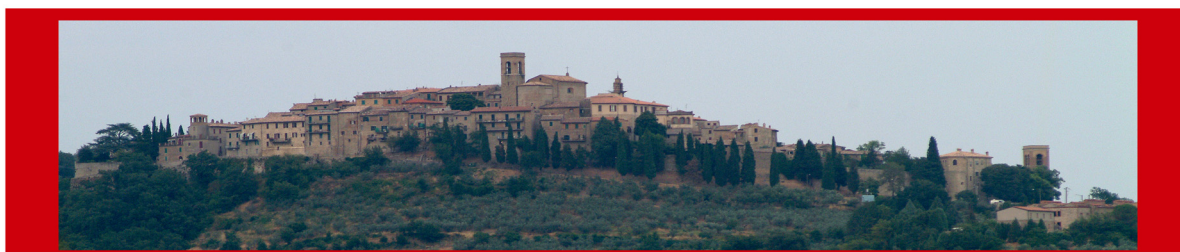




Comune di
Gualdo Cattaneo



Ministero dell'Ambiente
e della Tutela del Territorio e del Mare



Biomonitoraggio Ambientale con api nel Comune di Gualdo Cattaneo

III^a indagine

Ricerca di tredici inquinanti nell'area della CTE



Eco Tech s.r.l.
Engineering & Servizi Ambientali

COMUNE DI GUALDO CATTANEO

Sindaco: avv. Andrea Pensi

COORDINAMENTO DEL PROGETTO
ECO TECH Engineering e Servizi Ambientali Srl

AUTORI DELLA RICERCA
Laboratorio di Ricerca Eco Tech Srl
Monitoraggio con Api: dott. Nicola Palmieri

SUPERVISIONE SCIENTIFICA

dott. Claudio Porrini

Università di Bologna

LABORATORIO DI ANALISI

dott. Paolo Fonti

Istituto di Ricerca: C.S.A. (Centro Studi Ambientali) di Rimini.

In copertina:

Comune di Gualdo Cattaneo (in alto)

Apis mellifera su *Rosmarinus officinalis* (in basso)

IL Sindaco del Comune di Gualdo Cattaneo ringrazia
il Dott. Aldo Cosentino Direttore Generale del Servizio Conservazione Natura
del Ministero dell' Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare

INDICE

23 - LA RICERCA	244
23.1 - <u>SESSIONE API</u>	244
24 - METODOLOGIA (API)	246
24.1 - PROCEDURE	246
24.2 - ANALISI DI LABORATORIO	248
24.3 - DIFFERENZA RELATIVA	249
24.4 - FATTORE DI ARRICCHIMENTO (E)	249
24.5 - ELABORAZIONE DATI	250
25 - RISULTATI	252
25.1 - ALLUMINIO (Al)	252
25.2 - ARSENICO (As)	252
25.4 - BENZO[a]PIRENE (BaP)	252
25.3 - BERILLIO (Be)	253
25.5 - CADMIO (Cd)	253
25.6 - CROMO (Cr)	253
25.7 - RAME (Cu)	254
25.8 - MERCURIO (Hg)	254
25.9 - NICHEL (Ni)	255
25.10 - PIOMBO (Pb)	255
25.11 - TITANIO (Ti)	256
25.12 - VANADIO (V)	256
25.13 - ZINCO (Zn)	256
25.14 - FATTORE DI ARRICCHIMENTO (E)	256
26 - CONCLUSIONI	259
FIGURE	11 - 101
TABELLE	4 - 18

23 - LA RICERCA

Nel 2008 ECOTECH Engineering e Servizi Ambientali conclude il biomonitoraggio ambientale con api e licheni svoltosi nel territorio del Comune di Gualdo Cattaneo a partire dal 2005. Lo studio scientifico sperimentale, promosso dal Comune di Gualdo Cattaneo e finanziato dal Ministero delle Politiche Ambientali, ha permesso di valutare accuratamente lo stato di salute ambientale di questa area.

Nell'ultimo anno, per motivi tecnici, il biomonitoraggio ambientale è stato realizzato esclusivamente con le api.

23.1 - SESSIONE API

Nel 2008 le stazioni utilizzate nello studio sono rimaste invariate sia nel numero che nell'ubicazione (fig. 102): quattro stazioni sono state posizionate intorno alla Centrale termoelettrica (CTE) e utilizzate per conoscere l'impatto dell'inquinamento prodotto dalla stessa (fig. 1) nel territorio immediatamente circostante. Al contrario la stazione "testimone" è stata ubicata a Piancardato, lontano dal sito indagato, ed impiegata come valido termine di confronto tra questa stazione "naturale" e le altre più soggette alle contaminazioni.



Fig. 1 - Centrale elettrica Enel

Le stazioni che danno indicazioni sulle concentrazioni degli inquinanti prodotti dalle attività della Centrale a carbone sono:

Gualdo Cattaneo, Case Bacci, Bastardo e Marcellano.

L'impianto industriale della Centrale elettrica è ubicato a circa 1,5 km a Ovest di Gualdo Cattaneo, circondato da rilievi collinari a Ovest e Sud, mentre a Nord i rilievi si fanno più marcati (fig. 81). L'impianto si trova ad una altitudine di 260m (s.l.m.) lungo la stretta Valle

del Puglia, aperta diagonalmente a Nord/Ovest e a Sud/Est. La stazione più vicina all'impianto ed esposta a contaminazioni è Gualdo Cattaneo.

Per ottenere una visione globale del livello di contaminazione presente nell'area indagata e dei diversi e possibili inquinanti rilevabili a seguito della specifica attività industriale, le sostanze chimiche e i metalli ricercati sono stati gli stessi nei due anni di monitoraggio:

Alluminio (Al), Arsenico (As), Benzo[a]Pirene (BaP), Berillio (Be), Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Rame (Cu), Mercurio (Hg), Nichel (Ni), Piombo (Pb), Titanio (Ti), Vanadio (V) e Zinco (Zn);

Si rimanda alla consultazione della relazione prodotta nel 2005 riguardo numerose informazioni ottenute principalmente da una revisione della ISPRA al tempo ANPA (Agenzia Nazionale Protezione Ambientale) relativa a tutti i contaminanti indagati, alla loro diffusione in ambienti naturali e contaminati e alla loro concentrazione presente in molti esseri viventi, vegetali ed animali, compreso l'uomo. Queste informazioni sono state integrate con elementi di tossicologia derivanti da altri lavori di epidemiologia.

24 - METODOLOGIA (API)

24.1 - Procedure

Come nei due precedenti studi, la metodologia d'indagine del presente lavoro prevede l'utilizzo di cinque apiari-stazione posti in cinque siti strategici. Ognuno dei cinque apiari, formato da non meno di tre arnie, rappresenta una stazione di monitoraggio (fig. 2)



fig. 2 - Stazione di biomonitoraggio

Per il controllo ambientale della Centrale Enel, posta a 1,5 km a Ovest dal centro di Gualdo Cattaneo, sono state ubicate quattro stazioni nelle seguenti località (fig. 81): Gualdo Cattaneo (fig. 3), Case Bacci (fig. 4), Bastardo (fig. 5) e Marcellano (fig. 6).



fig. 3 - Vista dalla stazione di Gualdo C.



fig. 4 - Vista dalla stazione di Case Bacci



fig. 5 - Vista dalla stazione di Bastardo



fig. 6 - Vista dalla stazione di Marcellano

La quinta stazione, quella “testimone”, è stata posta in località Piancardato (fig. 7), con l’obiettivo di misurare la diluizione dell’inquinamento allontanandoci dalla CTE



fig. 7 - Vista dalla stazione Test di Piancardato

La matrice scelta per questa indagine è costituita sempre dalle api in “entrata”, ovvero bottinatrici. Questo aspetto è molto importante perché rende la matrice “api in entrata” più omogenea di un campione generico di api catturate a caso; infatti le bottinatrici diventano tali solo nella fase finale della loro vita e sono le uniche che svolgono la funzione di perlustrare il territorio e bottinare i pascoli.

Le api sono state catturate con cadenza mensile in tutte le stazioni di monitoraggio e successivamente congelate a -30° C. Ogni campione, o prelievo di api, è formato da non meno di 150 api per stazione, ovvero 50 api per alveare. Tutto il materiale raccolto è stato preparato per svolgere due tipi di analisi, una chimica e l'altra palinologica. Per le analisi chimiche sono state utilizzate 100 api per campione, mentre per le analisi palinologiche ne sono state utilizzate 25. A tutte le api impiegate per le analisi chimiche sono stati precedentemente sottratti (con la sola azione meccanica) gli "agglomerati" di polline, presenti sulle loro zampe posteriori; i campioni di polline, così prelevati, ci daranno indicazioni più sicure sulle aree di bottinamento perché riferite ai campioni destinati alle analisi chimiche.

Si sottolinea che gli alveari, posizionati nelle stazioni di monitoraggio, sono stati utilizzati solo a scopo di ricerca; ciò nonostante le concentrazioni dei metalli che si accumulano all'interno del miele rispetto a quelle che si accumulano nelle api sono nettamente inferiori e nell'ordine di alcune decine di volte (Medrzycki *et al.* 2002) (Porrini *et al.*, 2002).

Tale affermazione serve a sottolineare il fatto che il miele è tra i prodotti più sani, sicuri e naturali che giungono sulle nostre tavole (rispetto al pesce, alla carne, agli ortaggi ed alla frutta).

24.2 - ANALISI DI LABORATORIO

Le analisi chimiche sono state effettuate dall'Istituto di Ricerca Centro Studi Ambientali di Rimini, il quale ha valutato nei campioni di api le concentrazioni dei metalli pesanti e di un idrocarburo, interessati da questa indagine.

Per la determinazione dei metalli pesanti una aliquota esattamente pesata è stata mineralizzata mediante sistema a microonde (MLS 1200 Mega Milestone) con miscela di acido nitrico ed acqua ossigenata entrambi di grado suprapur. Successivamente il mineralizzato è stato ripreso con acqua demineralizzata (Sistema MilliQ) e portato a volume di 25 ml. Per la quantificazione dei metalli sono state utilizzate tecniche di spettrometria ad assorbimento ed emissione atomica. In particolare Arsenico, Berillio, Cadmio, Cromo e Piombo sono stati quantificati mediante spettrometro ad assorbimento atomico con atomizzazione elettrotermica e correzione del fondo mediante effetto Zeeman (SpectrAA220Z Varian); Alluminio, Rame, Nichel, Vanadio, Titanio e Zinco sono stati determinati mediante spettrometro ad emissione atomica con plasma ad accoppiamento indotto Vista-MPX Varian; il Mercurio è stato

quantificato mediante spettrometro ad assorbimento atomico con amalgama d'oro (AMA-254 Altec).

Per determinare il Benzo[a]pirene, sempre nella matrice api, circa 1g del campione (esattamente pesato in bilancia analitica) viene estratto in bagno ad ultrasuoni per 15' con diclorometano, dopo disidratazione con terre di diatomee in becker di vetro. L'estratto ottenuto viene poi portato a secco mediante evaporatore rotante e ripreso con 2ml di n-esano. L'estratto ottenuto viene analizzato mediante HPLC con rivelatore a fluorescenza. La quantificazione viene effettuata mediante tecnica dello standard esterno.

Condizioni operative HPLC

Colonna: SpeedROD RP-18, lunghezza 50mm, 4.6mm ID

Eluente: 75% Acetonitrile
25% Acqua

Flusso: 1.5ml / minuto

Rivelatore a fluorescenza: $\lambda_{EX} = 280\text{nm}$
 $\lambda_{EM} = 420\text{nm}$

24.3 - DIFFERENZA RELATIVA

Il confronto fra le stazioni dislocate intorno alla Centrale Termo Elettrica e la stazione testimone di Piancardato è stato calcolato come differenza relativa ($C_n - T/T$, dove C_n è la concentrazione della stazione n-esima e T quella del testimone) per tutti i mesi dell'indagine.

24.4 - FATTORE DI ARRICCHIMENTO (E)

Per ottenere informazioni sull'origine dei vari contaminanti rinvenuti nel corpo delle api sono state eseguite anche le analisi del suolo. Per ogni stazione di monitoraggio sono stati prelevati 3 campioni di terreno a partire da 10 cm di profondità, facendo attenzione a non prelevare i campioni terrigeni in prossimità di scoli e fossi idrici o vicino a campi coltivati e terra di riporto.

Con il risultato medio delle analisi del suolo di ogni stazione ed i rilievi mensili nella matrice api è stato calcolato il Fattore di arricchimento:

$$E = \frac{(x/z)_{matrice}}{(x/z)_{crosta_terrestre}}$$

dove: x = concentrazione dell'elemento considerato;
z = elemento di riferimento.

Quando il valore “E” è uguale a 1, l’origine è naturale; quando è superiore l’origine è antropica. In bibliografia alcuni autori accettano tolleranza fino a valori di E pari a 10 per indicare un’origine naturale.

In questo lavoro si è voluto intendere che nell’intervallo dei valori tra 1 a 10 ci sia una “zona cuscinetto” che evidenzia un’origine in parte antropica e in parte naturale.

24.5 - ELABORAZIONE DATI

Per facilitare la lettura delle diverse concentrazioni delle sostanze indagate, sono stati elaborati graficamente i risultati di tutte le analisi chimiche dei campioni prelevati nell’arco del 2008, inoltre sono state riportate le tabelle dei dati grezzi e di altre elaborazioni statistiche.

Per ogni contaminante sono stati realizzati i seguenti grafici:

- Concentrazioni medie, con deviazione ed errore standard, nelle cinque stazioni di monitoraggio nell’area di Gualdo Cattaneo nel 2008.
- Confronto tra gli andamenti dei valori assoluti rilevati nelle singole stazioni di monitoraggio tra maggio e agosto.
- Andamento espresso come differenza relativa rispetto alla stazione “testimone” di Piancardato nelle quattro stazioni di Gualdo Cattaneo, tra maggio e agosto.
- Concentrazioni dei valori medi mensili di tutte le stazioni di monitoraggio, ad esclusione della stazione “testimone” di Piancardato.
- Confronto tra le concentrazioni medie generali rilevate nel 2005, 2006 e 2008 a Gualdo Cattaneo con quelle riscontrate nel 2003 e 2004 a Spoleto e nel 2001/02/03/04 a Gubbio.
- Fattore di arricchimento calcolato in tutte le stazioni di monitoraggio.
- Calcolo dei quartili (Q_1 e Q_3) utilizzati per misurare l’intervallo dei “valori di riferimento” delle concentrazioni minime e massime dei 13 inquinanti presenti in un’area di circa 50 km² a ovest del comune di Gualdo Cattaneo (tab. 4). I livelli, o valori di riferimento, ottenuti, sono stati riportati sopra ogni grafico ed evidenziati con una linea verde (basso; Q_1) ed una rossa (alto; Q_3). Questi livelli sono stati elaborati con tutti i risultati ottenuti a Gualdo Cattaneo ed anche con i risultati di quattro anni di indagine nei diversi biomonitoraggi commissionati dalla Provincia di Perugia, a questo gruppo di ricerca.

Dati meteorologici

- temperatura e precipitazioni per decade nel 2008 a Gualdo Cattaneo (fig. 101).

Rappresentazione cartografica geomorfologica riepilogativa dell'area indagata (fig. 102).

25 - RISULTATI

Nei commenti ai risultati che seguono si citerà il Valore di Riferimento Alto (VRA) e il Valore di Riferimento Basso (VRB) corrispondenti al calcolo statistico del Quartile alto e del Quartile basso effettuato sui dati ottenuti.

25.1 - ALLUMINIO (Al)

Tutte le stazioni di monitoraggio hanno mostrato concentrazioni medie di Alluminio molto basse e vicine al VRB (fig. 11). La stazione testimone di Piancardato con 10 kg/mg ha fatto registrare nel mese di agosto le concentrazioni “assolute” più elevate e molto vicine al VRA (fig. 12).

Solo nel mese di agosto la contaminazione media da Alluminio ha superato leggermente la VRB mostrando nel complesso un buon livello di salubrità.

Nel 2008 la concentrazione media generale di Alluminio è stata la più bassa delle precedenti campagne di monitoraggio e leggermente inferiore al VRB (fig. 15_bis).

25.2 - ARSENICO (As)

Piancardato (0,20 mg/kg), Marcellano (0,13 mg/kg) e Gualdo Cattaneo (0,10 mg/kg) sono state le postazioni mediamente più contaminate dall'Arsenico con livelli superiori al VRA (fig. 16). Le stesse stazioni hanno mostrato le concentrazioni assolute più elevate del 2008 da 2 a 3 volte superiori al VRA (fig. 17).

Rispetto alla stazione testimone di Piancardato, le stazioni di Marcellano nel mese di agosto e Gualdo Cattaneo nel mese di giugno hanno fatto registrare rispettivamente una differenza relativa pari 1,7 e 1 (fig. 18).

I mesi mediamente più contaminati da questo metallo sono stati giugno con 0,0625 mg/kg e agosto con 0,0708 mg/kg (fig. 19).

A Gualdo Cattaneo, nel 2008, la concentrazione media generale di Arsenico (0,0583 mg/kg) è stata la più elevata del triennio e la seconda più elevata rispetto a tutte le precedenti campagne di monitoraggio (fig. 20_bis).

25.3 - BENZO[a]PIRENE (BaP)

La stazione maggiormente contaminata dal Benzo[a]Pirene è stata Gualdo Cattaneo, con concentrazioni medie superiori al VRA (fig. 21); nelle restanti stazioni i livelli sono stati bassi e vicini al VRB.

Sempre la stazione di Gualdo Cattaneo ha mostrato nel mese di luglio un picco pari a 1,85 µg/kg, valore 4 volte maggiore del VRA. Rispetto alla stazione testimone nel mese di luglio a Gualdo Cattaneo la concentrazione di BaP è stata 36 volte superiore.

Il mese maggiormente contaminato dal BaP è stato luglio le cui concentrazioni medie hanno superato il VRA.

Nel 2008 le concentrazioni medie generali rilevate nel Comune di Gualdo sono state molto simili a quelle del 2005 (fig. 25_bis).

25.4 - BERILLIO (Be)

Il Berillio, essendo un contaminante presente in bassissime concentrazioni nelle matrici biologiche, è stato rilevato nei campioni di api in concentrazioni tali che gli strumenti ne hanno evidenziato la presenza solo al di sotto del limite di rilevabilità strumentale. Rispetto alle precedenti campagne di monitoraggio, ovviamente, le concentrazioni medie generali sono state basse e pari 0,0017 mg/kg (fig. 30).

25.5 - CADMIO (Cd)

Nel 2008 l'indagine ha evidenziato in tutte le postazioni una contaminazione media da Cadmio superiore al VRA. Gualdo Cattaneo è stata la stazione mediamente più inquinata con una concentrazione pari a 0,268 mg/kg (fig. 31).

La stazione che ha fatto registrare il picco di concentrazione assoluta più elevata è stata Gualdo Cattaneo con 0,697 mg/kg (giugno), valore circa 7 volte superiore al VRA.

Nella medesima stazione, a giugno, la differenza relativa è stata pari a 50 rispetto alla stazione testimone (fig. 33).

La figura 34 mostra come i mesi più contaminati da Cadmio siano stati giugno e luglio con rispettivamente 0,208 mg/kg e 0,310 mg/kg, valori da 2 a 3 volte superiori al VRA.

Nel 2008 le concentrazioni medie generali sono state le più alte di tutte le precedenti campagne di monitoraggio svolte in Umbria e pari a 0,172 mg/kg, valore quasi doppio rispetto al VRA (fig. 35_bis).

25.6 - CROMO (Cr)

Come per il Cadmio, nel 2008, tutte le stazioni di monitoraggio hanno mostrato elevate concentrazioni di Cromo e superiori al VRA (fig. 36), ad eccezione della stazione testimone di Piancardato appena sotto tale limite.

Nel mese di maggio a Bastardo e a Gualdo Cattaneo si sono registrate le concentrazioni assolute più elevate del 2008 con rispettivamente 0,190 mg/kg e 0,160 mg/kg, valori circa 2,0 e 1,7 volte superiori al VRA (fig. 37).

In figura 38 si evidenzia come nel mese di luglio la differenza relativa nelle stazioni di Marcellano e Gualdo Cattaneo sia stata pari 0,8 rispetto alla stazione testimone di Piancardato.

Il mese che ha mostrato le maggiori criticità, per la contaminazione da questo metallo, è stato maggio evidenziando concentrazioni medie (0,150 mg/kg) nettamente al di sopra del VRA (fig. 39).

A Gualdo Cattaneo, nel 2008, il valore medio generale di Cromo pari a 0,105 mg/kg è stato inferiore a quello del 2006 ma comunque al di sopra del VRA (figg. 40-40_bis). Tale concentrazione è risultata la terza più elevata dopo Gubbio 2003 e Gualdo Cattaneo 2006.

25.7 - RAME (Cu)

Anche il Rame nel 2008 ha mostrato una elevata contaminazione nell'ambiente. Nella stazione di Bastardo si sono registrate le concentrazioni medie più rilevanti (12,4 mg/kg - fig. 41). Inoltre tutte le stazioni, ad eccezione di Case Bacci, hanno mostrato concentrazioni superiori al VRA.

I livelli in assoluto più elevati sono stati riscontrati a giugno nella stazione di Bastardo con 20,7 mg/kg, valore circa 2,6 volte superiore al VRA (fig. 42).

Rispetto alla stazione testimone, nel mese di luglio, nella stazione di Bastardo la differenza relativa è risultata pari 0,8 circa (fig. 43).

Le concentrazioni medie mensili più elevate sono state rilevate a maggio (10,1 mg/kg) e giugno (14,0 mg/kg), entrambe superiori al VRA.

Nel 2008 la concentrazione media generale è stata di 9,5 mg/kg circa il 20% in più rispetto al VRA. In ordine di grandezza tale valore è il secondo mai rilevato nelle precedenti campagne di monitoraggio condotte in Umbria (fig. 45).

25.8 - MERCURIO (Hg)

Nel 2008 le concentrazioni medie rilevate in tutte le stazioni di monitoraggio sono state basse e vicine al VRB (fig. 46). La stazione mediamente più contaminata dal Mercurio è stata quella del testimone Piancardato con 0,0047 mg/kg e comunque vicina al VRB.

Il picco più elevato è stato rilevato, nel mese di luglio, nella stazione di Marcellano (0,0074 mg/kg - fig. 47).

Rispetto al testimone, nel mese di agosto, nelle stazioni di Gualdo Cattaneo e Bastardo la differenza relativa è stata di 1,7 circa (fig. 48).

Le concentrazioni medie mensili riscontrate sono state sempre inferiori o vicine al VRB, ciò mostra una buona salubrità ambientale per quanto attiene questo pericoloso metallo (fig. 49).

Nel territorio di Gualdo Cattaneo, nel 2008, il valore generale medio di Mercurio è stato di 0,033 mg/kg, il secondo più basso dopo quello rilevato nell'eugubino nel 2002 e inferiore al VRB (fig. 50_bis).

25.9 - NICHEL (Ni)

Nella figura 51 si può osservare come in tutte le stazioni di monitoraggio le concentrazioni medie di Nichel siano state comprese tra il VRA ed il VRB.

Il valore assoluto di Nichel più elevato è stato rilevato a Marcellano nel mese di giugno con 0,380 mg/kg, concentrazione superiore al VRA.

Nella stazione di Bastardo, a luglio, la differenza relativa è stata di circa 2,5 volte superiore al testimone, nello stesso periodo. La maggiore contaminazione mensile è stata registrata a giugno (0,305 mg/kg), ed è superiore al VRA (fig. 54).

Nel 2008 la concentrazione media generale di Nichel è stata di 0,196 mg/kg, poco inferiore alle precedenti campagne di monitoraggio svolte nel territorio di Gualdo Cattaneo (fig. 55_bis).

25.10 - PIOMBO (Pb)

In tutte le stazioni di monitoraggio le concentrazioni medie sono state comprese tra il VRA e il VRB.

A Case Bacci, nel 2008, sono stati registrati i valori medi più elevati con 0,590 mg/kg (fig. 56) e quelli assoluti con 1,180 mg/kg; questo ultimo valore è superiore al VRA del 60% circa. Rispetto alla stazione testimone di Piancardato, la differenza relativa a Case Bacci nel mese di agosto è stata pari a 4,5 circa (fig. 58).

Le concentrazioni medie mensili rilevate nel 2008 sono state sempre comprese tra il VRA e il VRB (fig. 59), tuttavia il mese maggiormente contaminato è stato maggio.

A Gualdo Cattaneo, nel 2008, la concentrazione media generale del Piombo è molto simile a quella rilevata a Spoleto nel 2004 e comunque la più bassa del triennio (0,400 mg/kg - figg. 60-60_bis).

25.11 - TITANIO (Ti)

Il Titanio è stato rilevato nei campioni di api in concentrazioni tali che gli strumenti ne hanno evidenziato la presenza solo al di sotto del limite di rilevabilità strumentale. Di conseguenza le concentrazioni medie generali (0,025 mg/kg) sono state le più basse di tutte le precedenti campagne di monitoraggio svolte in Umbria (fig. 65_bis).

25.12 - VANADIO (V)

Come per il Titanio, anche per il Vanadio le concentrazioni osservate nella matrice api sono state al di sotto del limite di rilevabilità. Infatti, la concentrazione media generale è stata pari a 0,025 mg/kg, il più basso valore mai registrato in precedenza (figg. 70-70_bis).

25.13 - ZINCO (Zn)

Le stazioni di Case Bacci e Marcellano hanno mostrato concentrazioni medie più elevate del VRA con circa 45,65 mg/kg (fig. 71). Nei mesi di giugno e agosto, nelle medesime stazioni, si sono registrati i livelli assoluti più elevati del 2008 con circa 61 mg/kg; questo valore supera del 35% il VRA (fig. 72).

Nella stazione di Case Bacci nel mese di giugno la differenza relativa è stata pari a 1 rispetto al testimone nello stesso periodo.

I mesi che hanno evidenziato le concentrazioni medie superiori al VRA sono stati giugno (48,8 mg/kg) e agosto (47,7 mg/kg) (fig. 74).

La concentrazione media generale di Zinco, nel 2008, è stata elevata e molto simile a quella evidenziata a Spoleto nel 2004, tuttavia inferiore al VRA (fig. 75).

25.14 - FATTORE DI ARRICCHIMENTO (E)

Di seguito viene riportato il Fattore di arricchimento di ogni singolo elemento (tab. 4; fig. 99).

- Arsenico:

i valori ottenuti del Fattore E sono compresi fra 58 (Case Bacci) e 96 (Marcellano), ciò imputa solo alle attività umane l'origine dell'Arsenico nell'ambiente.

- Berillio:

nella stazione di Case Bacci E è pari a 8, che suggerisce un'origine mista di tale contaminante nell'ambiente anche se è principalmente antropica. Nelle rimanenti stazioni il Fattore di arricchimento varia tra 11 e 22, valori che attribuiscono tale origine alle attività umane.

- **Cadmio:**
nelle cinque stazioni di biomonitoraggio i valori di E sono molto elevati variando da 3093 (Piancardato test.) a 7384 (Gualdo C.), ciò mostra una chiara ed esclusiva origine antropica della presenza di questo metallo nell'ambiente.
- **Cromo:**
i valori di E sono compresi tra 10 (Piancardato test.) e 20 (Gualdo C.) indicando un'origine antropica della contaminazione da Cromo.
- **Rame:**
l'origine della presenza di questo contaminante nell'ambiente è dovuta esclusivamente alle attività umane, infatti E varia da 355 (Case Bacci) a 2056 (Bastardo).
- **Mercurio:**
in tutte le stazioni di monitoraggio il Fattore E rileva una provenienza dell'inquinamento unicamente antropica con valori compresi tra 128 (Case Bacci) e 554 (Gualdo C.).
- **Nichel:**
in tutte le stazioni di monitoraggio la contaminazione da Nichel ha un'origine antropica infatti E oscilla tra 15 (Piancardato test.) e 36 (Bastardo).
- **Piombo:**
i valori più elevati del Fattore di arricchimento sono stati riscontrati nelle stazioni di Gualdo Cattaneo (203), Case Bacci (165) e Marcellano (137), mentre nelle stazioni di Piancardato (73) e Bastardo (71) il valore E è più basso indicando comunque un'origine antropica di tale metallo nell'ambiente
- **Titanio:**
Nel complesso E è molto basso oscillando tra 1 e 3, questi valori indicano una provenienza mista di tale contaminazione ambientale che tuttavia deriva principalmente da quella naturale.

- **Vanadio:**

in tutte le stazioni di monitoraggio il fattore E varia tra 3 e 5 indicando la presenza del Vanadio nell'ambiente di derivazione sia naturale che antropica.

- **Zinco:**

i valori del Fattore di arricchimento sono stati molto elevati in tutte le stazioni di monitoraggio e compresi tra 1565 (testimone Piancardato) e 4669 (Gualdo C.) segnalando un'origine marcatamente antropica dello Zinco nell'ambiente.

26 - CONCLUSIONI

Nel 2008 termina l'indagine triennale che ha valutato l'impatto della CTE nel territorio di Gualdo Cattaneo. Questo studio ha prodotto numerose informazioni, quantitative e qualitative, sulla salute ambientale del territorio del Comune di Gualdo Cattaneo.

Come già discusso nelle precedenti relazioni tecniche nel (2005 e 2006) gli eventi atmosferici, ed in particolare le precipitazioni, hanno un grande peso sulla concentrazione dell'inquinamento presente nel comparto aria. In questa ultima indagine si è approfondito l'argomento con alcune elaborazioni e considerazioni. Per quanto riguarda il contributo degli eventi meteorologici nell'abbattimento dei contaminanti nell'aria la qualità della pioggia (durata, numero di giorni, intensità) e tanti altri fattori come l'umidità relativa, i venti, l'orografia, la vegetazione e l'uso del territorio, hanno mostrato di avere un ruolo importante. Inoltre ricordiamo che l'ape, grazie al suo comportamento, rileva gli eventuali contaminanti presenti non solo nell'aria ma anche negli altri comparti ambientali (acqua, suolo, vegetazione).

Nella tabella 18 sono riportate, sulla prima colonna, il totale delle precipitazioni cadute in mm, il numero totale degli eventi accorsi, la media del numero degli eventi accorsi mensilmente e la media dei mm di pioggia caduti per evento; tutti i numeri riportati fanno riferimento all'ultima settimana antecedente i prelievi di api. Si è ritenuto importante non tenere in considerazione le piogge accorse oltre i 7 giorni precedenti il prelievo poiché non avrebbero potuto condizionare le concentrazioni degli inquinanti rilevati sulle api.

Per quanto riguarda la quantità delle precipitazioni cadute nel 2008 (85,2mm) il numero totale delle piogge è stato maggiore di 3,3 volte rispetto al 2006 (26,1mm) e di 2,8 volte rispetto al 2005 (30,0mm). Il numero totale degli eventi verificatisi nel 2008 sono stati otto, tre nel 2006 e nove nel 2005. Al contrario, la qualità delle piogge è espressa (tab. 18; quarta colonna) dai mm di pioggia che mediamente sono caduti per evento. Ne consegue che l'anno in cui l'inquinamento prodotto dalla CTE è risultato più evidente è stato il 2006. Infatti, le precipitazioni sono state scarse sia in numero che in mm totali di pioggia. Tuttavia la buona qualità delle piogge (4mm ad evento) ha avuto poca influenza nell'insieme. Nel 2008, al contrario, l'inquinamento nei periodi indicati è stato abbassato da 85mm di pioggia accorsi in due eventi per mese, nei quali sono caduti mediamente 6,7mm di pioggia. Nel 2005 pur verificandosi 9 eventi totali, i mm di pioggia (3,2) per episodio hanno inciso in modo minore nell'abbattimento delle particelle inquinanti presenti nell'aria.

Infatti, nel 2006 le concentrazioni medie annuali di Alluminio, Berillio, Cromo, Rame, Mercurio, Nichel, Piombo, Titanio, Vanadio e Zinco sono state le più elevate del triennio mentre le concentrazioni di Arsenico, di Cadmio e del Benzo[a]Pirene hanno fatto eccezione (figg. 76-88)

Nelle tabelle 11, 12 e 13 sono riportati sotto ogni singola stazione i numeri con i quali si indica la posizione occupata nella graduatoria dei valori medi (da 1 a 5) o di picco (da 1 a 6) per ogni elemento; nella tabella 14 invece si è esaminato il numero di volte in cui le concentrazioni degli inquinanti (sia medie che di picco) sono state le più elevate. Per ogni postazione è stata stilata una graduatoria nella quale sono state sommate unicamente le prime tre posizioni registrate per tutti i contaminanti esaminati. Durante il triennio le stazioni di Gualdo Cattaneo (56) e Marcellano (51) hanno mostrato le concentrazioni medie e di picco più elevate per la maggior parte dei contaminanti indagati, risultando le più inquinate, mentre la postazione di Bastardo (31) è risultata la meno contaminata. Nel 2008 la stazione più contaminata, sia per le concentrazioni medie che di picco, è stata Marcellano; mentre nelle altre postazioni lo stato di salute ambientale è risultato più o meno simile. Nella relazione del 2006 erroneamente è stata indicata la stazione di Case Bacci al posto di Marcellano, che nel 2005 era risultata insieme a Gualdo Cattaneo la più inquinata.

Come nelle precedenti relazioni tecniche i valori di riferimento di alcuni contaminanti, calcolati nelle campagne di monitoraggio realizzate in Umbria, saranno messi a confronto con quelli ottenuti negli ultimi 10 anni dall'equipe del dott. Claudio Porrini (Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agroambientali dell'Università di Bologna), sul territorio nazionale. Il Cromo, il Nichel, il Piombo e l'idrocarburo aromatico Benzo(a)Pirene sono i contaminanti disponibili per il confronto.

La tabella 2 mostra come il VRA ed il VRB del Cromo rilevati nella matrice api in Umbria, siano molto simili a quelli nazionali (tab. 1) o appena inferiori. Per il Nichel i VVRRBB sono uguali, mentre il VRA in Umbria è di poco inferiore (11% circa) rispetto a quello nazionale.

Il VRA del Piombo riferito ai monitoraggi svolti nella Provincia di Perugia, al contrario, è poco più elevato di quello nazionale, mentre il VRB è inferiore del 50%. Nella tabella 2 si evince come il VRA del Benzo[a]Pirene in Umbria sia più elevato (33%) rispetto a quello nazionale (tab. 1), mentre il VRB è il medesimo.

tabella 1.

Valori di riferimento nazionali tra il 1999 ed il 2008, espressi in mg/kg				
Valori di riferimento:	Cromo (Cr)	Nichel (Ni)	Piombo (Pb)	Benzo[a]pirene
alto	0,12	0,30	0,70	0,00030
basso	0,04	0,10	0,30	0,00002

tabella 2.

Valori di riferimento: relativi al territorio umbro tra il 2001 ed il 2008, espressi in mg/kg				
Valori di riferimento:	Cromo (Cr)	Nichel (Ni)	Piombo (Pb)	Benzo[a]pirene
alto	0,095	0,27	0,75	0,00040
basso	0,035	0,10	0,20	0,00002

Nell'insieme il confronto mostra come i livelli di contaminazione nelle aree industriali in Umbria siano molto simili a quelli nazionali, riferiti in particolare al nord Italia. Questa considerazione mostra come l'inquinamento prodotto in queste aree, pur essendo piccole e non paragonabili come grandezza a quelle delle regioni più industrializzate del nord Italia, non sia da meno.

Nelle figure 89-101 sono state messe a confronto le concentrazioni medie rilevate a Gubbio dal 2001 al 2004, a Spoleto dal 2003 al 2004 e a Gualdo Cattaneo negli anni 2005, 2006 e 2008, in modo da evidenziare, negli anni, l'inquinamento generale delle aree di studio. Prima di affrontare questo aspetto sarà utile ricordare alcune considerazioni già affrontate nelle precedenti relazioni e riguardanti la capacità che ha il territorio di mitigare gli effetti dell'inquinamento prodotto dalle attività umane, nelle tre distinte aree di studio. L'area di Gualdo Cattaneo (fig. 9) ha una minore capacità di assorbire le contaminazioni antropiche di quanto non ne abbia l'ambiente eugubino (fig. 8), mentre tali capacità ambientali sono molto simili a quelle relative all'area del Comune di Spoleto (fig. 10). L'unica differenza tra queste due zone (Spoleto e Gualdo C.) sta nella diversa morfologia del territorio che a Gualdo C.

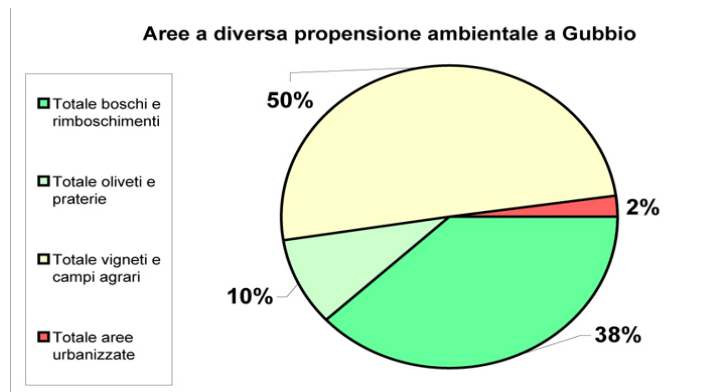


figura 8

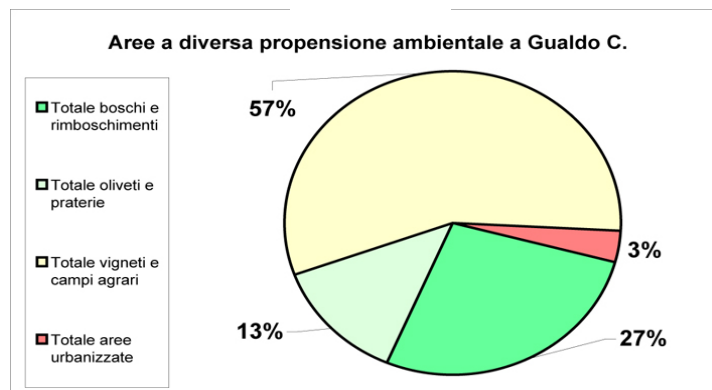


figura 9

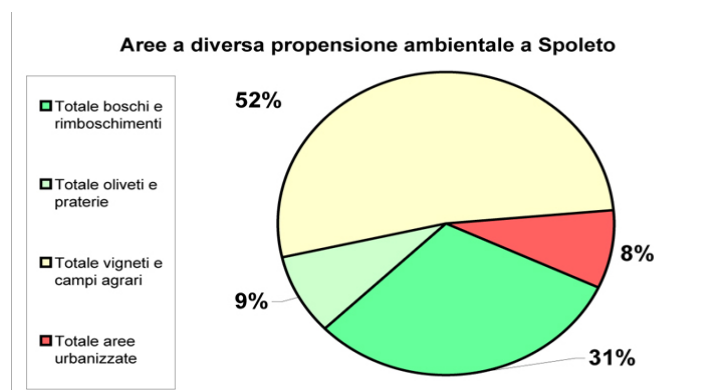


figura 10

ha due sfoghi mentre a Spoleto lo sfogo è unico. Inoltre è necessario introdurre la tabella 3 nella quale sono riportati i dati riguardanti le emissioni di anidride carbonica (CO₂) delle industrie da noi indagate. I dati sono estratti dalle dichiarazioni INES, fruibili da tutti grazie alla legge sulla trasparenza (Decreto Legislativo 16 marzo 2001, n. 108), nel sito dell'I.S.P.R.A (già A.P.A.T. www.apat.gov.it). Nella tabella 3 sono stati messi a confronto le concentrazioni di CO₂ emesse dai Cementifici eugubini, dal cementificio di Spoleto e dalla CTE Pietro Vannucci di Gualdo C.; si ricorda che tutte le attività industriali menzionate sono

alimentate a carbone. Nelle ultime tre righe della colonna di destra sono riportate le concentrazioni medie della CO₂ emessa in almeno due anni, a Gubbio, a Spoleto e a Gualdo Cattaneo.

tabella 3.

Nome complesso:		CEMENTERIA DI GHIGIANO		
Anno	Aria/Acqua	Inquinante	U.M.	Emissioni Totali
2003	Aria	Anidride carbonica (CO ₂)	Mg/a	955288
2004	Aria	Anidride carbonica (CO ₂)	Mg/a	948490
MEDIA	Aria	Anidride carbonica (CO₂)	Mg/a	951.889
Nome complesso:		CEMENTERIE A. BARBETTI		
Anno	Aria/Acqua	Inquinante	U.M.	Emissioni Totali
2003	Aria	Anidride carbonica (CO ₂)	Mg/a	1052797
2004	Aria	Anidride carbonica (CO ₂)	Mg/a	1141196
MEDIA	Aria	Anidride carbonica (CO₂)	Mg/a	1.096.997
Nome complesso:		Stabimento di Spoleto		
Anno	Aria/Acqua	Inquinante	U.M.	Emissioni Totali
2003	Aria	Anidride carbonica (CO ₂)	Mg/a	432163
2004	Aria	Anidride carbonica (CO ₂)	Mg/a	448310
MEDIA	Aria	Anidride carbonica (CO₂)	Mg/a	440.237
Nome complesso:		CTE Pietro Vannucci		
Anno	Aria/Acqua	Inquinante	U.M.	Emissioni Totali
2005	Aria	Anidride carbonica (CO ₂)	Mg/a	922874
2006	Aria	Anidride carbonica (CO ₂)	Mg/a	1031230
MEDIA	Aria	Anidride carbonica (CO₂)	Mg/a	977.052
Gubbio	Aria	Anidride carbonica (CO₂)	Mg/a	2.048.886
Spoleto	Aria	Anidride carbonica (CO₂)	Mg/a	440.237
Gualdo Cattaneo	Aria	Anidride carbonica (CO₂)	Mg/a	977.052

Questi numeri indicano che a Gubbio l'impatto dell'inquinamento industriale è circa 2 volte superiore rispetto a quello prodotto a Gualdo Cattaneo e 4 volte più elevato rispetto a Spoleto. Va sottolineato comunque che a Spoleto il cementificio non è l'unica attività industriale di rilievo, infatti sono presenti anche due industrie metallurgiche. Entrambe tuttavia non sono obbligate a fornire le dichiarazioni INES per le dimensioni delle singole attività. A questo va aggiunto che le attività cementizie, come anche le attività metallurgiche, producono ulteriore inquinamento dovuto al traffico dei veicoli pesanti sia per il reperimento della materia prima (marne e ghisa) che per la distribuzione delle produzioni.

Nonostante ciò è possibile fare alcune osservazioni in merito alle concentrazioni medie rilevate dei contaminanti comuni (tab. 16) nelle tre indagini (Gubbio, Spoleto e Gualdo C.). I

rilievi medi mostrano come sostanzialmente nelle tre aree esaminate l'inquinamento presente pur essendo qualitativamente diverso, sia molto simile nella quantità:

- a Gubbio 3 contaminanti, (quali l'Arsenico, il Mercurio e il Piombo), mostrano le concentrazioni più elevate (figg. 90, 94_bis e 96)
- a Spoleto sono 3 gli inquinanti, (il Nichel, il Titanio ed il Vanadio), che mostrano le concentrazioni medie più elevate (figg. 95, 97 e 98)
- a Gualdo Cattaneo al contrario sono l'Alluminio, il Cadmio, il Cromo ed il Rame a mettere in evidenza le maggiori concentrazioni (figg. 89, 91, 92 e 93).

Sicuramente a Gubbio pur essendoci delle attività industriali decisamente più impattanti ed un intenso traffico veicolare, dovuto principalmente al transito dei veicoli pesanti a cui va aggiunto quello urbano derivato da una popolazione di 31.000ab, la gestione della qualità ambientale risultante è migliore; ciò è imputabile anche alla maggiore capacità che ha il territorio eugubino di mitigare gli effetti dell'inquinamento prodotto (fig. 8). Nel confronto tra Spoleto e Gualdo Cattaneo è possibile affermare che l'impatto prodotto dalle attività industriali, nell'insieme, sia molto simile se non maggiore a Spoleto. In questo Comune, inoltre, è presente un numero di abitanti (38.000ab) 6 volte maggiore rispetto a Gualdo Cattaneo (6.000ab). Sempre a Gualdo Cattaneo, pur essendo migliore la capacità dell'ambiente di mitigare gli effetti dell'inquinamento rispetto all'area di Spoleto, nel complesso la gestione della qualità ambientale è più bassa.

Con buona probabilità questo potrebbe essere dovuto ad una scarsa tecnologia utilizzata sia per l'esercizio della produzione di energia elettrica tramite la combustione del carbone sia per il trattamento e l'abbattimento delle emissioni inquinanti.

