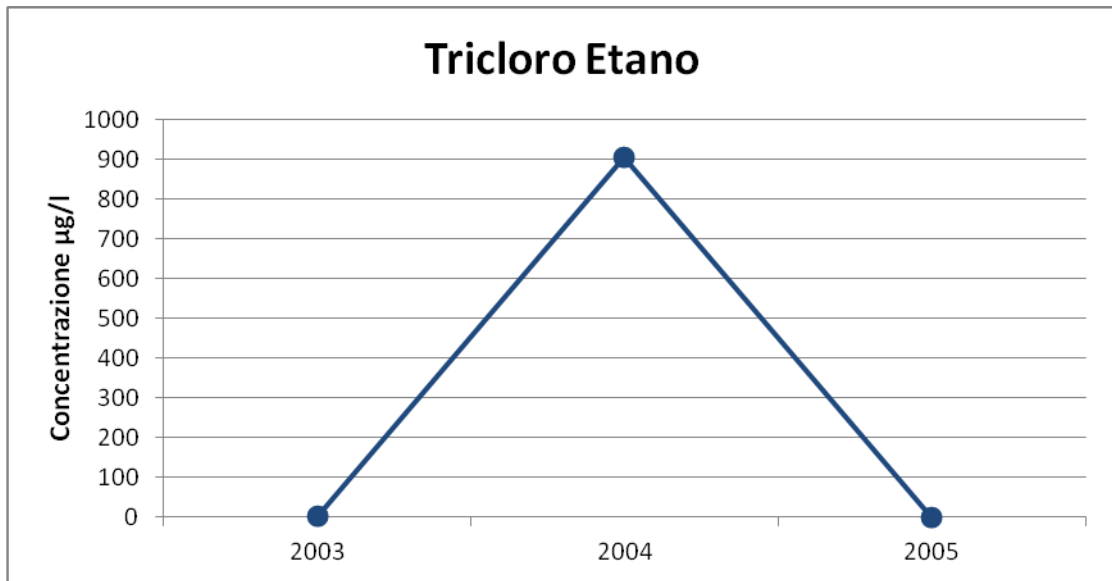


Figura 37 – Grafici della concentrazione media di Tricloro Etano e Tricloro Etilene nella macroisola del Vecchio Petrolchimico.

5.4 Commento generale dei grafici

Dai grafici prima esposti si possono cogliere indicazioni della presenza di contaminazioni diffuse e persistenti oppure della loro localizzazione.

Si può osservare come l'Arsenico sia diffusamente presente e spesso al di sopra della concentrazione di soglia di contaminazione.

Il Benzene è spesso assente, a parte nel Vecchio Petrolchimico in cui i valori medi sono sempre superiori alla concentrazione di soglia di contaminazione. Ci sono però diversi picchi di concentrazione che appaiono in tutte le altre macroisole, probabilmente dovuti a fenomeni di contaminazione puntuale o alla eterogeneità del campionamento.

Tra i metalli pesanti si osservano concentrazioni di Manganese sempre molto elevate e saltuariamente anche concentrazioni di Piombo che nel Nuovo Petrolchimico e in Fusina spesso superano le concentrazioni ammesse. Il Mercurio si mantiene sempre a concentrazioni molto basse, con rari e poco marcati superamenti dei limiti.

Le concentrazioni di Cloruri sono sempre molto alte e tendono ad essere estremamente variabili nel tempo e nello spazio.

Per quanti riguarda i Cloroderivati, la loro presenza è rilevabile quasi esclusivamente nelle macroisole del Nuovo e del Vecchio Petrolchimico, in cui spesso superano abbondantemente la soglia di contaminazione, con tendenza alla diminuzione negli anni più recenti.

6 Valutazioni sul chimismo delle acque in relazione allo sviluppo dei marginamenti

In questo capitolo affronteremo un'analisi di dettaglio delle macroisole del Nuovo e del Vecchio Petrolchimico. Questa analisi serve a verificare se la semplice osservazione dei valori medi è rappresentativa e, qualora non lo sia, utilizzare un metodo efficace per ottenere dei risultati. A causa del diverso sviluppo delle campagne di campionamento nelle due macroisole è stato necessario usare approcci specifici a seconda della macroisola.

Il Nuovo Petrolchimico è stato scelto perché è la macroisola con la copertura spaziale e temporale dei campionamenti maggiore. Nonostante questo, come si vedrà, l'eterogeneità del campionamento non permette di usare i valori di concentrazione medi per rappresentare tutta la macroisola, e sono stati necessari vari metodi per valutare l'evoluzione delle concentrazioni.

La scelta del Vecchio Petrolchimico, nonostante non abbia una copertura temporale pari alle altre macroisole, è stata fatta perché tutti i campioni sono omogeneamente disposti in una porzione molto grande della macroisola. Un'analisi di dettaglio in questo caso ci permette di osservare se le medie sono rappresentative della situazione complessiva dell'area.

Si è inoltre cercato, ove possibile, di collegare l'evoluzione del chimismo con lo sviluppo dei marginamenti nelle due macroisole.

Per quanto riguarda le altre macroisole si è scelto di non eseguire ulteriori analisi. I dati di queste aree in nostro possesso si sono rivelati, ad un esame più attento, non sufficientemente omogenei a fornire indicazioni sull'andamento generale delle concentrazioni.

6.1 Macroisola del Nuovo Petrolchimico

Nel Nuovo Petrolchimico la copertura temporale dei dati è abbastanza ampia, ma non abbastanza da fornire un quadro significativo degli anni più recenti. I dati vanno dal 1995 al 2002 e dal 2004 al 2005. I dati dal 1995 al 2002 provengono dal database del MAV, mentre i dati del 2004 e 2005 dal database del Progetto Venezia.

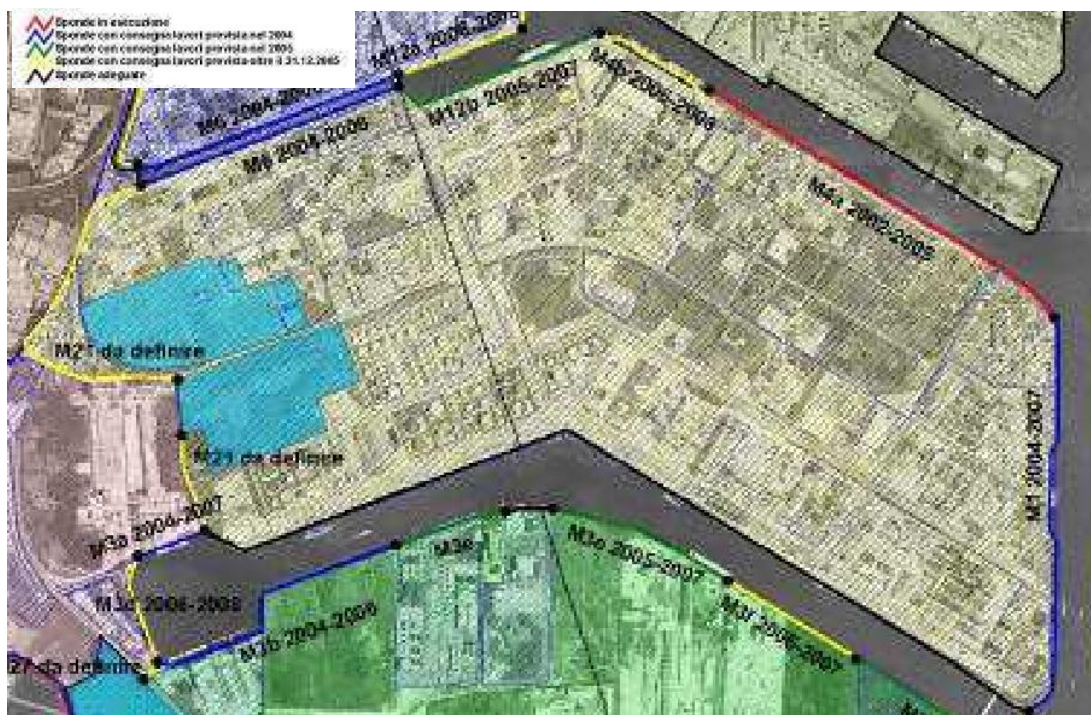


Figura 38 - Interventi di marginamento necessari per ottenere la cinturazione completa delle sponde delle aree industriali di Porto Marghera e la realizzazione delle macroisole all'interno del Sito di Interesse Nazionale. Area del Nuovo Petrolchimico. (Master Plan, 2004)

Confrontando lo stato dei lavori al 2004 e quello del giugno 2007, possiamo subito notare che dal 2004 la sponda del Canale Industriale Sud risultava marginata (Figura 38). Non ci è dato sapere quando questa sponda sia stata effettivamente terminata, in quanto ne nel resoconto del Master Plan, ne nei documenti prodotti dal MAV, sono presenti indicazioni al riguardo. Si può solo supporre che questo tratto di sponda provvisto di palancole con giunto impermeabile e cordolo di cemento armato, con drenaggio funzionante (MAV 2007), sia stato ultimato alla fine degli anni '90.