Si ribadisce che date le numerose osservazioni sopra riportate la conduzione della Centrale Elettrica Pietro Vannucci, dal deposito di carbone all'aperto alle emissioni in atmosfera, abbia notevoli margini di miglioramento vista l'attenzione nei confronti dell'ambiente sostenuta frequentemente dalla società proprietaria del sito.

Concludendo, per le considerazioni fin qui riportate e in particolare per l'azione potenzialmente pericolosa della maggior parte degli inquinanti indagati, si è indotti ad affermare che a Gualdo C. la qualità ambientale non è molto buona ma è potenzialmente migliorabile. Come ripetuto nelle precedenti relazioni ciò che colpisce la salute umana (e impoverisce le casse della sanità) sono le esposizioni continue e simultanee a numerosi contaminanti o miscele complesse, anche a basse concentrazioni.

Figure

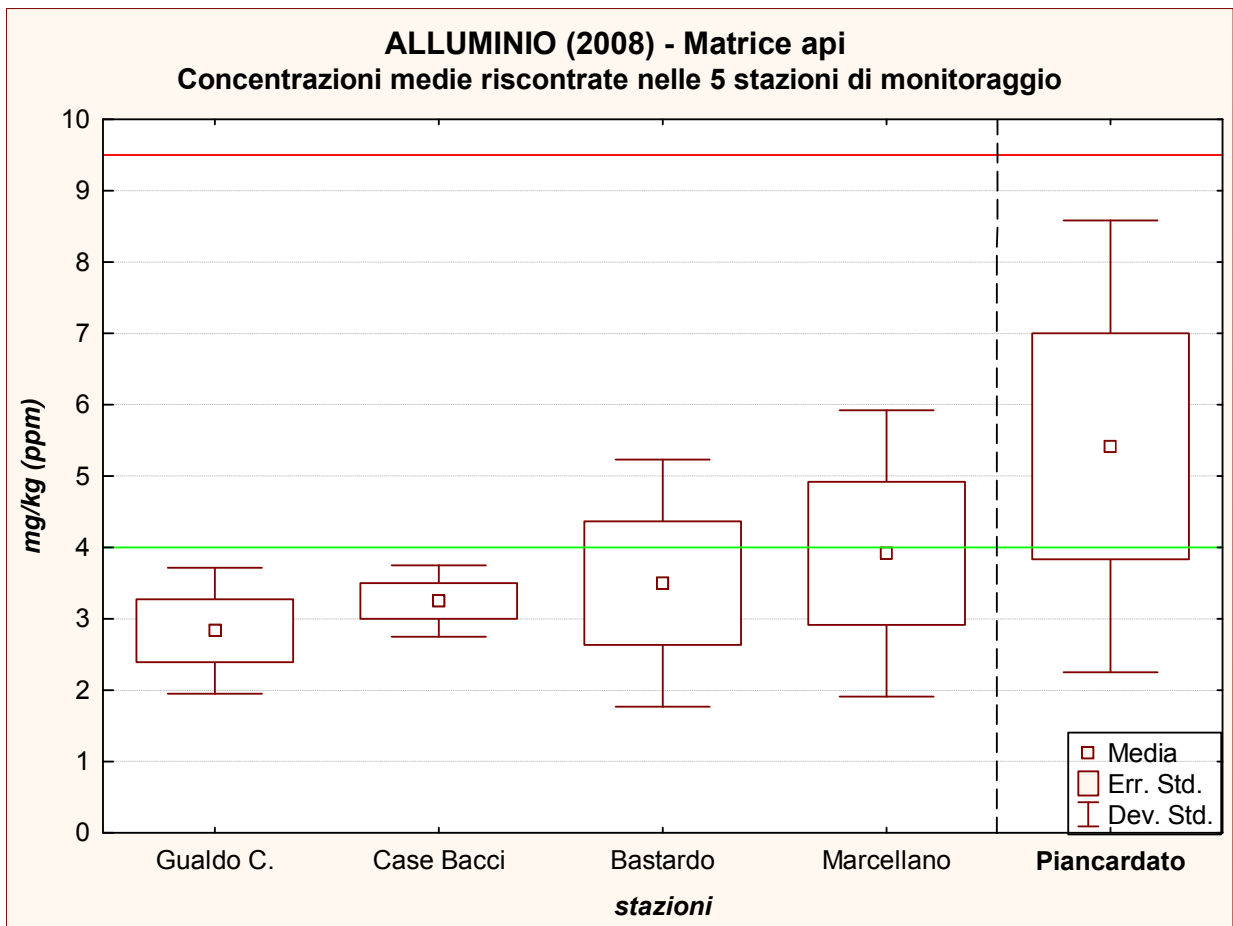


figura 11

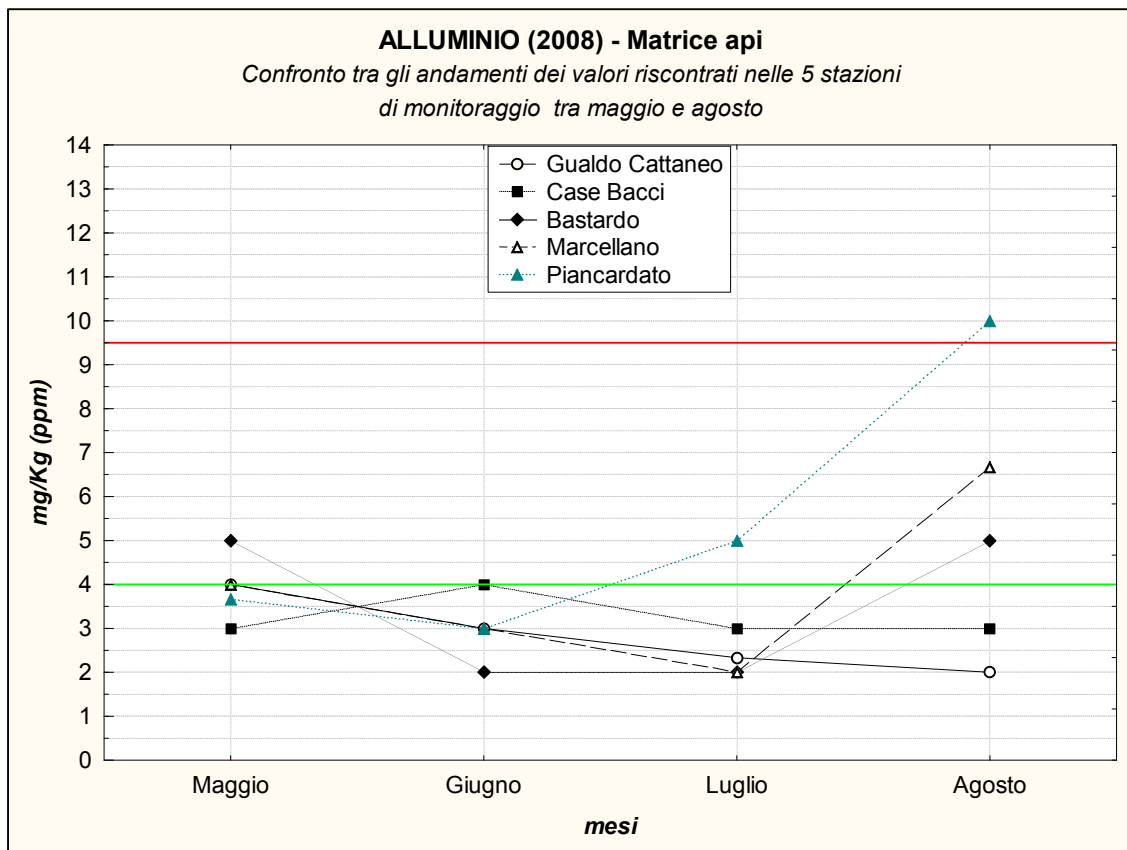


figura 12

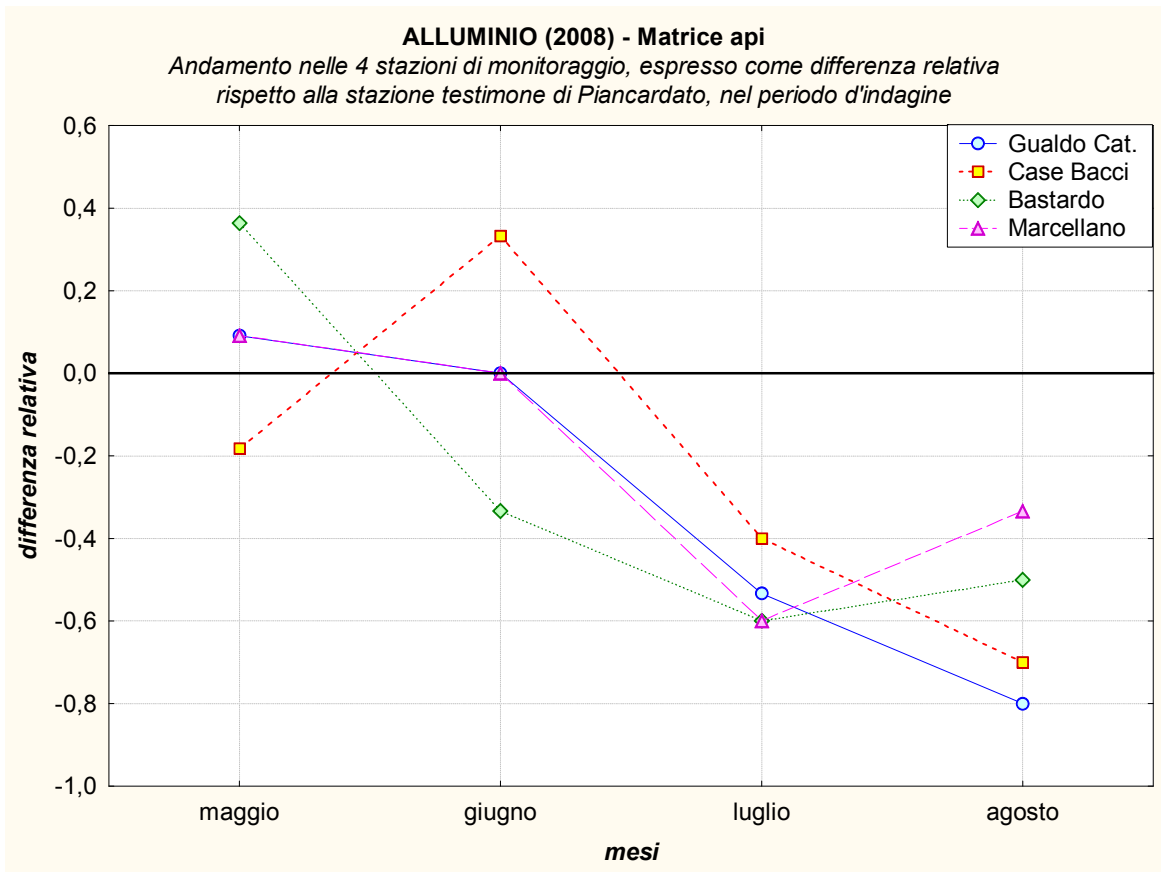


figura 13

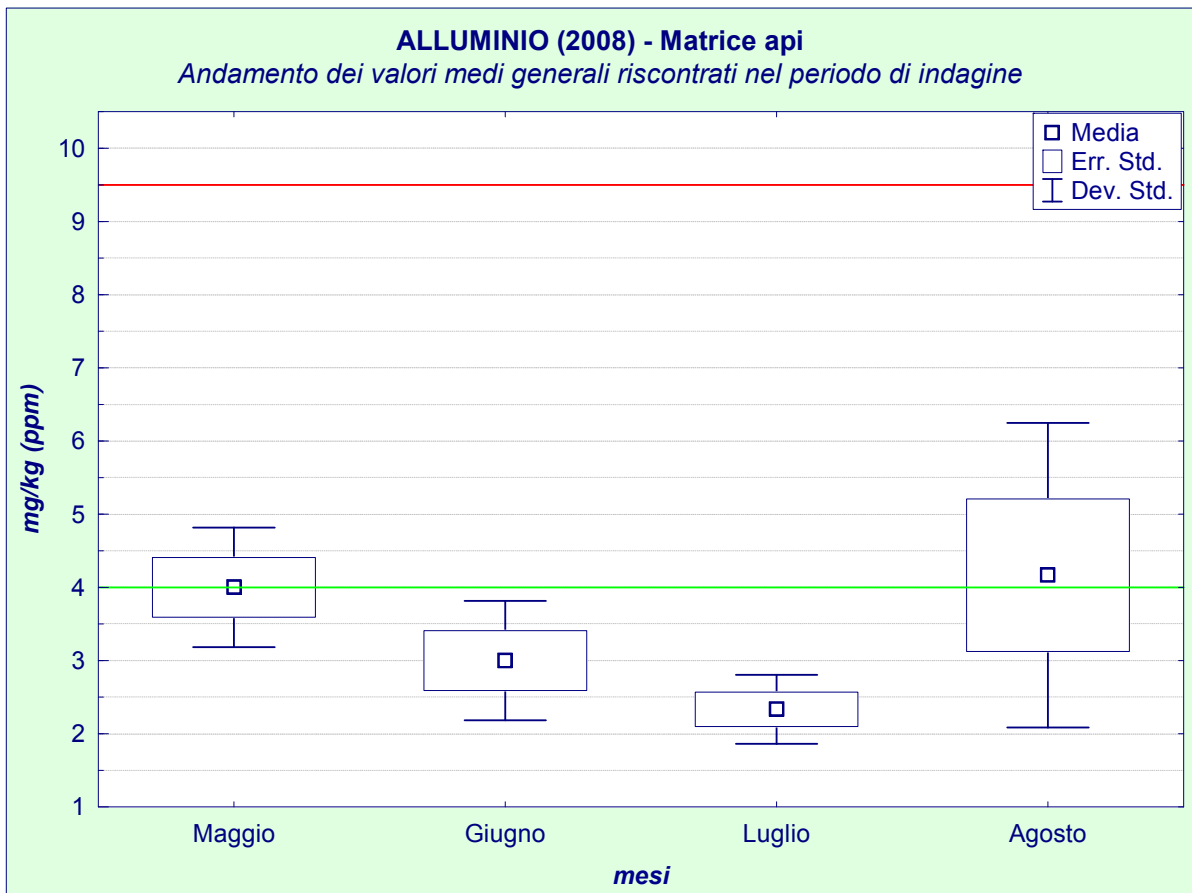


figura 14

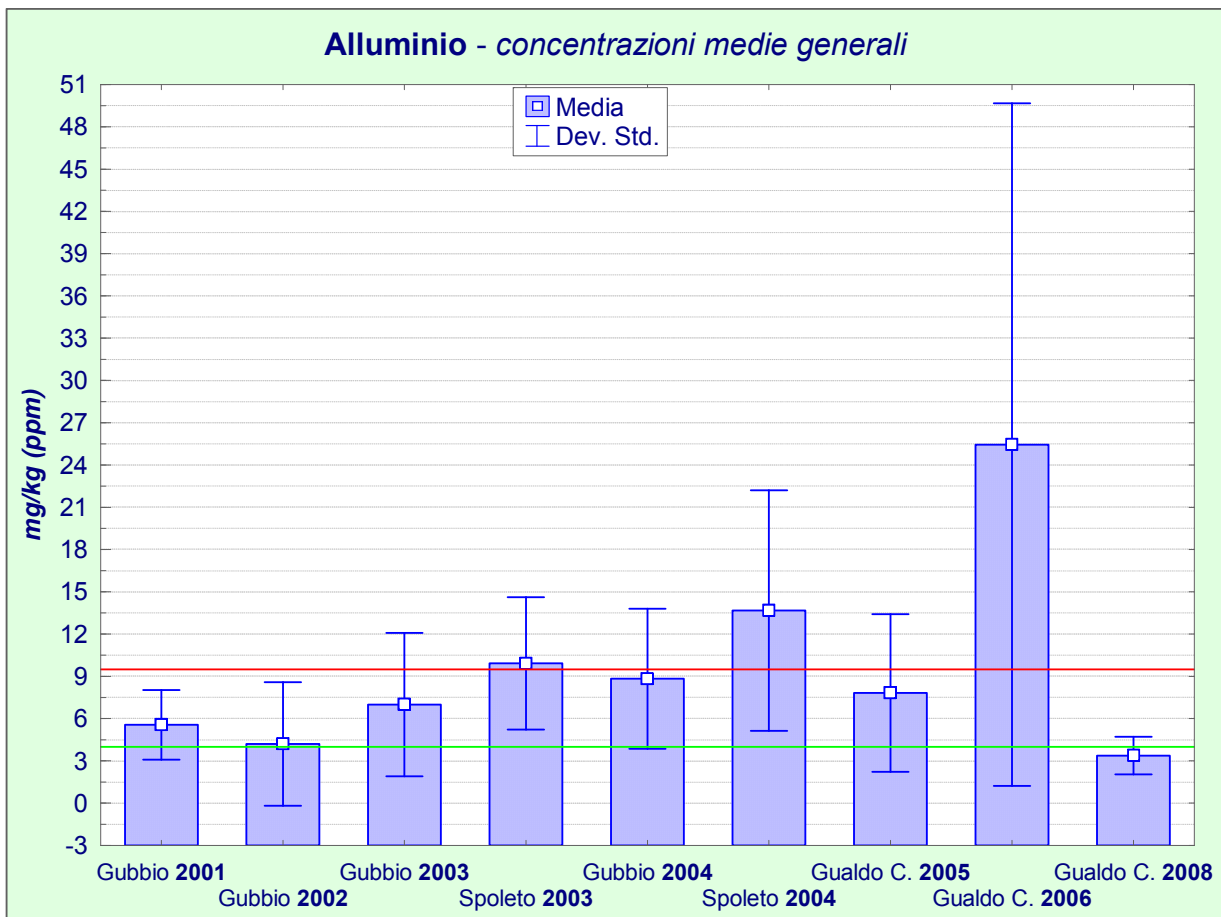


figura 15

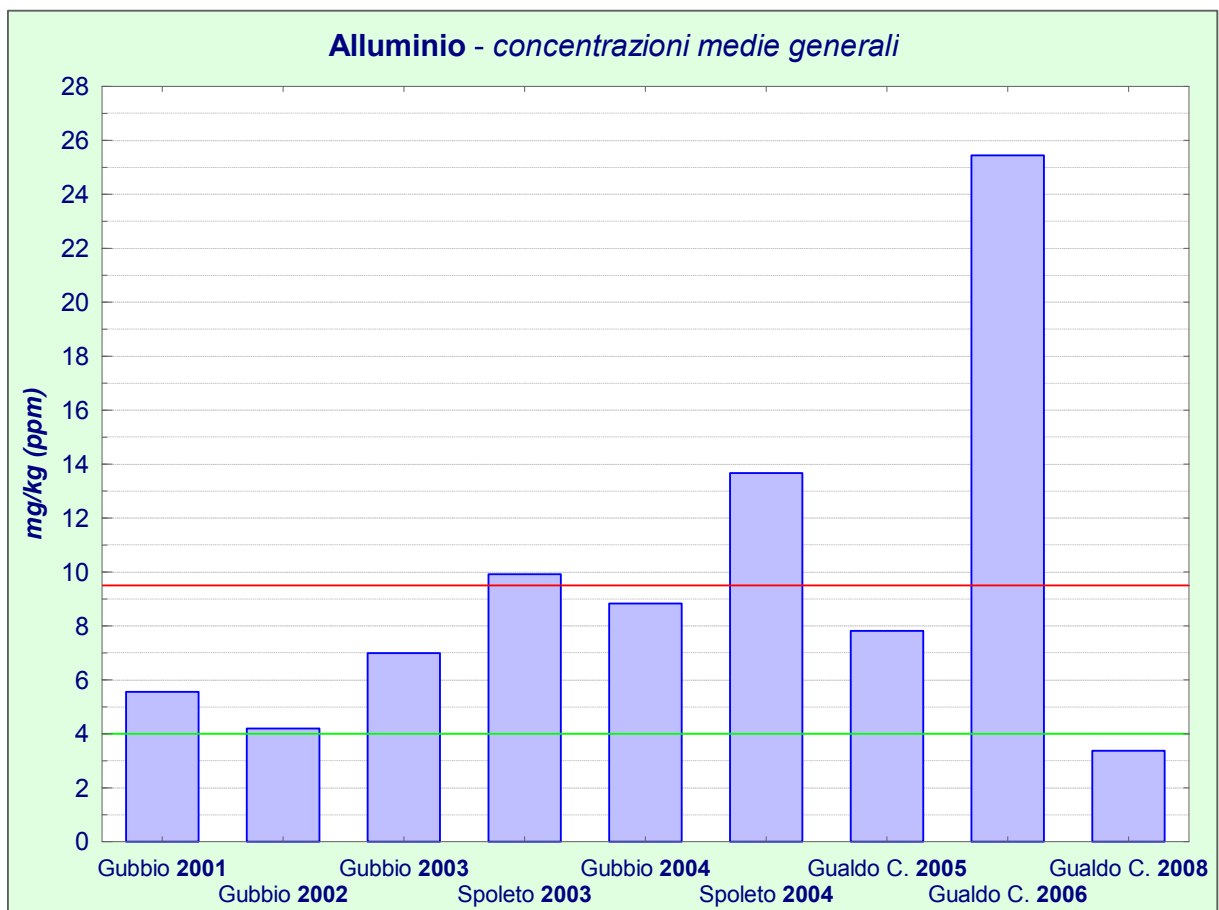


figura 15_bis

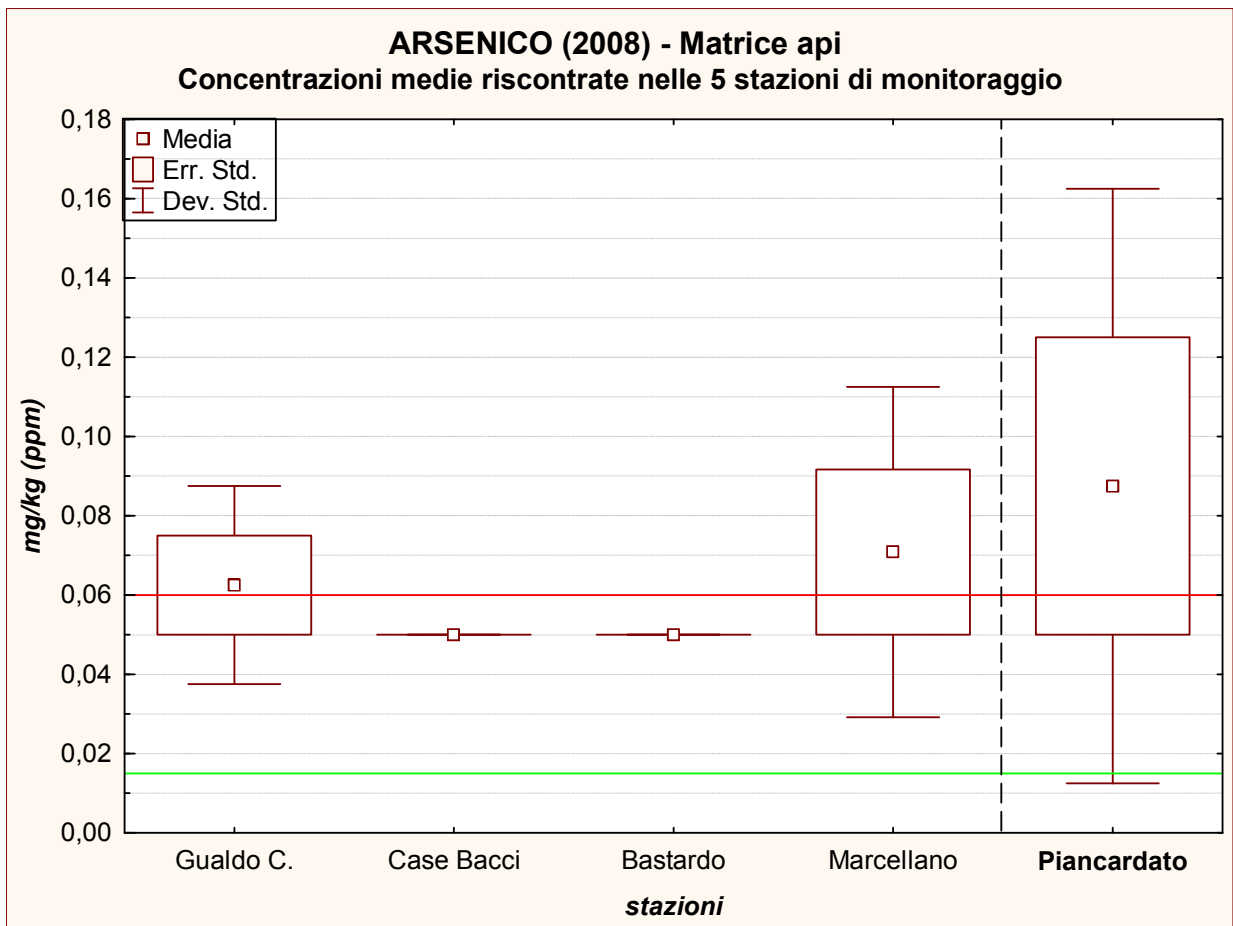


figura 16

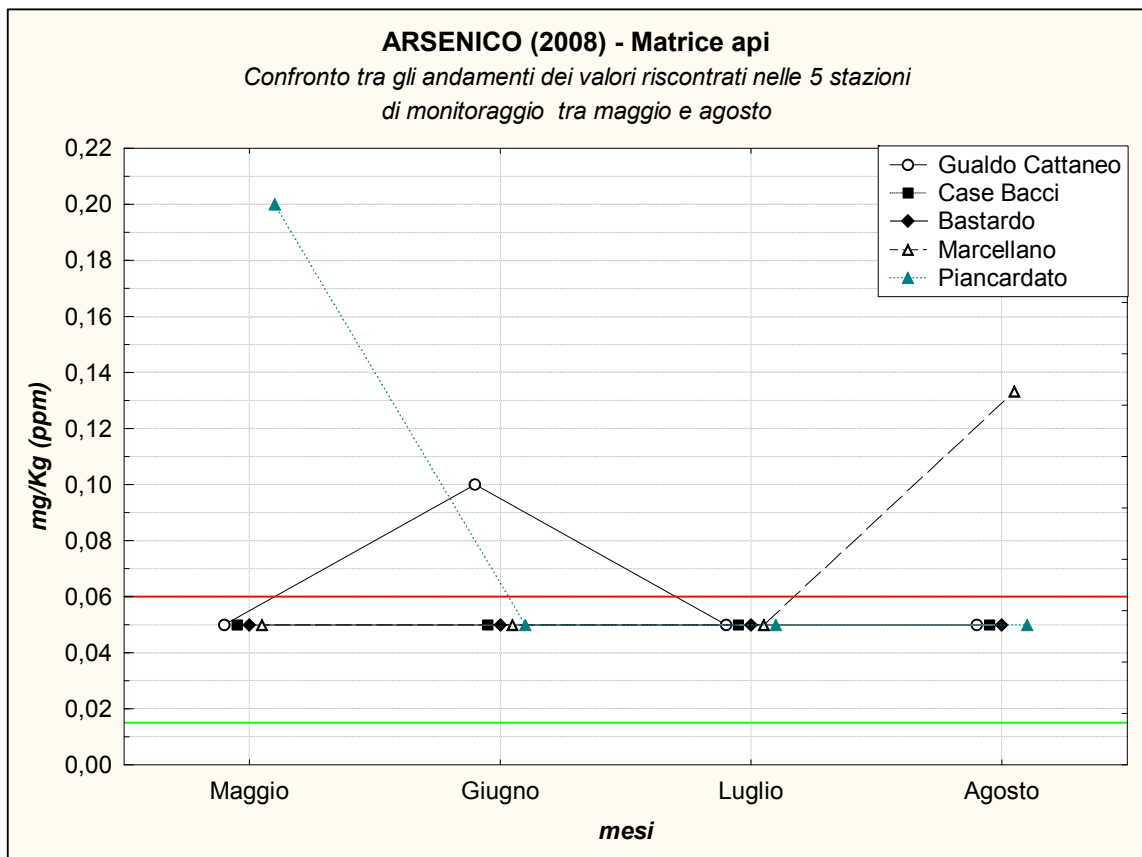


figura 17

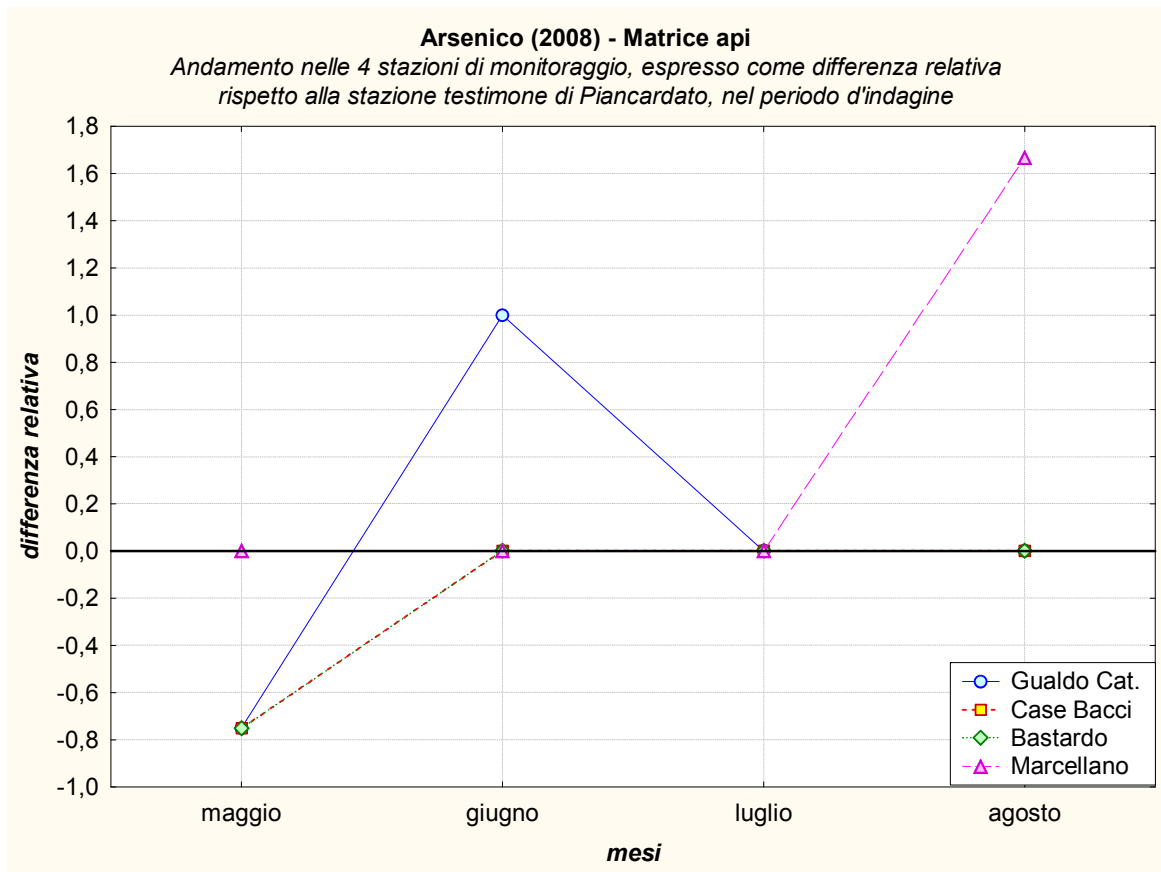


figura 18

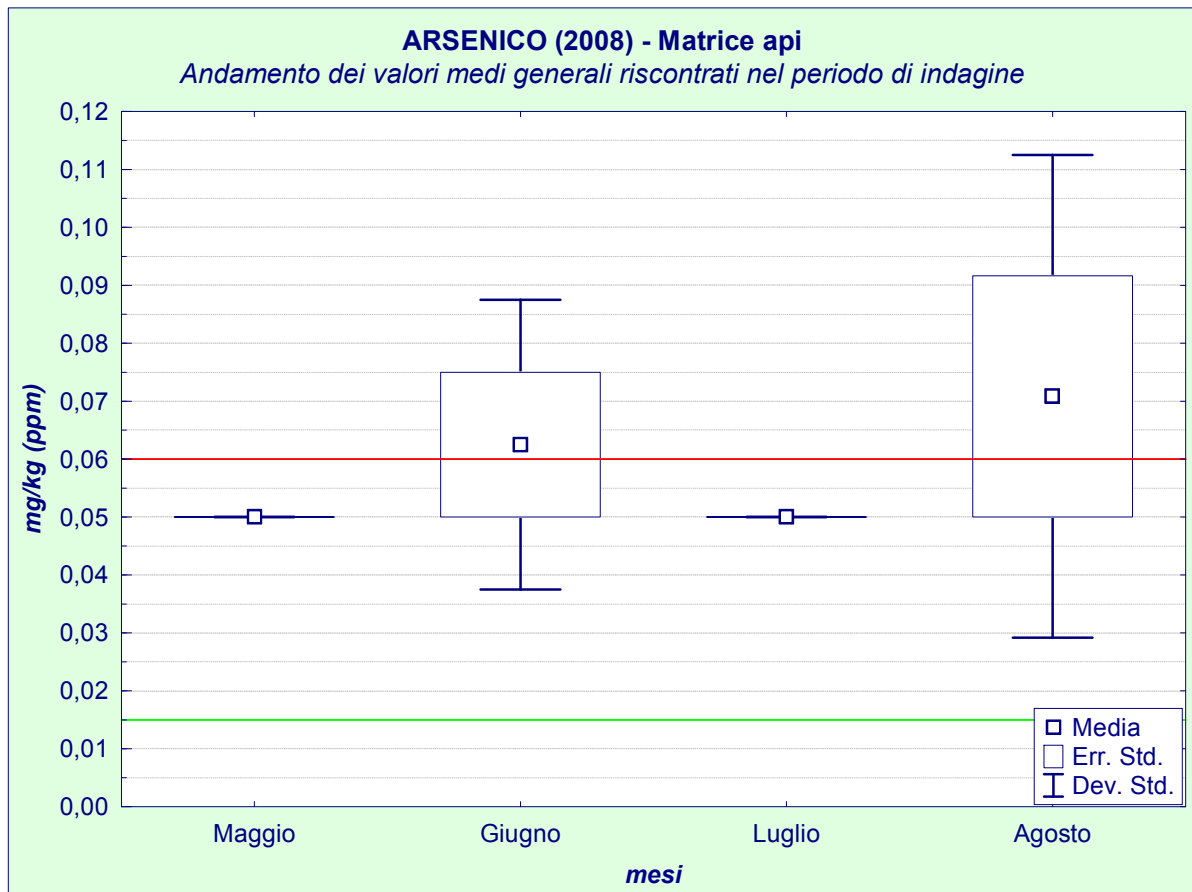


figura 19

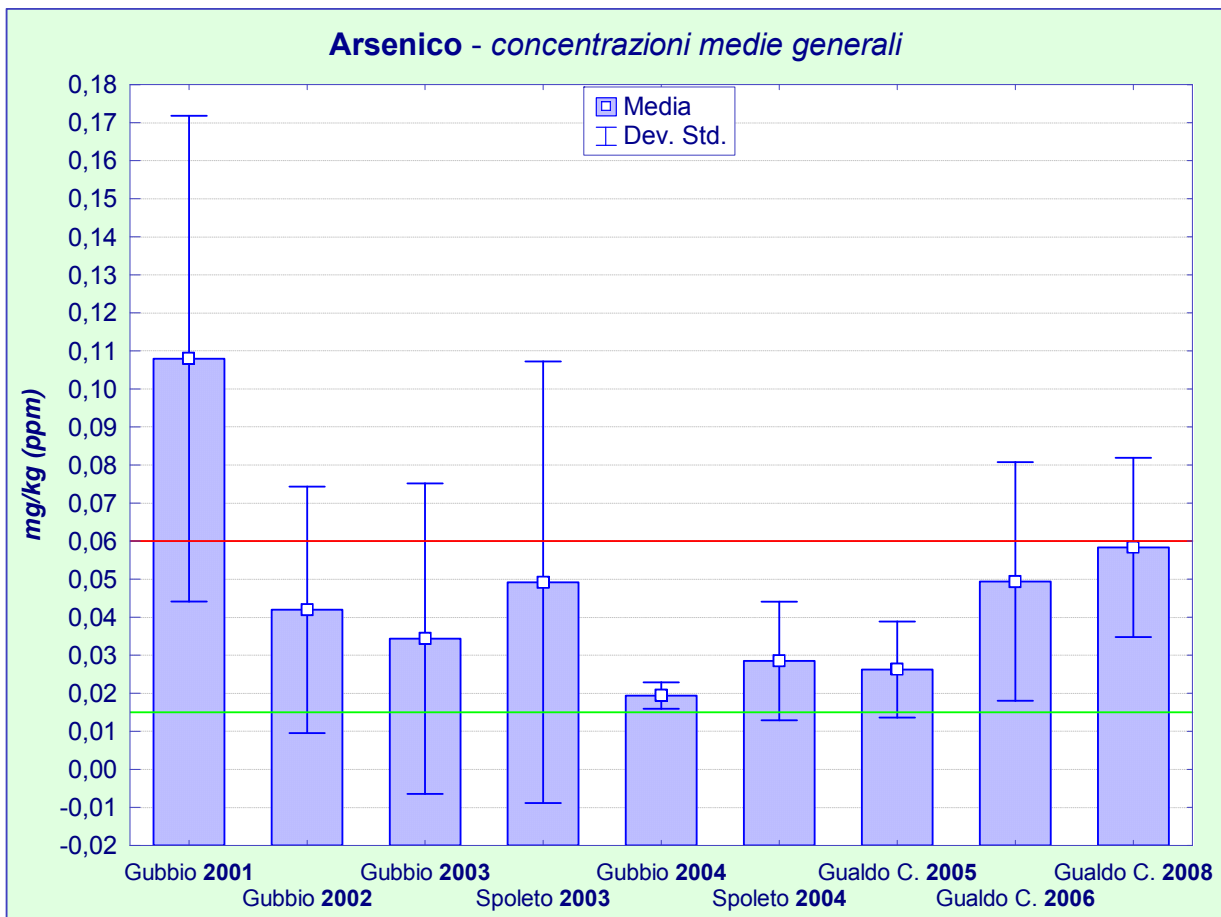


figura 20

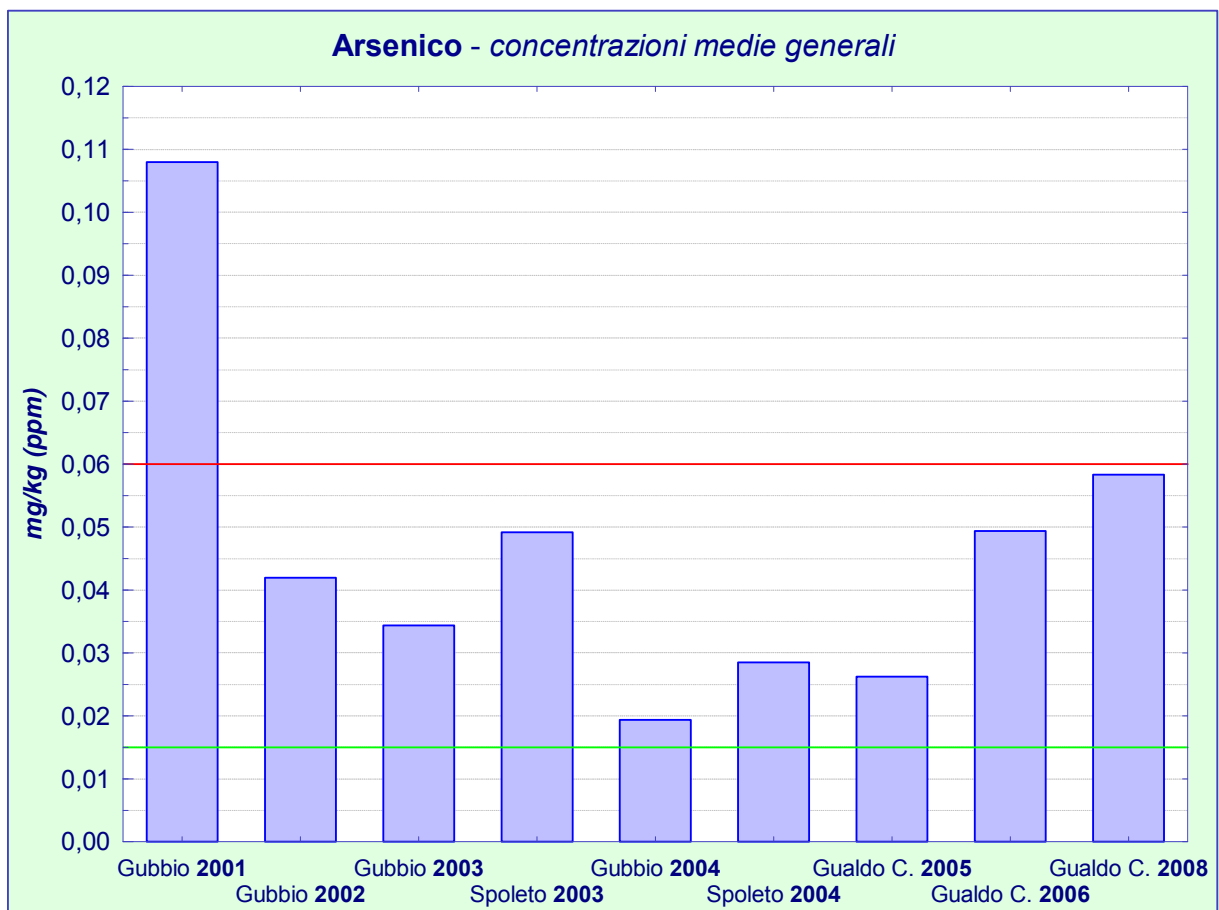


figura 20_bis

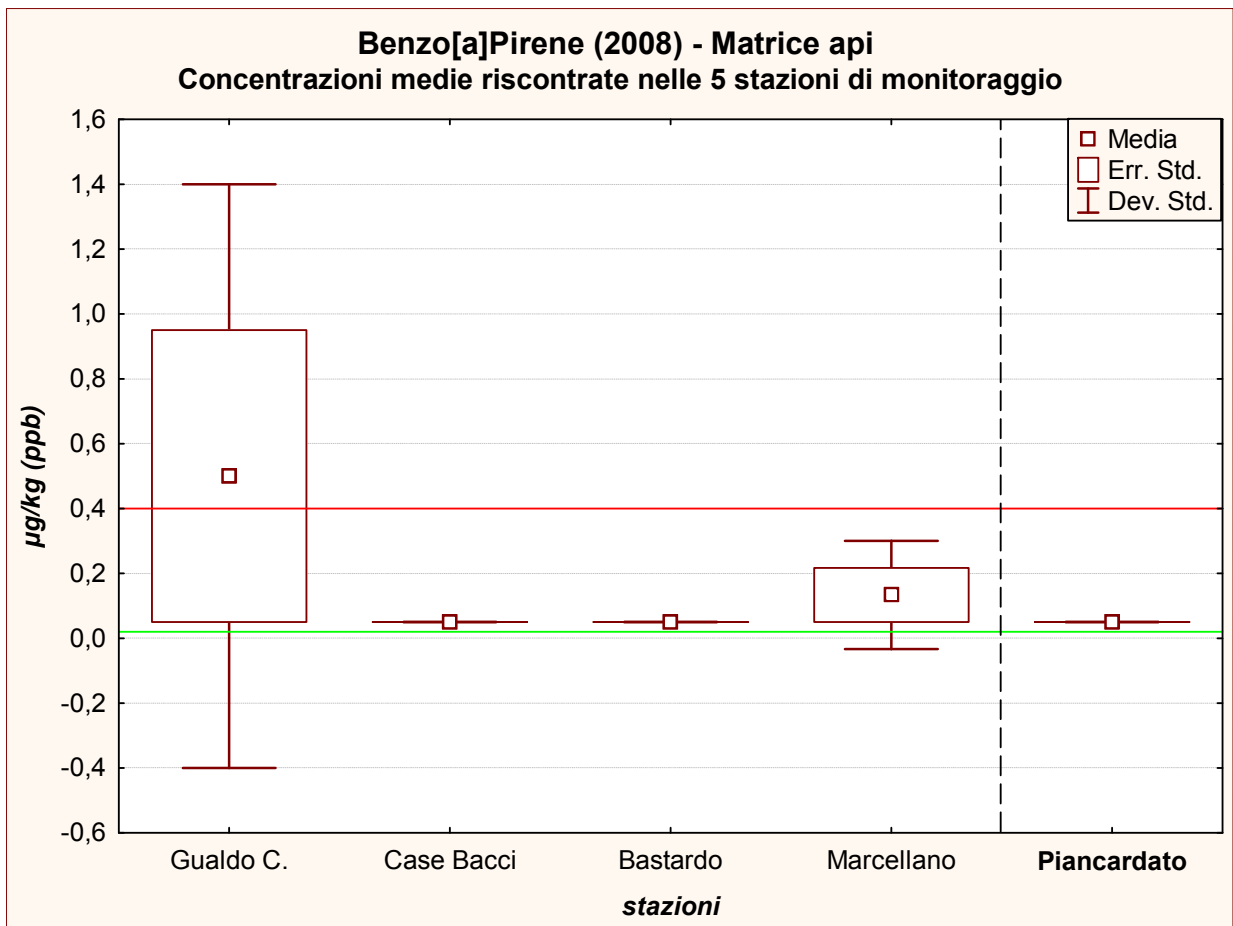


figura 21

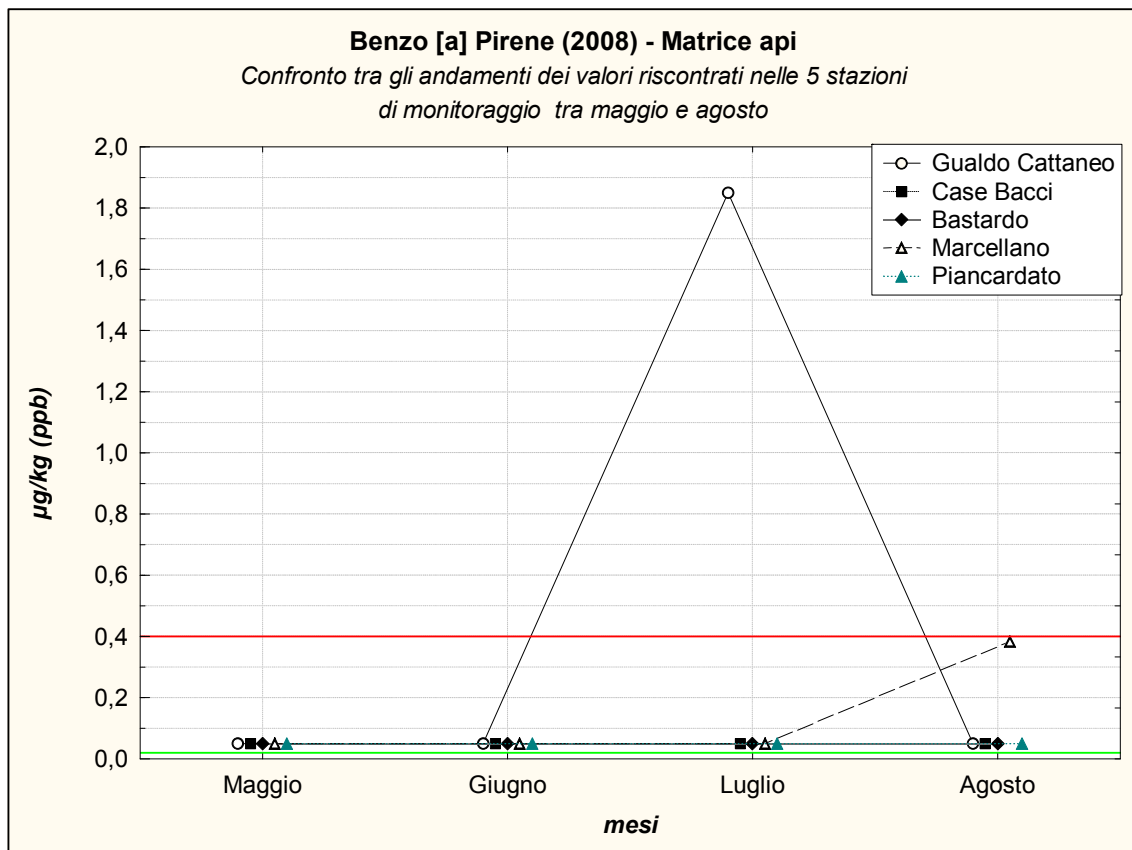


figura 22

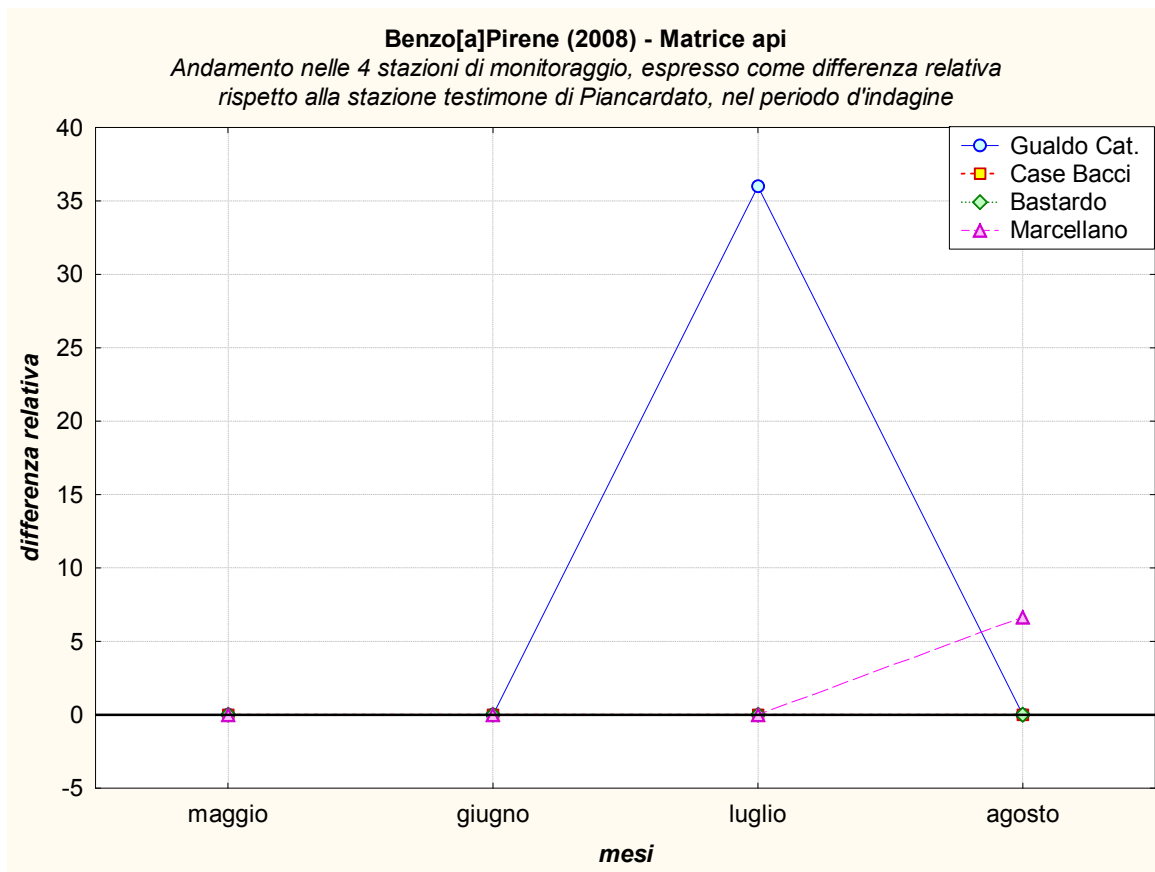


figura 23

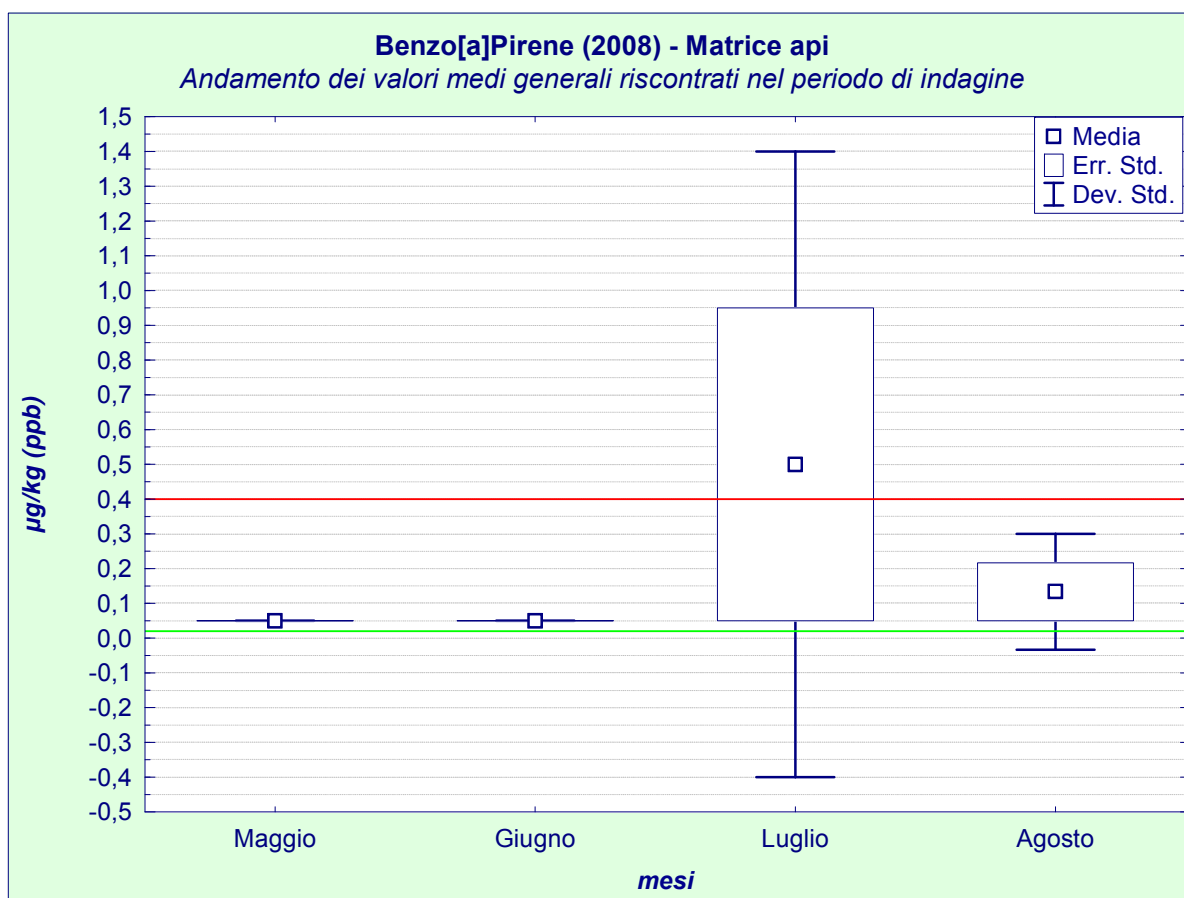


figura 24

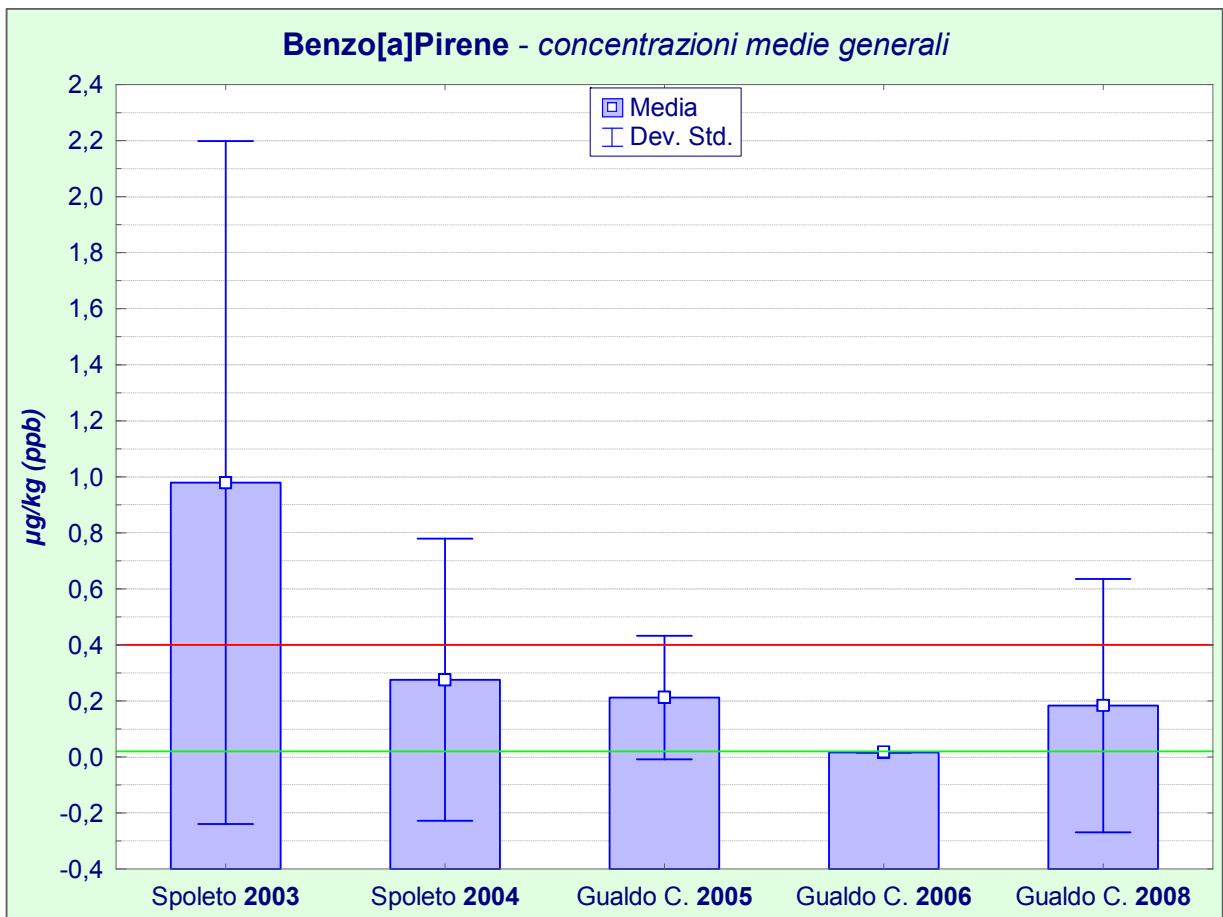


figura 25

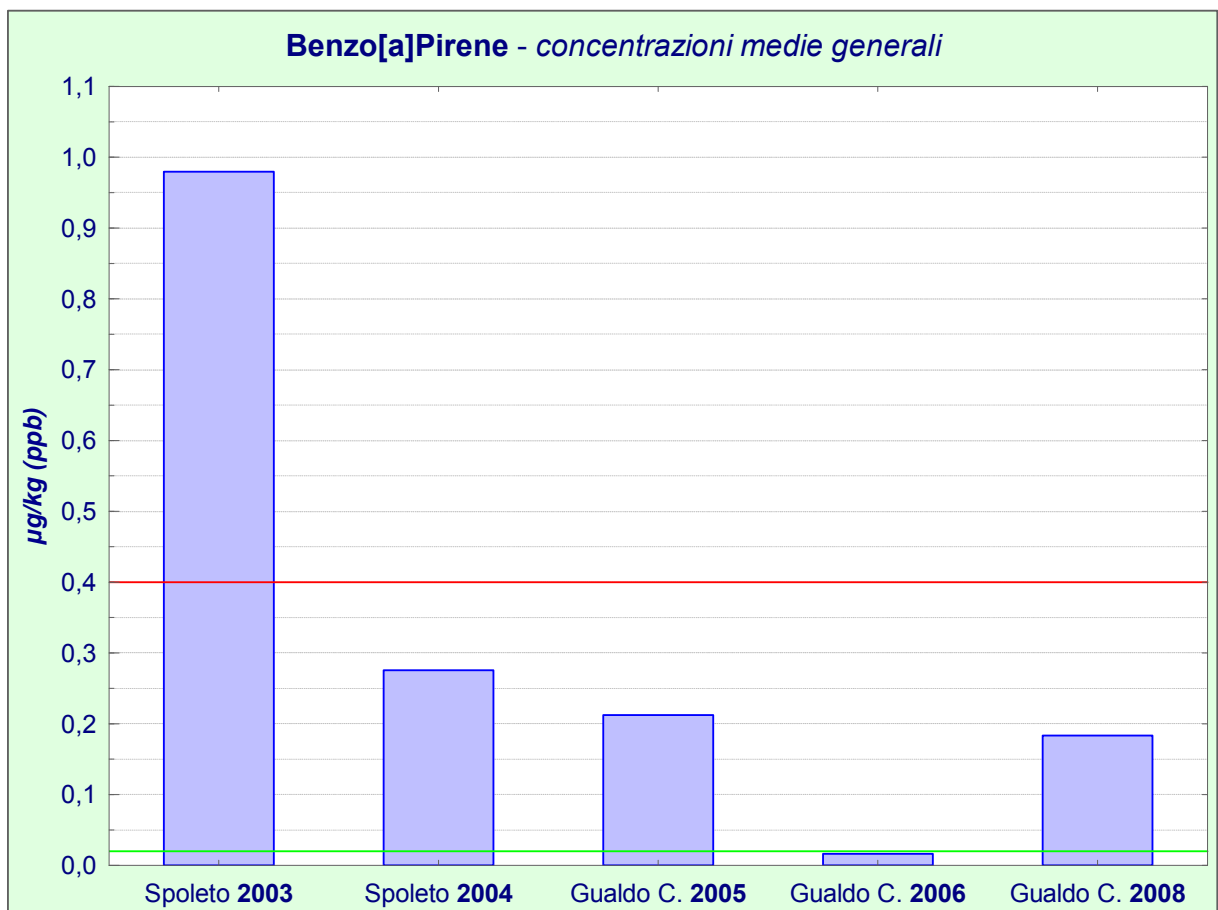


figura 25_bis

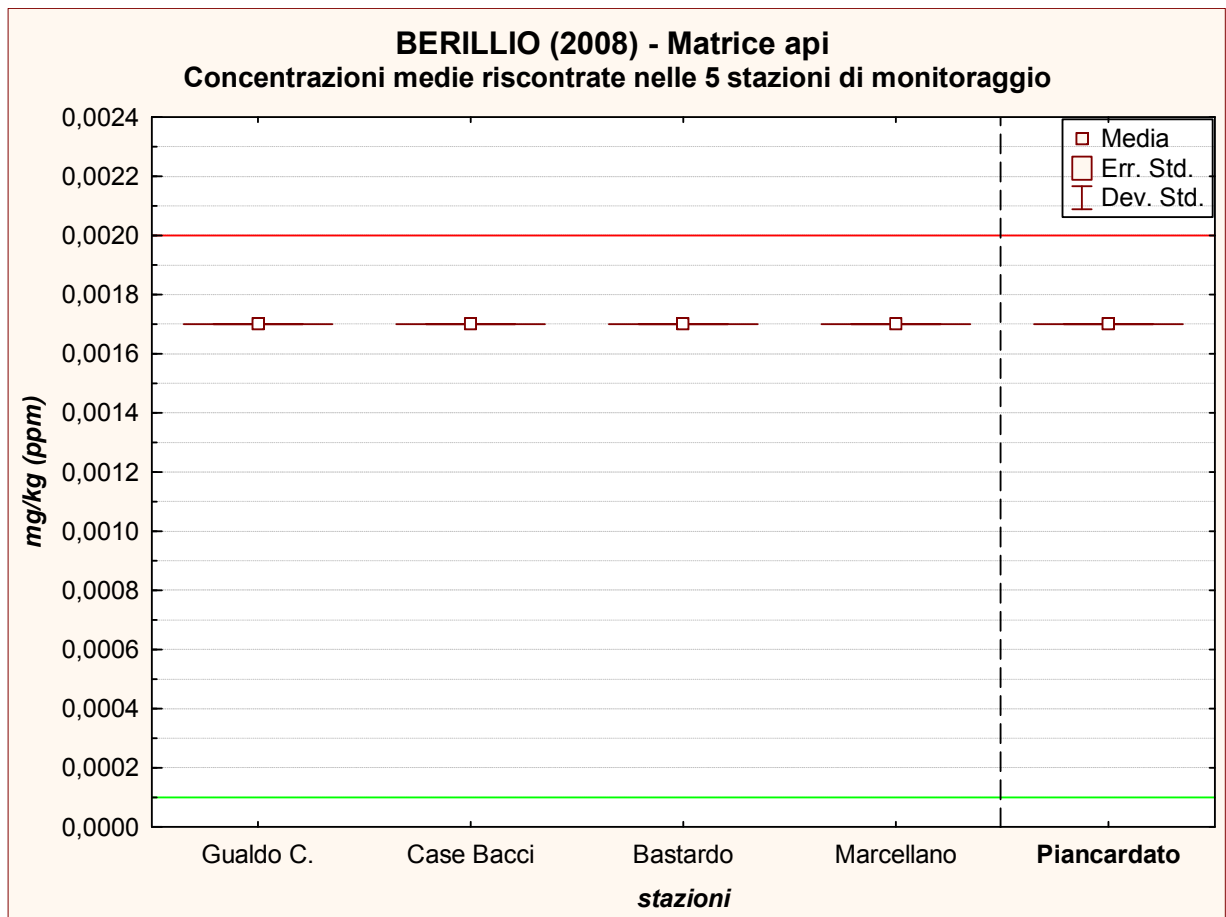