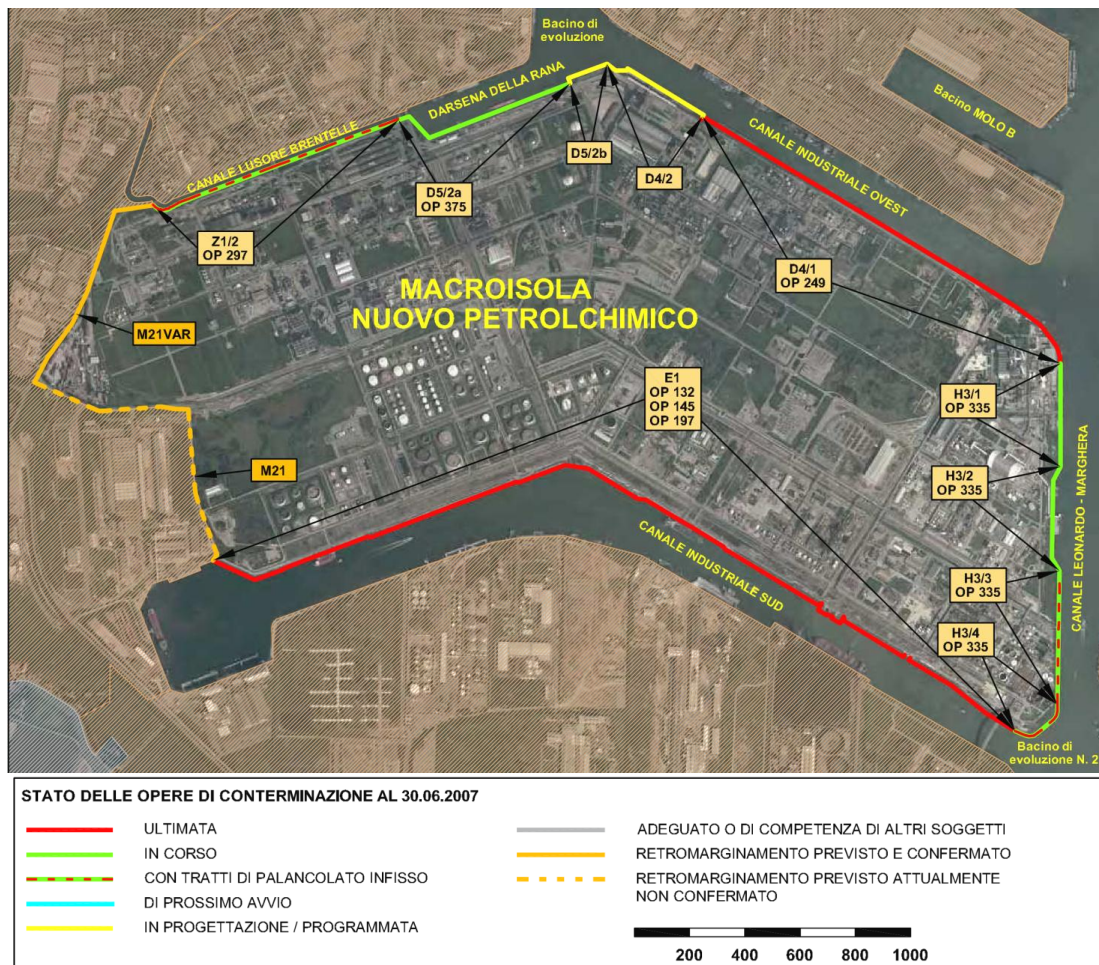


Figura 39 - Stato delle opere di conterminazione al 30 Giugno 2007. Area del Nuovo Petrolchimico. (MAV, 2007)

Per quanto riguarda la sponda ovest del Canale San Leonardo, i lavori sono cominciati il 23 settembre 2005 e sono stati infissi 650m di palancolato, di conseguenza l'impatto di questo marginamento sui dati del 2005 si può considerare nullo.

I lavori lungo le sponde del Canale Industriale Ovest cominciarono nel dicembre 2002 e risultavano terminati nel luglio 2007, di conseguenza si può presumere una loro influenza sui dati raccolti dal 2004 al 2005, tanto più che il sistema drenante dovrebbe essere stato attivato sia pure parzialmente.

Per quanto riguarda infine il tratto del Canale Lusore-Brentelle sappiamo che al 2007 il palancolato era stato infisso ed era stato realizzato anche un tratto di cordolo sommitale, ma a causa di vari problemi non era stato realizzato il sistema di drenaggio. I lavori cominciarono a dicembre 2004 e con ogni probabilità ebbero conseguenze poco significative sul chimismo dei campioni raccolti nel 2005.

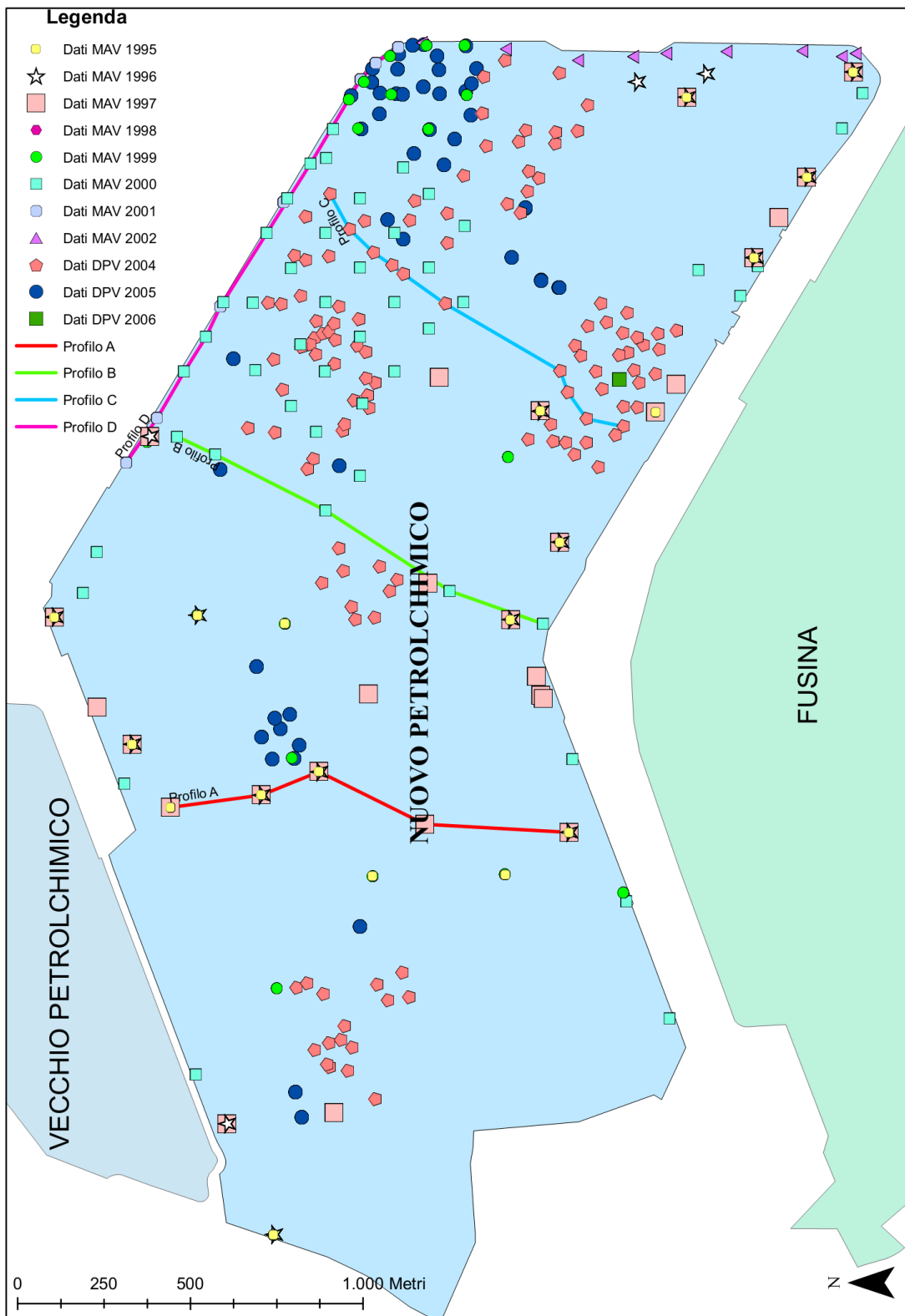


Figura 40 - Mappa dei campionamenti presenti nel database. Macroisola del Nuovo Petrolchimico.

Osservando i campioni in Figura 40 si può osservare come essi siano distribuiti per lo più vicino alle sponde della macroisola fino al 2002.

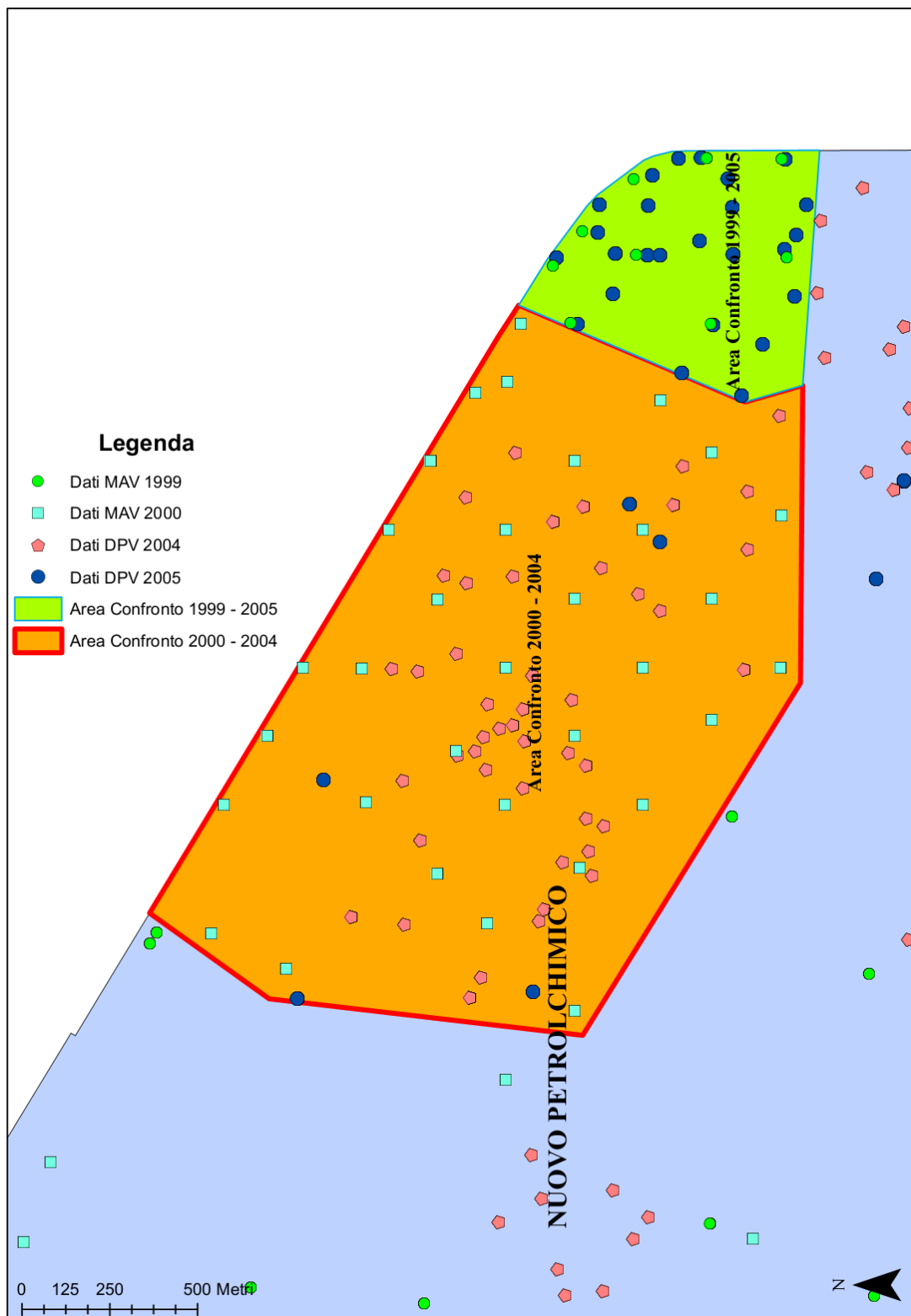


Figura 41 - Mappa delle aree scelte per il confronto dei dati. Macroisola del Nuovo Petrolchimico.