figura 26

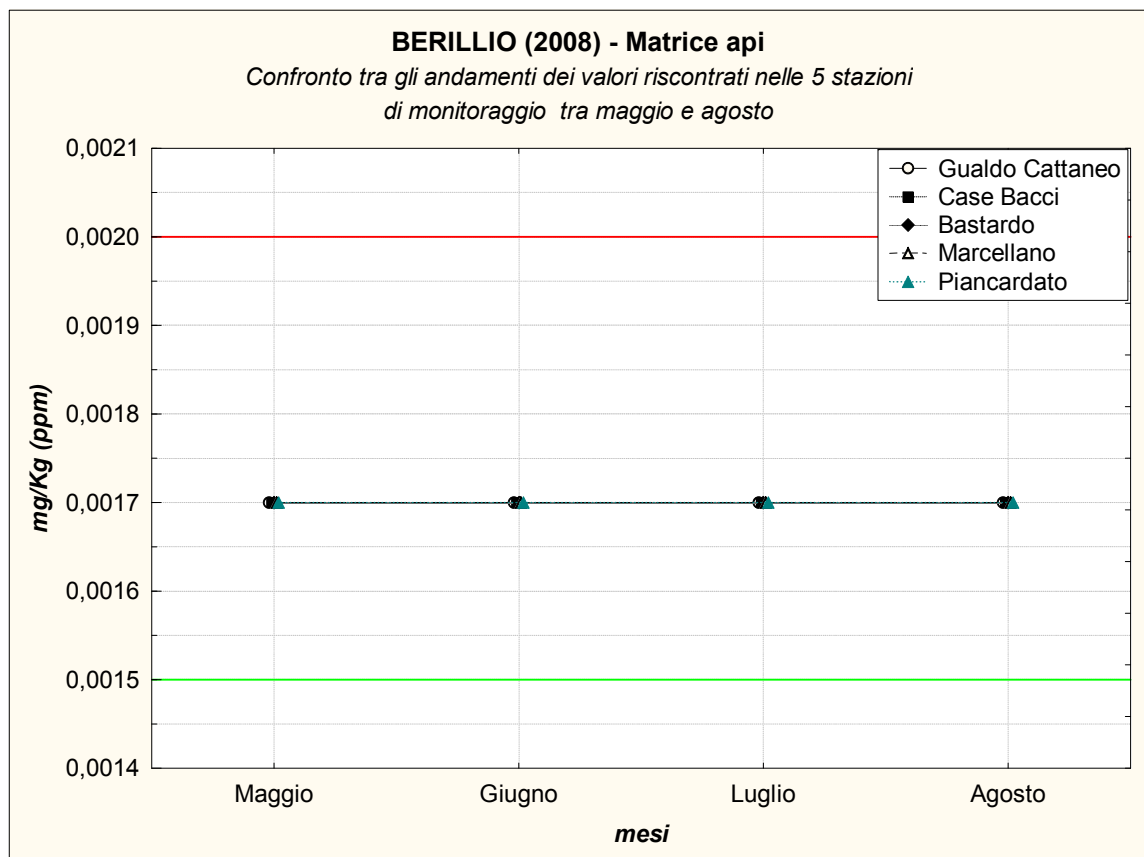


figura 27

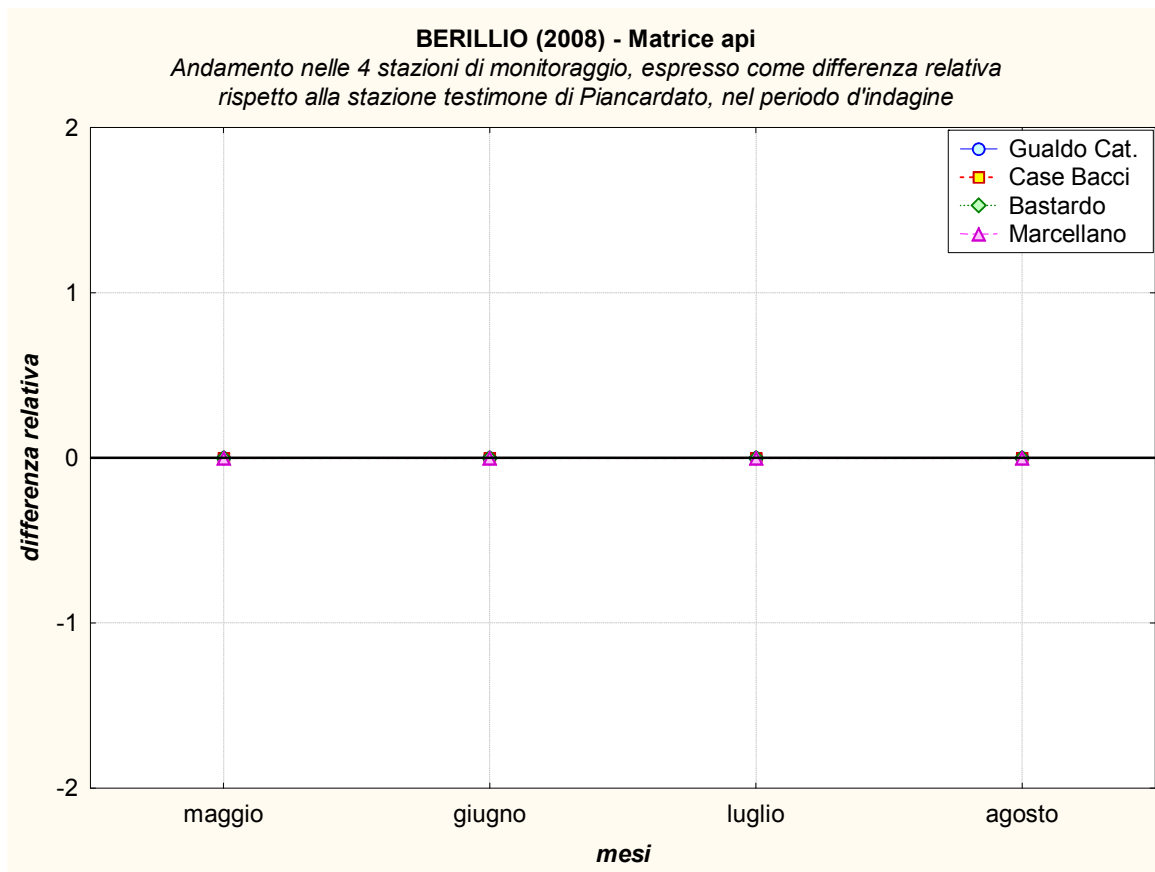


figura 28

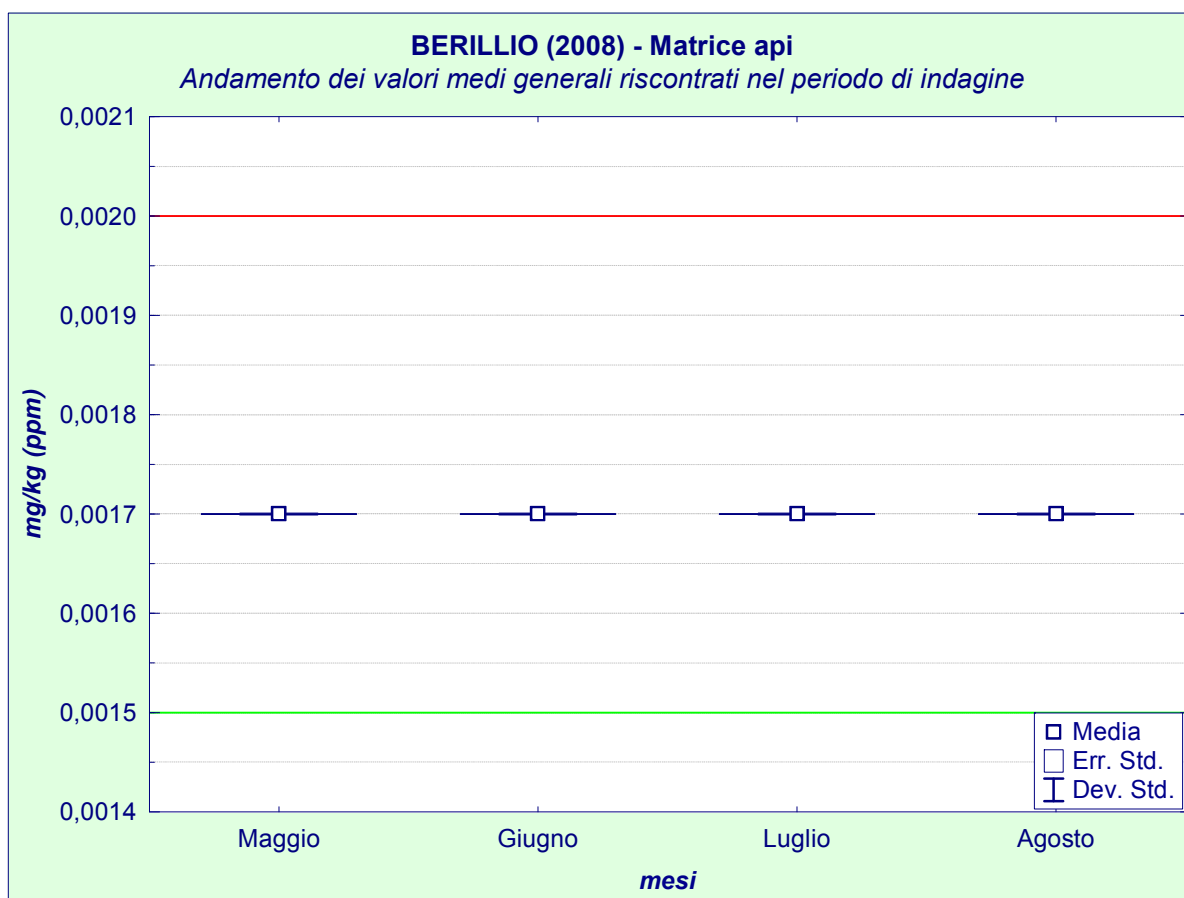


figura 29

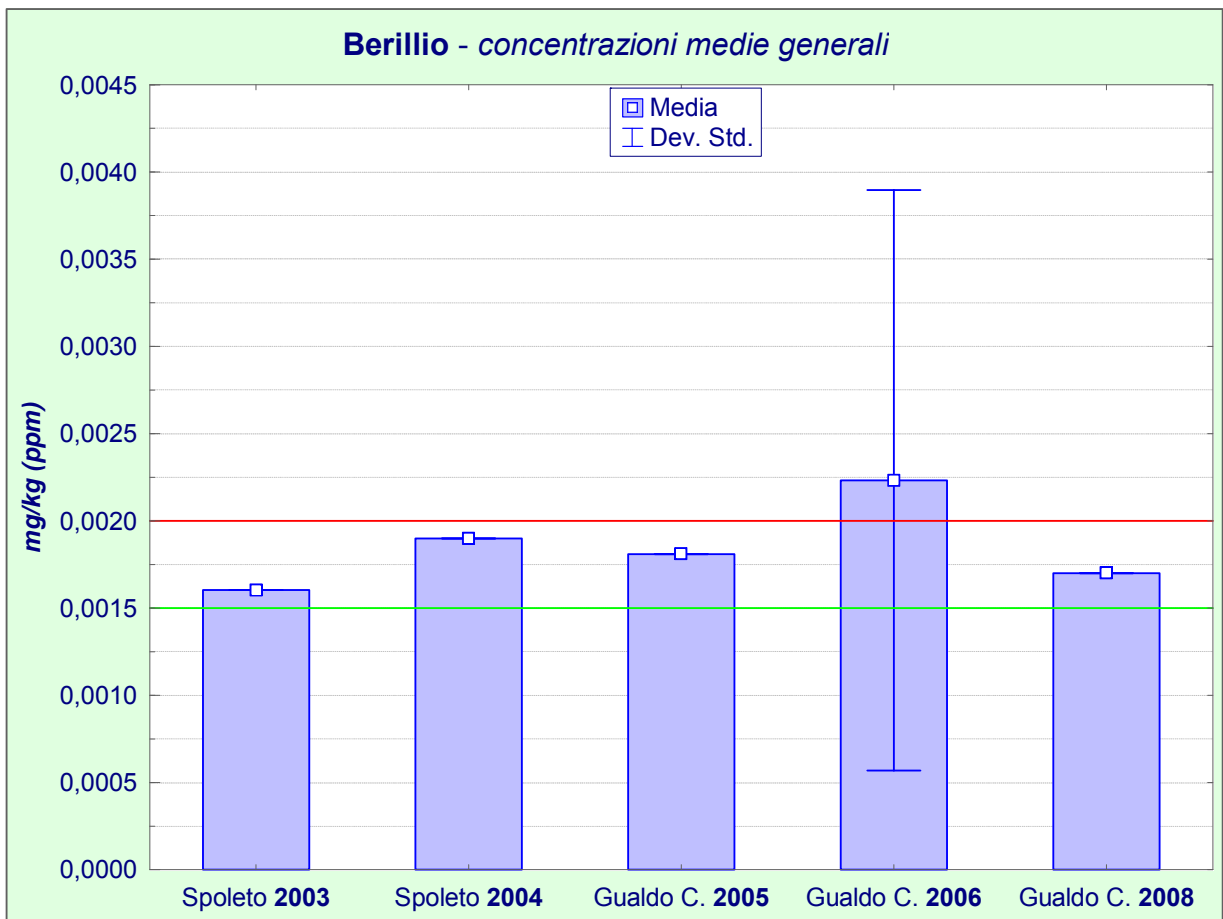


figura 30

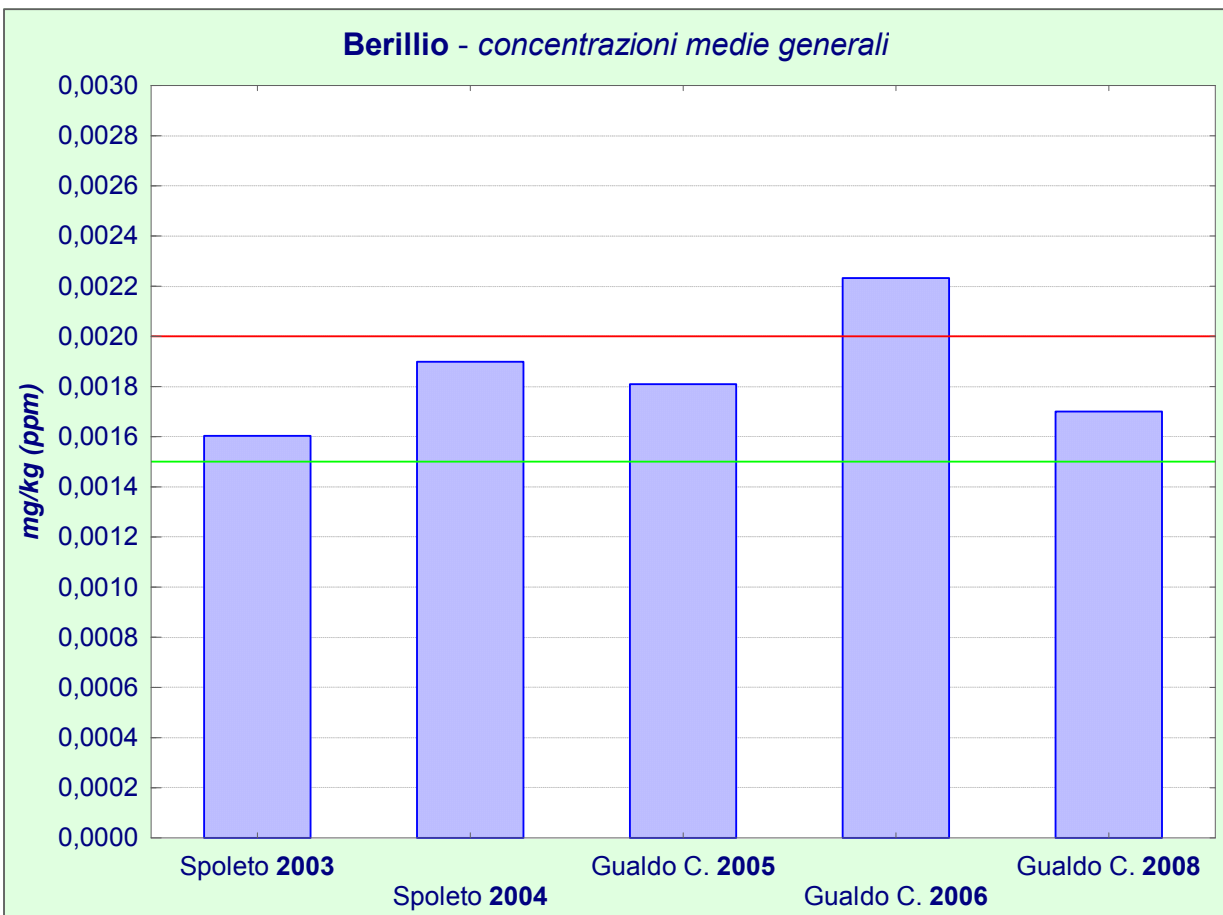


figura 30_bis

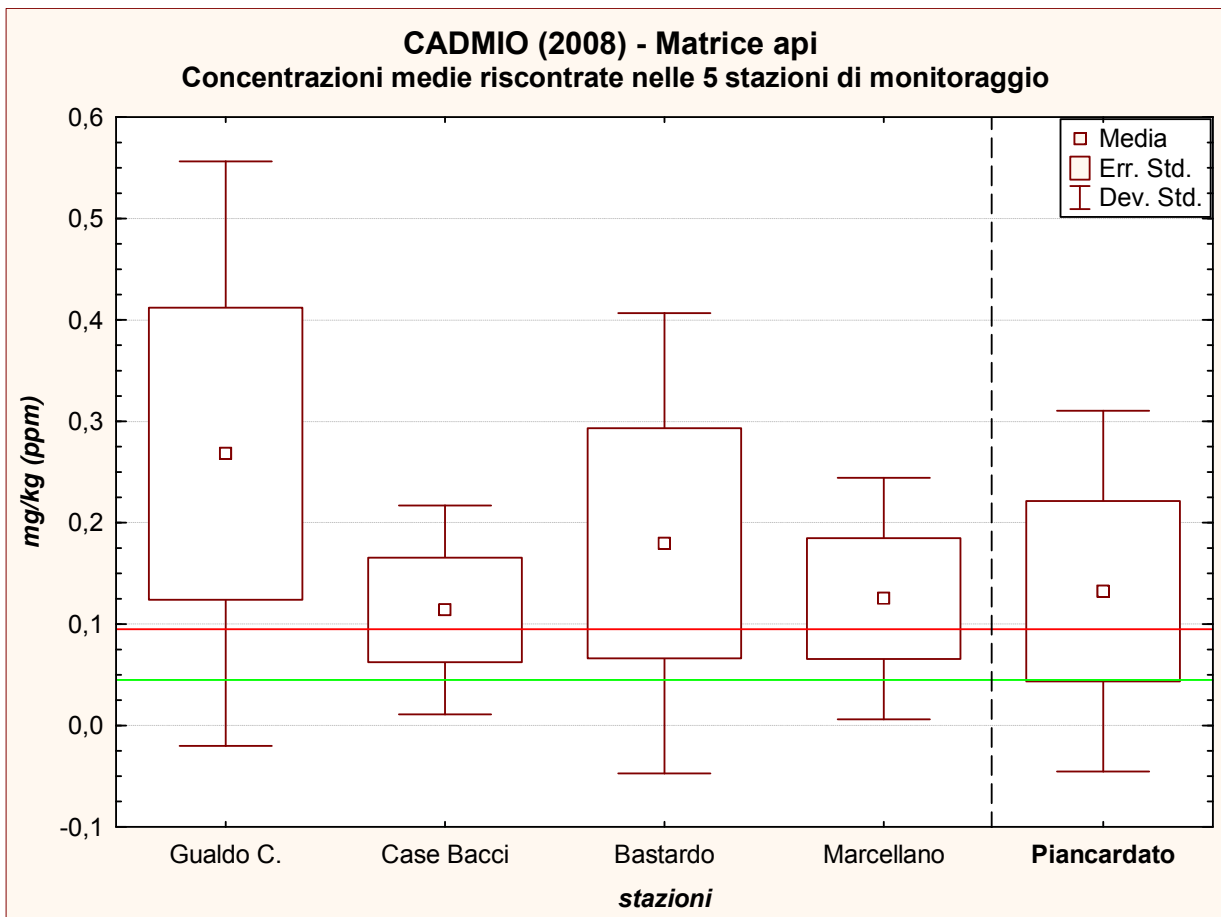


figura 31

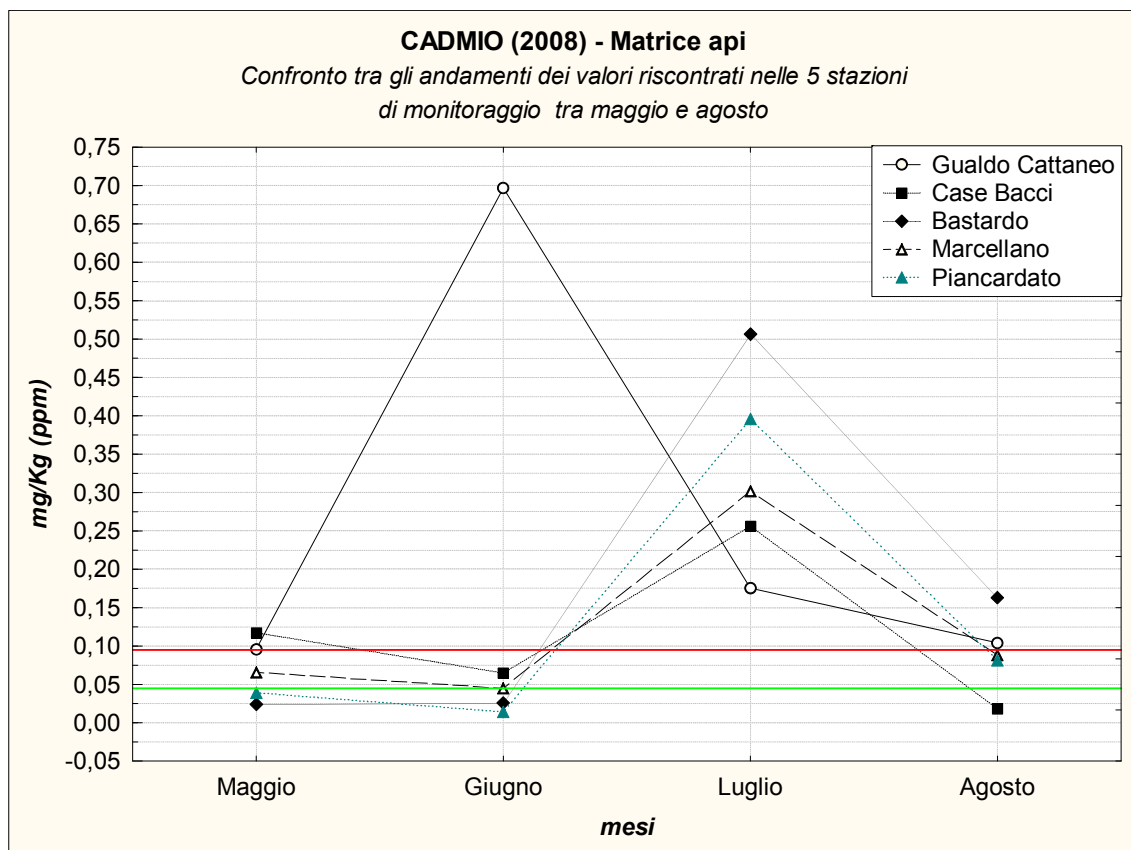


figura 32

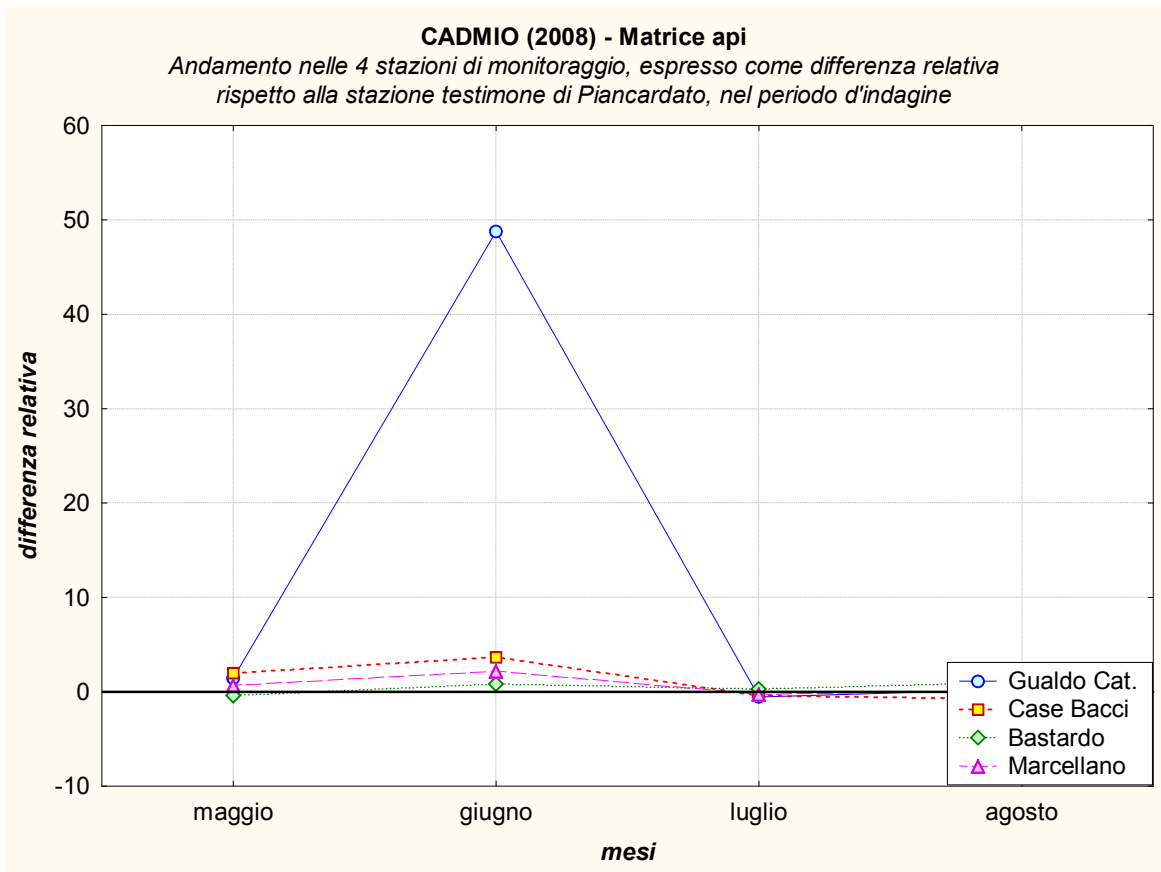


figura 33

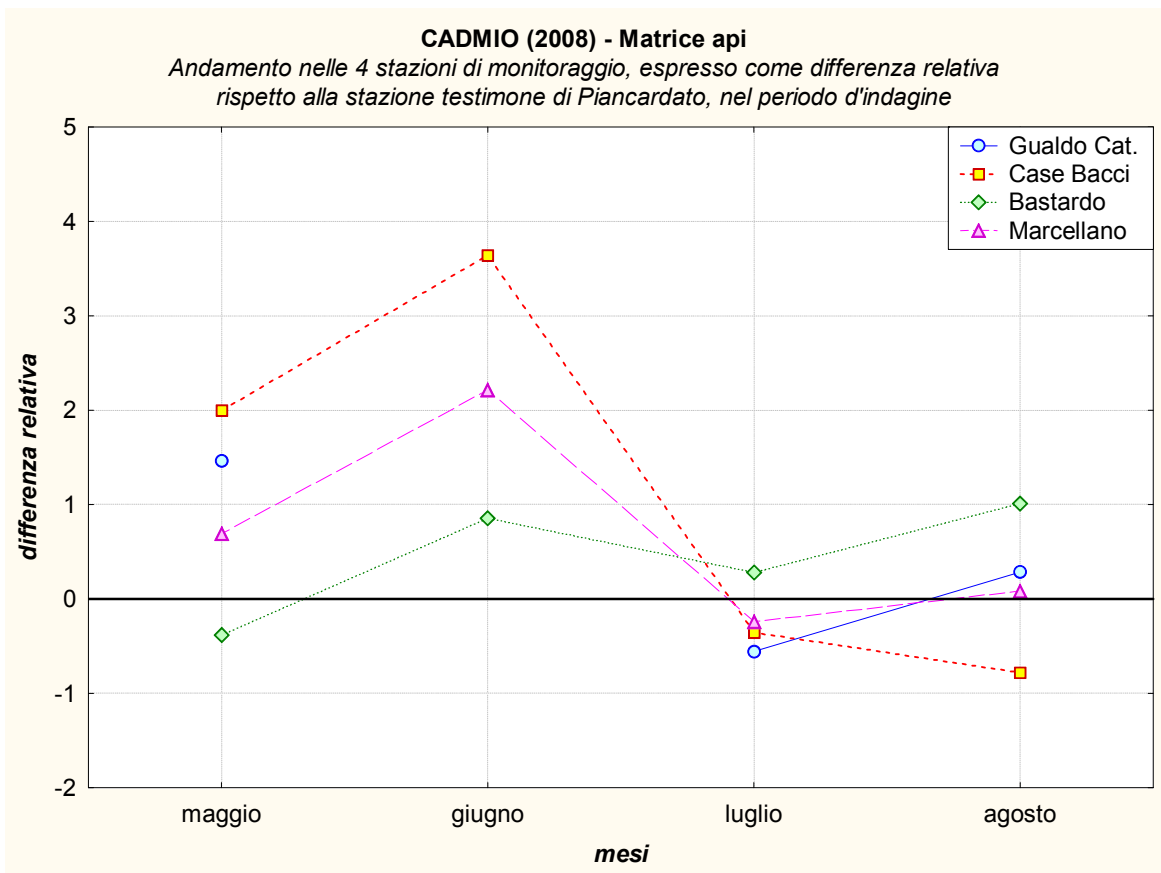


figura 33/bis

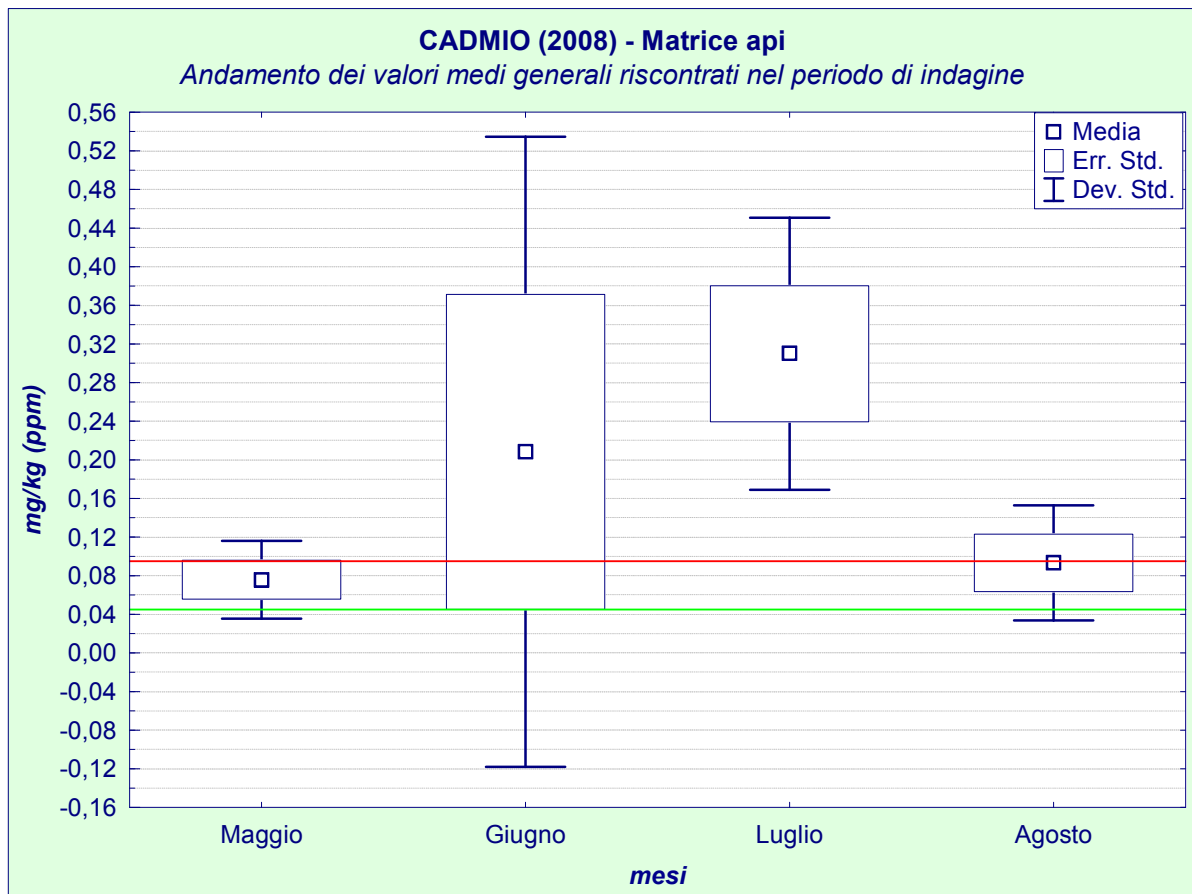


figura 34

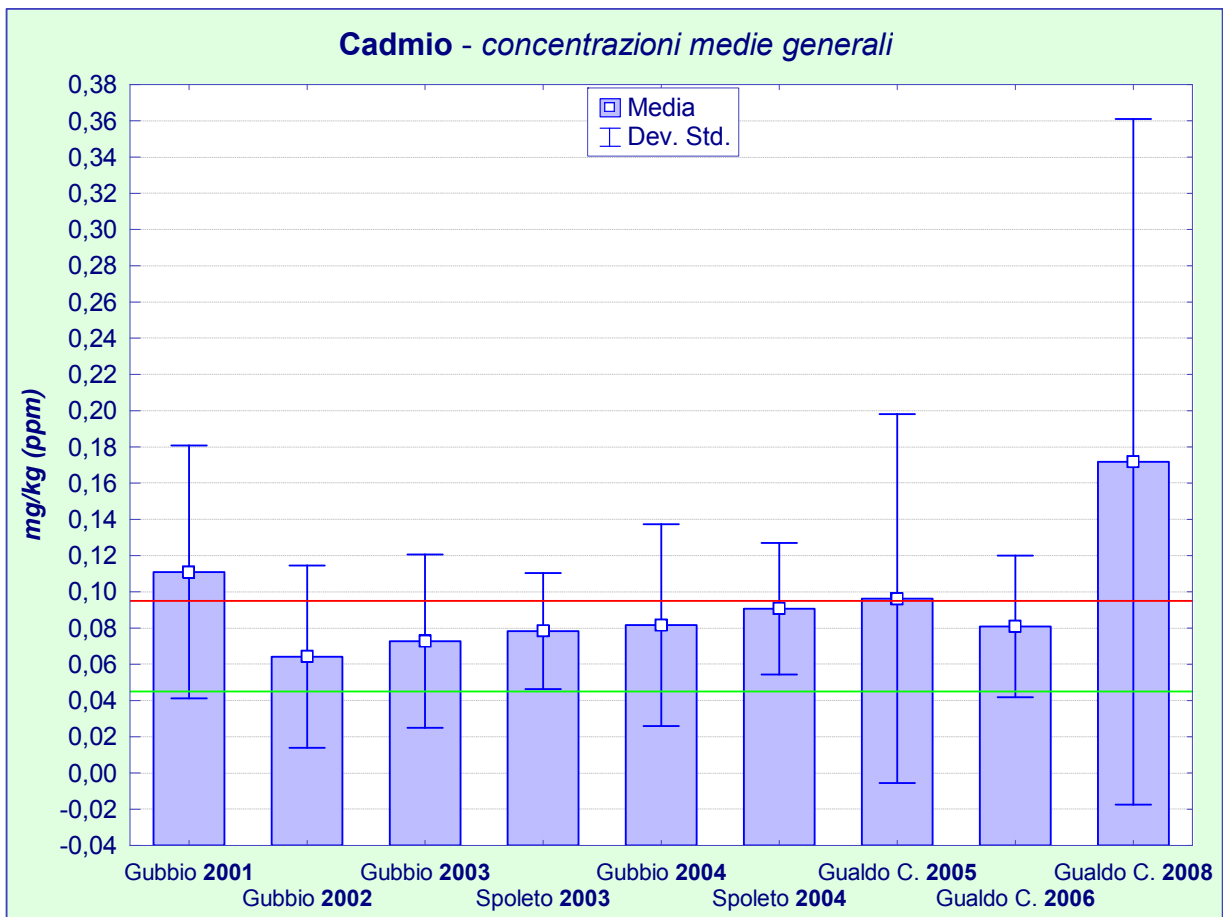


figura 35

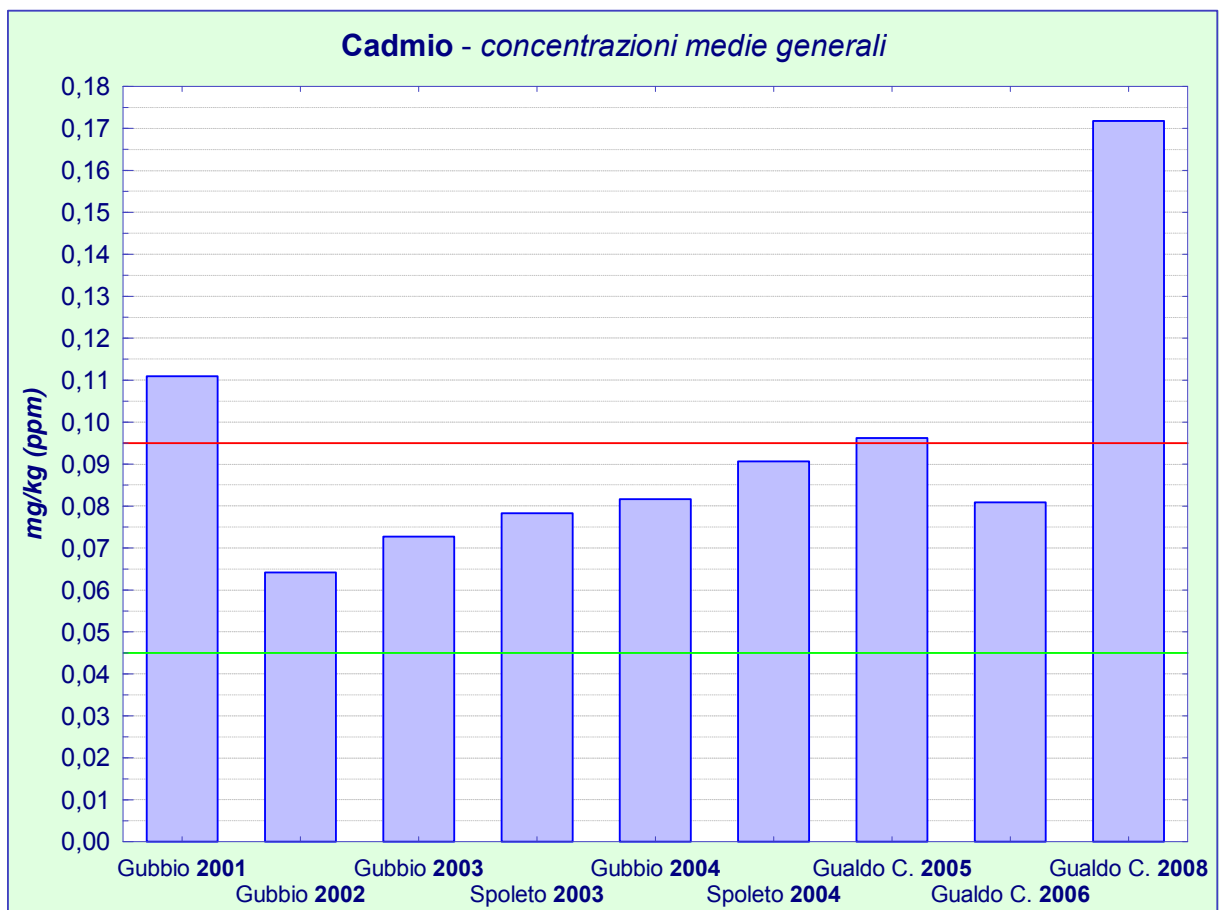


figura 35_bis

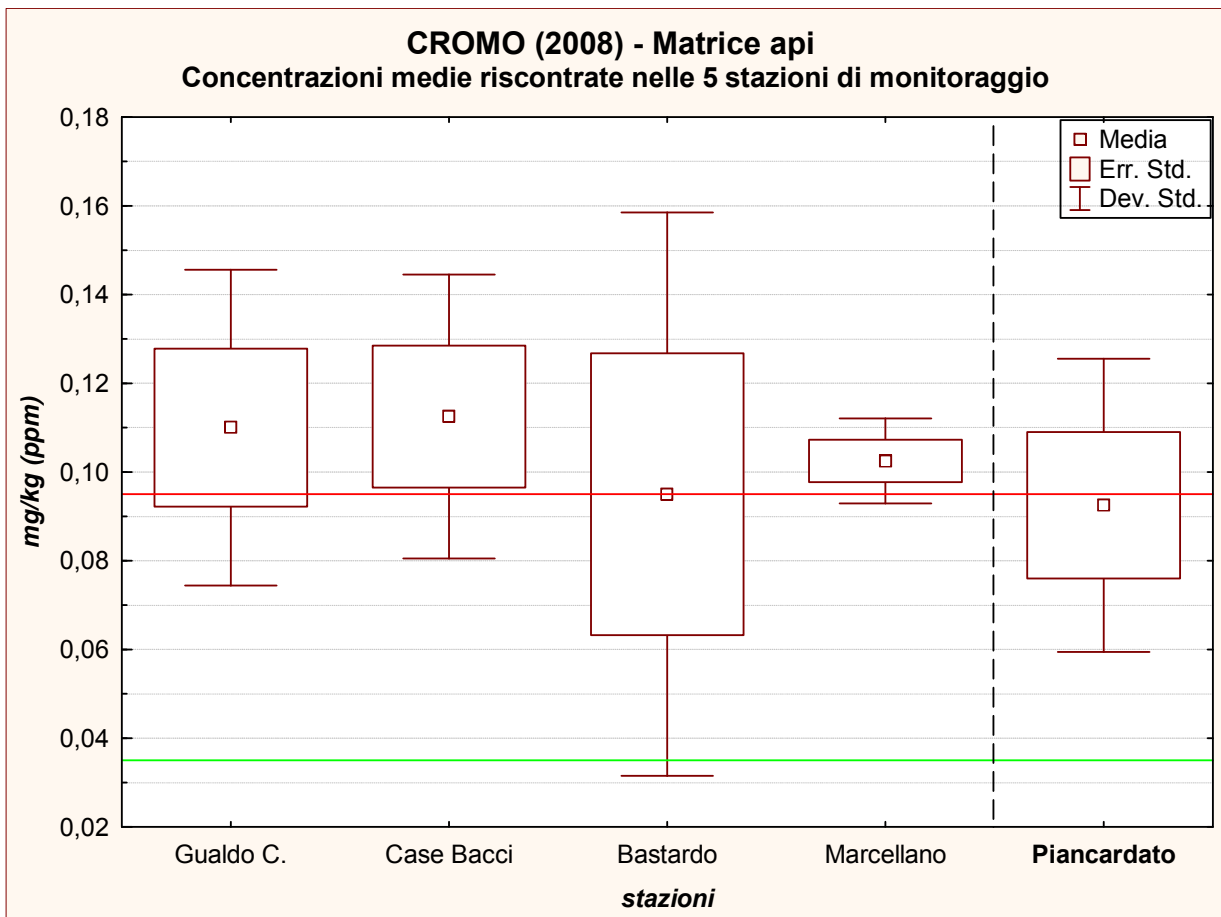


figura 36

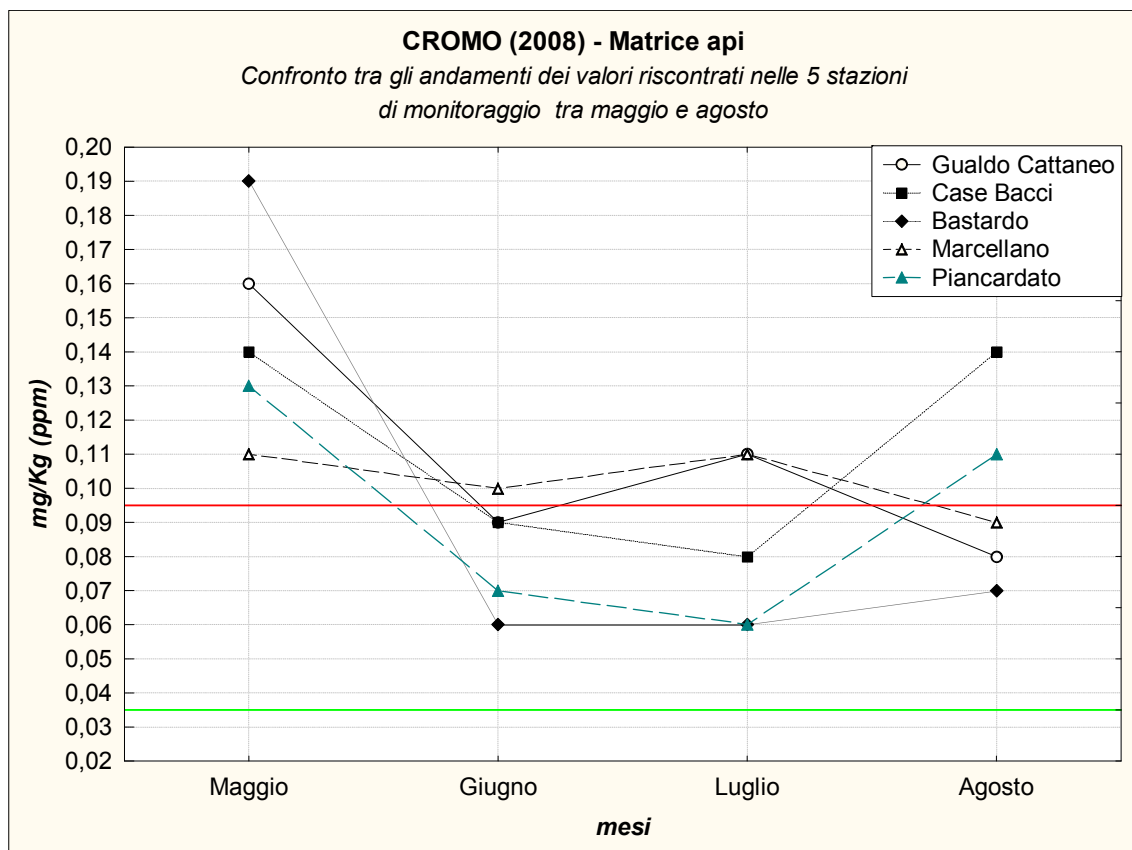


figura 37

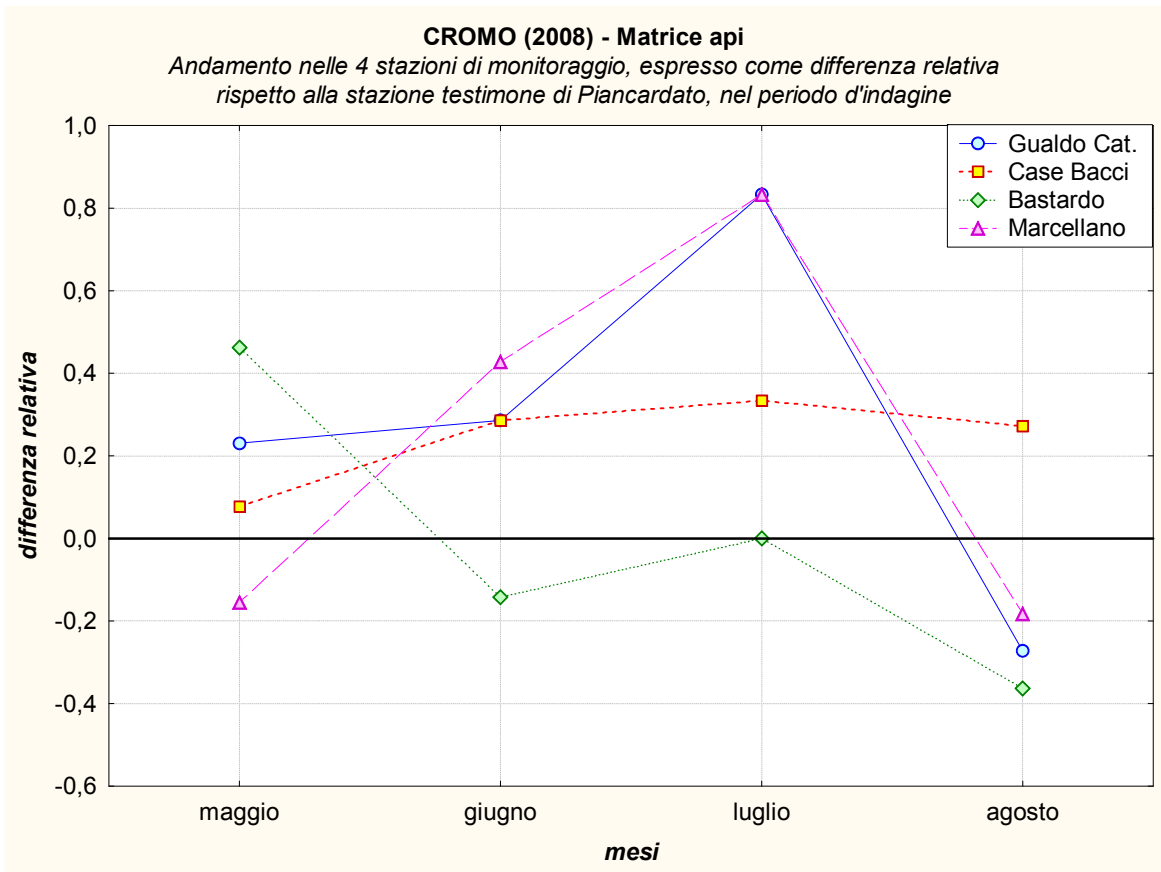


figura 38

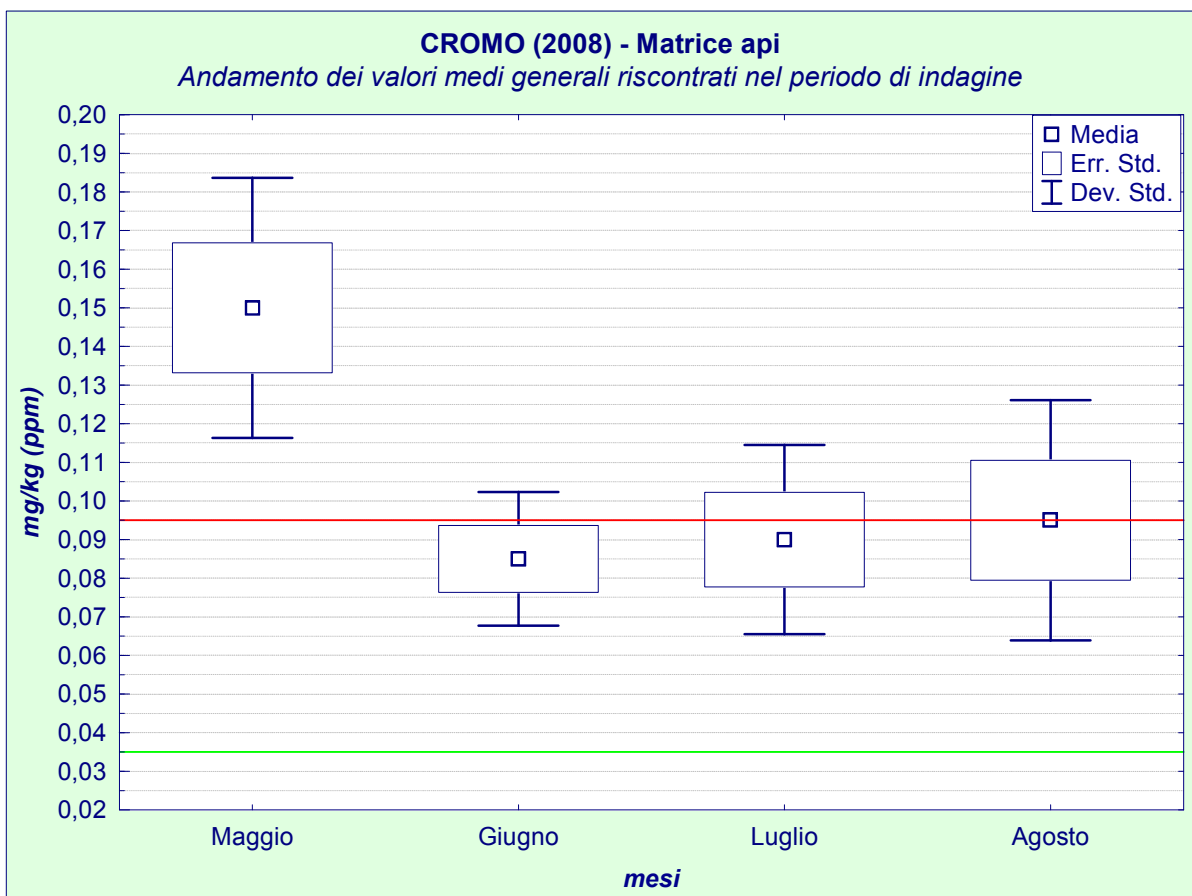


figura 39

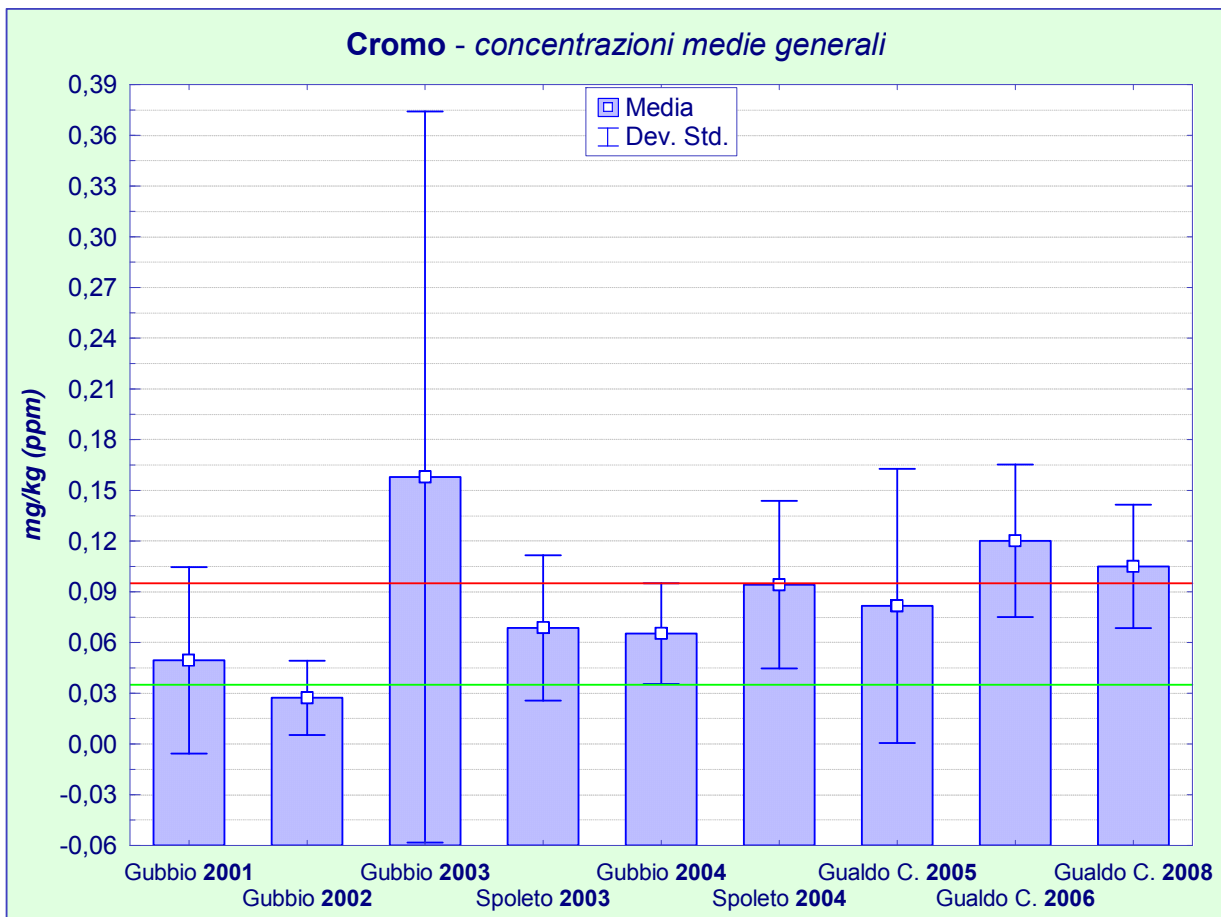


figura 40

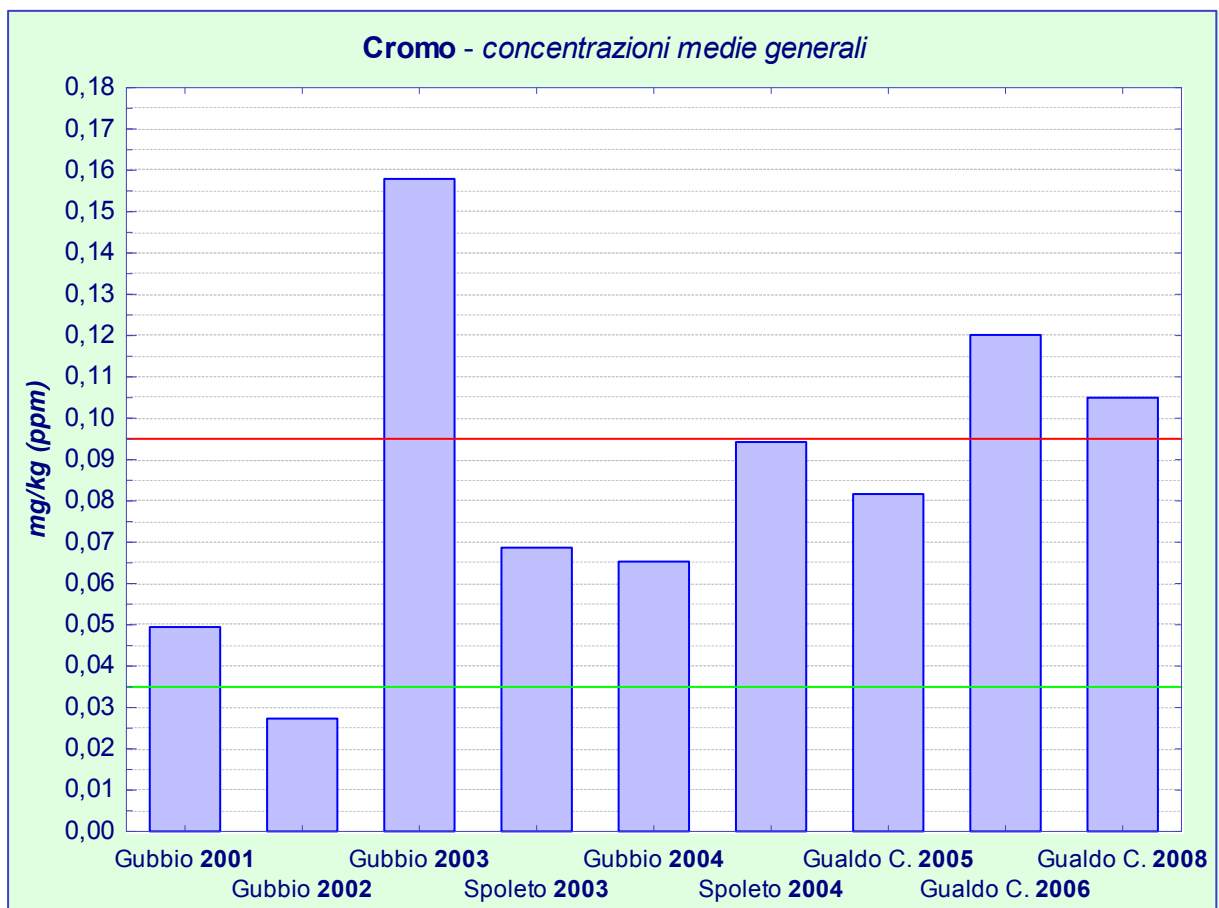


figura 40_bis

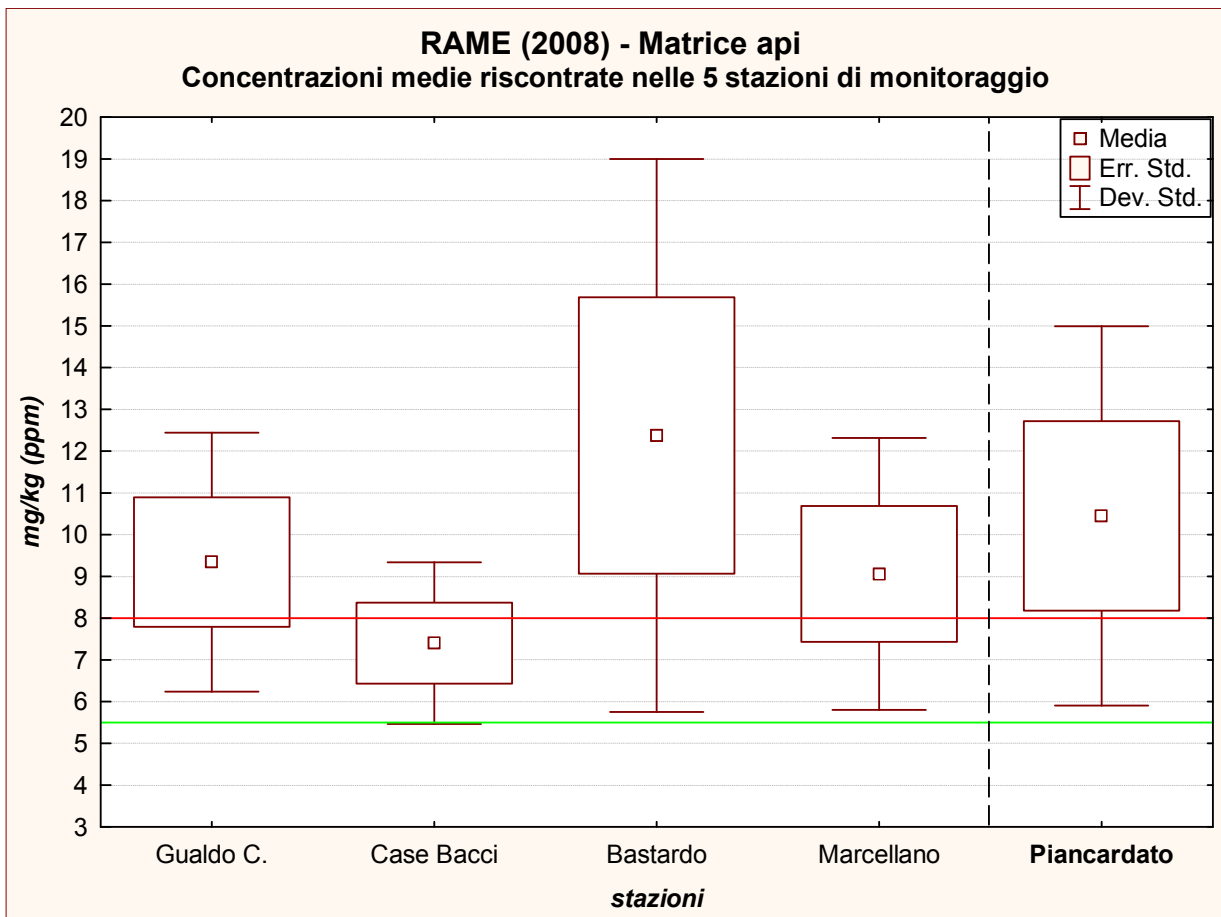


figura 41

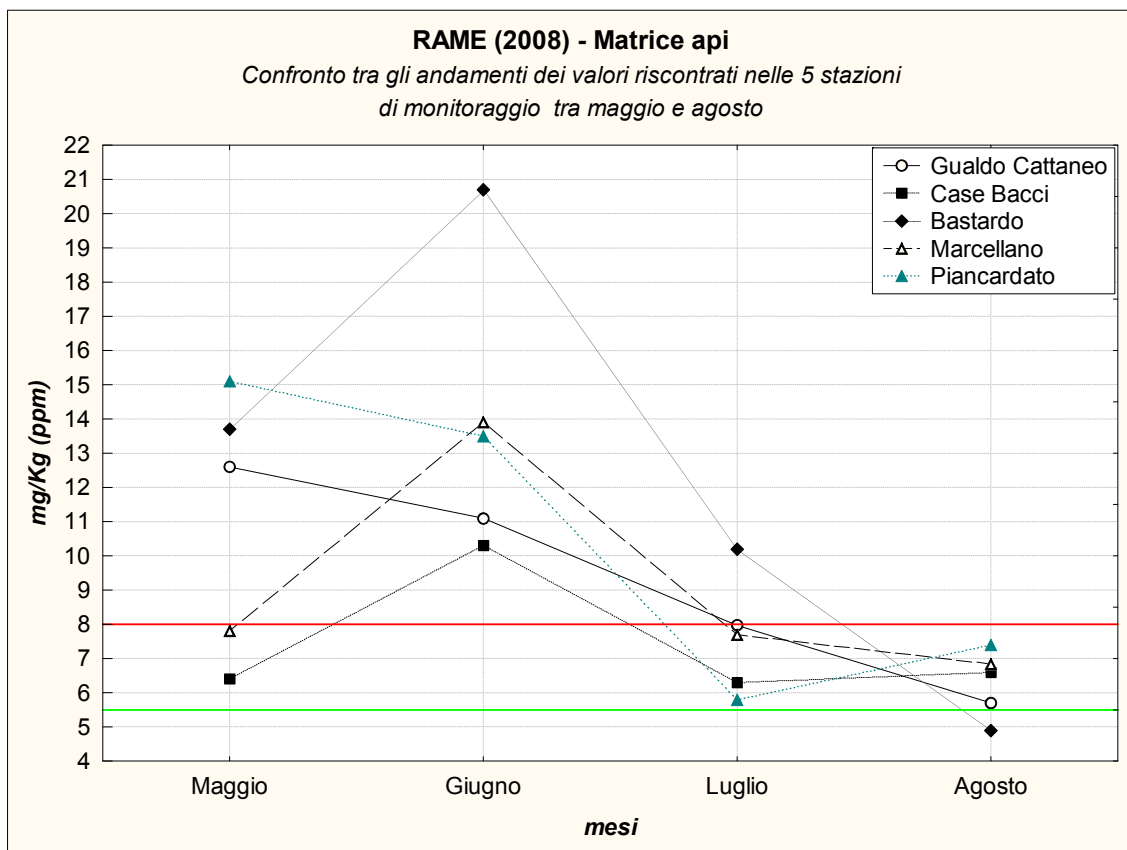


figura 42

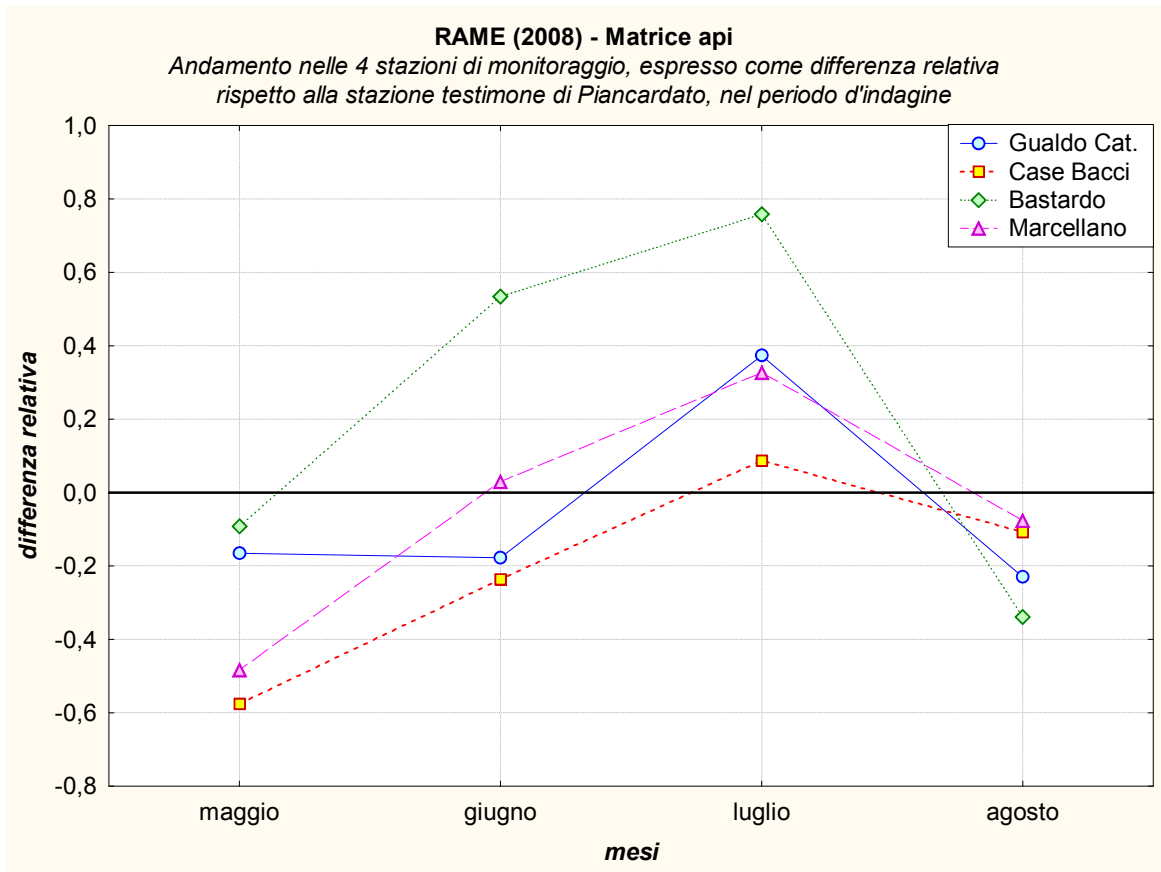


figura 43

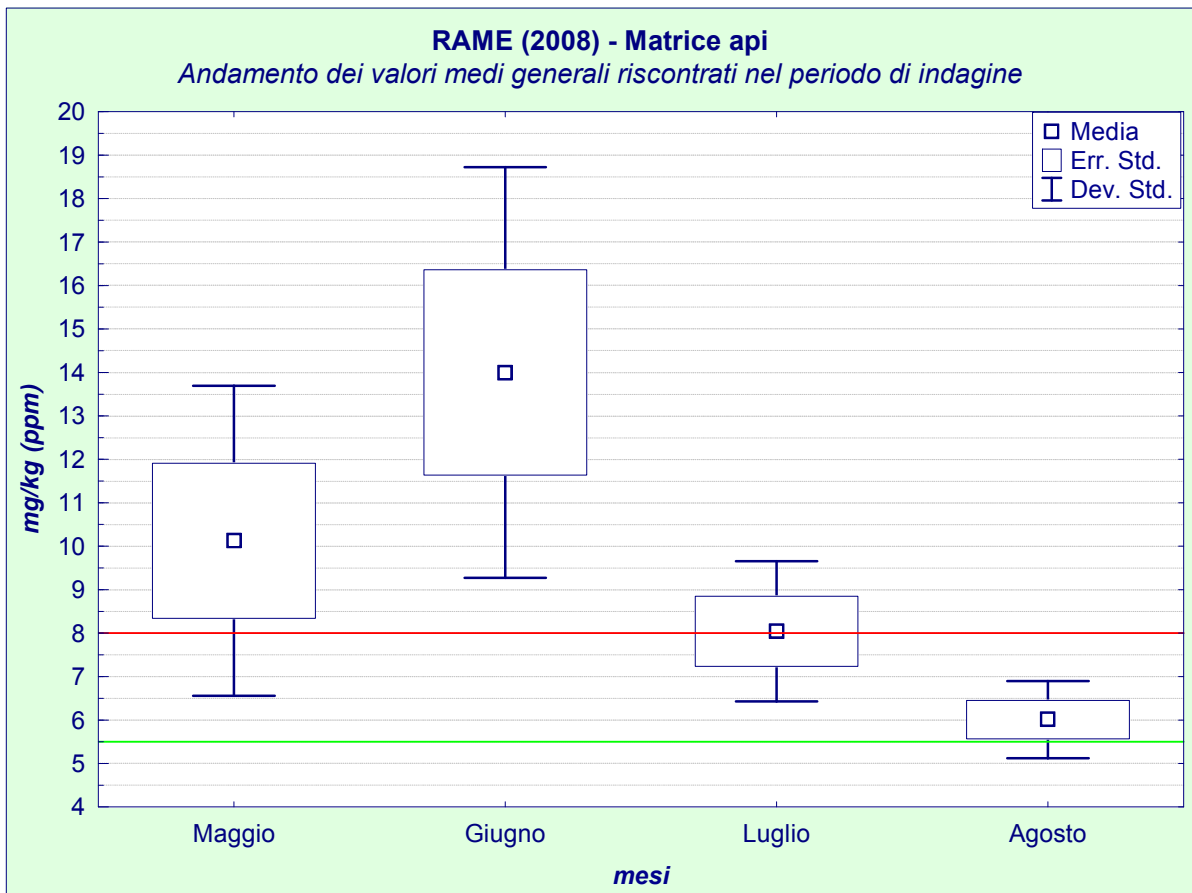


figura 44

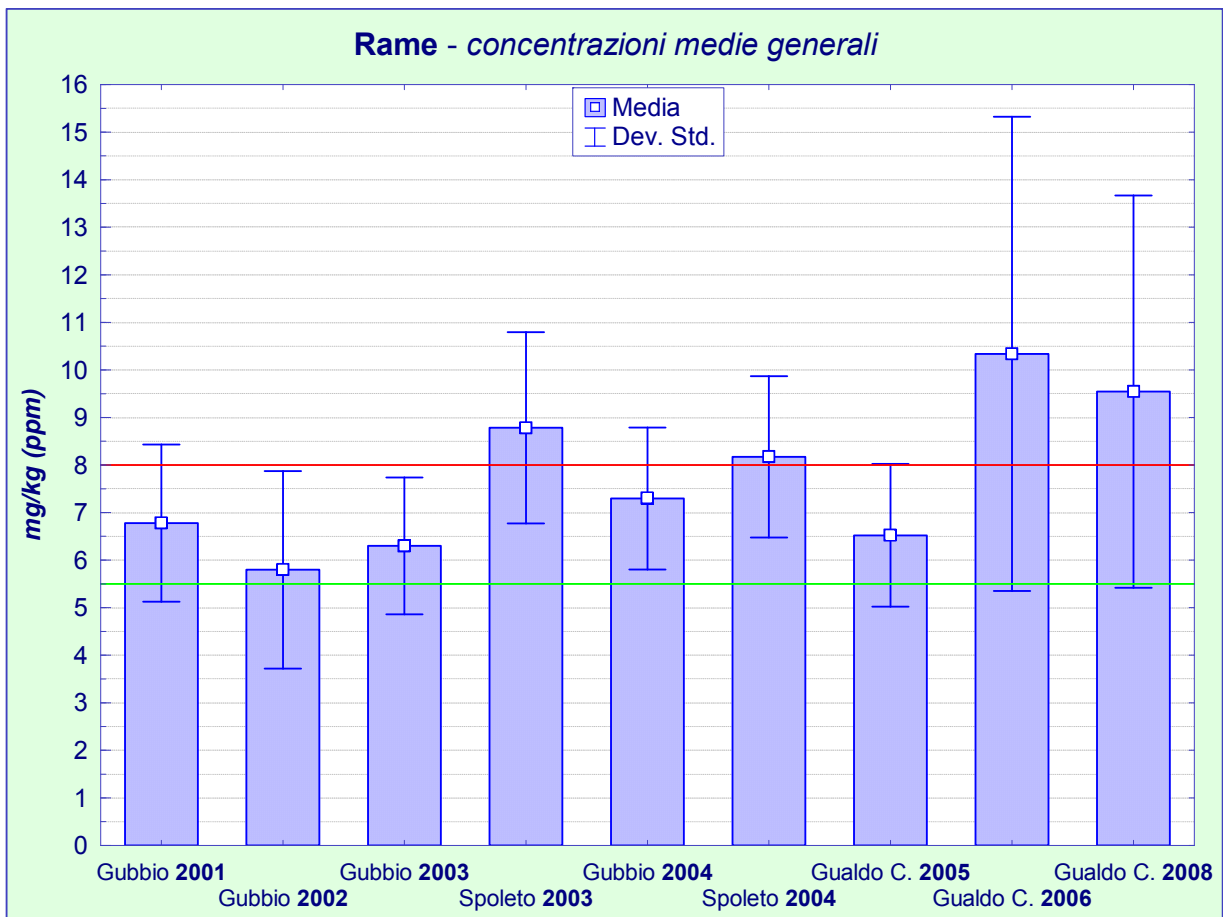


figura 45

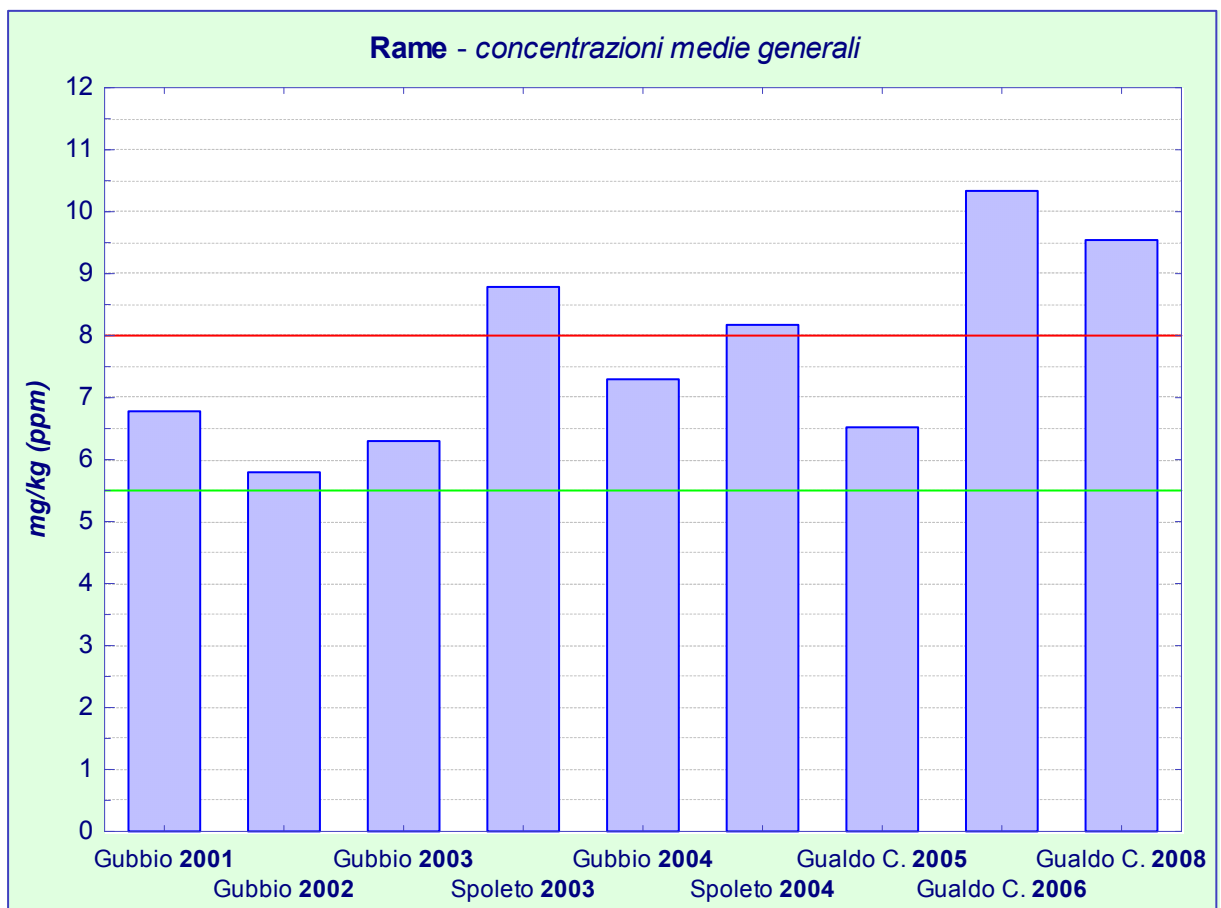


figura 45_bis

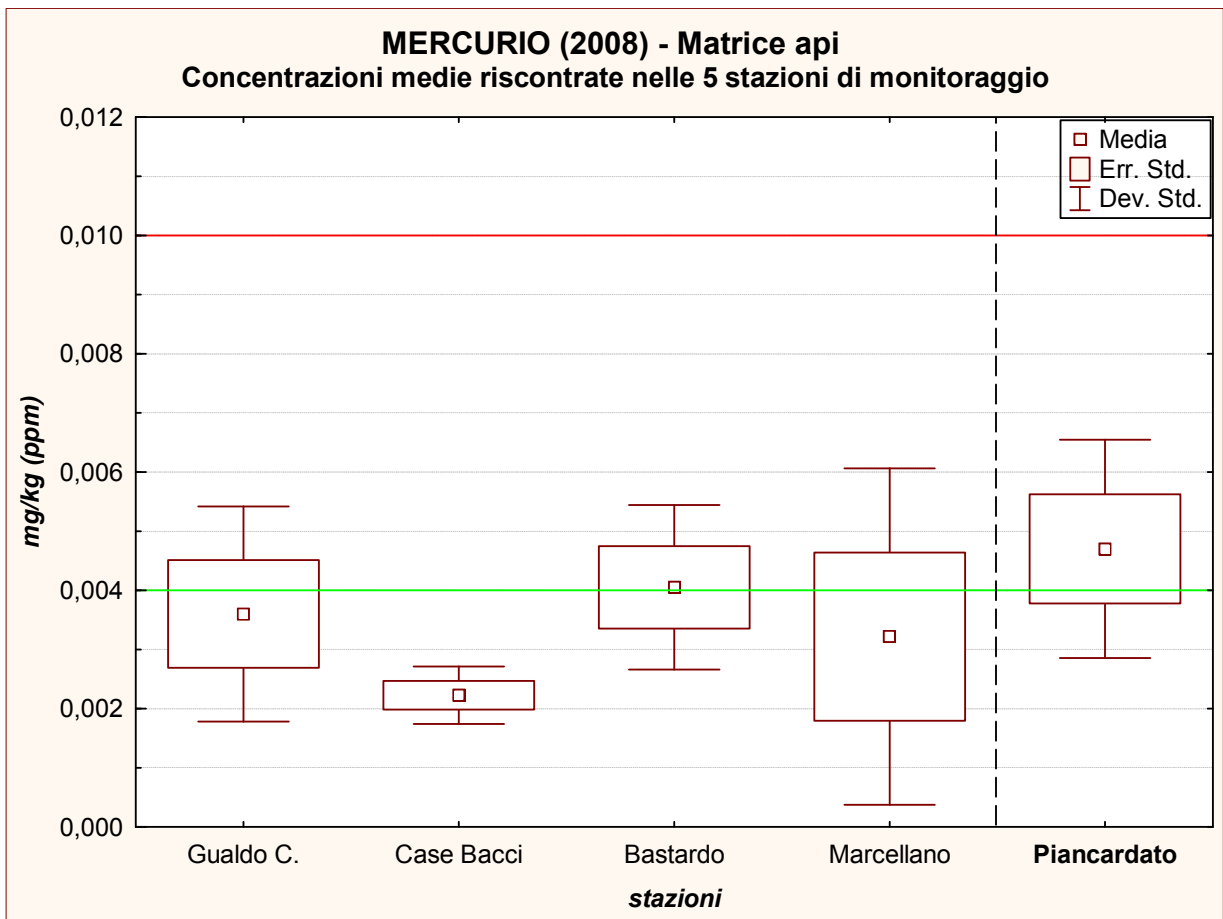


figura 46

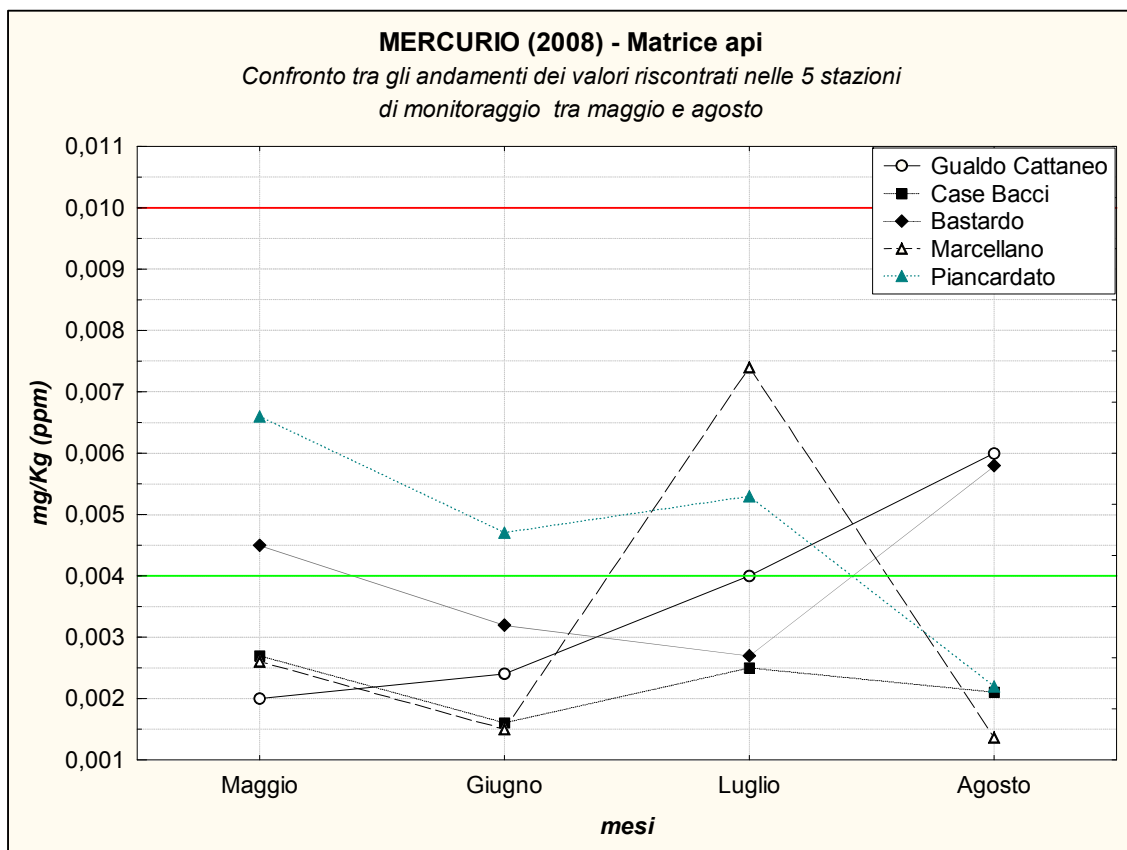


figura 47

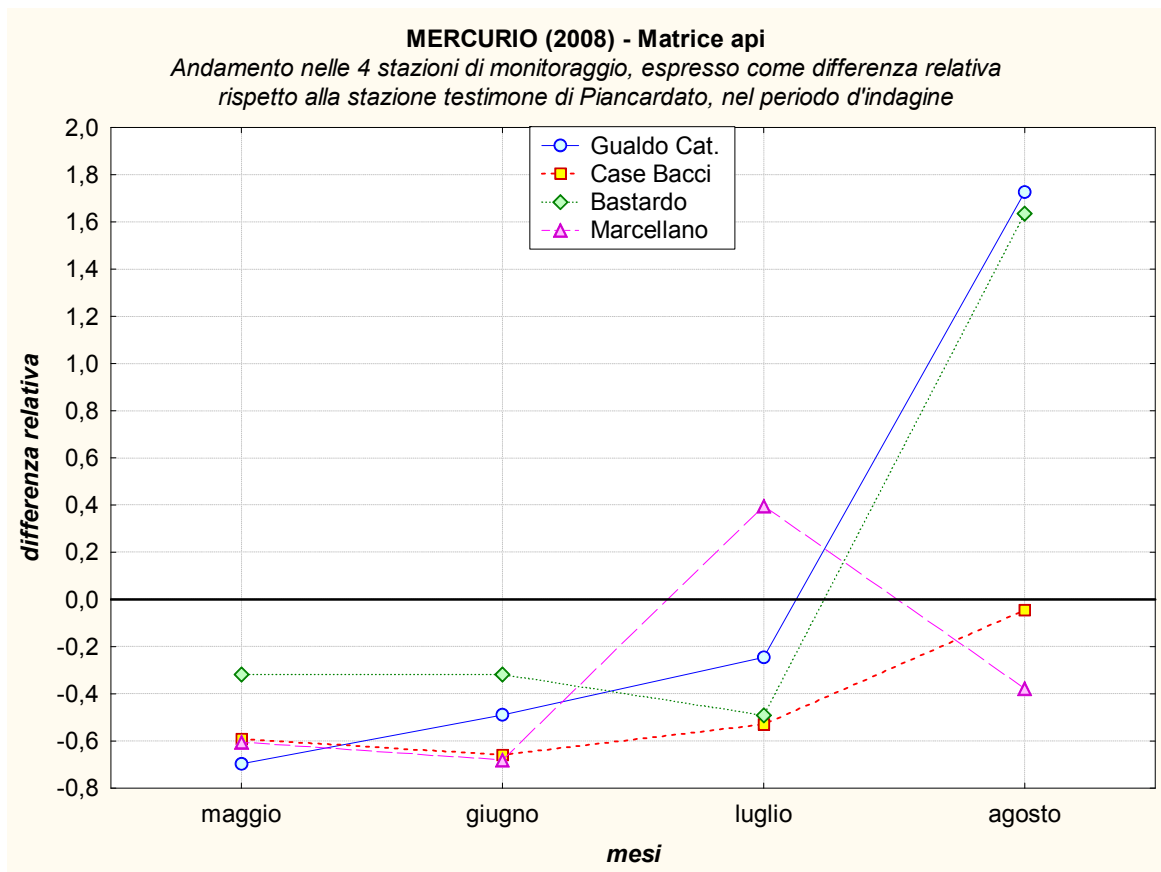


figura 48

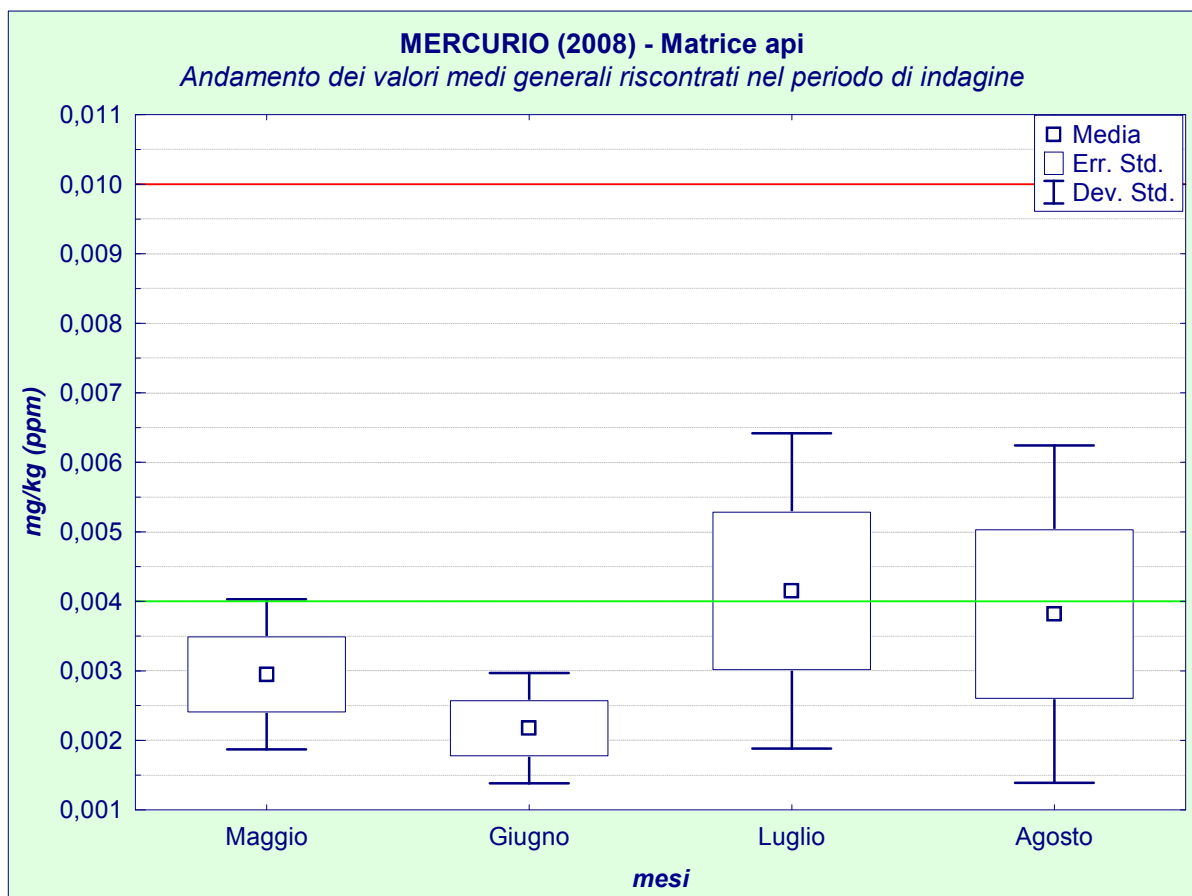


figura 49

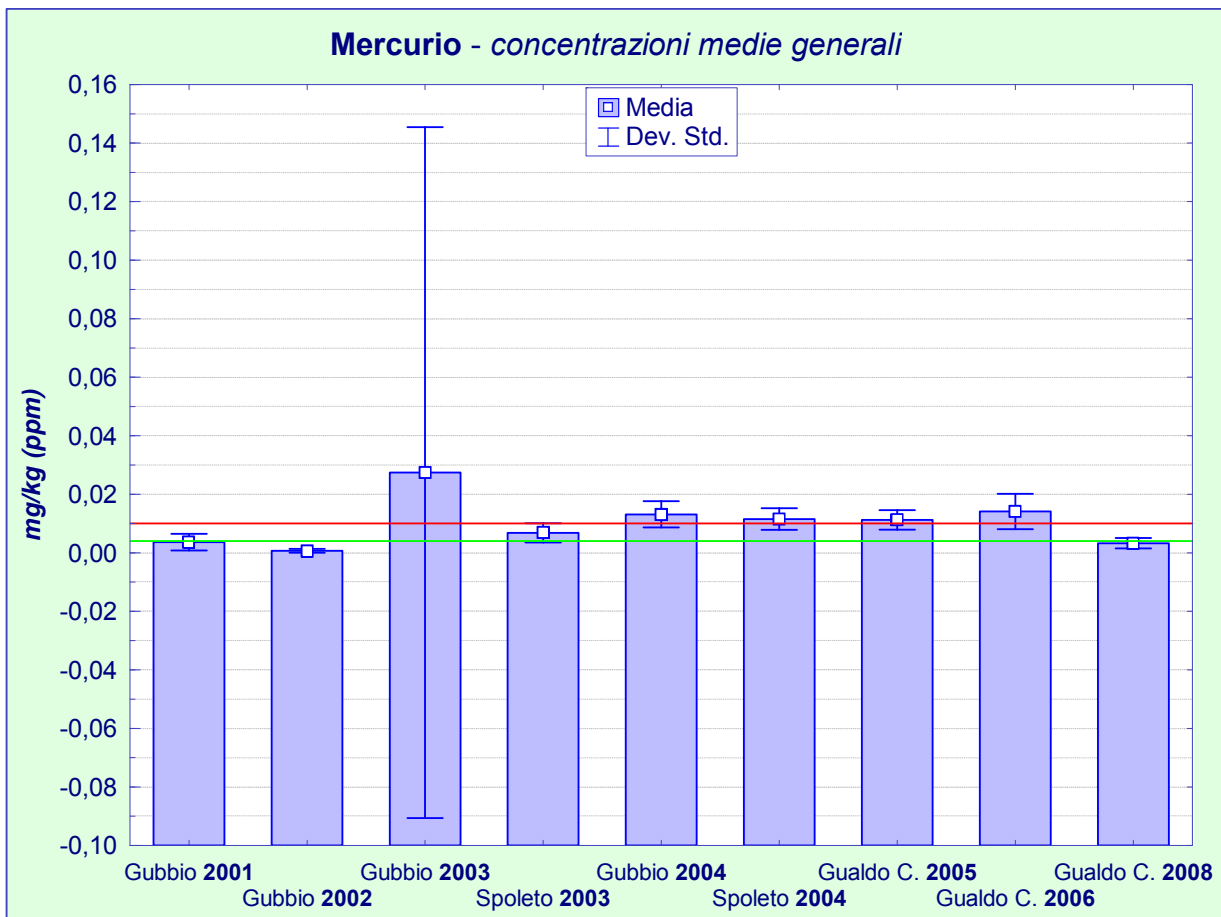


figura 50

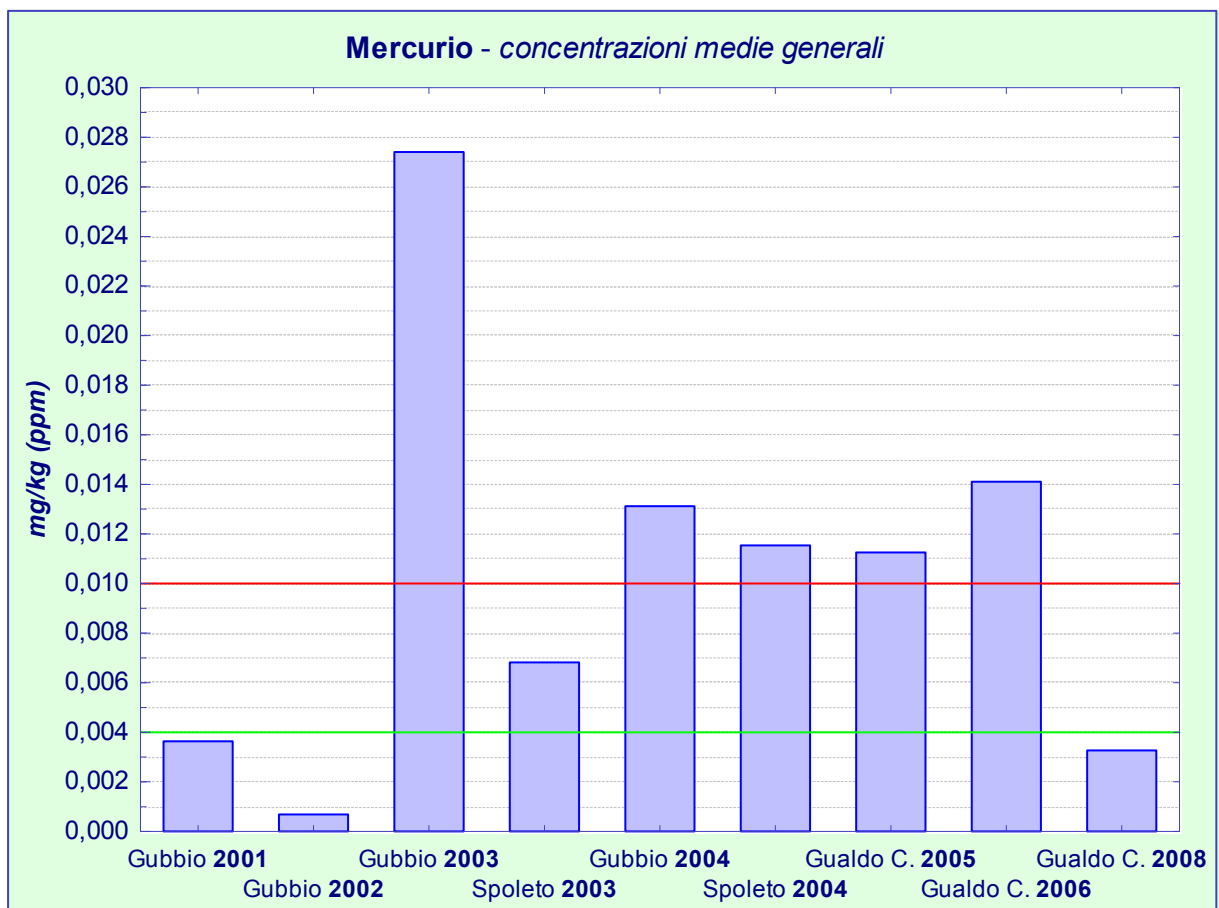


figura 50_bis

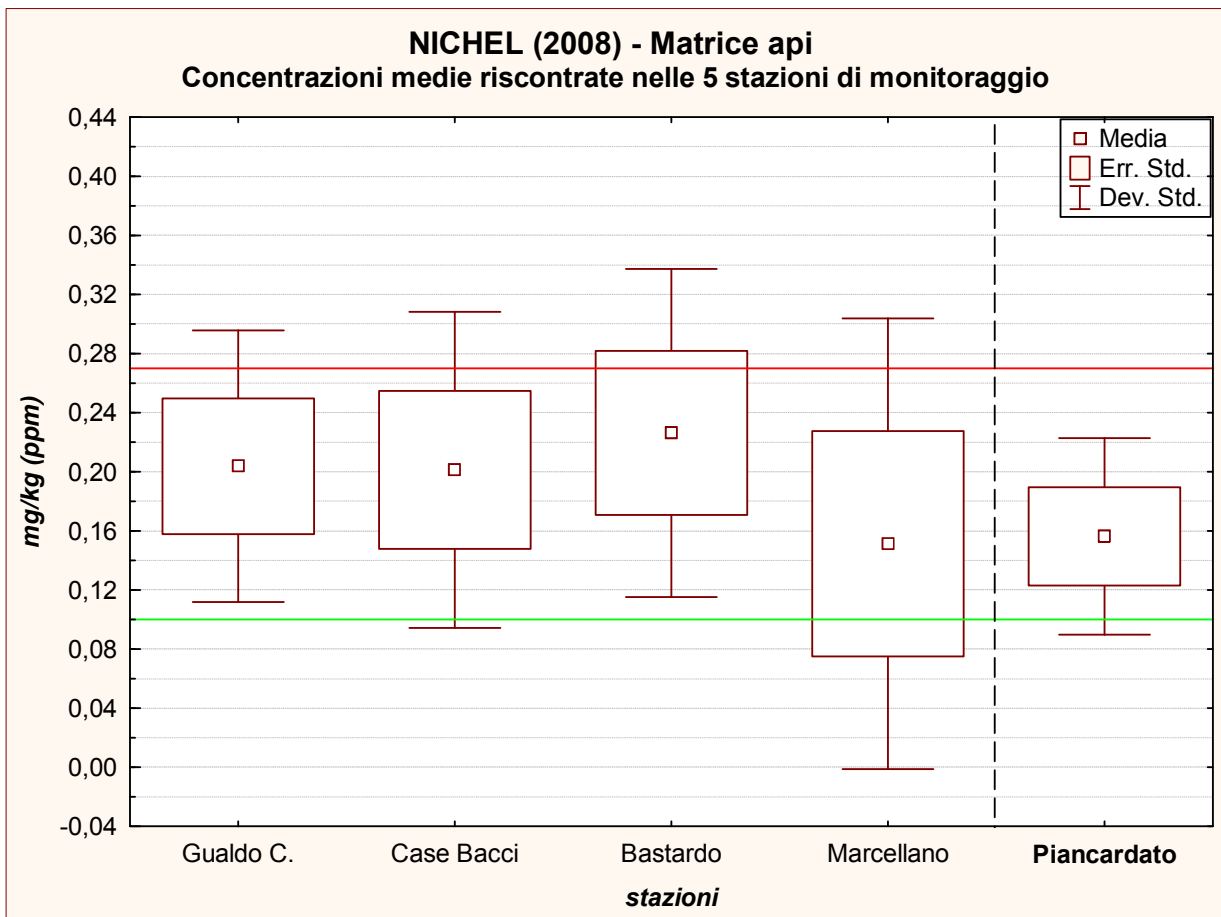


figura 51

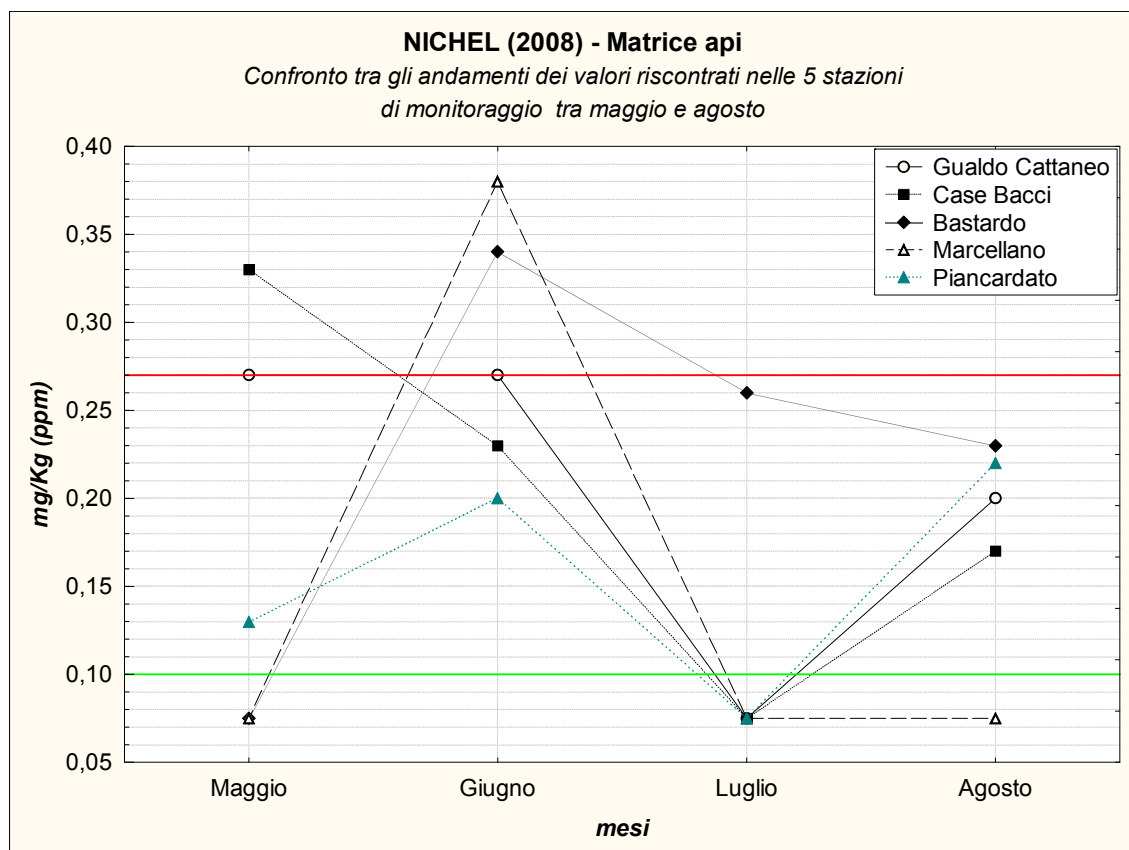


figura 52

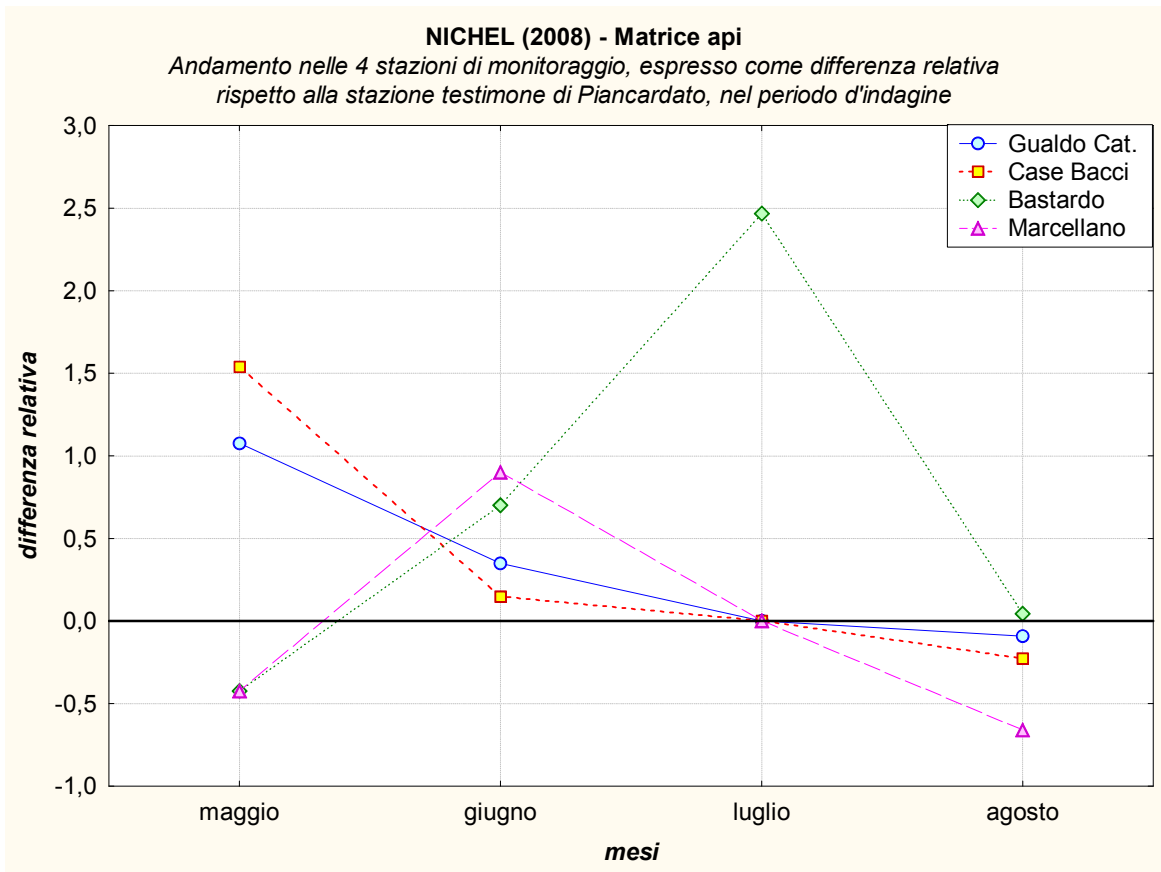
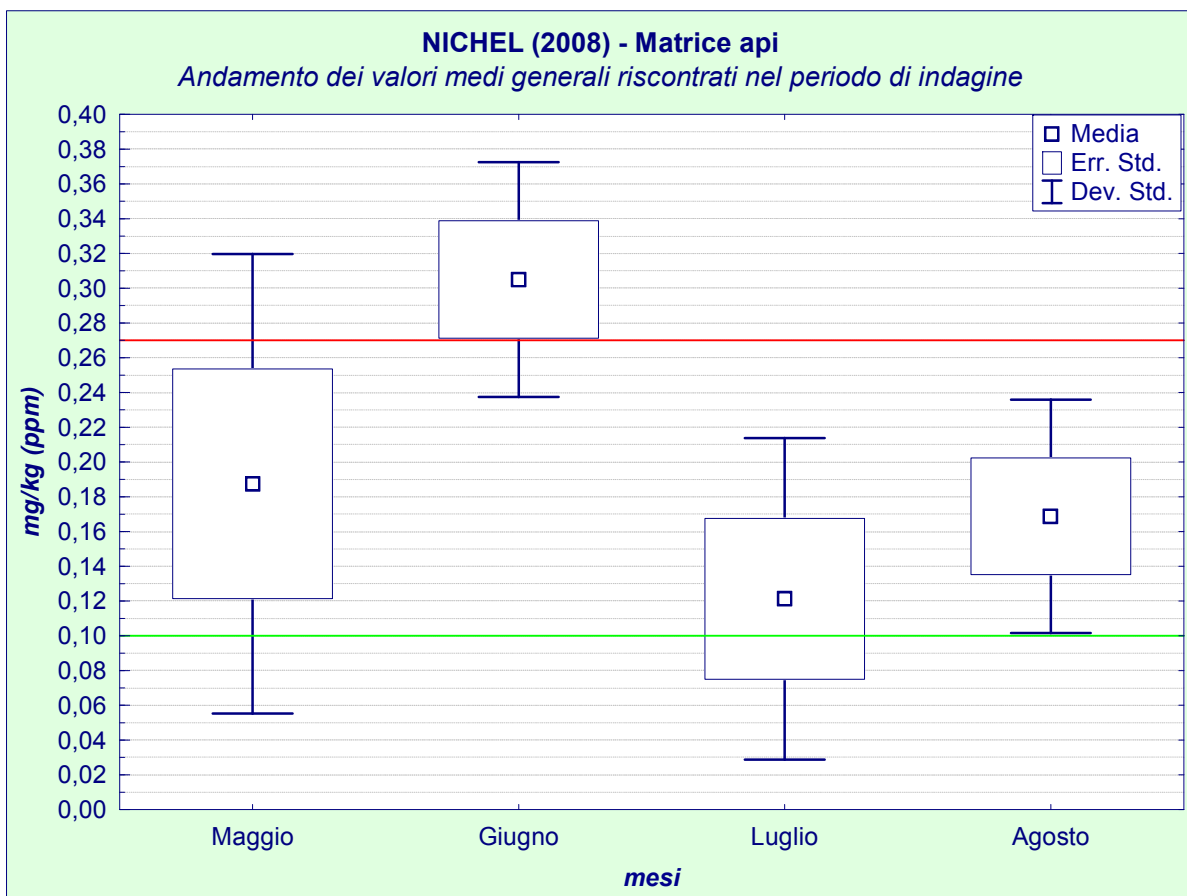