Negli anni 2000, 2004 e 2005 si osservano una discreta quantità di campioni provenienti dalle zone più centrali dell'isola, anche se poche aree hanno campionamenti effettuati in periodi differenti. Per alcuni anni, soprattutto dal 1995

al 1999, il raffronto delle medie è meglio giustificato dalla ripetitività dei campionamenti effettuati negli stessi piezometri. Successivamente il numero dei dati aumenta e anche la loro dispersione all'interno dell'isola. Un confronto significativo si può effettuare solo riducendo le dimensioni delle aree investigate. Le aree scelte per il confronto sono presentate in Figura 41.

Successivamente si è proseguito con la realizzazione di profili idrochimici (Figura 40) trasversali alla macroisola e lungo le sponde al fine di cercare di individuare se esiste una differenza di trend evolutivo tra le aree di sponda e quelle nell'entroterra.

6.1.1 Risultati delle osservazioni

Come prima illustrato, è stato seguito il comportamento degli analiti in vari modi, sia osservandone singolarmente il comportamento sia confrontandolo tra loro. Prima di tutto abbiamo confrontato le medie complessive dal 1995 al 1999, sempre relativamente a quei settori sottoposti ad un campionamento ripetuto nel tempo, successivamente abbiamo fatto un confronto tra i valori medi e i singoli campioni nelle aree indicate in Figura 41. Infine abbiamo cercato variazioni nelle tendenze evolutive mediante sezioni idrochimiche variamente orientate.

- Arsenico: Se osserviamo la media tra gli anni '95-'99, nonostante un comportamento abbastanza caotico dovuto al fatto che la maggior parte delle analisi spesso ricade sotto al limite di rilevabilità, si può osservare una tendenza alla diminuzione della concentrazione di Arsenico.

Nell'area del confronto 2000-2004 il valore di concentrazione medio passa da 5,5 a 20,71 $\mu\text{g/l}$ a causa della comparsa di due valori di picco, esclusi i quali, il valore medio risulterebbe 8,27 $\mu\text{g/l}$.

Nell'area del confronto 1999-2005 il valore medio passa da 27,2 a 22,44 $\mu\text{g/l}$. Il comportamento di queste aree, nonostante la densità dei punti e l'adiacenza, non ha una ben definita tendenza evolutiva e non da indicazioni sul possibile effetto dei marginamenti.

Per quanto riguarda l'analisi attraverso le sezioni, nel profilo A (Figura 40) si può osservare che le concentrazioni sono più alte nei pressi della sponda nord e tendono ad un lieve aumento nel tempo. C'è anche un altro picco di

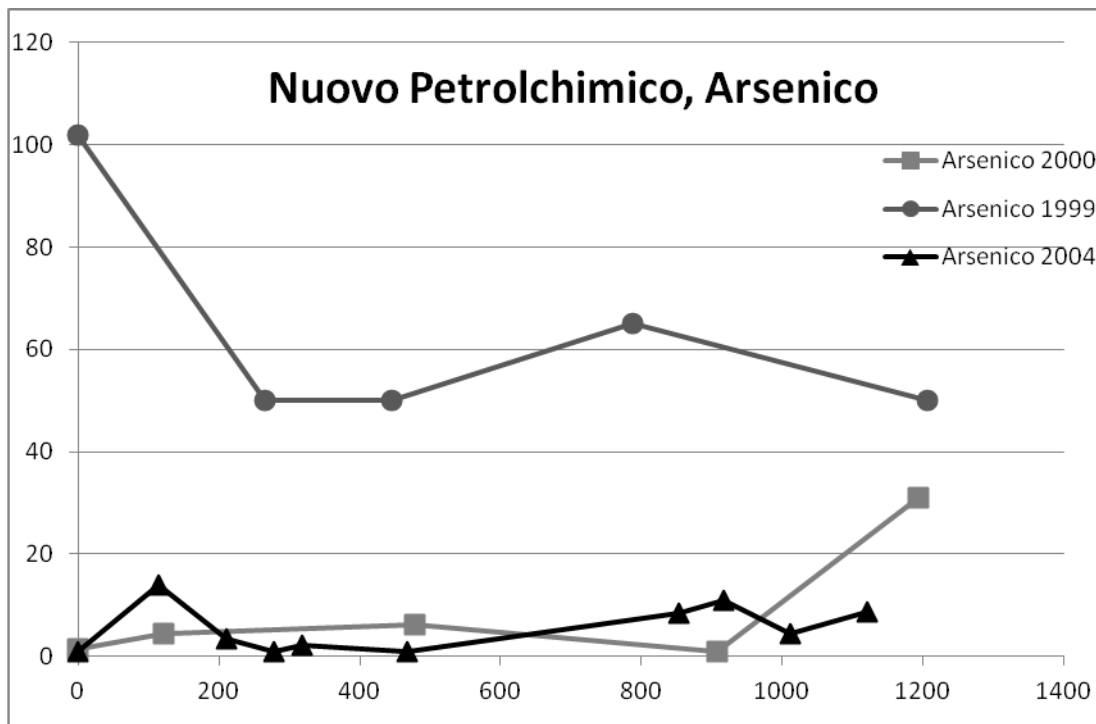


Figura 42 – Profili A,B e C della concentrazione di Arsenico, in µg/l, nel Nuovo Petrolchimico. Direzione Nord-Sud.

concentrazione nell'entroterra più a sud e anche questo tende ad un lieve aumento. Osservando il profilo B si nota invece che il massimo della concentrazione è presente nei pressi della sponda sud, ma le concentrazioni, relative all'anno 2000, sono molto più basse e anche il valore di picco è minore delle concentrazioni rilevate nel profilo A al 1999.

Il profilo C, riferibile alla campagna 2004, è quello con il maggior numero di campioni e con la precisione delle analisi maggiore; in questo profilo possiamo osservare che i valori massimi si concentrano nei pressi delle sponde, sia nord che sud, pur mantenendosi più bassi dei valori registrati nel 1999 ed in alcune zone anche al di sotto di quelli registrati nel 2000.

Dovendo riassumere, si può notare la tendenza delle concentrazioni ad una diminuzione generale e progressiva nel tempo negli anni successivi al 1999, anche se le concentrazioni maggiori si collocano nelle vicinanze delle sponde si deve far notare che anche per questi è evidente un sostanziale decremento nel tempo (Figura 42).

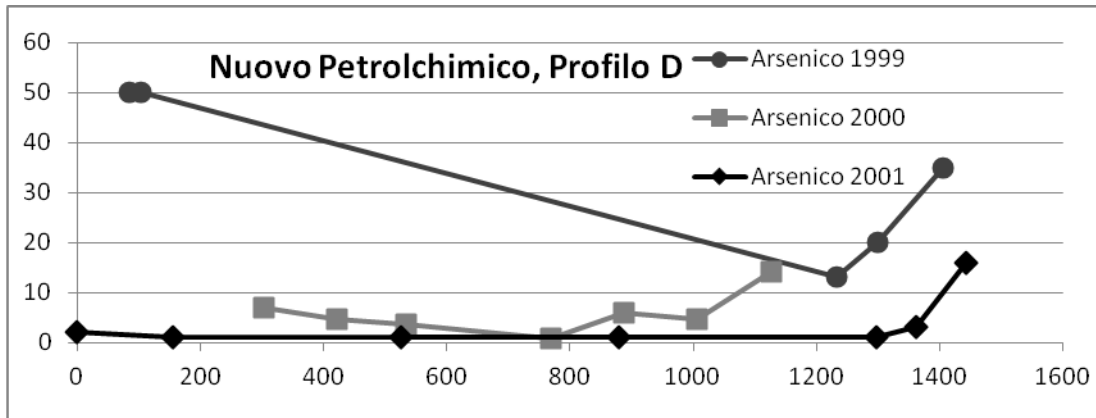


Figura 43 – Profilo D della concentrazione di Arsenico, in µg/l, nel Nuovo Petrolchimico. Direzione Ovest-Est.

Si può di conseguenza supporre che questa significativa diminuzione delle concentrazioni nelle vicinanze delle sponde, sia da attribuire alla realizzazione sia pure parziale dei marginamenti, in particolare per la certificata messa in funzione dei drenaggi nella sponda sud.

Per quanto riguarda in fine il profilo D, in Figura 43 si può osservare l'evoluzione delle concentrazioni dal 1999 al 2001, queste sono maggiori ai due estremi del profilo per tutti gli anni considerati, ma complessivamente esse tendono tutte ad un decremento significativo (1999-2001).

- Benzene: Questo analita si mantiene sempre in concentrazioni molto basse nell'intero periodo di osservazione, ad eccezione del 2004. Tra il '95 ed il '99 la concentrazione media presenta un chiaro decremento al di sotto della soglia di contaminazione.

Nell'area di confronto '99-2005 (Fig. 41) possiamo osservare un aumento della concentrazione media che passa da 0,7µg/l, con un unico valore a superare di poco la soglia di rilevabilità dell'analisi, a 6,21µg/l nel 2005 con la maggior parte dei valori che superano la soglia di contaminazione con picchi fino a 59µg/l. Nell'area di confronto 2000-2004 la concentrazione media va da 6,6µg/l a 10,7µg/l. In quest'area in realtà i campioni mostrano tutti concentrazioni al di sotto del limite di rilevabilità, ad eccezione di alcuni valori di picco molto elevati che in entrambi gli anni di campionamento ricadono molto vicini tra di loro. In entrambe le aree abbiamo quindi un aumento della concentrazione del benzene.