figura 53



figu

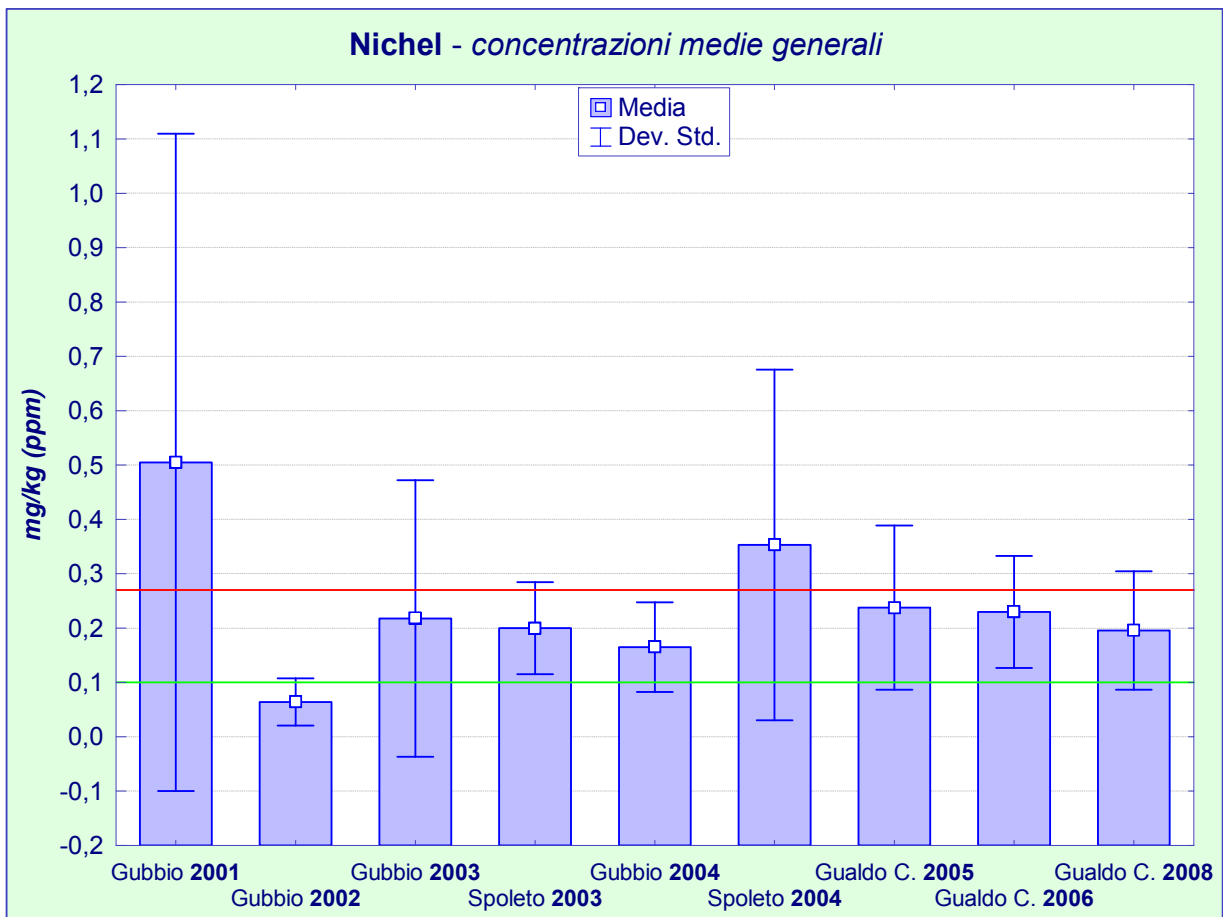


figura 55

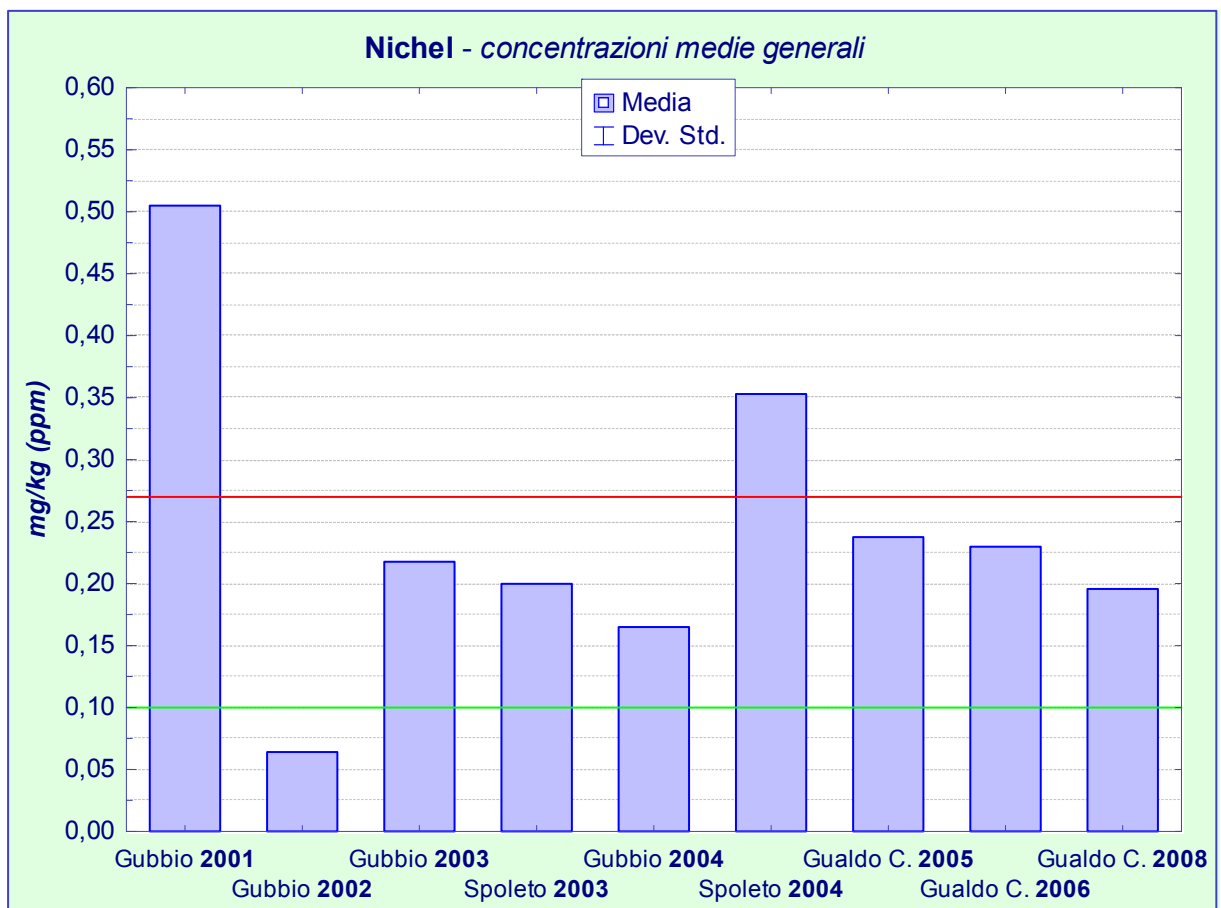


figura 55_bis

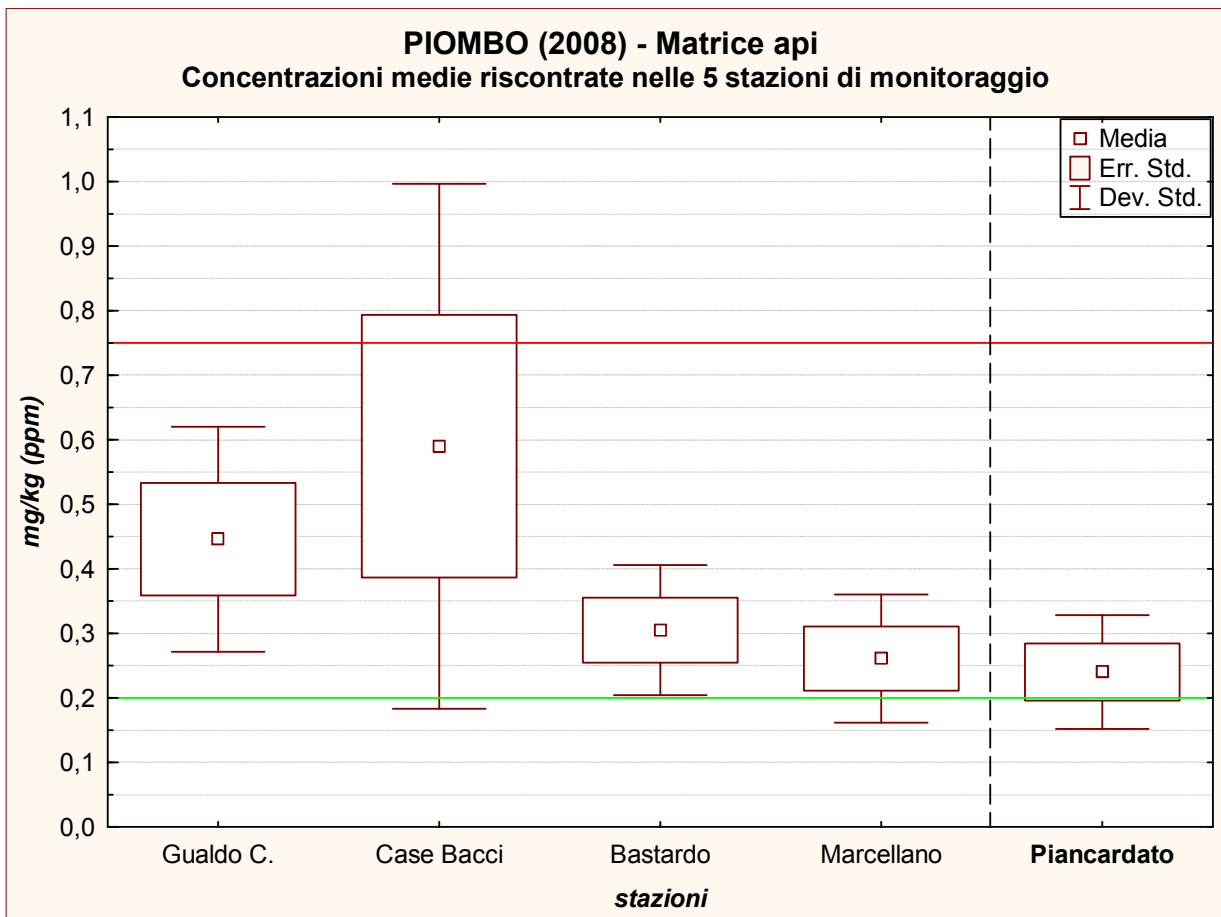


figura 56

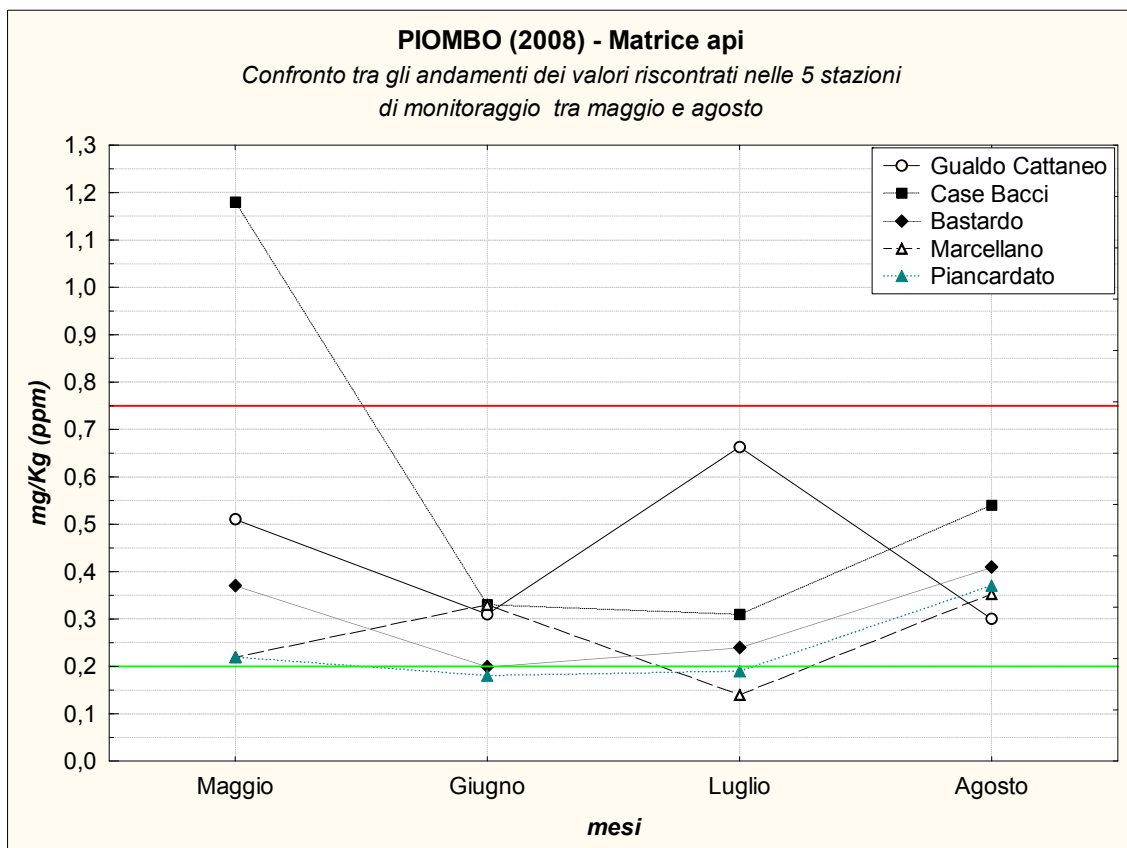


figura 57

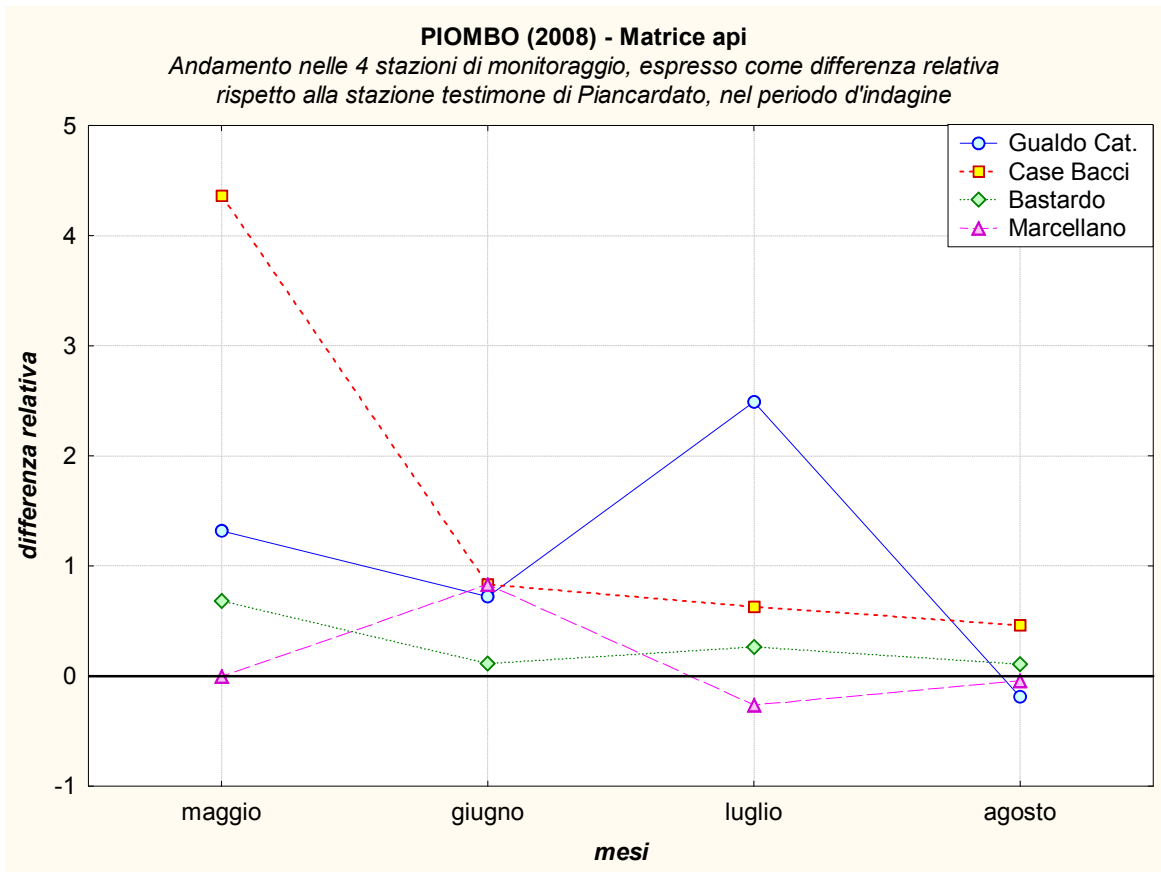


figura 58

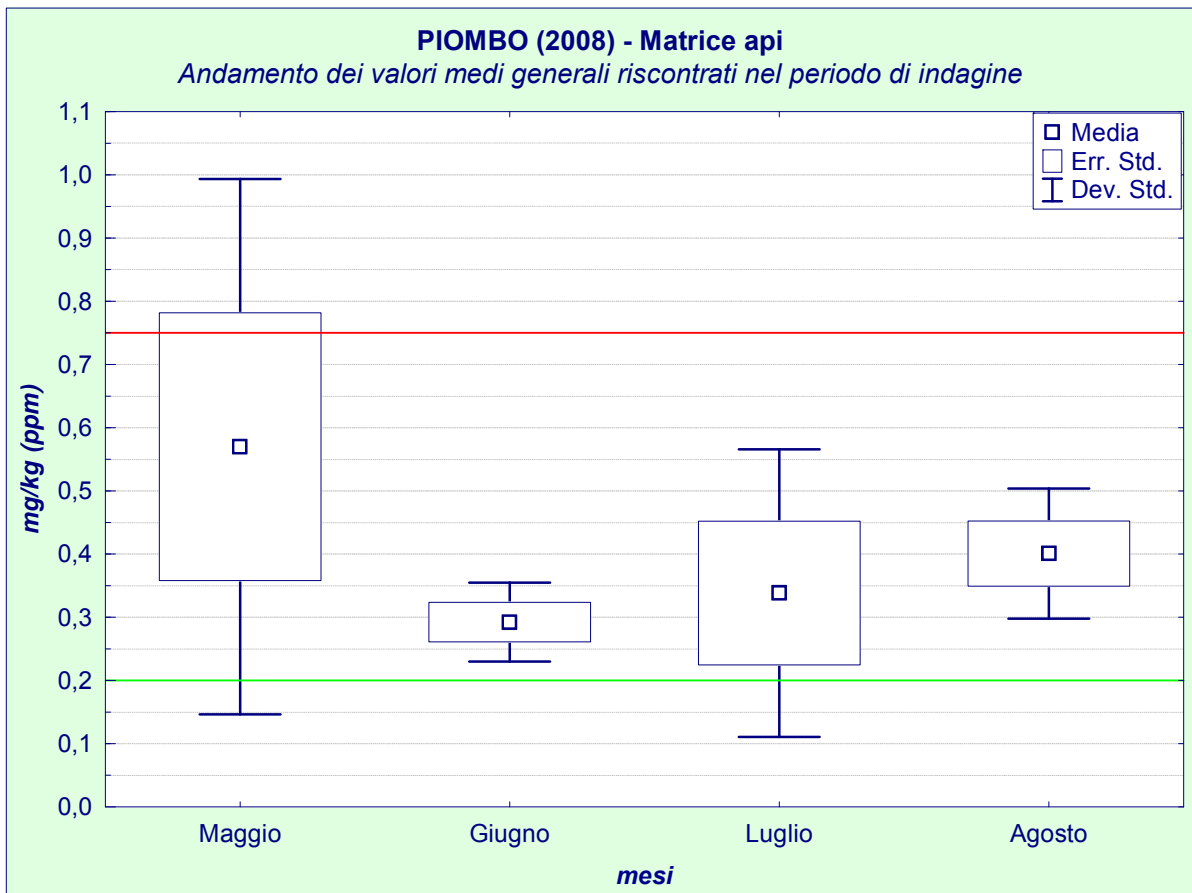


figura 59

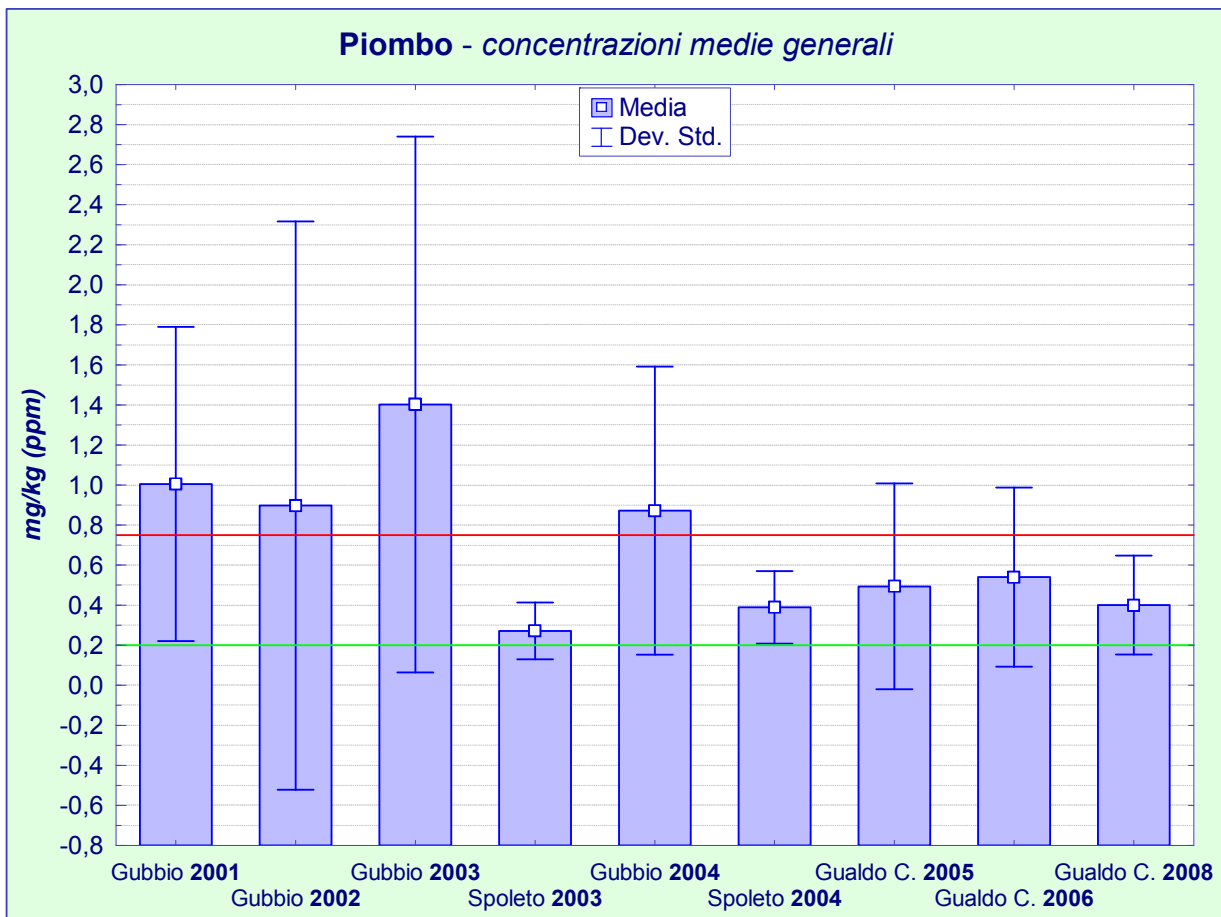


figura 60

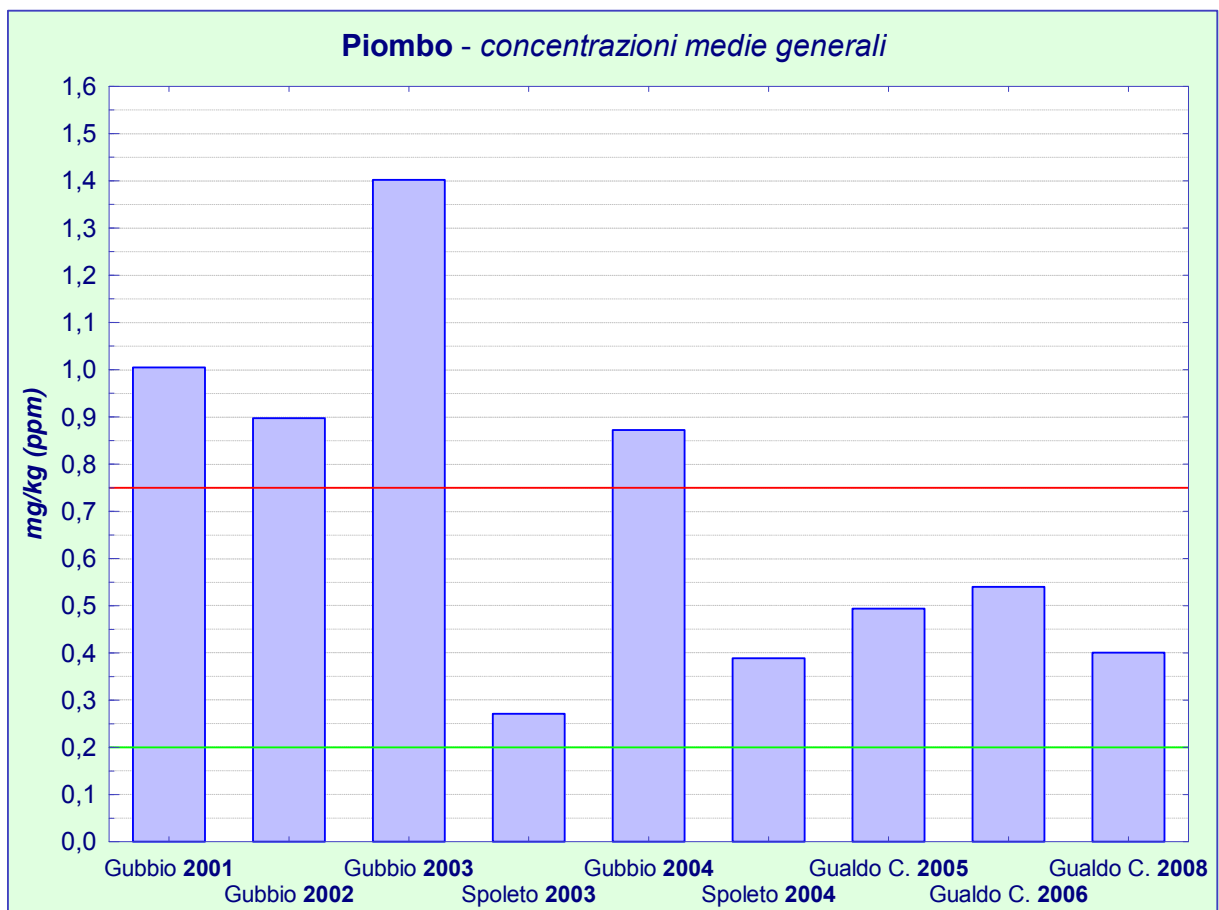


figura 60_bis

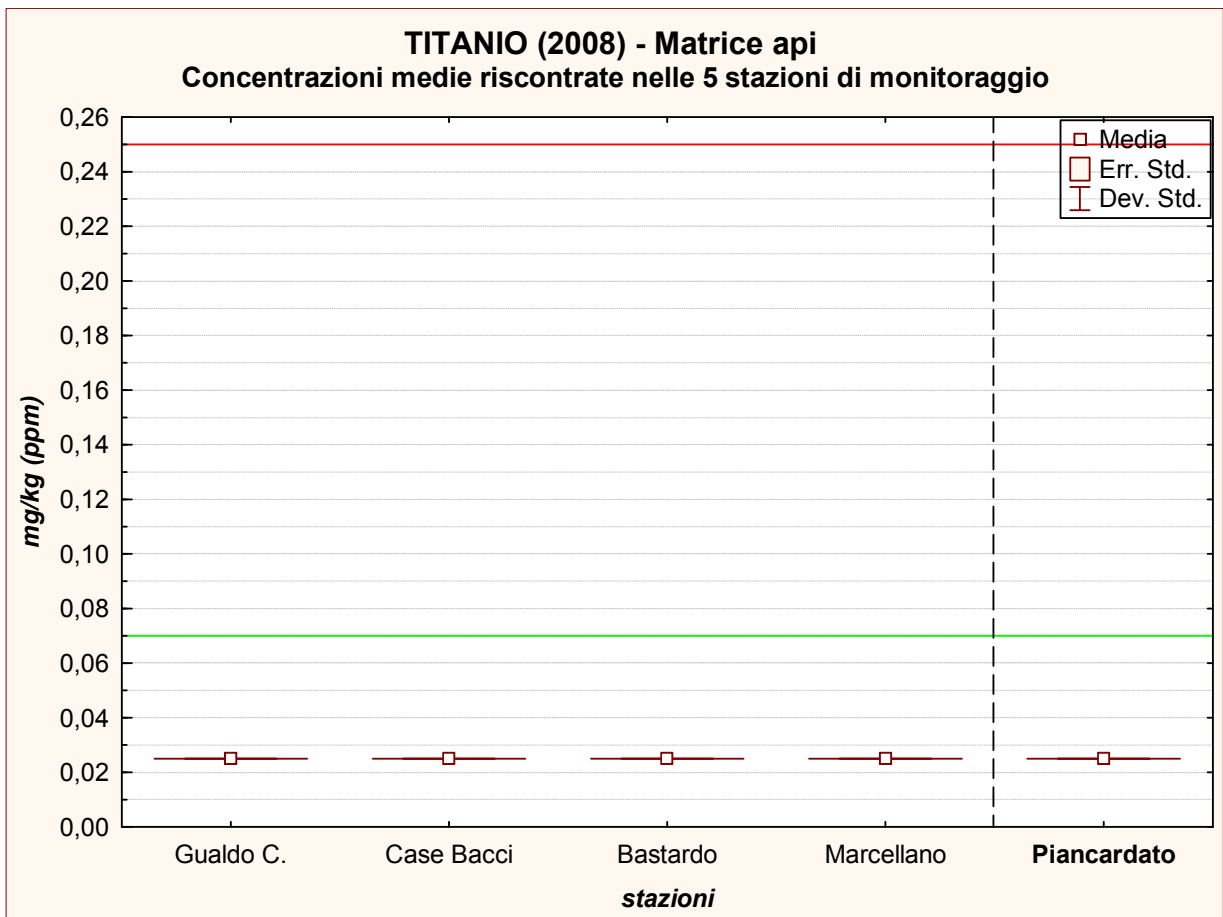


figura 61

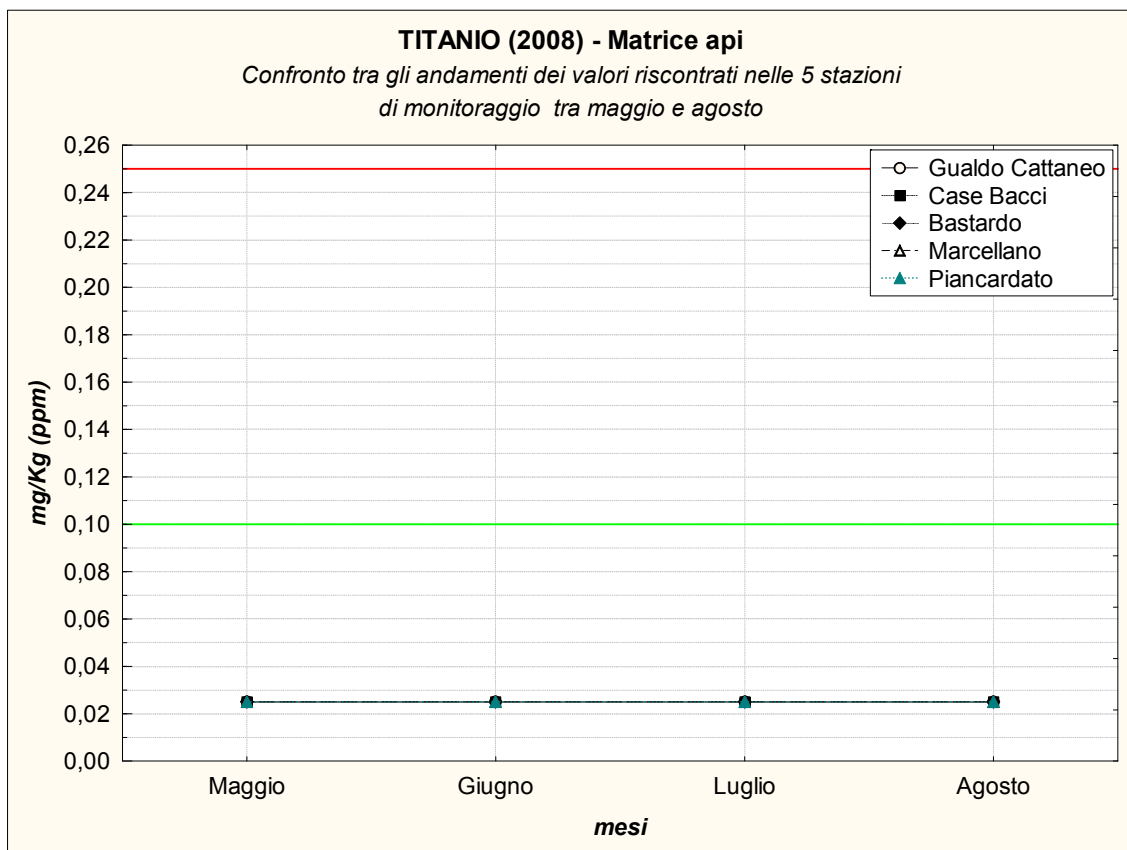


figura 62

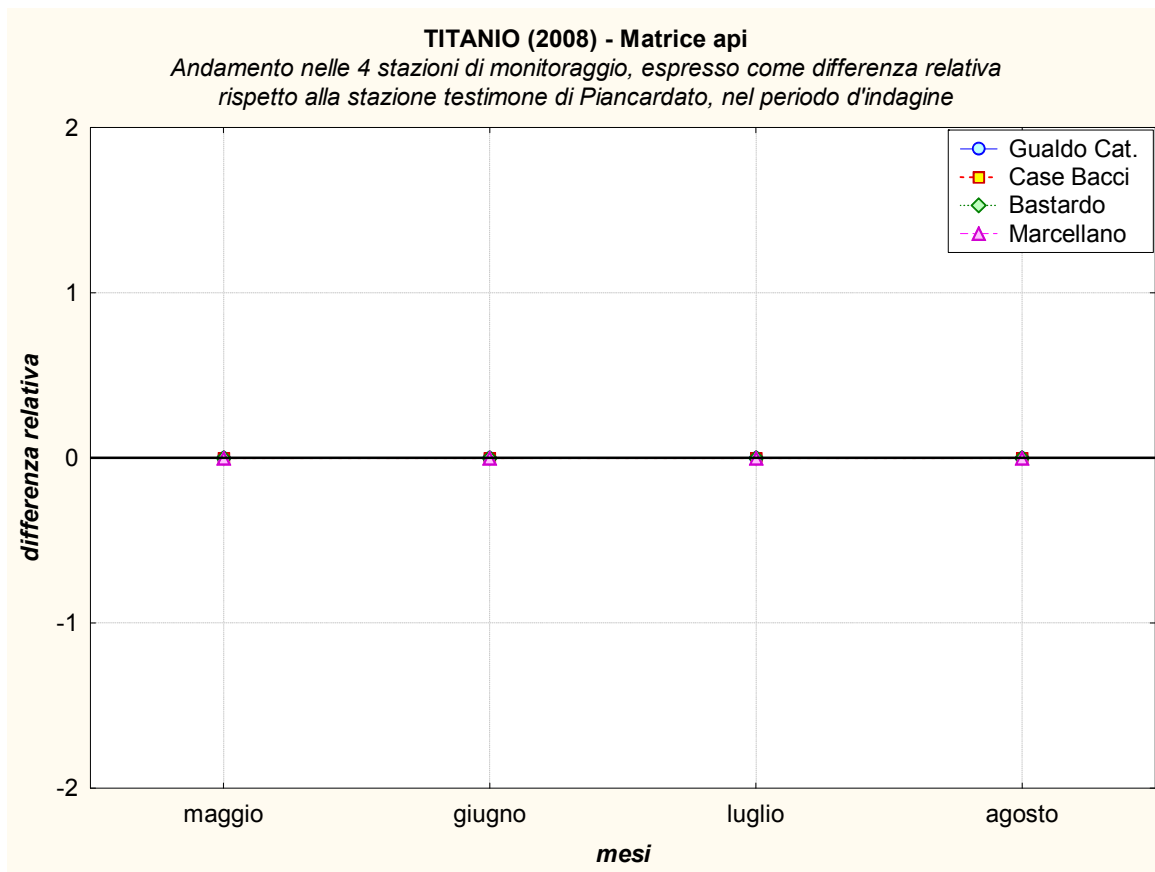


figura 63

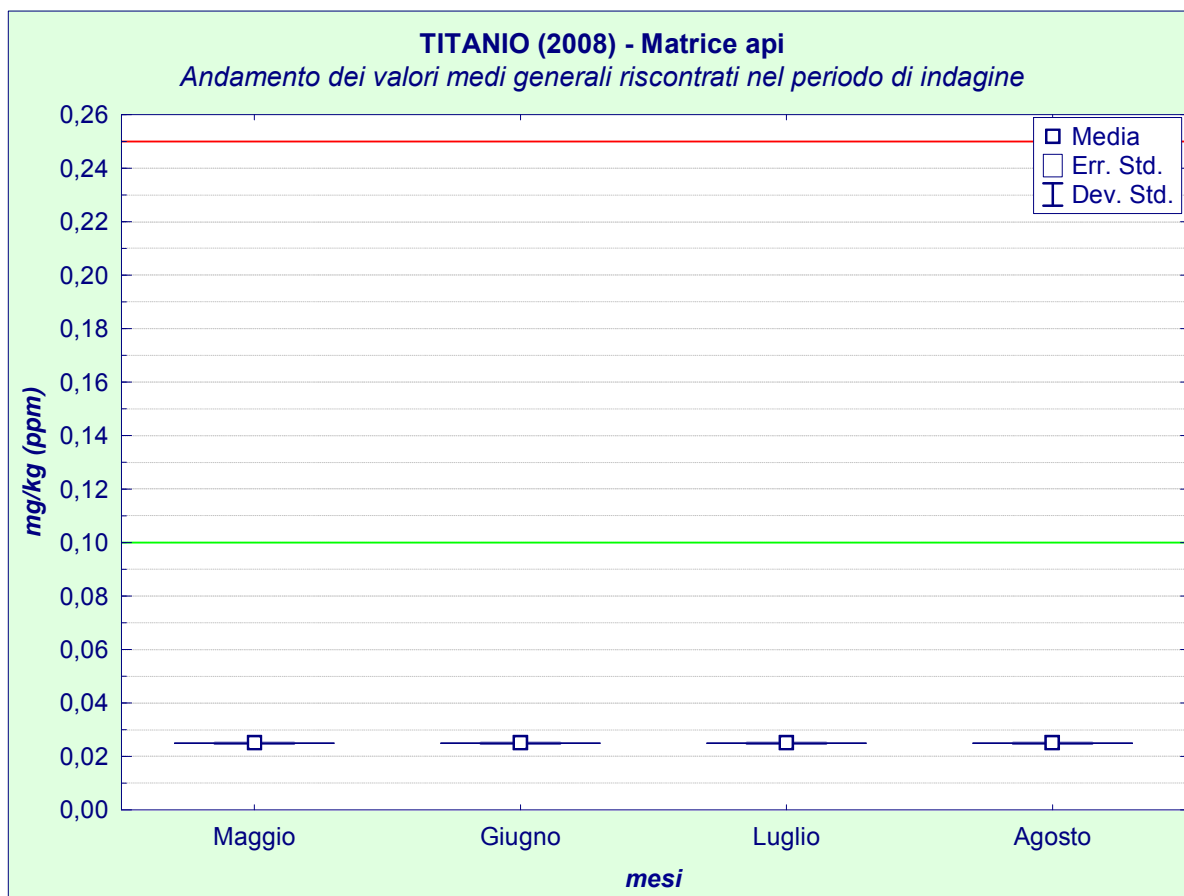


figura 64

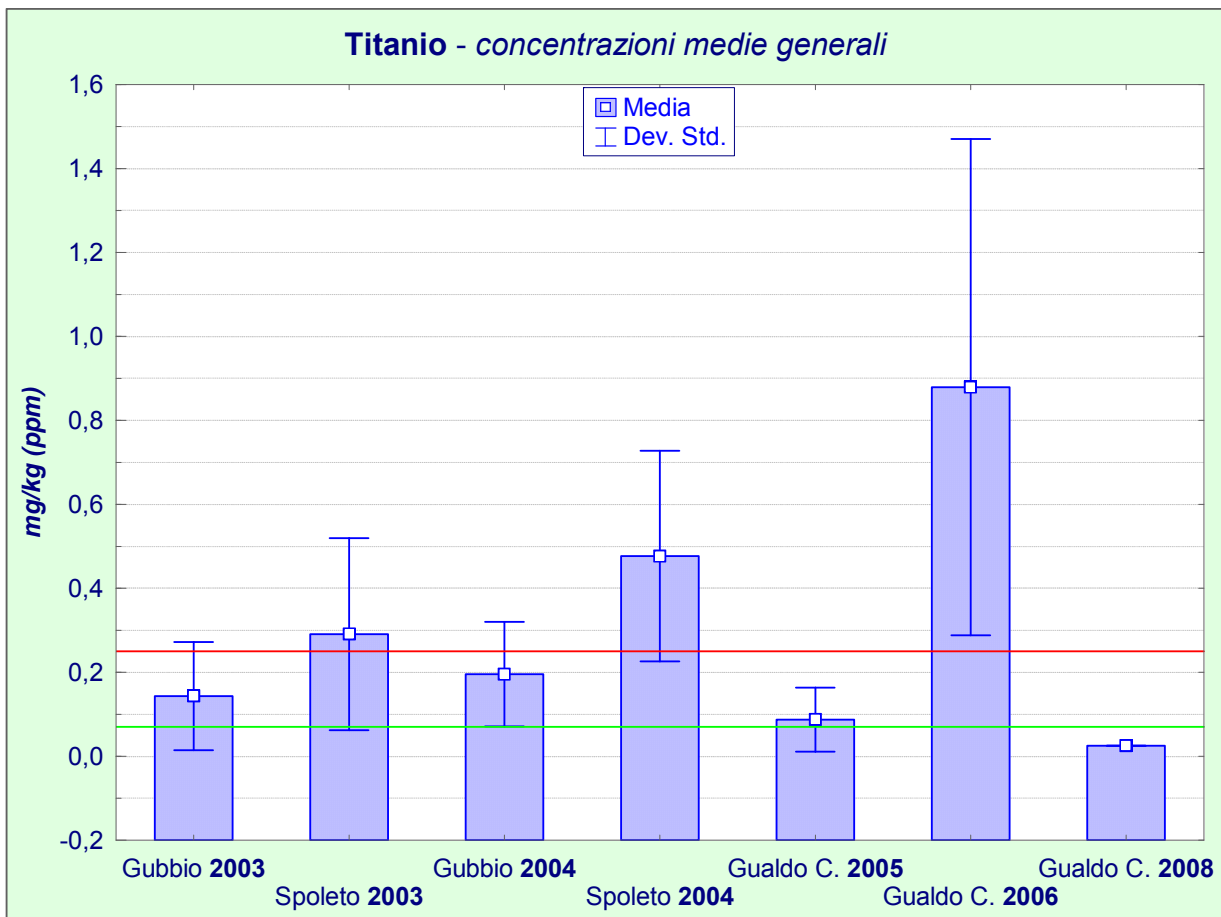


figura 65

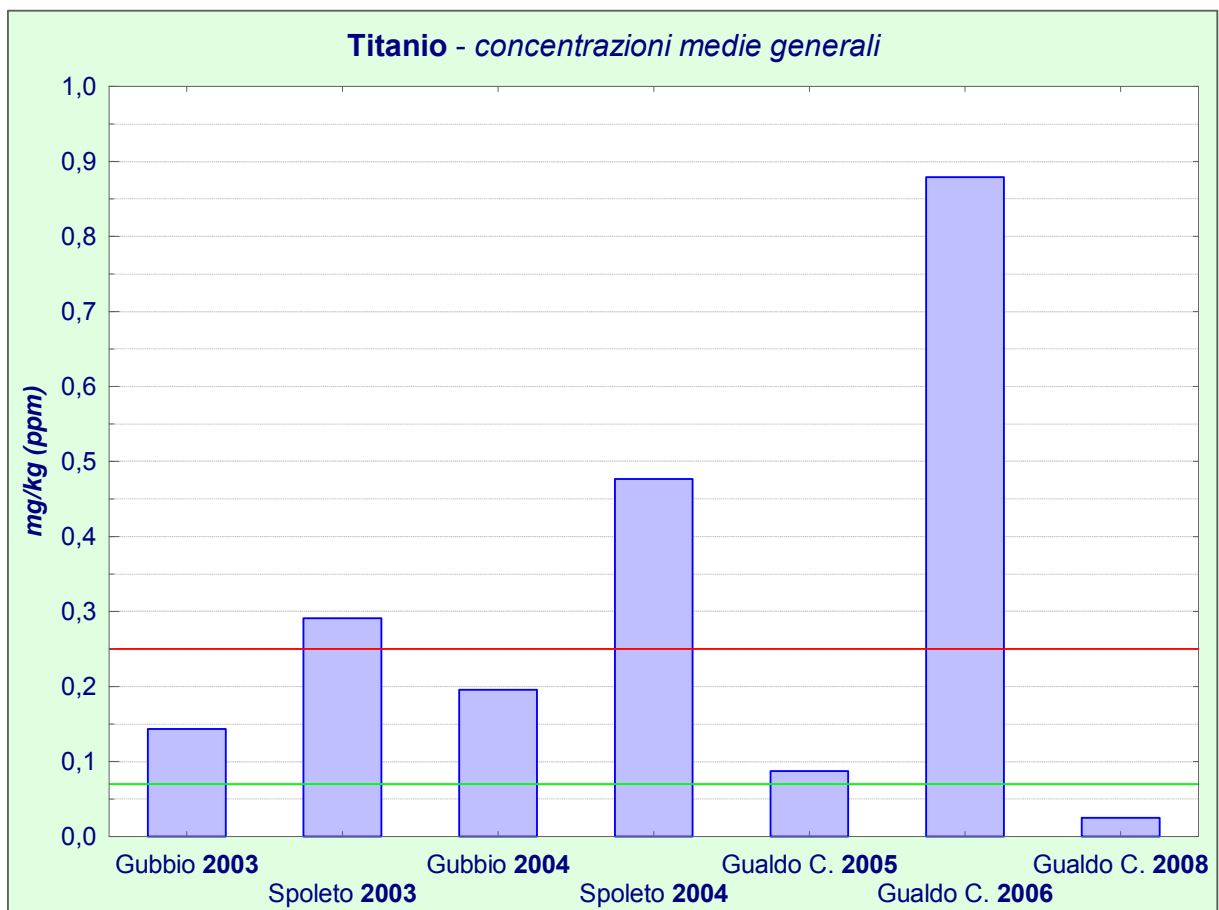


figura 65_bis

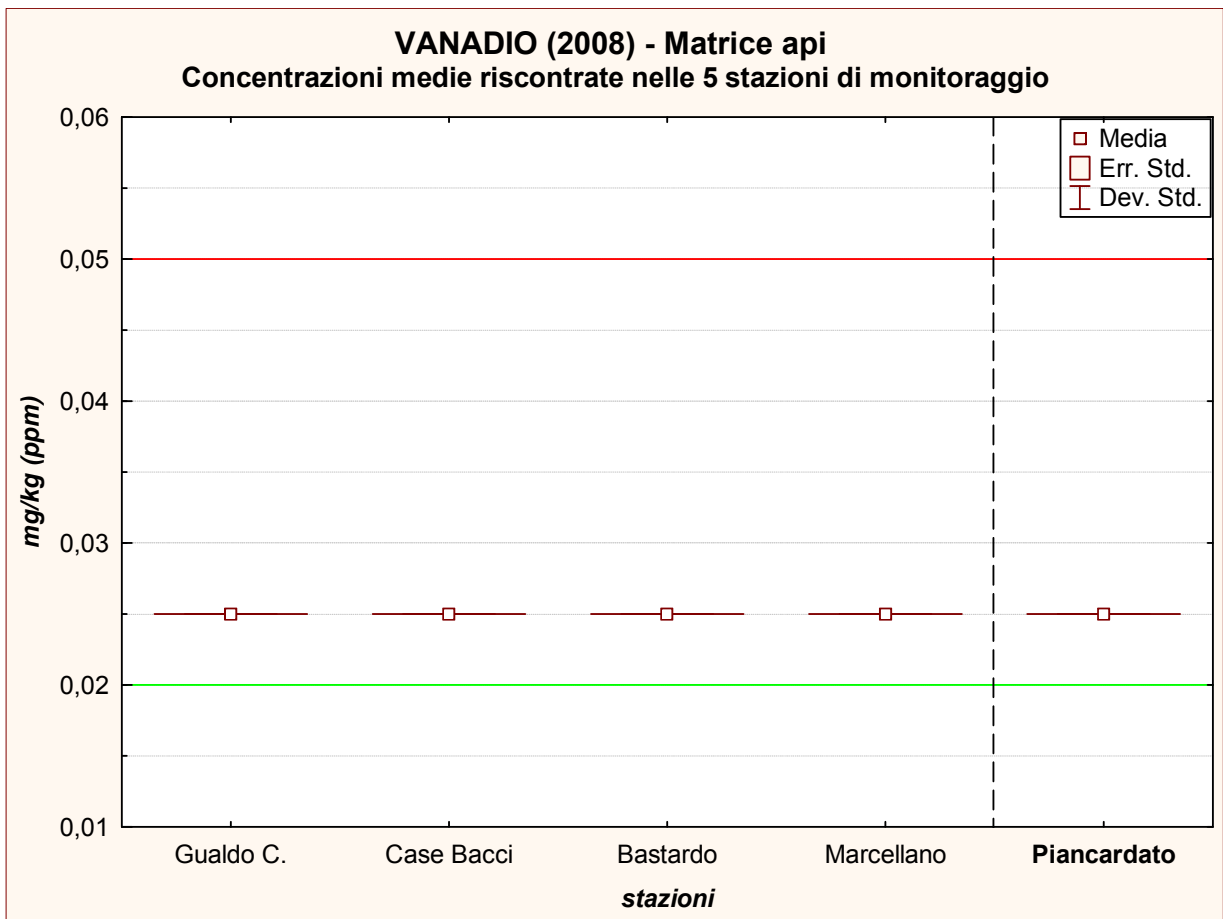


figura 66

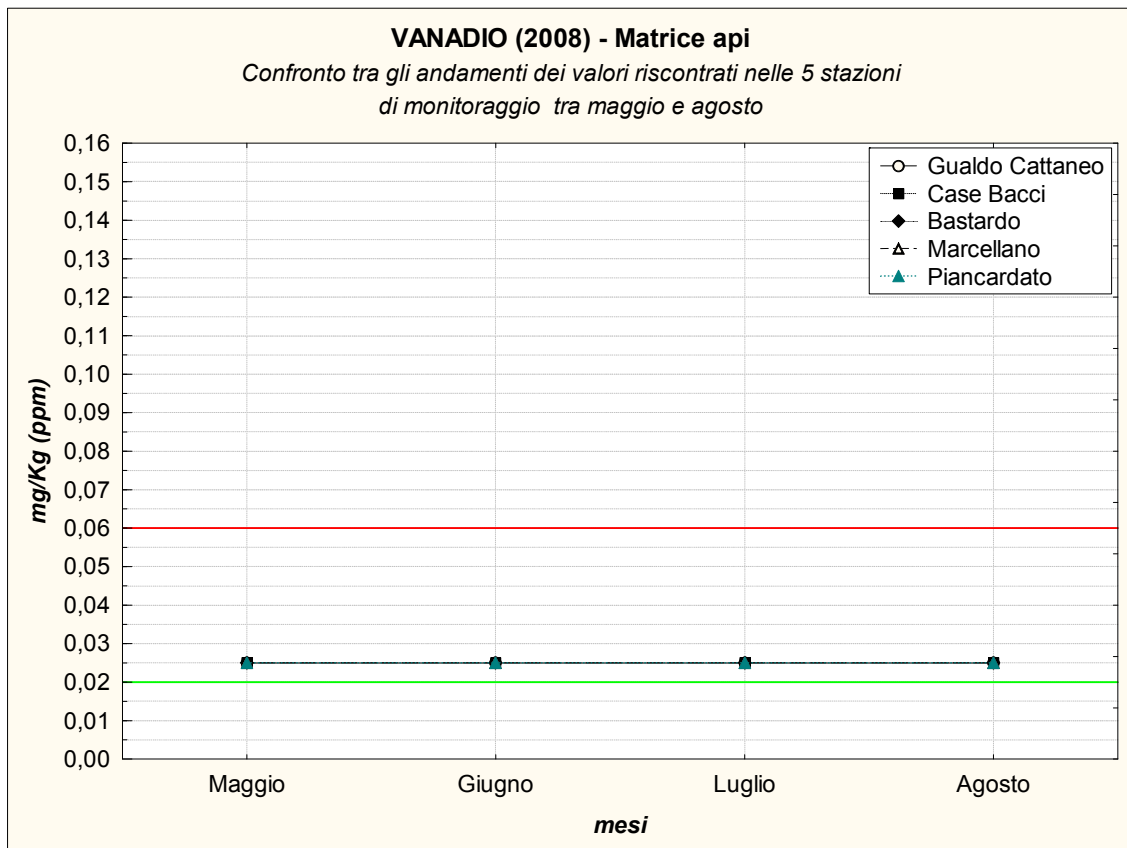


figura 67

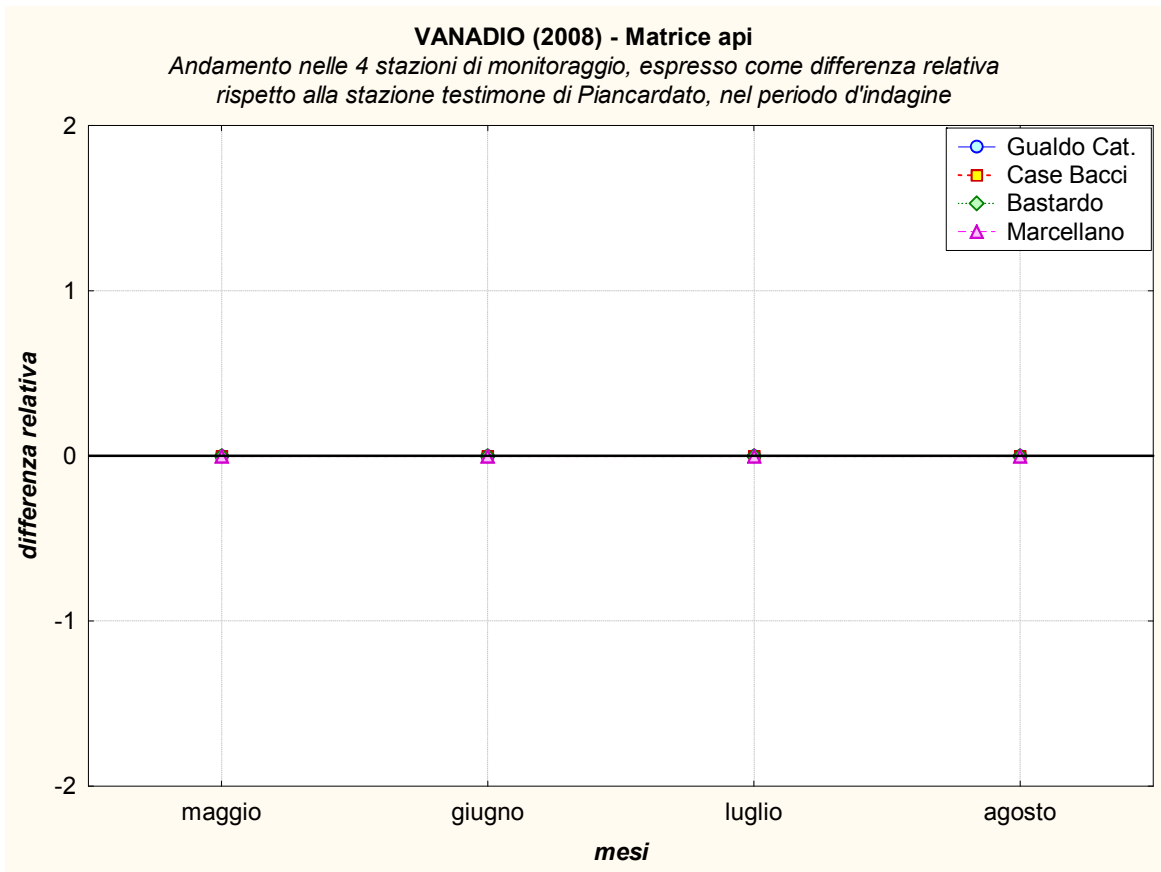


figura 68

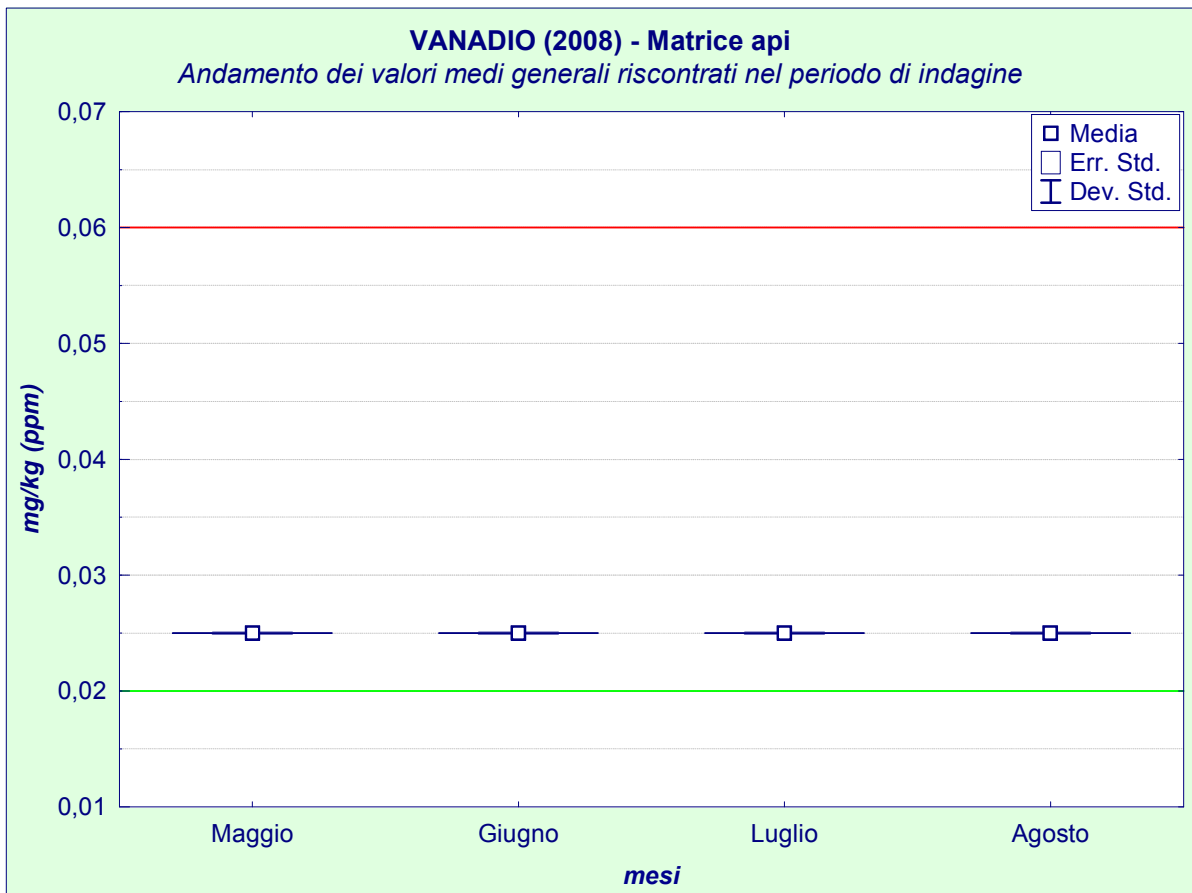


figura 69

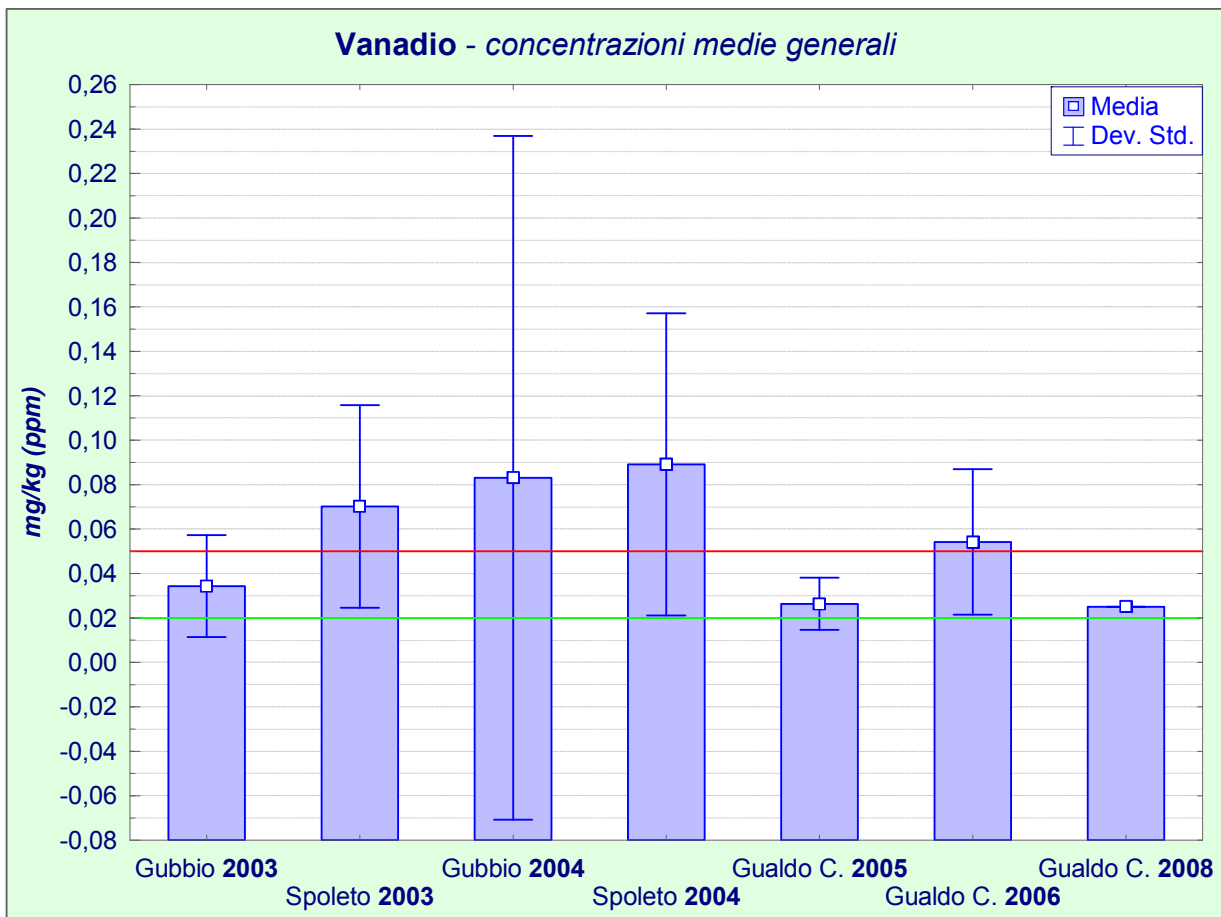


figura 70

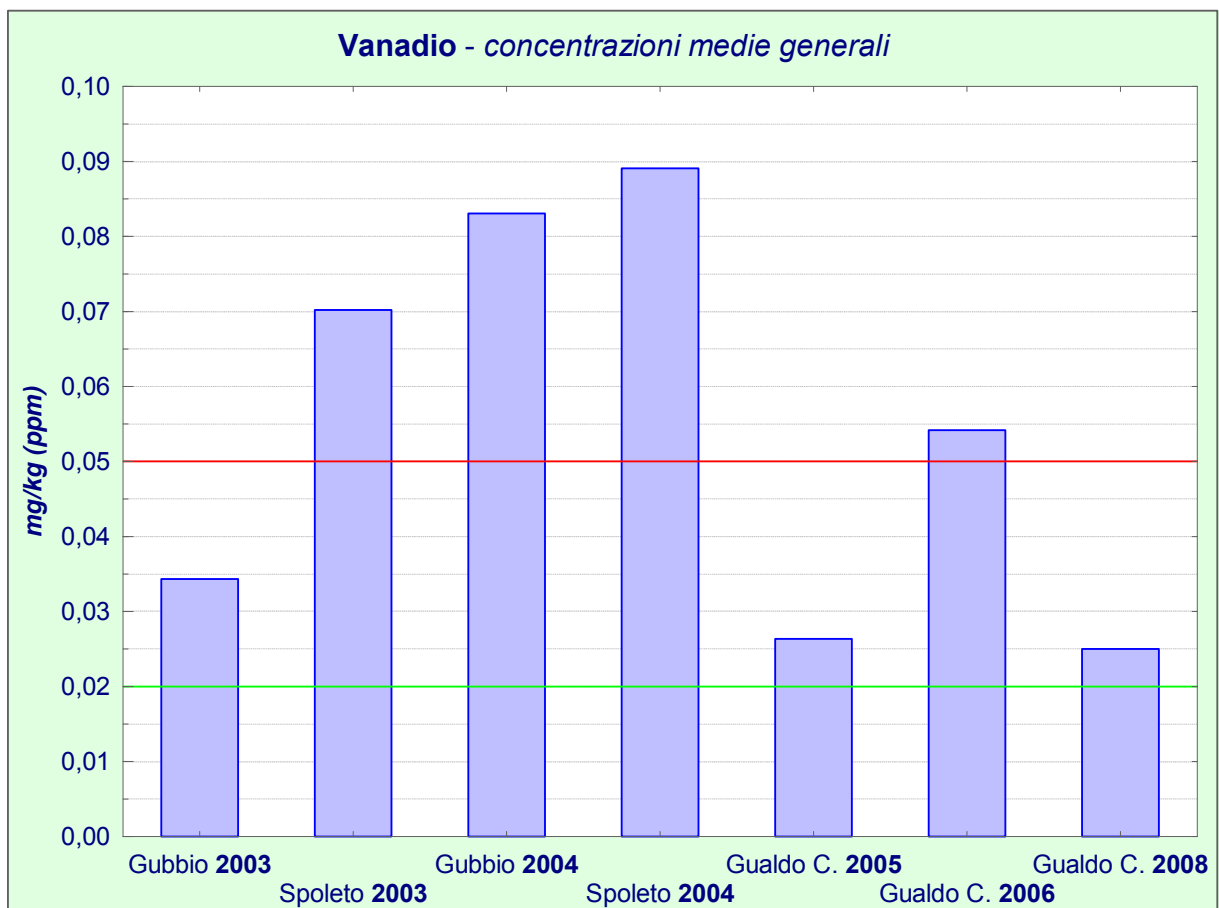


figura 70_bis

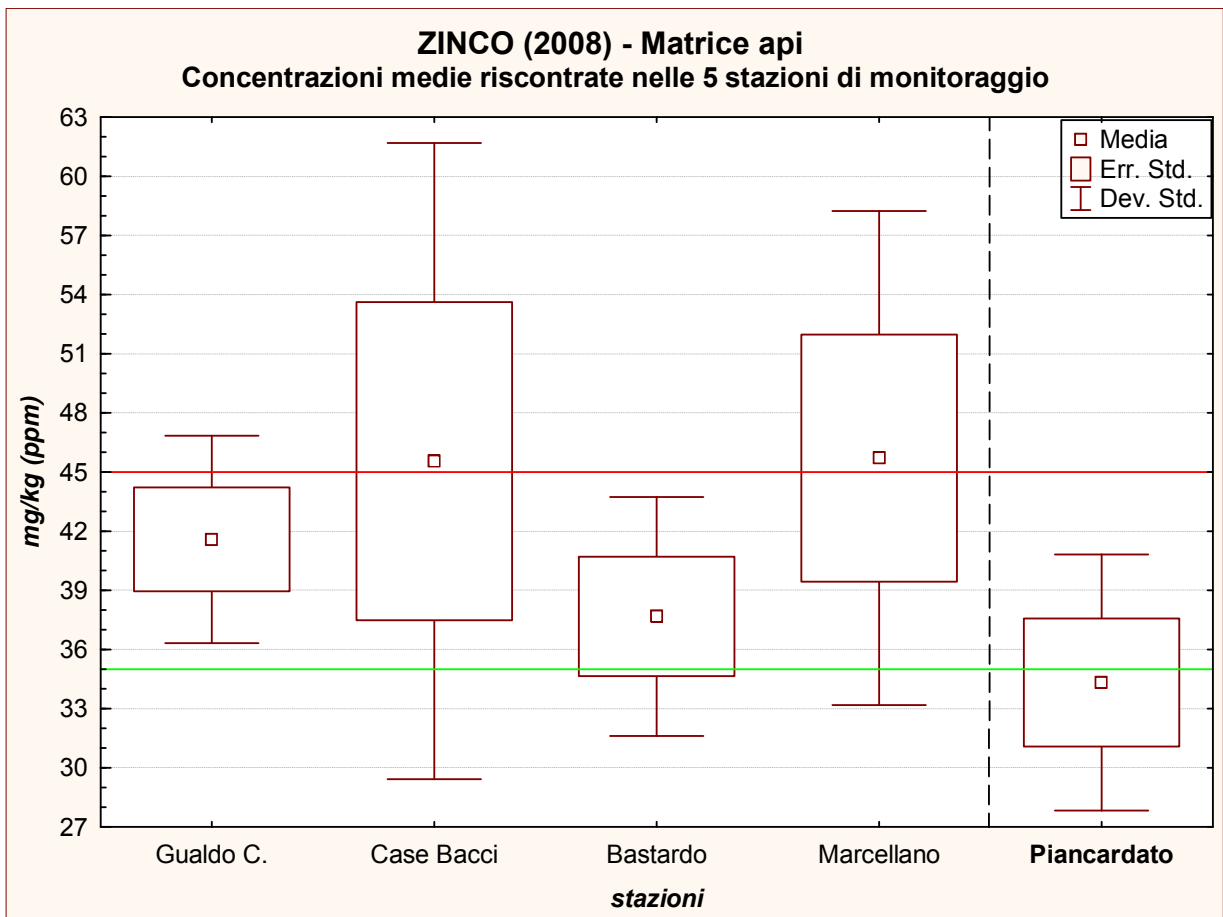


figura 71

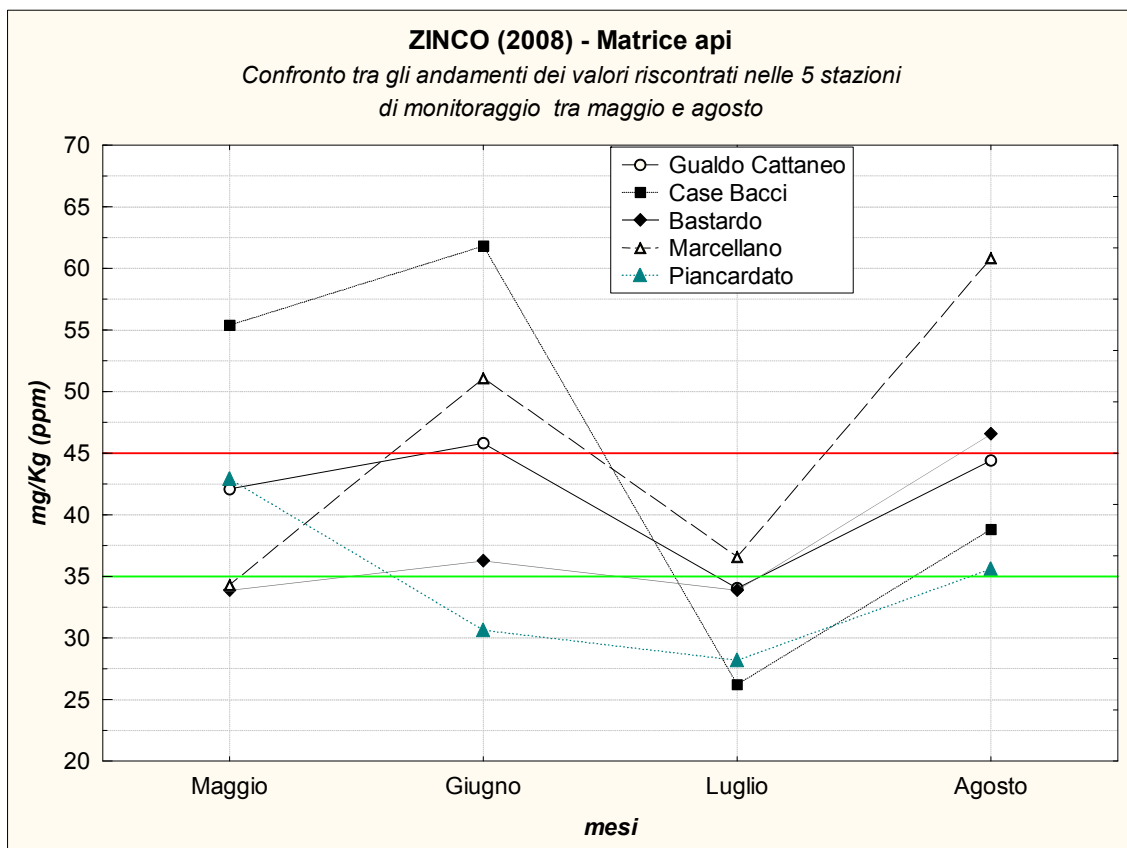


figura 72

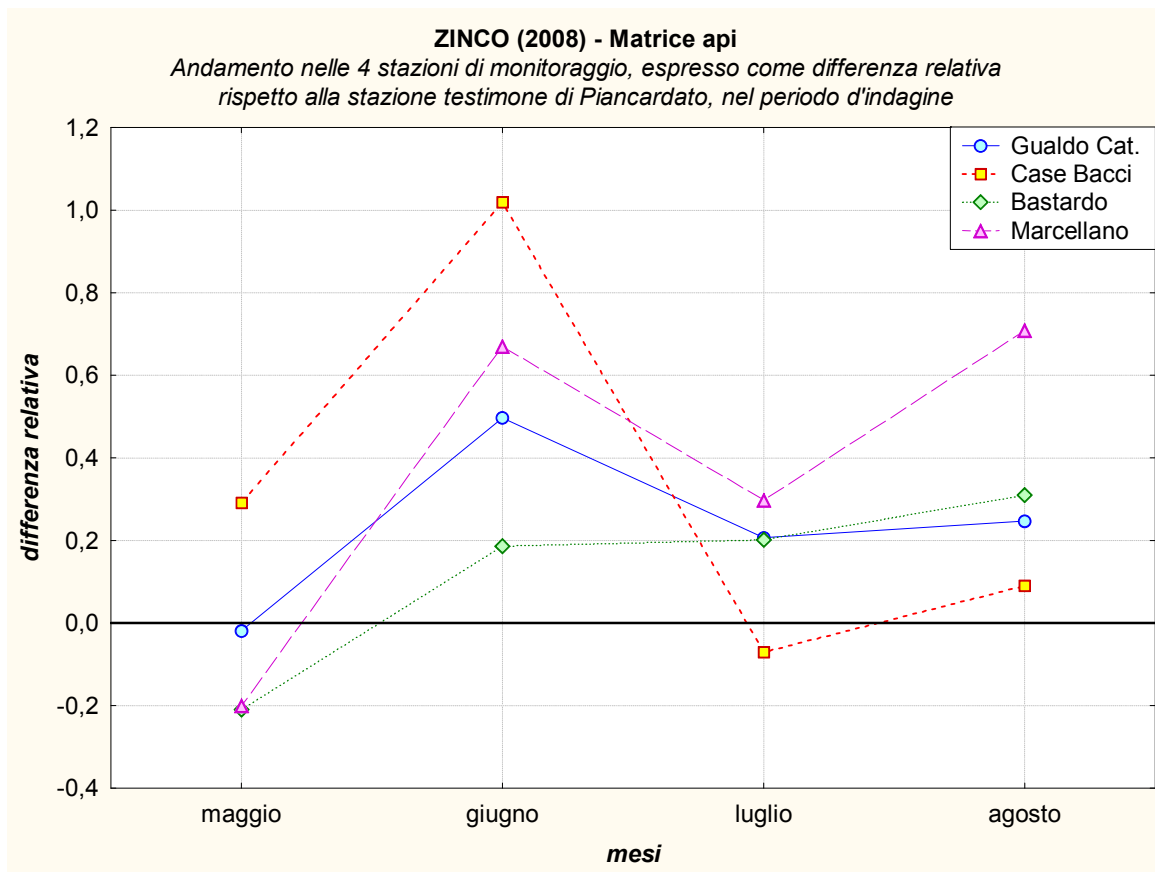


figura 73

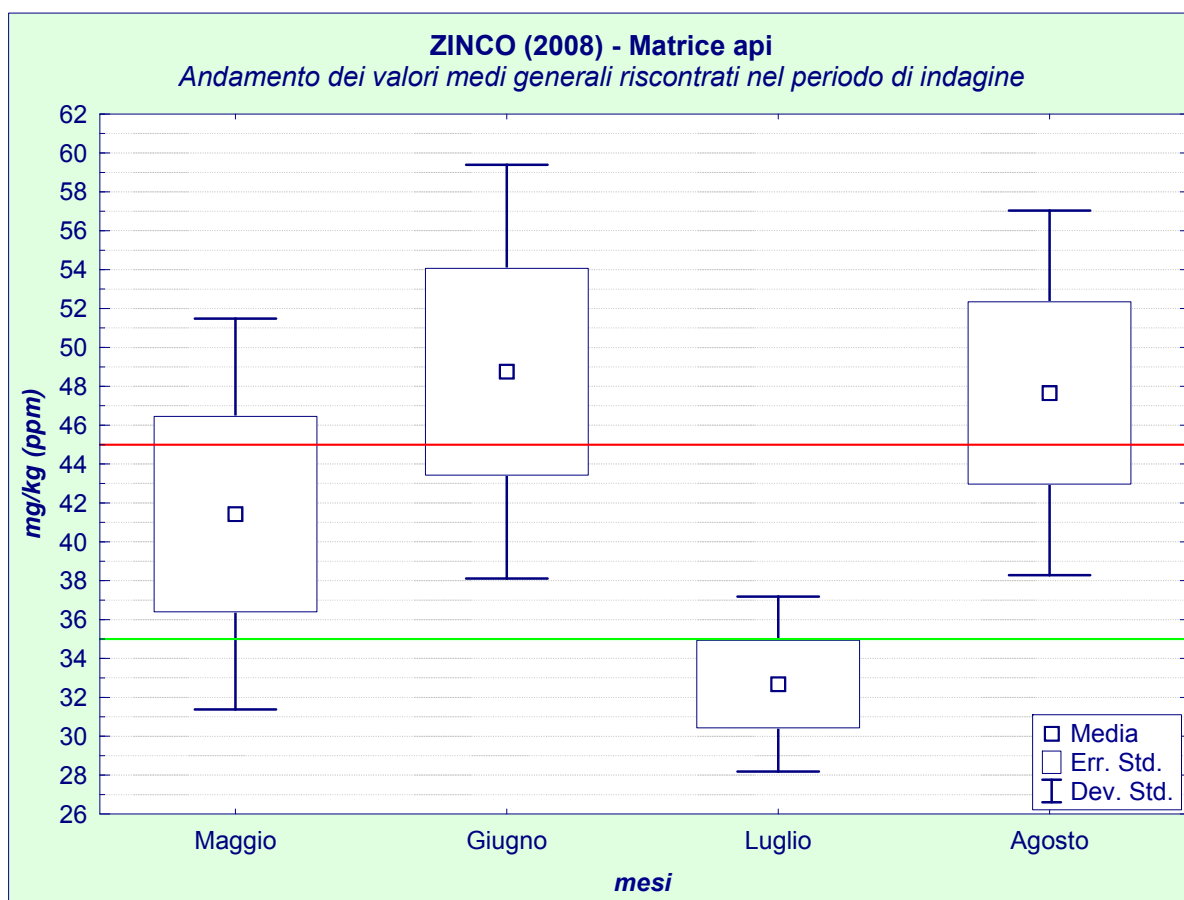


figura 74

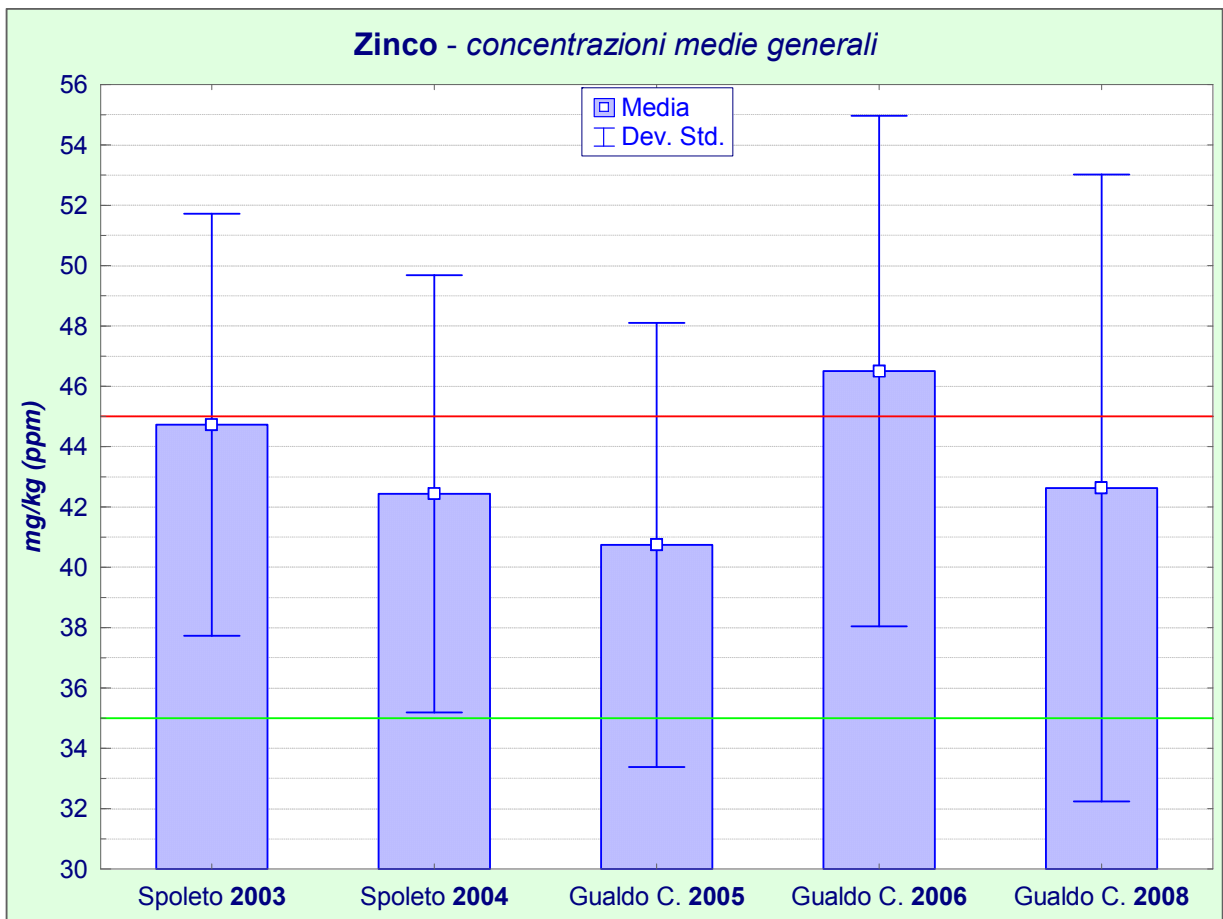


figura 75

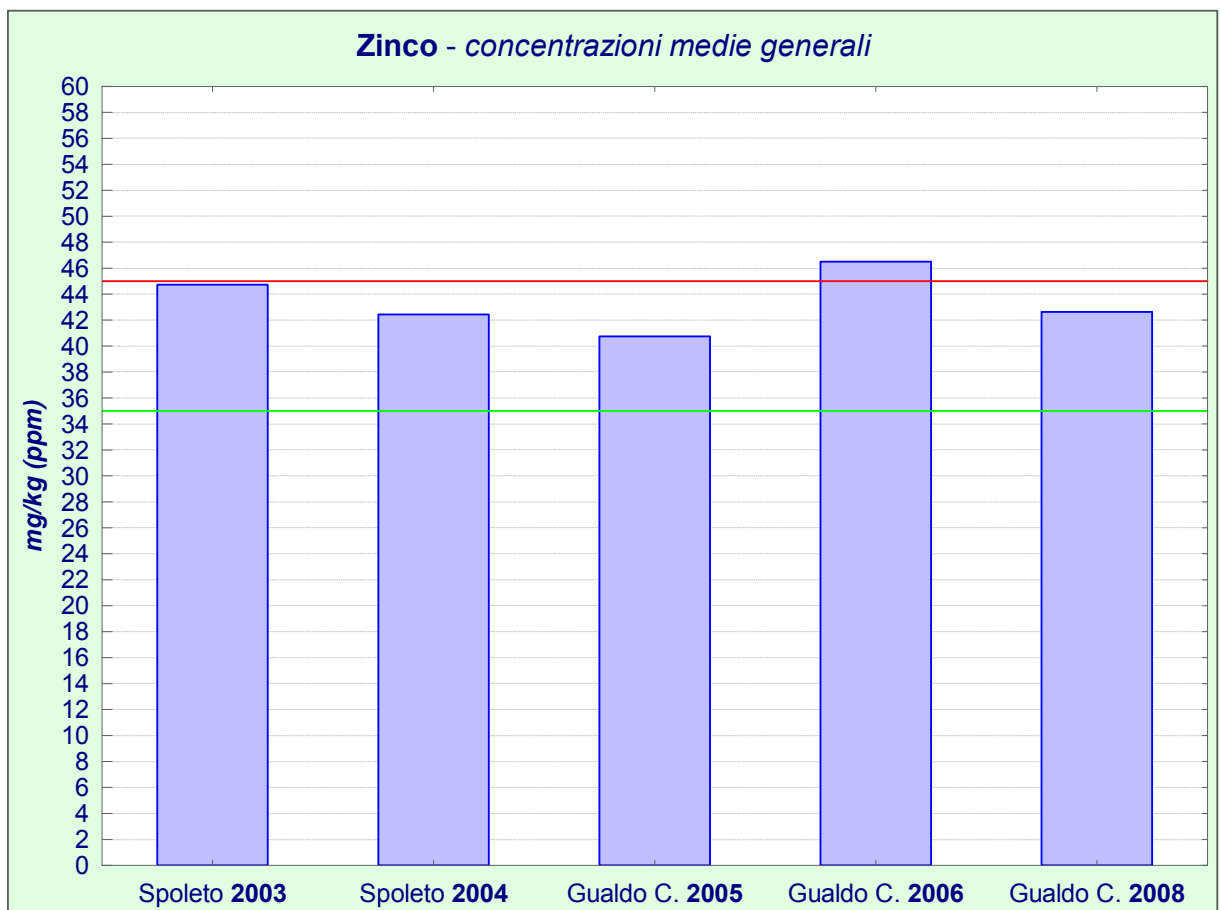


figura 75_bis

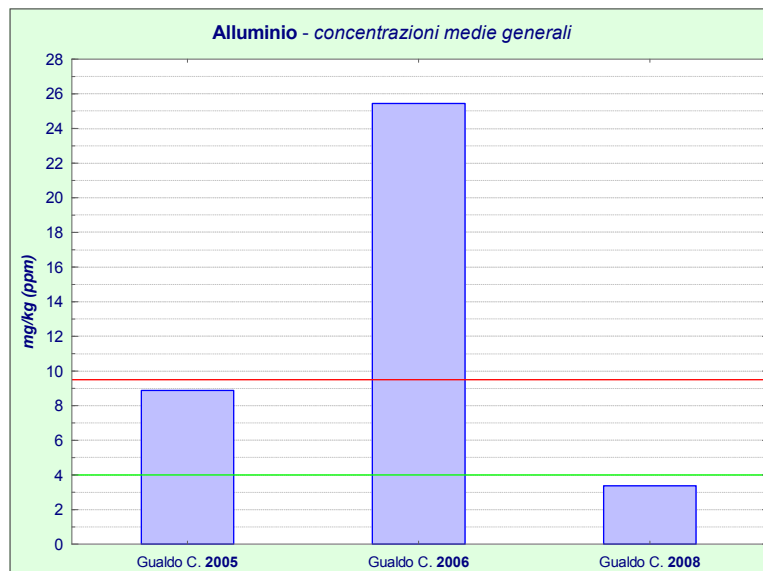


figura 76. Concentrazioni medie rilevate tra maggio e agosto nei 3 anni di indagine