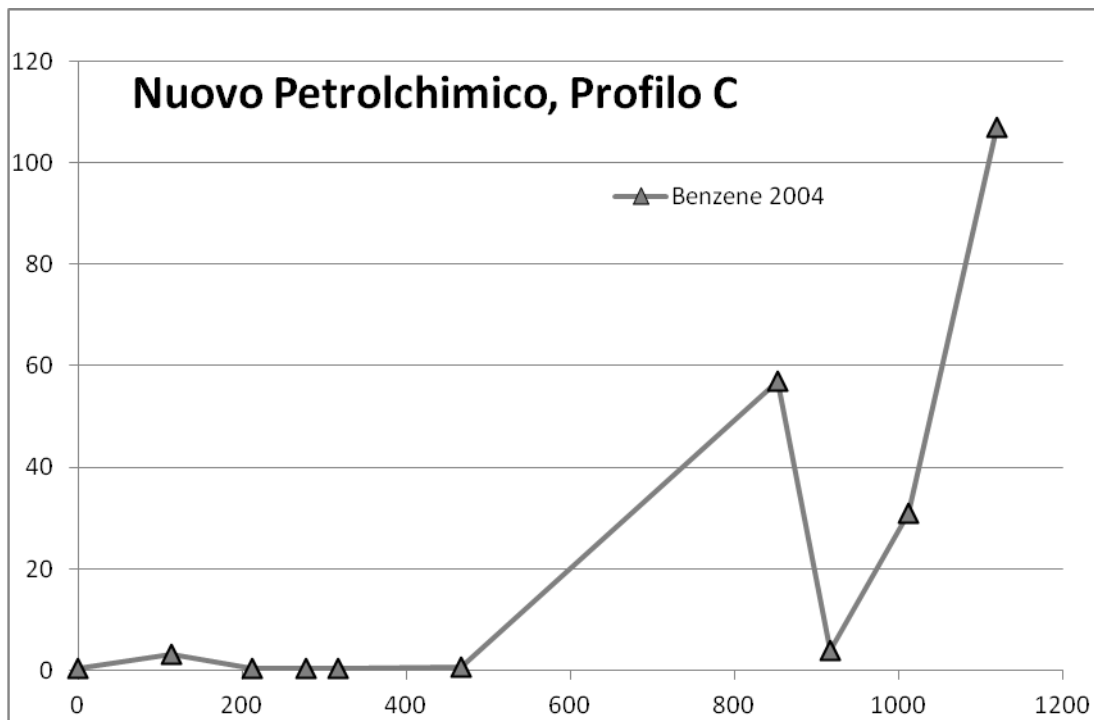


Figura 44 – Profilo C della concentrazione di Benzene, in µg/l, nel Nuovo Petrolchimico. Direzione Nord-Sud.

L'analisi dei profili mostra, per quanto riguarda il profilo A, concentrazioni sotto il limite di rilevabilità per tutti gli anni. Nel profilo B la concentrazione si mantiene sempre vicina allo zero ad eccezione delle zone più centrali della macroisola dove si avvicina molto alla concentrazione di soglia. Il profilo C (Figura 44), basato sui campioni del 2004, mostra una forte crescita dei valori con l'avvicinarsi alla sponda sud della macroisola. Questa tendenza è la stessa osservata nelle zone di confronto già analizzate.

Il profilo D mostra valori sempre al di sotto della soglia di rilevabilità dell'analisi.

- Manganese: Osservando il grafico del Manganese, in Figura 31, si può vedere come la sua concentrazione sia eccezionalmente costante, ad eccezione di un unico picco registrato nel 2000.

Per quanto riguarda la media del periodo '95-'99, il valore medio del '95 è l'unico che supera i 600µg/l, tutti gli altri si mantengono poco al di sotto di 400µg/l.

Passando al confronto per aree omogenee, nessun dato del 1999 o del 2000 ricade all'interno di queste, rendendo di fatto impossibile eseguire il confronto.

Nel profilo A il comportamento del manganese ricorda molto quello dell'Arsenico, con valori maggiori sulla sponda nord ed un altro picco crescente nella parte meridionale dell'entroterra. Nel profilo B sono presenti solo due campioni situati a ridosso della sponda sud, e mostrano un decremento all'avvicinarsi a quest'ultima simile a quello visto nel profilo A (Figura 45).

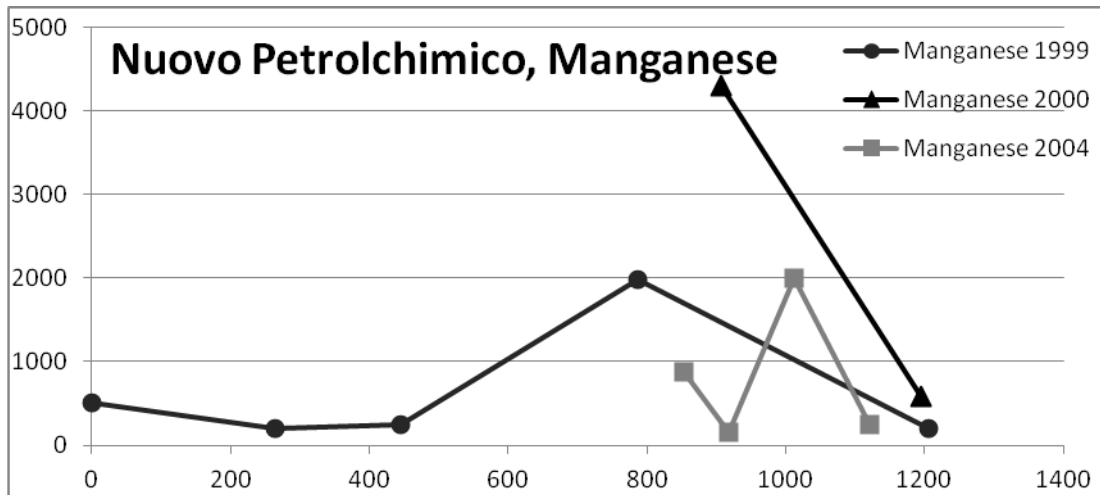


Figura 45 – Profili A, B e C della concentrazione di Manganese, in µg/l, nel Nuovo Petrolchimico. Direzione Nord-Sud.

- Mercurio: La concentrazione di Mercurio si mantiene sempre a livelli molto bassi, e raramente supera la soglia di contaminazione. Gli anni '95-'99 sono gli unici in cui il mercurio oscilla di poco al di sopra della soglia di contaminazione (Fig. 31). Nelle aree di confronto i valori sono sempre al di sotto della soglia di rilevabilità o comunque al di sotto della soglia di contaminazione, a parte alcuni campioni del 2004 ed uno solo del 2005 che superano la soglia arrivando al massimo ad una concentrazione di 8µg/l. Questi campioni sono tutti dispersi nell'entroterra. C'è stata quindi una sorgente di contaminazione negli anni più recenti, comunque il valore medio degli anni presi in considerazione rimane sempre molto al di sotto della soglia.

Il profilo A non mostra una tendenza definita, anche se i valori tendono a crescere fino ad un picco nel 1998 e poi di nuovo ad un decremento del 1999. I valori di concentrazione tendono ad innalzarsi nell'entroterra e a rimanere più bassi sulle sponde. Nei profili B e C, che sono più recenti, tutti i valori sono al di sotto del limite di rilevabilità dell'analisi. Nel profilo D tutti i campioni sono al di sotto del limite di rilevabilità per gli anni 2000 e 2001, mentre nel 1999

abbiamo due valori vicino all'estremità ovest con concentrazioni vicine a 1,5µg/l.

Nonostante la comparsa di alcuni piccoli fenomeni di contaminazione negli anni più recenti il Mercurio tende a diminuire globalmente raggiungendo in questo caso valori particolarmente bassi in prossimità delle sponde.

- Piombo: La figura 32 mostra una tendenza da prima crescente e poi decrescente per il piombo. Negli anni dal '95 al '99 è evidente un incremento delle concentrazioni più o meno continuo, questa trend si deve attribuire alla presenza di pochi valori di picco tra loro isolati. Questa tendenza culmina nel '99 quando la maggior parte dei campioni fu prelevata all'interno dell'area di confronto '99-2005, dove diversi campioni presentano concentrazioni di 80 e 90µg/l disposti anche sulle sponde. In quest'area la concentrazione media va da 26,82µg/l a 5,55µg/l nel 2005, mostrando un reale decremento. Nell'area del confronto 2000-2004 la concentrazione media va da 3,4µg/l con solo sue valori di poco superiori alla soglia di contaminazione a 11,35µg/l, con un terzo di tutti i campioni che superano la soglia fino a circa 80µg/l e che sono disposti nell'entroterra vicini tra di loro. Questo è in controtendenza con l'altra area e non permette di trovare un fattore comune a questi fenomeni.

L'osservazione dei profili non ha portato a riconoscere una tendenza comune se non quella di osservare che la concentrazione si mantiene quasi sempre al di sotto della soglia di contaminazione salvo per alcuni picchi non ricollegabili a nessun fenomeno in particolare.

- Cloroderivati: Osservando i grafici nelle Figure 32 e 33 si può notare che l'evoluzione dei cloroderivati presenta delle affinità tra Tetra e Tricloro Etano e tra Tetra e Tricloro Etilene.

Per quanto riguarda il Tetracloro Etano il valore medio '95-'99 si attesta sempre al di sopra della soglia di contaminazione, con valori costanti nel tempo (Tabella 5). Tale comportamento non è apprezzabile dai grafici riportati in Figura 34 per esigenze di scala. Anche per il Tricloro Etano vale quanto detto per il Tetracloro Etano, la sua concentrazione è discretamente elevata, ma con tendenza ad una diminuzione nel tempo.

Per il Tricloro Etano si deve inoltre segnalare una sua maggiore somiglianza di comportamento con il Tetra e Tricloro Etilene, anche se questi presentano da prima valori elevatissimi che col tempo si riducono fino a dieci volte. I valori di concentrazione media di questi analiti (Tetra e Tricloro Etilene), eccezionalmente elevati, sono dovuti alla presenza di pochi campioni con concentrazioni del tutto straordinarie. Le analisi ripetute più volte negli stessi piezometri (periodo '95-'99) mettono chiaramente in evidenza un rapido decremento rilevabile costantemente negli anni.

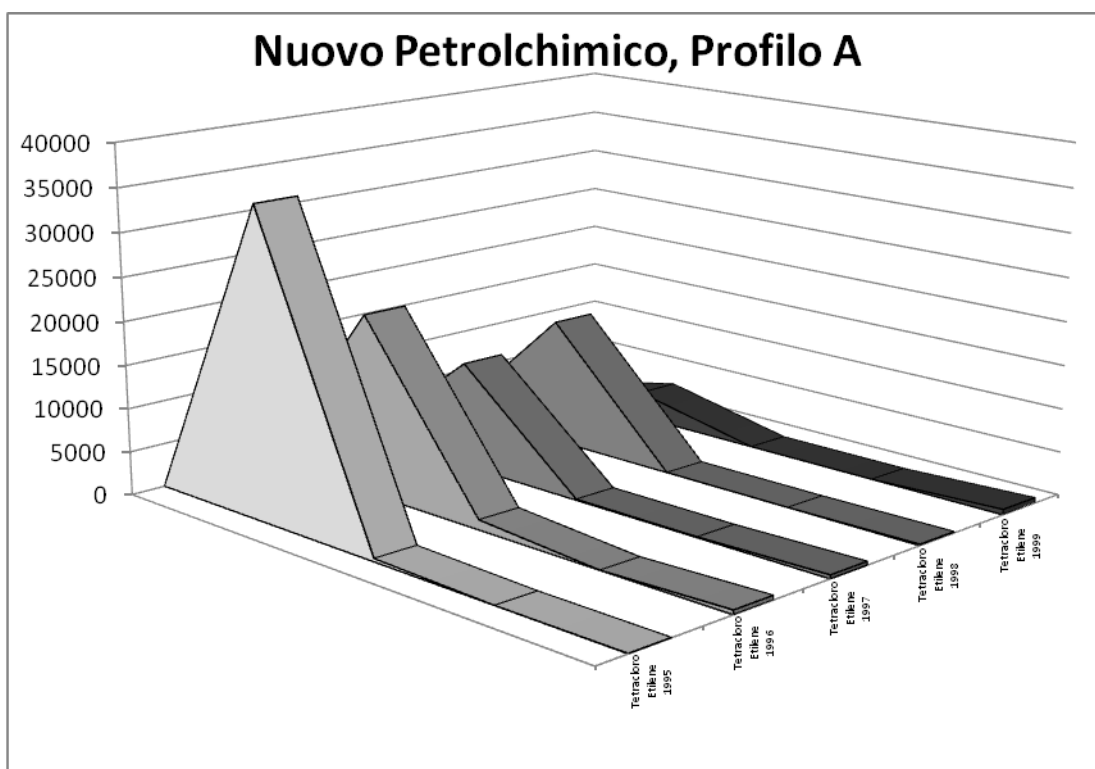


Figura 46 – Profilo A della concentrazione di Tetracoloro Etilene, in µg/l, nel Nuovo Petrolchimico. Direzione Nord-Sud.

Per quanto riguarda l'osservazione delle aree omogenee è stato possibile effettuare soltanto il confronto nell'area 2000-2004, in cui si rileva un ritorno ad un diffuso incremento per tutti gli analiti, con la presenza di valori molto elevati anche in prossimità della sponda. Le zone nell'entroterra, che nel 2004 sono più densamente campionate, mostrano che quasi tutti i campioni hanno concentrazioni al di sopra della soglia di contaminazione.

La presenza di contaminazioni a ridosso delle sponde è evidenziata anche dai profili. Il profilo A, di cui un esempio in Figura 46, mostra un picco di concentrazione a ridosso della sponda nord, con una tendenza al decremento

negli anni, mentre il profilo B mostra il picco di concentrazione per tutti i cloroderivati a ridosso della sponda sud. Il profilo C invece mostra valori di concentrazione più elevati nell'entroterra, ma anche qui notiamo una live tendenza a valori maggiori a ridosso della sponda sud.

Si può quindi concludere che nonostante la tendenza al decremento fino alla fine degli anni '90, nei primi anni del 2000 la tendenza si è invertita e si è verificato un incremento delle concentrazioni.

6.2 Macroisola del Vecchio Petrolchimico

In questa macroisola i lavori per la realizzazione dei marginamenti sono cominciati il 9 Dicembre 2004. Non è disponibile un dettagliato resoconto dello stato di avanzamento dei lavori al 2004, ma dallo Stato di attuazione degli interventi del 30 Giugno 2007 (MAV, 2007) sappiamo che per il tratto del canale Lusore-Brentelle (Fig 48) era stata terminata l'infissione del palancoiato, salvo per i tratti interessati dagli scarichi di emergenza di stabilimento, i tratti dove erano presenti gli attraversamenti di subalveo, ed infine erano in realizzazione i tappi di fondo eseguiti tramite Jet-Grouting. Questo tratto dei marginamenti è stato ultimato ad Agosto 2009.

Per quanto riguarda gli altri tratti, si può dire che nel 2007 non era ancora cominciata l'attività di infissione. Di conseguenza l'impatto di questi marginamenti

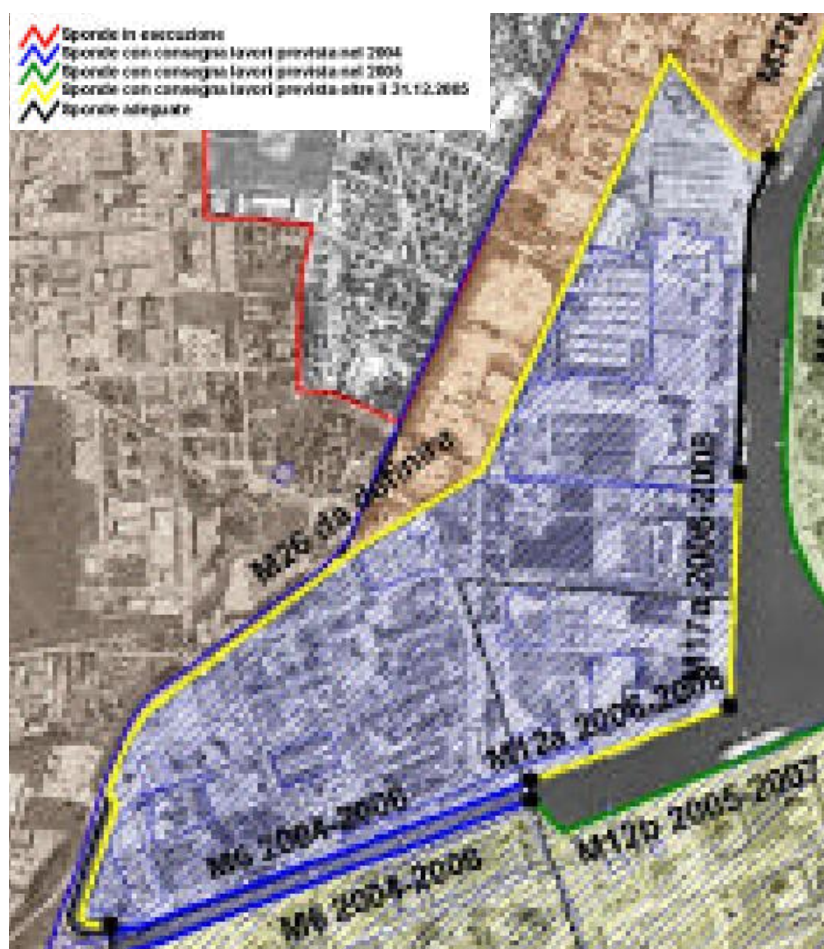


Figura 47 - Interventi di marginamento necessari per ottenere la cinturazione completa delle sponde delle aree industriali di Porto Marghera e la realizzazione delle macroisole all'interno del Sito di Interesse Nazionale. Area del Vecchio Petrolchimico. (Master Plan, 2004)



Figura 48 - Stato delle opere di conterminazione al 30 Giugno 2007. Area del Vecchio Petrochimico. (MAV, 2007)

sulla circolazione delle acque sotterranee e sulla concentrazione degli analiti è nullo. I dati in nostro possesso che ricadono all'interno della macroisola del Vecchio Petrochimico riguardano gli anni 2003, 2004 e 2005. Questi dati provengono dal database del Progetto Venezia.

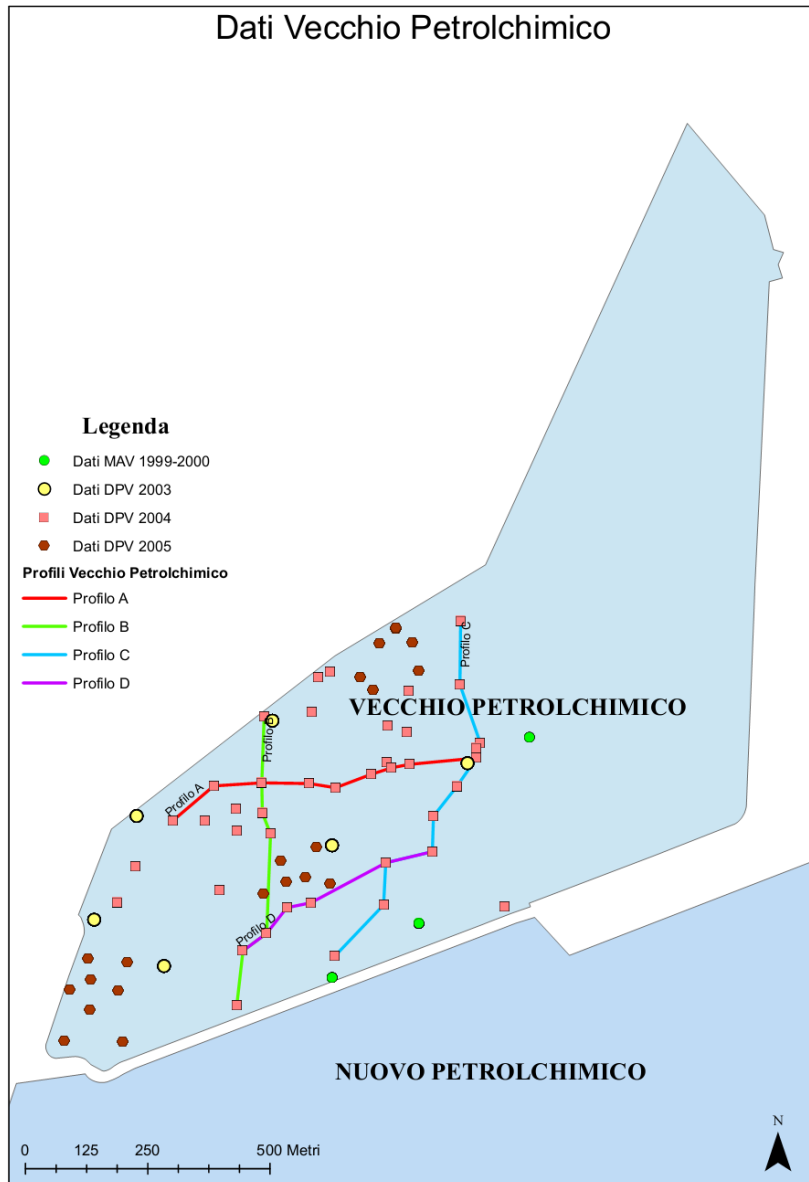


Figura 49 - Mappa dei campionamenti presenti nel database e dei profili realizzati. Macroisola del Vecchio Petrolchimico.

Tutti i campioni, di tutti e tre gli anni, sono stati prelevati nella porzione Sud Ovest della macroisola (Figura 49). La disposizione areale dei piezometri nelle tre campagne di prelievo presenta una distribuzione discretamente omogenea, tale da permettere un raffronto anche se il numero dei prelievi nei vari anni è molto diverso.

Come illustrato in Fig.10 e 12, quest'area è inoltre interessata da un richiamo delle acque di falda verso l'entroterra a causa di un'attività di bonifica costante mediante idrovore. Questo fenomeno genera due direzioni prevalenti di flusso nell'area, una verso il Canale Lusore-Brentelle ed una verso le idrovore ad ovest. L'area

interessata dai campionamenti a nostra disposizione è sottoposta ad entrambi i fenomeni di richiamo.

6.2.1 Risultati delle osservazioni

In questa macroisola, come si può osservare in Figura 48, la distribuzione dei campioni è abbastanza omogenea. Come illustrato in seguito, è stato possibile grazie al limitato numero di campioni e alla non sovrapposizione delle campagne, verificare visivamente la distribuzione spaziale delle concentrazioni.

Nelle immagini successive si riportano i campioni con la relativa concentrazione in $\mu\text{g/l}$. Al fine di rendere riconoscibili le varie campagne, i campionamenti del 2003 sono stati riportati in giallo, quelli del 2004 in blu e quelli del 2005 in verde. Successivamente si è proceduto alla produzione di profili di concentrazione al fine di identificare i possibili effetti dello spartiacque generato dalle opere di bonifica.

- Arsenico: Le concentrazioni rilevate nei tre anni di osservazione si presentano complessivamente superiori al limite consentito. Nell'anno di monitoraggio più significativo, il 2004, questa analita presenta picchi di massimo diffusi casualmente. Si può solo rilevare, sempre in riferimento alla campagna del 2004 e salvo alcune eccezioni, una moderata tendenza al decremento dei valori con l'approssimarsi della sponda lungo il canale Lusore-Brentelle e Darsena della Rana.

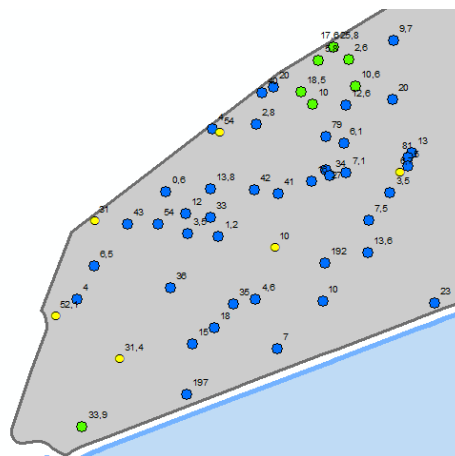


Figura 50 – Campioni di Arsenico con relativi valori di concentrazione. Macroisola del Vecchio Petrolchimico.

- Benzene: I pochi campionamenti del 2003 sparsi su tutto il territorio presentano concentrazioni modeste di poco superiori a $1 \mu\text{g/l}$. Nella campagna del 2004, decisamente la più estesa (con 41 campioni sui 3 livelli acquiferi), sono segnalati alcuni poli di massimo del tutto eccezionali ($80\text{-}860 \mu\text{g/l}$) per lo più

posizionati nella zona mediana della macroisola. Questi sono circondati da valori sempre di poco superiori ai limiti consentiti.

Nella campagna del 2005 la stragrande maggioranza di campioni ripropone in sostanza la stessa situazione degli anni precedenti ad eccezione dell'angolo sud ovest della macroisola dove tre campioni presentano concentrazioni superiori a 40 µg/l. Si sono rilevati dei picchi di massimo sparsi casualmente per il territorio, da ricollegare a punti di sversamento o interrimento ben localizzati. Tutto ciò rispecchia fedelmente le modalità e le finalità con cui si sono organizzate le varie campagne di monitoraggio.

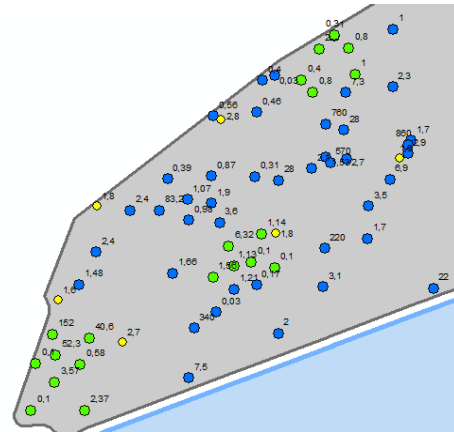


Figura 51 – Campioni di Benzene con relativi valori di concentrazione. Macroisola del Vecchio Petrolchimico.

- Manganese: Il manganese presenta una scarsa confrontabilità dei dati. Tuttavia si può osservare una diffusa ed elevata presenza di questo contaminante in tutta l'area e in tutte le campagne. La concentrazione, nonostante sia molto variabile, può essere considerata grossomodo costante nel tempo. Sono presenti molti poli a concentrazione elevata. Il manganese sembra scarsamente suscettibile alle sollecitazioni idrodinamiche, che sono ampiamente dimostrate in Figura 10 e 12.

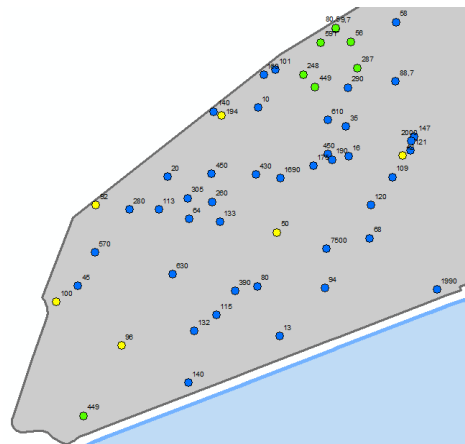


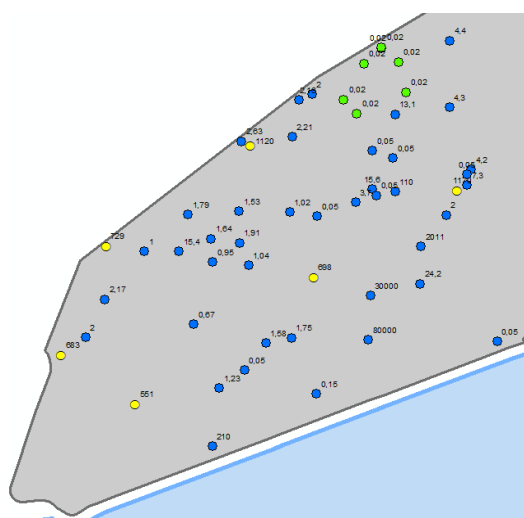
Figura 52 – Campioni di Manganese con relativi valori di concentrazione. Macroisola del Vecchio Petrolchimico.

- Mercurio: Il mercurio si mantiene per tutti e tre gli anni al limite di rilevabilità delle analisi. Solo due campioni superano il limite di rilevabilità, e sono comunque al di sotto della soglia e di poco discoste dal fondo scala.

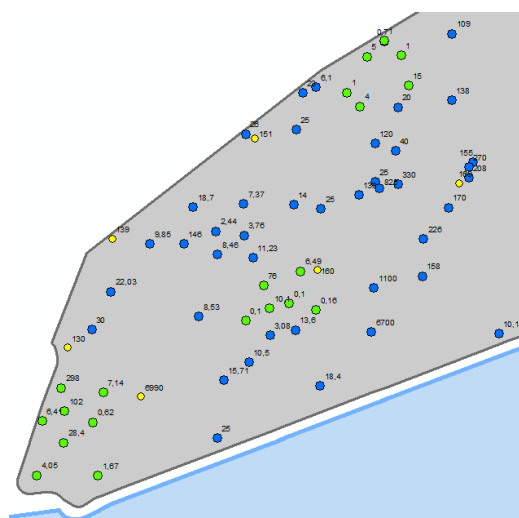
- Piombo: Il piombo mantiene sempre valori di concentrazione molto bassi, al di sotto della soglia di contaminazione. Nel 2005, solo un valore supera il limite di rilevabilità dell'analisi.

- I Cloroderivati

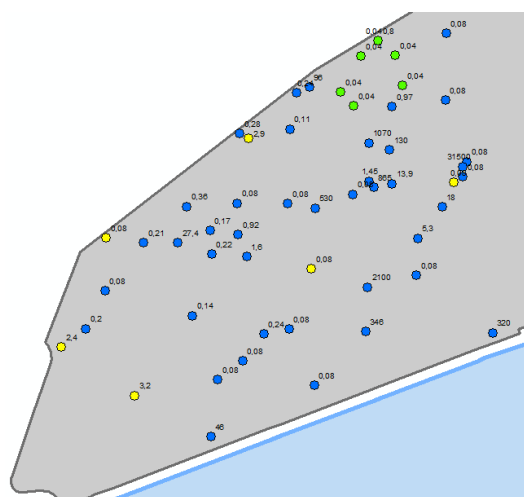
Tetracloro Etano:



Tetracloro Etilene:



Tricloro Etano:



Tricloro Etilene:

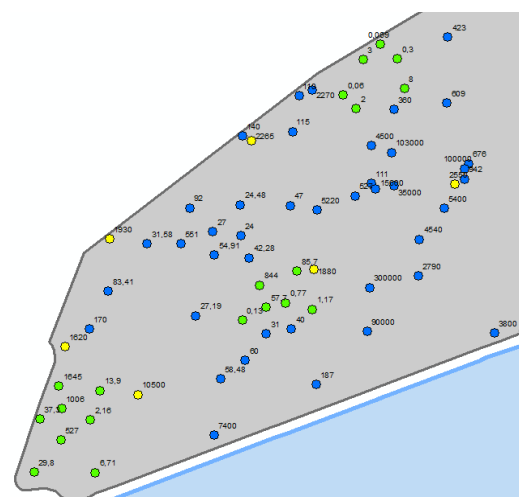


Figura 53 – Campioni delle varie specie di Cloroderivati con relativi valori di concentrazione. Macroisola del Vecchio Petrolchimico.

I cloroderivati verranno di seguito considerati unitamente in quanto la loro presenza e le tendenze evolutive hanno un comportamento comune. Per quanto riguarda il campionamento si ricorda che questo non è sistematico e i campioni del 2005 sono stati prelevati in piezometri differenti a seconda della specie. Si può osservare la

presenza disseminata di tutti i contaminanti con picchi di concentrazione molto al di sopra dei limiti ammessi. Nonostante sia difficile poter fare delle osservazioni sul possibile comportamento dei contaminanti nel tempo, sembra che questi tendano ad una diminuzione. Inoltre è possibile osservare come i valori più bassi di concentrazione siano localizzati nella zona mediana della macroisola dove si trova la linea di inversione della direzione di deflusso.

I cloroderivati appaiono, a differenza degli analiti metallici, particolarmente sensibili alle sollecitazioni idrodinamiche, che come abbiamo visto sono attive in questa macroisola, legate sia al pompaggio di bonifica che probabilmente alle attività di realizzazione dei marginamenti.

- *Profili:* La costruzione dei profili è stata realizzata utilizzando soltanto i campioni del 2004, in quanto sono gli unici che ne permettono una elaborazione sufficientemente dettagliata. Da essi si può vedere che per Arsenico, Benzene, Cloroderivati e Manganese sia nel profilo B che C si presentano 2 picchi in due fasce presenti nell'entroterra, una più a nord ed una più a sud a circa 300 metri dal limite nord e 300 metri dalla sponda sud della macroisola. Per Tetracloro Etano ed Etilene appare solo un picco, quello più a sud, e solo sul profilo C. Questi picchi sono presenti anche nei profili A e D.

In Figura 54 e 55 si riportano i profili dell'Arsenico e del Tetracloro Etilene.

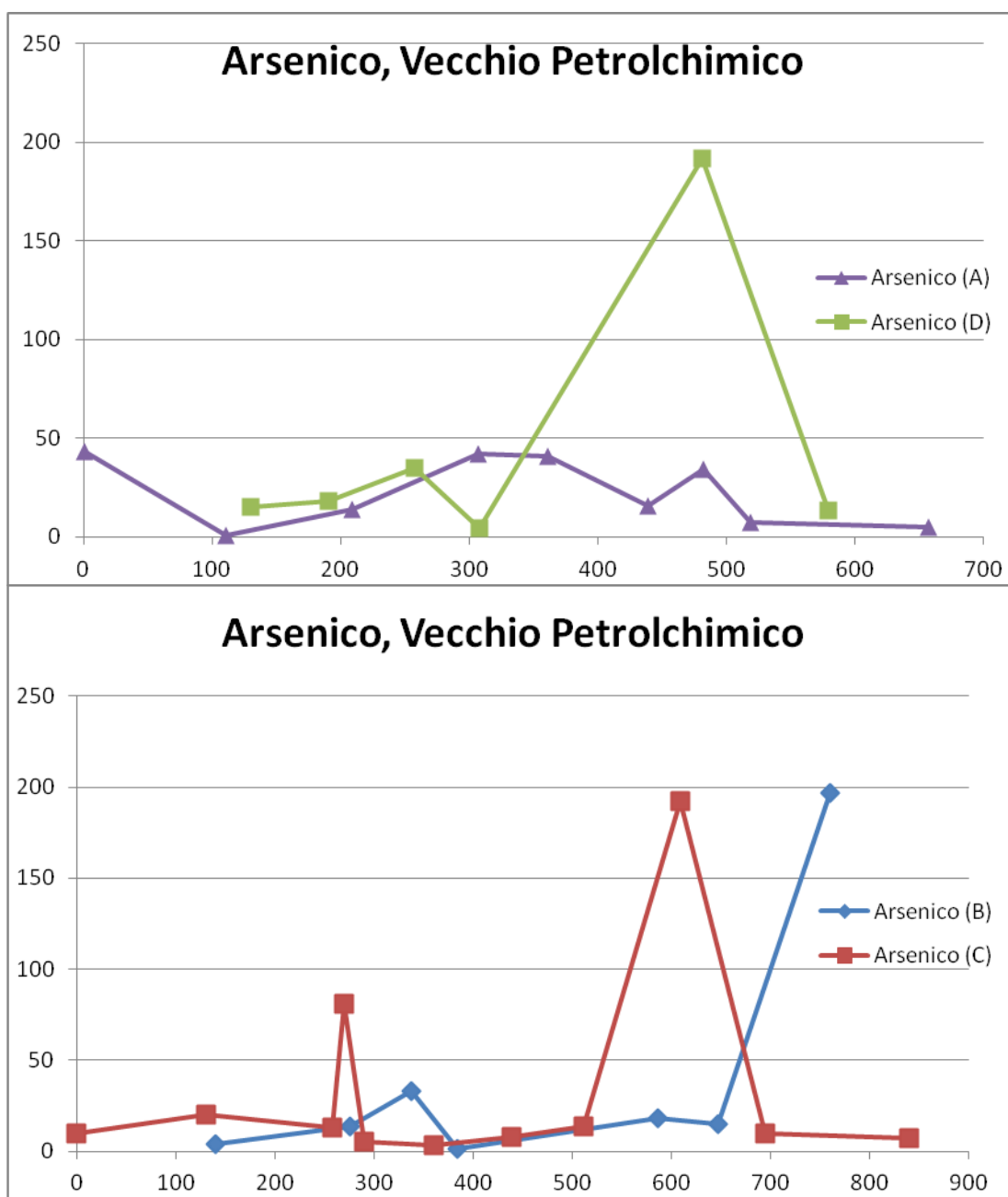


Figura 54 – Profili A, B, C e D delle concentrazioni di Arsenico, in µg/l, nel Vecchio Petrolchimico. Direzioni Ovest-Est (sopra) e Nord-Sud (sotto).

Nel confronto delle sezioni emergono dei valori di concentrazione eccezionalmente elevati, tanto da poterli ritenere anomali. Tale anomalia può derivare da varie cause, tra cui la precisione delle analisi effettuate. Appare strano che alcuni valori di determinati campioni siano circa 100 volte più grandi di quelli prelevati a breve distanza. Non è escluso neppure un errore di inserimento nel database.

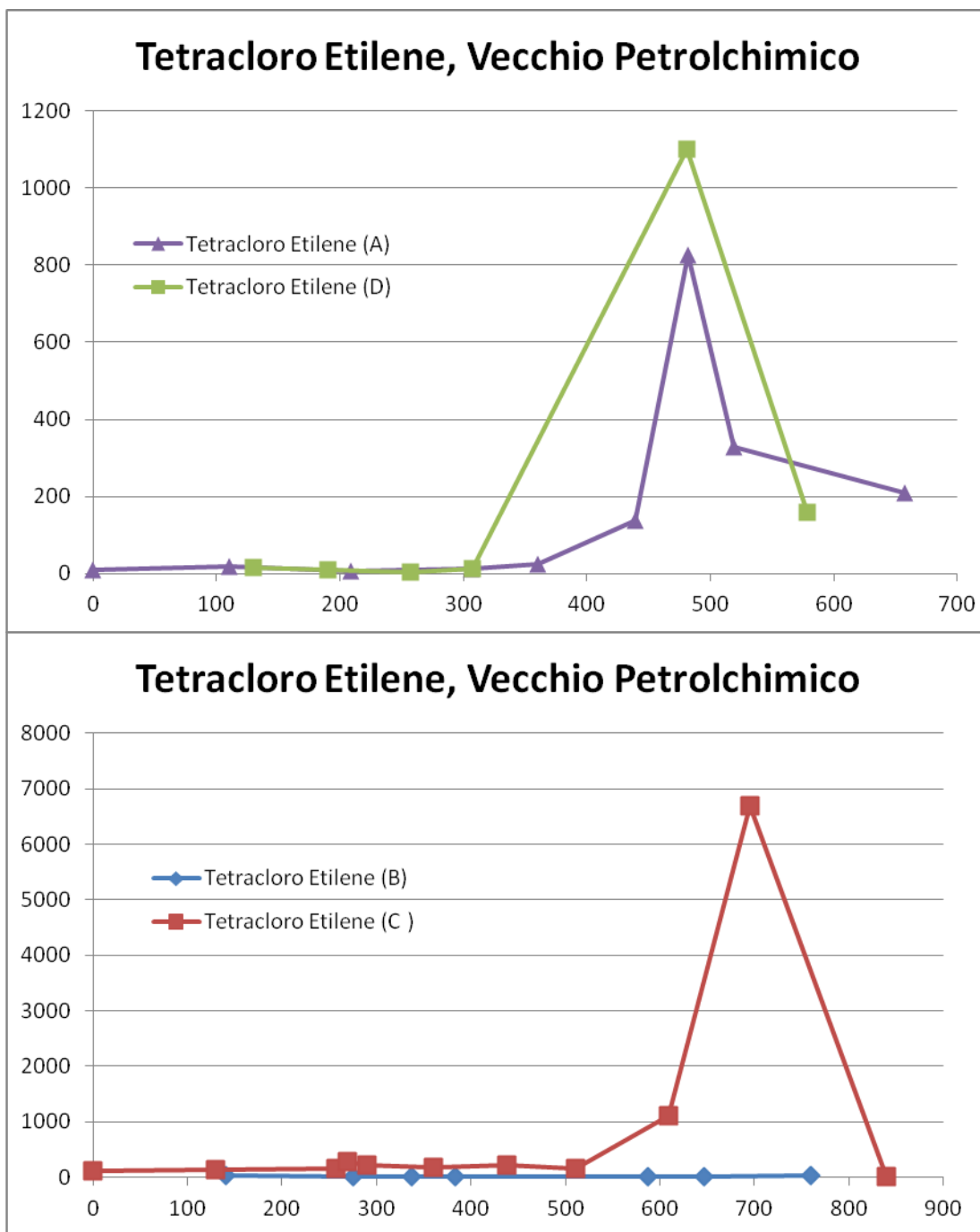


Figura 55 – Profili A, B, C e D delle concentrazioni di Tetracloro Etilene, in µg/l, nel Vecchio Petrolchimico. Direzioni Ovest-Est (sopra) e Nord-Sud (sotto).

Considerazioni Conclusive

Per realizzare questa tesi è stato necessario in primo luogo riconsiderare tutte le conoscenze riguardanti la struttura idrogeologica e gli interventi antropici in fase di attuazione nell'area portuale-industriale di Porto Marghera.

Nonostante sia stata la disponibilità stessa del database del Magistrato alle Acque a dare la possibilità di iniziare questa tesi, è stato necessario integrare questo database con ulteriori dati prendendo contatto con gli altri enti di tutela del territorio. Questo ha richiesto una lunga attesa per avere l'autorizzazione all'accesso al database, che in ogni caso ha richiesto una sostanziale integrazione fornita dalla Regione Veneto tramite la Direzione del Progetto Venezia.

Anche la rielaborazione del database al fine di preparare i dati a un'elaborazione tramite GIS ha richiesto molto tempo, e molto approfondimento, al fine di identificare fin da subito la porzione dei dati più rappresentativa.

Questo studio si è dunque avvalso di database grezzi per valutare ad una scala operativa l'evoluzione del chimismo delle acque a partire dalla metà degli anni '90. Le osservazioni presentate sono importanti in quanto permettono di valutare l'effettivo impatto dei marginamenti su singole specie, che non sempre portano a una diminuzione stabile delle concentrazioni nel tempo.

La grande quantità di dati a nostra disposizione e i diversi approcci analitici sono stati sufficienti a fornire in diversi casi delle indicazioni sull'evoluzione dei contaminanti e sui fenomeni che hanno spinto questi cambiamenti.

Purtroppo però questo studio è capace di offrire solo delle indicazioni, non delle certezze, a causa della mancanza di una base di dati tale da giustificare in maniera completa i comportamenti degli analiti. Le cause sono da ricercarsi nella, più volte citate, mancanza di campagne di monitoraggio delle acque e nell'eterogeneità, sia spaziale sia temporale, che non ha permesso di seguire con l'adeguata cura lo sviluppo delle contaminazioni. I monitoraggi sono stati prescritti dal Master Plan, ma non se ne hanno notizie né dai dati di entrambi i database né da altre pubblicazioni.

Nell'Area Petroli e nella macroisola di Fusina, non trattate nel Capitolo 6, è stata eseguita la stessa procedura di elaborazione del dato vista per le altre due macroisole, ma l'estrema eterogeneità e discontinuità delle analisi non ha consentito

un approfondimento particolare. Per quanto si è potuto osservare, nonostante siano presenti differenze nella struttura del sottosuolo e un diverso utilizzo industriale, l'evoluzione degli analiti sembra riprodurre almeno per i metalli e il benzene le stesse tendenze osservate nel Nuovo e nel Vecchio Petrolchimico.

Possiamo infine riassumere il comportamento degli analiti in tre gruppi:

- Arsenico e Mercurio, se soggetti a una sollecitazione idrodinamica tendono a produrre una diminuzione delle concentrazioni. Inoltre si osserva che le concentrazioni medie tendono globalmente a diminuire nel tempo.
- Manganese e Piombo, sono specie che non reagiscono in modo sensibile alle sollecitazioni idrodinamiche pertanto le concentrazioni non presentano a tale riguardo una tendenza particolare nel tempo.
- Benzene e Cloroderivati se sottoposti a sollecitazioni idrodinamiche tendono da prima a mantenere elevate le loro concentrazioni in prossimità dei punti di recapito o di drenaggio, in seguito sono soggette a una rapida diminuzione.
- I Cloruri non sono stati esaminati in dettaglio poiché il range di valori analitici delle campagne di campionamento variava da zero a oltre 10^4 mg/l, rendendo dubbia la confrontabilità delle analisi.

Per i cloroderivati si è inoltre osservata una distribuzione molto casuale e molto elevata nei vari punti delle macroisole. Essi sembrano particolarmente influenzati dal flusso idrico sotterraneo come evidenziato nell'area del Vecchio Petrolchimico, dove al naturale deflusso delle acque sotterranee, verso la laguna, si aggiunge un'influenza con inversione del flusso esercitata dai pompaggi delle idrovore nell'area di bonifica nell'entroterra.

Un altro aspetto importante è la mancanza di dati certi riguardo alla messa in opera dei drenaggi e la loro portata (di cui sono presenti pochi dati e solo per il Nuovo Petrolchimico), oltre che la totale mancanza di un monitoraggio delle acque prelevate.

In futuro sarà possibile integrare i dati di questi database con campioni non ancora digitalizzati o non ancora reperiti, ma solo attraverso il monitoraggio delle acque estratte dai drenaggi e di quelle di falda si riuscirà a capire se effettivamente questi sono in grado di produrre una variazione sensibile delle concentrazioni.

Ringraziamenti

Voglio ringraziare:

Il Magistrato alle Acque di Venezia e la Technital S.p.A, in particolar modo il Dott. Cultrera Matteo, per aver fornito il materiale e il supporto necessario a realizzare questa tesi.

La Regione Veneto e la Direzione Progetto Venezia, in particolar modo il Dott. Cattelan Michele, per la disponibilità dimostrata nel fornire i dati ed il database che hanno reso questo studio attuale ed efficace.

L'ARPA Veneto, in particolar modo il Dott. Mason Leonardo, per la disponibilità dimostrata e i preziosi consigli.

In ultimo ringrazio la mia famiglia, la mia fidanzata ed i miei amici per il supporto morale, ed anche economico, che mi hanno sostenuto durante la stesura di questa pubblicazione.

Bibliografia

Baschieri P. (1996). *Cenni generali sulla morfologia lagunare*. In: “*La laguna di Venezia: un patrimonio da riscoprire*”. FORUM della Laguna. Venezia, Filippi Ed.

Beda C. (2004). Tesi di laurea in Scienze Geologiche. *Indagini litostratigrafiche e idrogeologiche finalizzate ad un modello integrativo della dinamica degli acquiferi di Porto Marghera*. Università degli studi di Padova, Facoltà di Scienze MM. FF. NN., Dipartimento di Geologia, Paleontologia e Geofisica.

Boscolo C., Mion F. (2008). *Le acque sotterranee della pianura veneta – I risultati del Progetto SAMPAS*. Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto.

Cavazzoni S. (1995). *La Laguna: origine ed evoluzione*. In G. Caniato, E. Turri e M. Zanetti (eds.) *La laguna di Venezia*, Verona: UNESCO, Cierre Ed.

Favero V., Parolini R., Scattolin M. (1988). *Morfologia storica della Laguna di Venezia*. Arsenale Editrice (Venezia).

Gatto P., Previatello P. (1974). *Significato stratigrafico, comportamento meccanico e distribuzione nella laguna di Venezia di un'argilla sovraconsolidata nota come “caranto”*. Rapporto Tecnico 70, CNR, Istituto per lo Studio della Dinamica Grandi Masse, Venezia.

Ministero delle Infrastrutture, Magistrato alle Acque di Venezia, *Interventi di salvaguardia ambientale della laguna nel sito di interesse nazionale di Venezia – Porto Marghera, Stato di attuazione degli interventi di competenza del Magistrato alle acque di Venezia*, relativi ai periodi dal 30 giugno 2007 al 31 dicembre 2010.

Regione Veneto, Comune di Venezia, *Masterplan per la bonifica dei siti inquinati di Porto Marghera (Versione finale – giugno 2004)*, alla pagina web <http://www.regione.veneto.it/Ambiente+e+Territorio/Territorio/Venezia+e+Porto+Marghera/Bonifiche+e+risanamento+ambientale/masterpl.htm>

Scortegagna U., Primon S. (2008) *La laguna di Venezia: genesi, evoluzione, naturalità e salvaguardia*. Città di Venezia, Assessorato Ambiente – Osservatorio Naturalistico della Laguna. Centro studi riviera del Brenta. In collaborazione con: Coop. Hyla – CAI – Uff. Educazione Ambientale – Istituzione Parco Laguna. Corso didattico formativo.

Technital S.p.A. (Maggio 2011). *Studio C.4.30/VI Fase, Dinamica degli Acquiferi connessa agli interventi nel SIN di Porto Marghera, Rapporto Finale, Relazione Tecnica – Volume 1/3, Aggiornamento del Modello Concettuale Stratigrafico*.

Technital S.p.A. (Ottobre 2008). *Nuovi interventi per la salvaguardia di Venezia, Interventi di conterminazione finalizzati al completamento della messa in sicurezza, Progetto preliminare*.

Technital S.p.A. (Maggio 2007). *Nuovi interventi per la salvaguardia di Venezia, Modello interpretativo della dinamica degli acquiferi nella zona di Porto Marghera, Relazione di sintesi*.

www.magisacque.it – Il sito ufficiale del Magistrato alle Acque di Venezia.

<http://www.regione.veneto.it/La+Regione/Struttura+Organizzativa/Segr.+Regionale+per+le+Infrastrutture/Dir.+Progetto+Venezia.htm> – La pagina ufficiale della Direzione Progetto Venezia, sul sito della Regione Veneto.

Zangheri, P., Bassan, V., Abbà, T., Basso, L., Bisaglia, V., Cattelan, M., Fagarazzi, E., Farinatti, E., Mazzuccato, A., Primon, S., Rosina, A. (2009) *Indagine idrogeologica sull'area di Porto Marghera. (Seconda Fase). DGRV n. 4879/99, DGRV n. 4225/2004, DGRV n. 3359/2005, DGRV n. 3615/2005.* Regione del Veneto, Direzione Progetto Venezia, Servizio Geologico e Difesa del Suolo della Provincia di Venezia.

Appendice

Di seguito appaiono le Appendici dal I alla IV:

- Appendice I: Profilo LB, (Technital, 2011).
- Appendice II: Profilo LC, (Technital, 2011).
- Appendice III: Profilo T4, (Technital, 2011).
- Appendice IV: Profilo T5, (Technital, 2011).