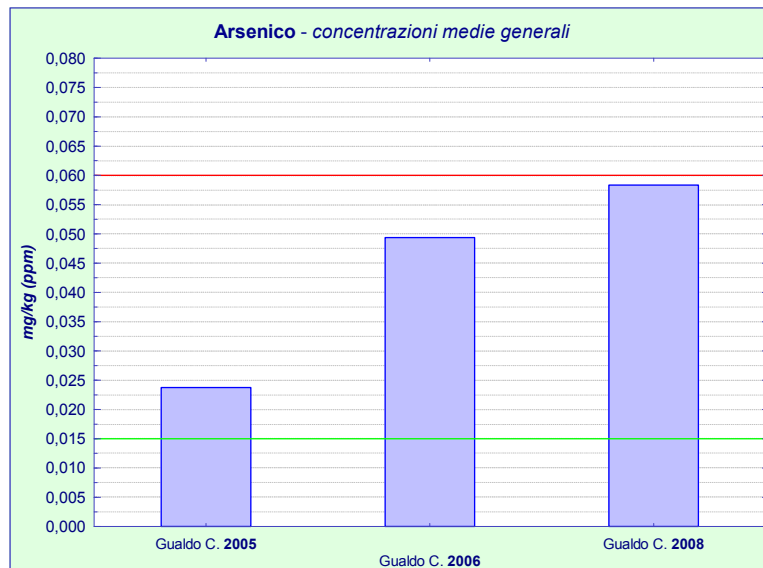


figura 77. Concentrazioni medie rilevate tra maggio e agosto nei 3 anni di indagine

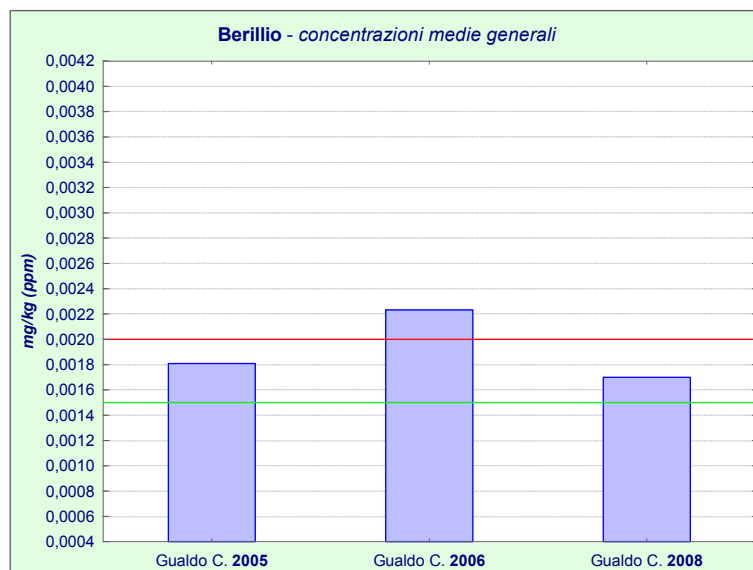


figura 78. Concentrazioni medie rilevate tra maggio e agosto nei 3 anni di indagine

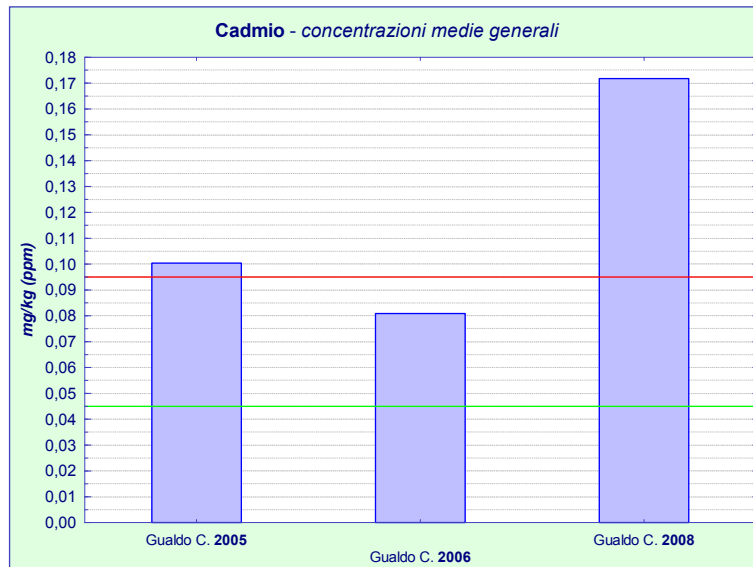


figura 79. Concentrazioni medie rilevate tra maggio e agosto nei 3 anni di indagine

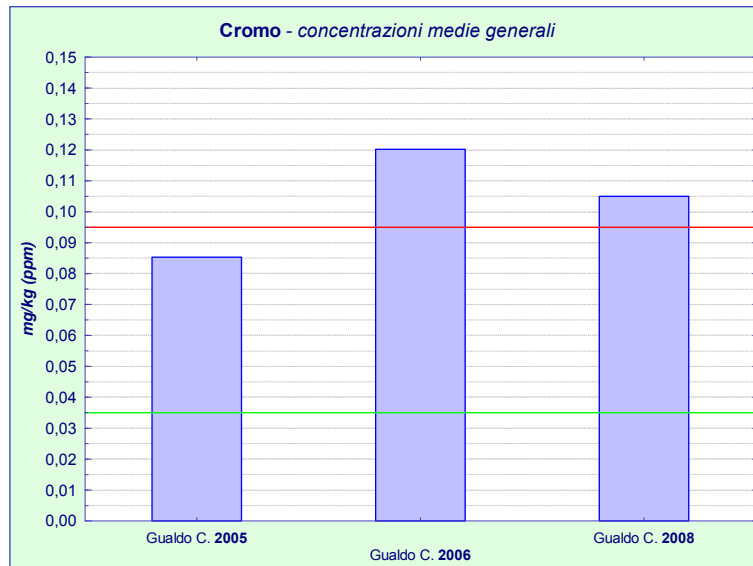


figura 80. Concentrazioni medie rilevate tra maggio e agosto nei 3 anni di indagine

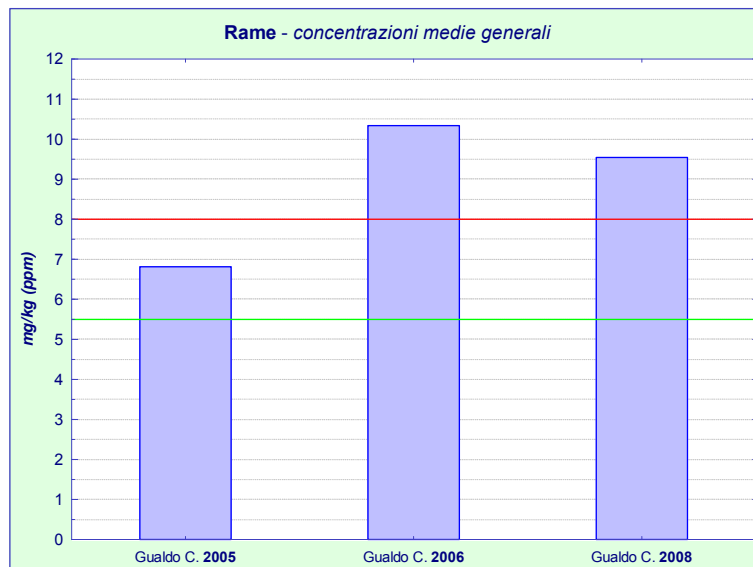


figura 81. Concentrazioni medie rilevate tra maggio e agosto nei 3 anni di indagine

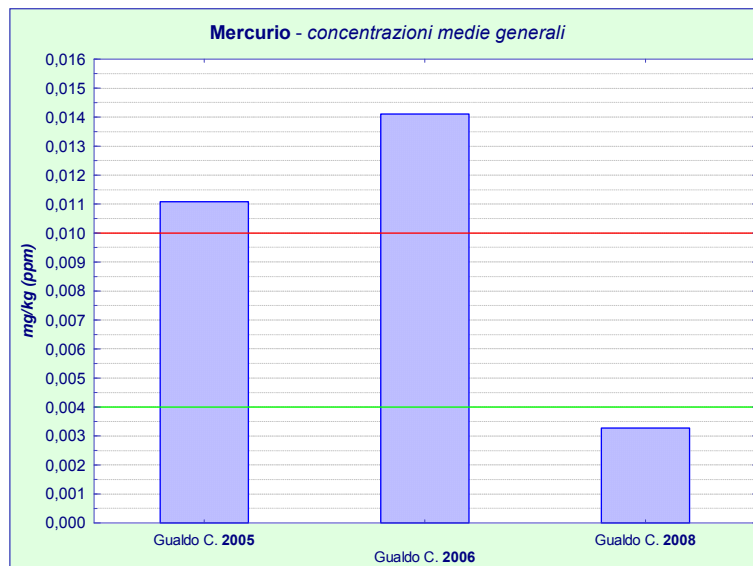


figura 82. Concentrazioni medie rilevate tra maggio e agosto nei 3 anni di indagine

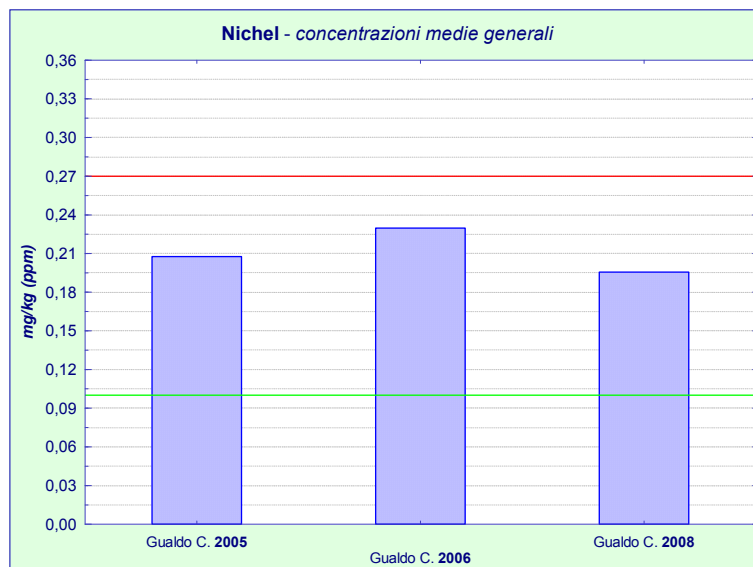


figura 83. Concentrazioni medie rilevate tra maggio e agosto nei 3 anni di indagine

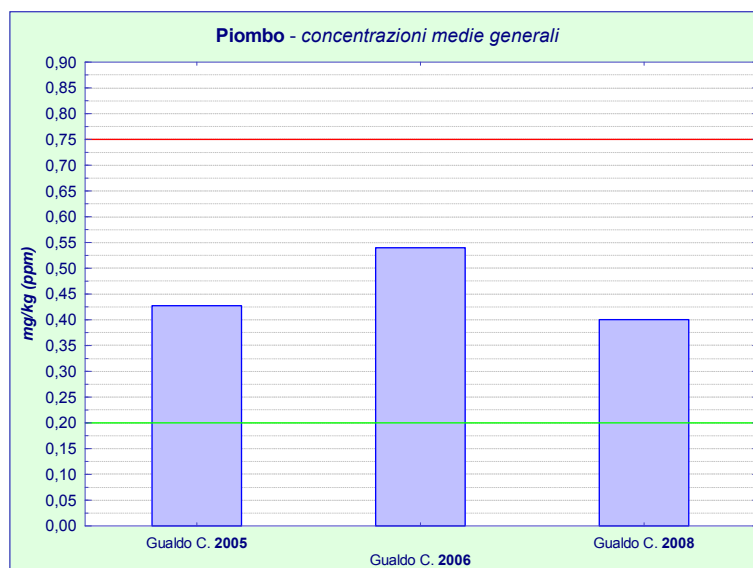


figura 84. Concentrazioni medie rilevate tra maggio e agosto nei 3 anni di indagine

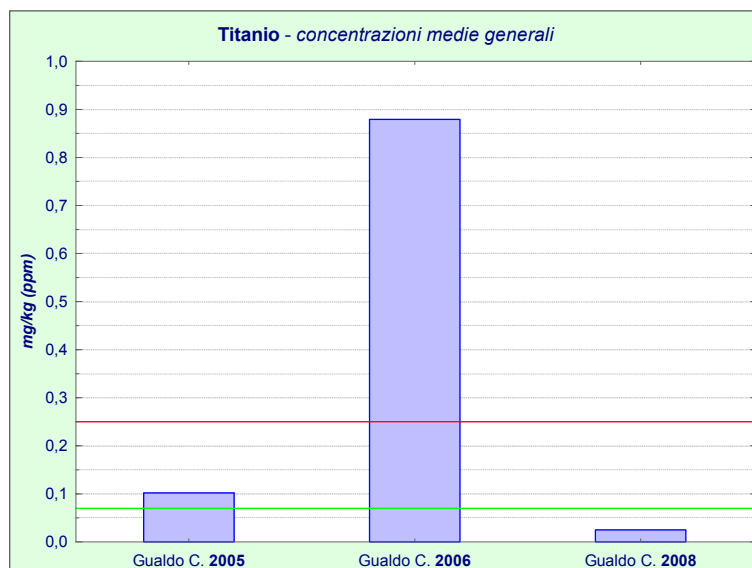


figura 85. Concentrazioni medie rilevate tra maggio e agosto nei 3 anni di indagine

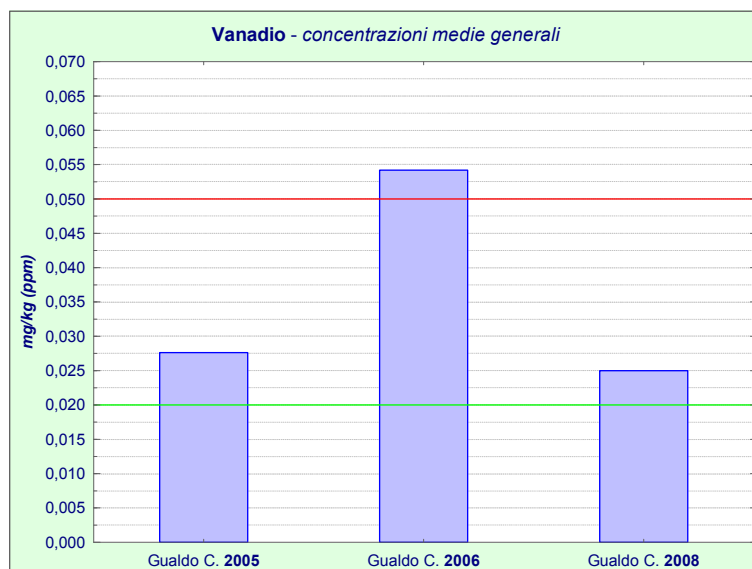


figura 86. Concentrazioni medie rilevate tra maggio e agosto nei 3 anni di indagine

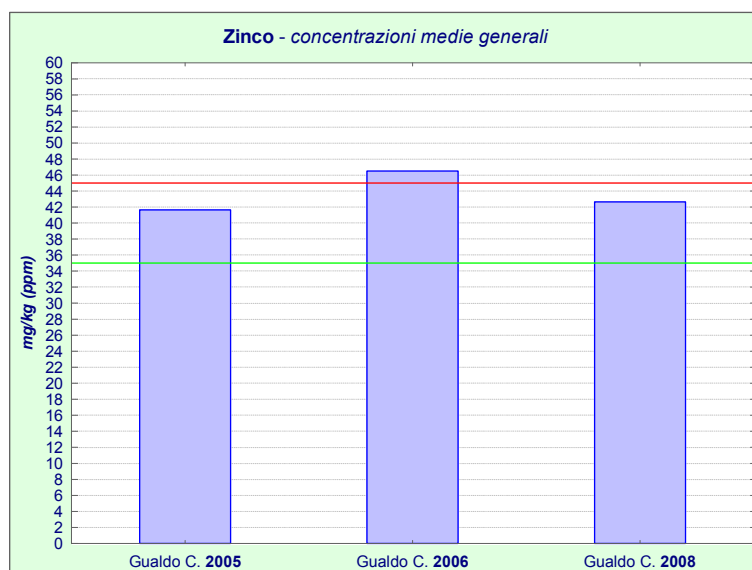


figura 87. Concentrazioni medie rilevate tra maggio e agosto nei 3 anni di indagine

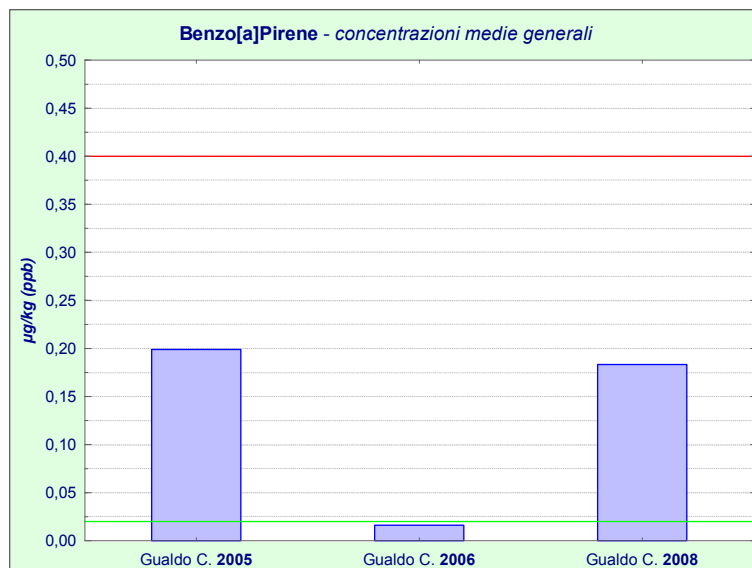


figura 88. Concentrazioni medie rilevate tra maggio e agosto nei 3 anni di indagine

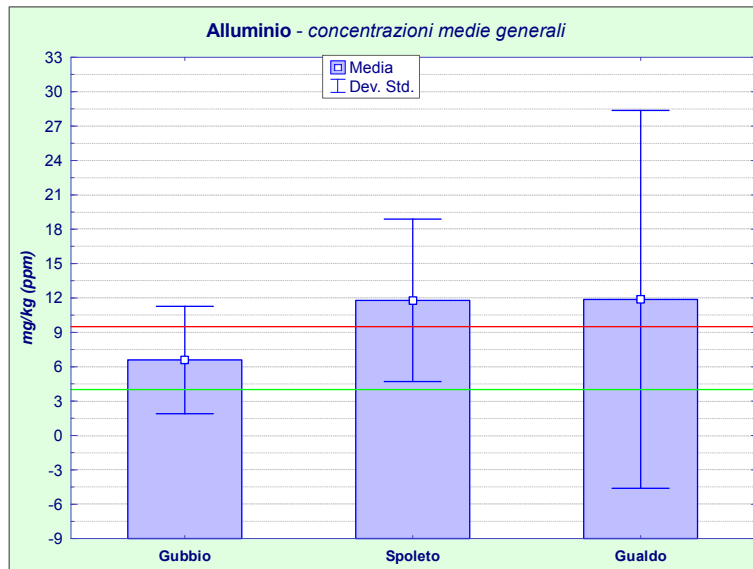


figura 89

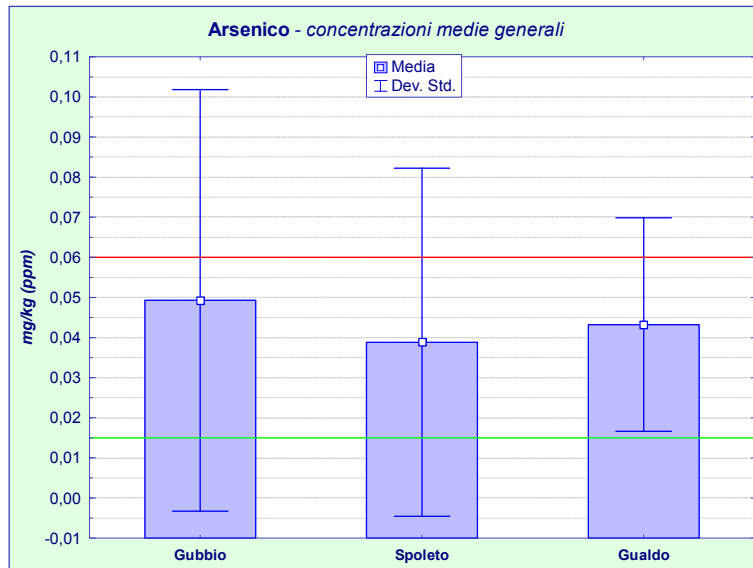


figura 90

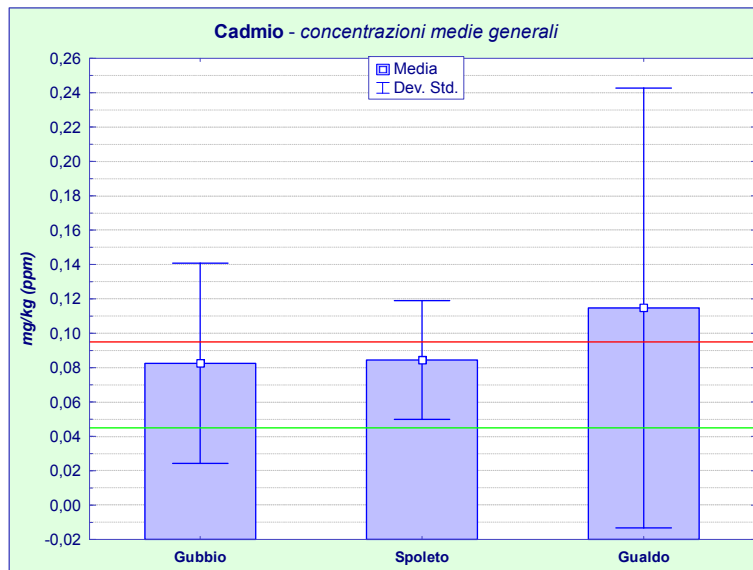


figura 91

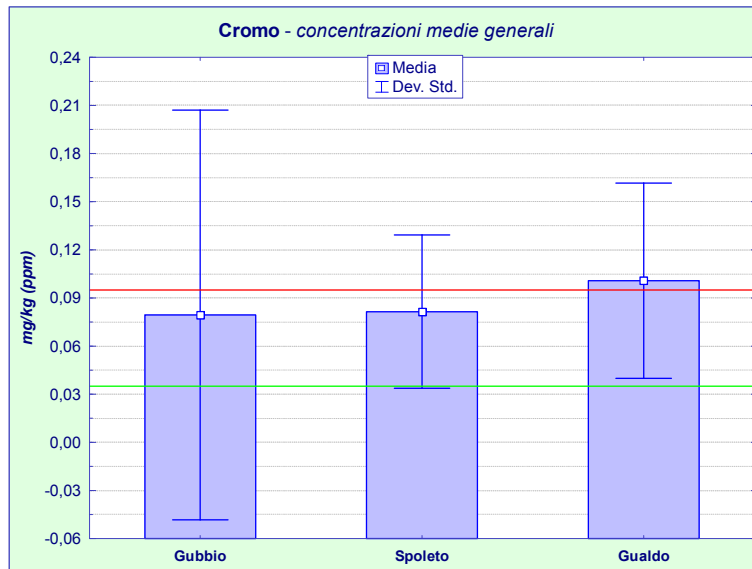


figura 92

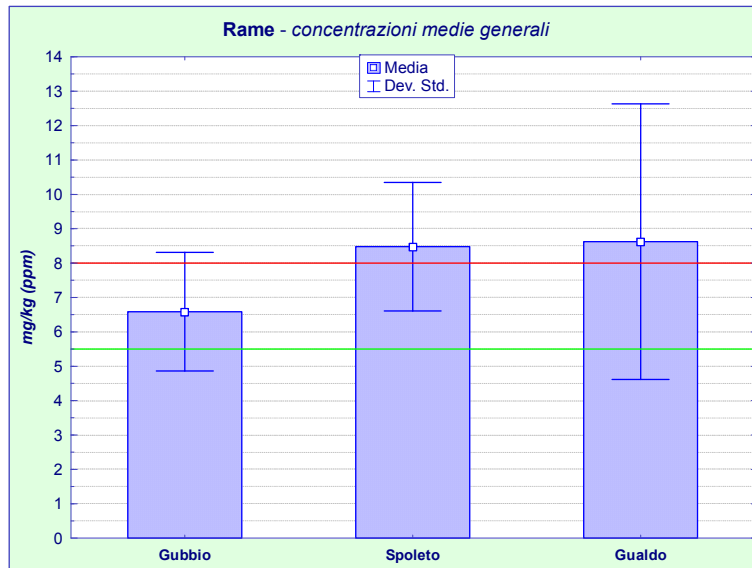


figura 93

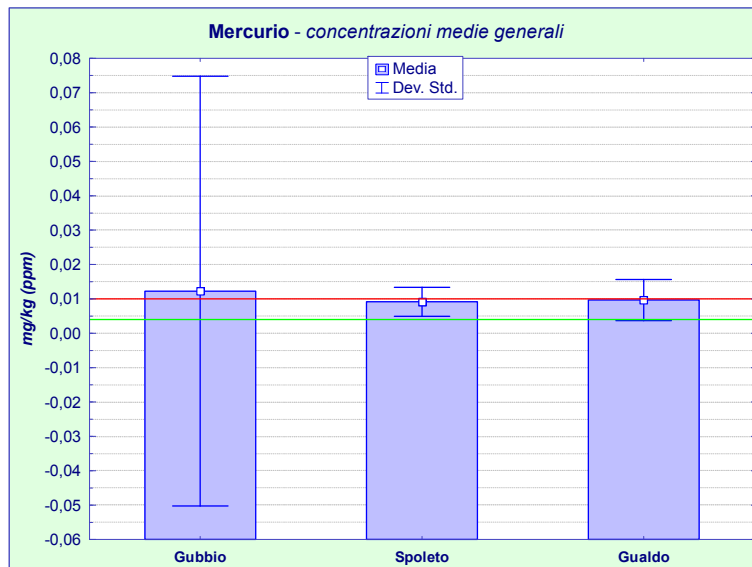


figura 94

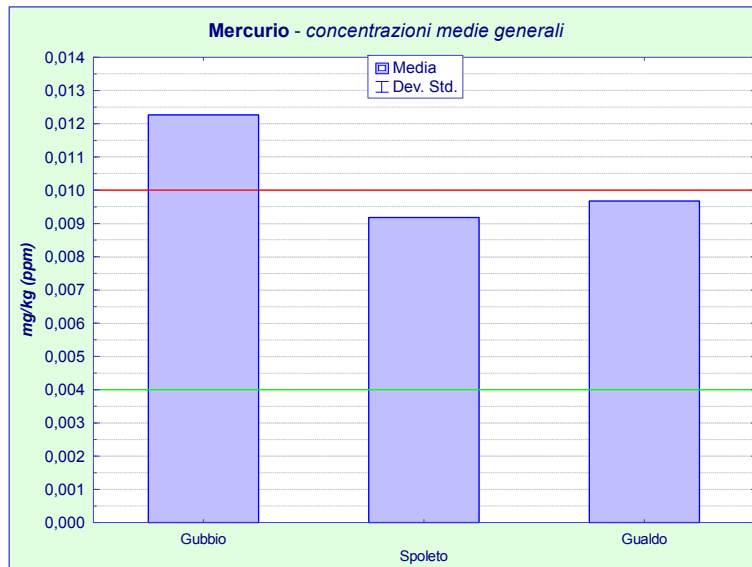


figura 94_bis

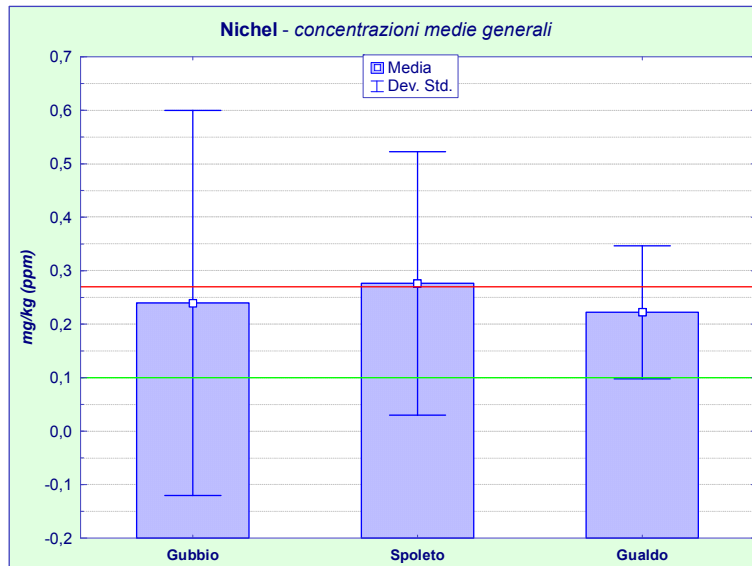


figura 95

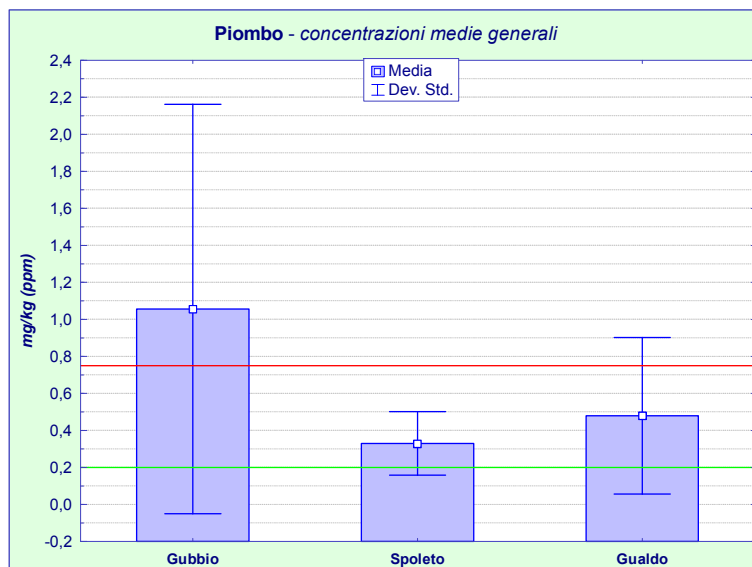


figura 96

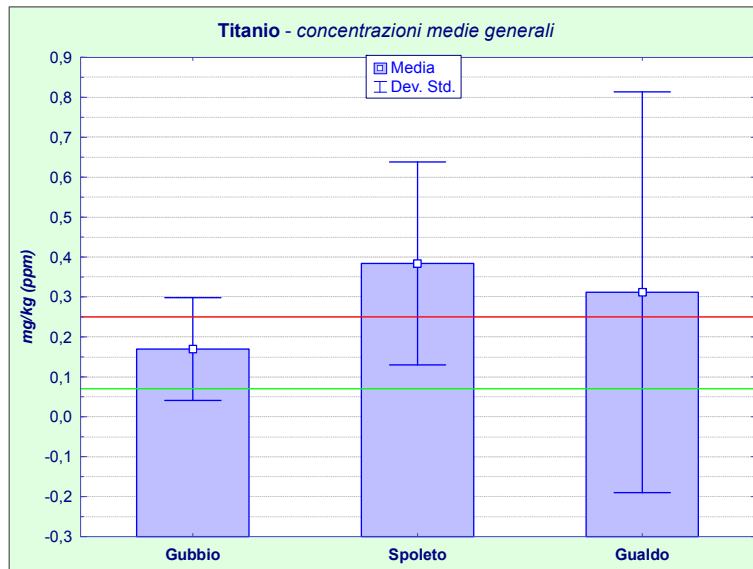


figura 97

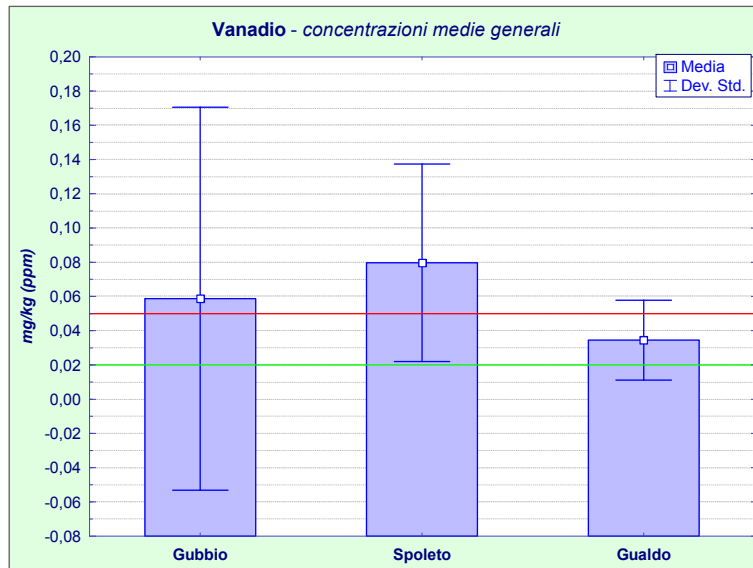
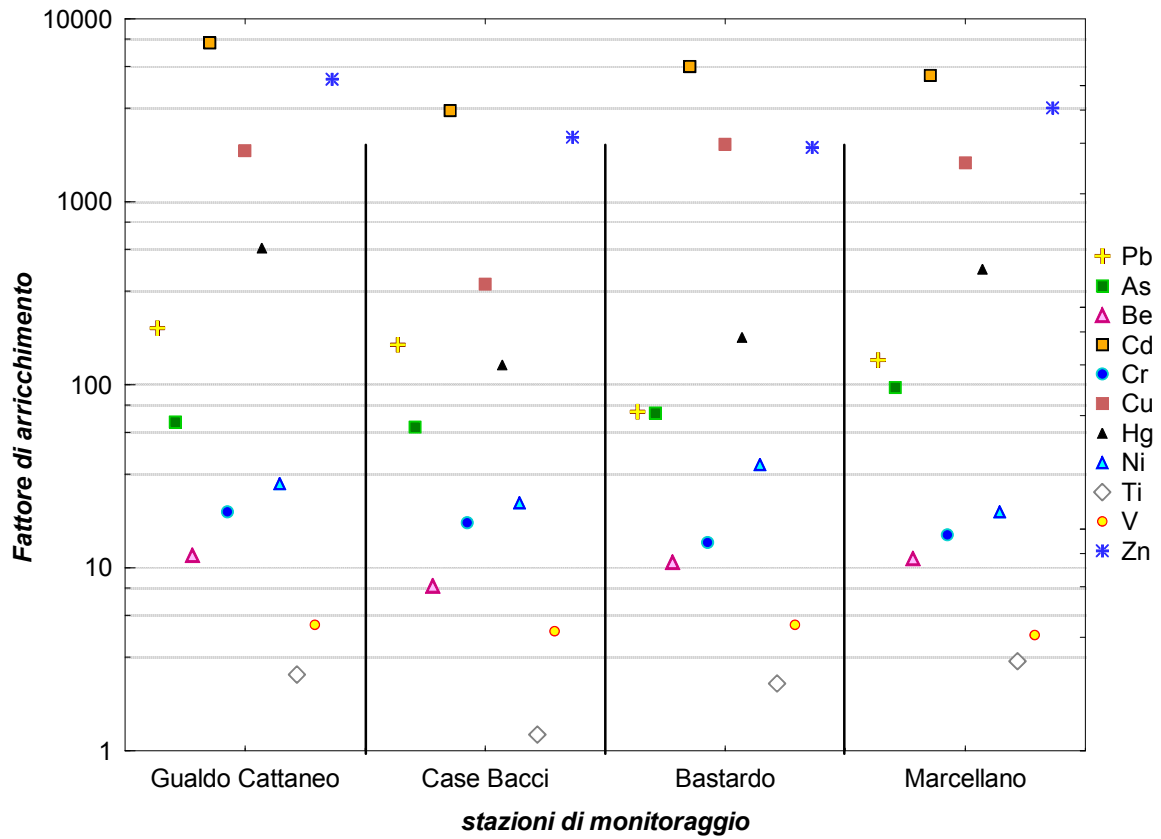
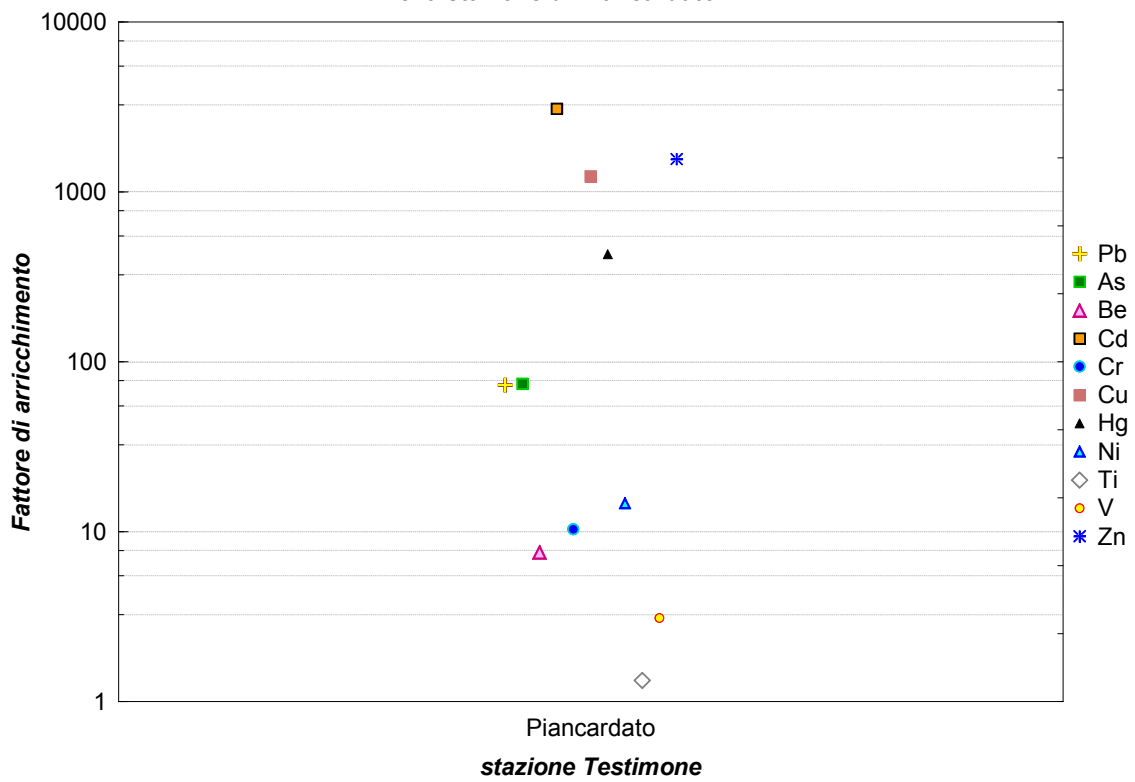


figura 98

**Matrice Api - (2008) - FATTORE di ARRICCHIMENTO
nelle stazioni circostanti la Centrale Elettrica**



**Matrice Api - (2008) - FATTORE di ARRICCHIMENTO
nella stazione di Piancardato**



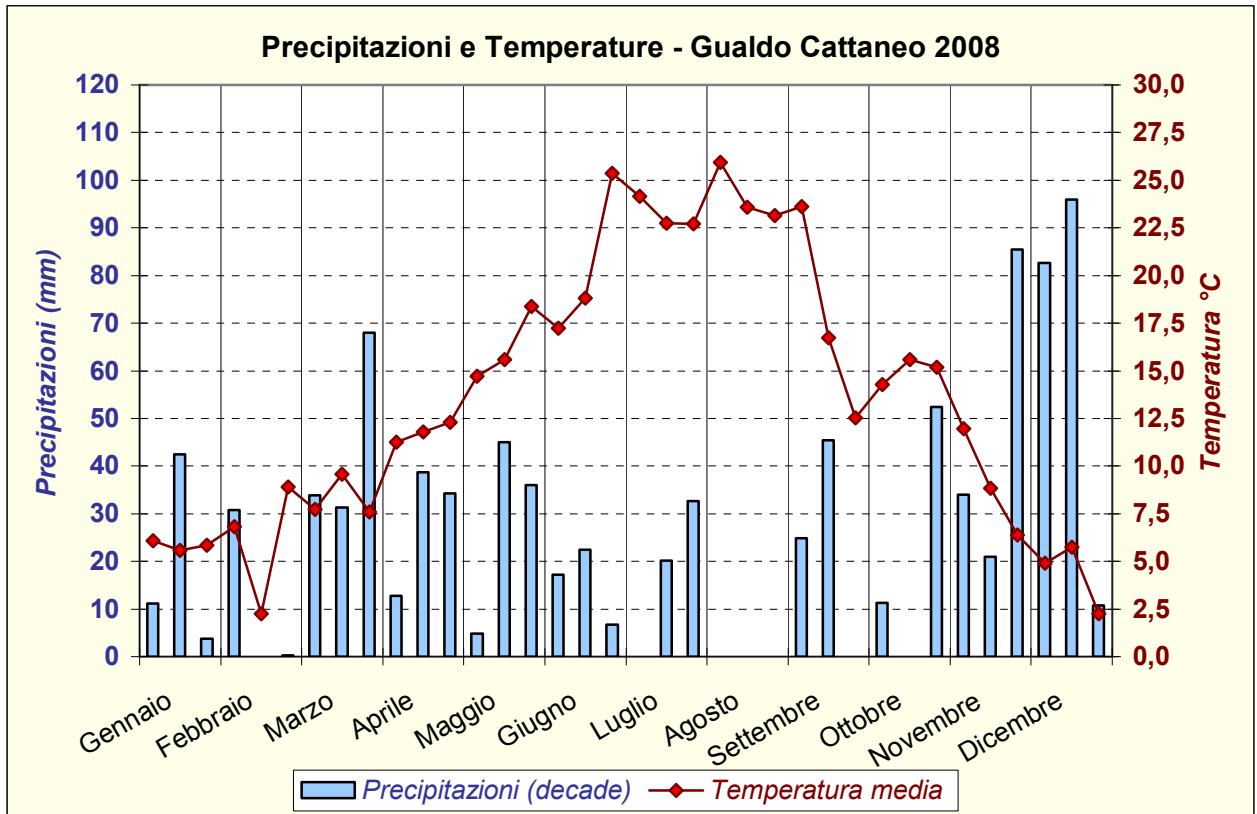


figura 101

Figura 102

scala 1:50.000

Legenda



Aree urbane



Aree d'indagine
stazioni di rilevamento



Altimetria da 200 a 1500 mt s.l.m.



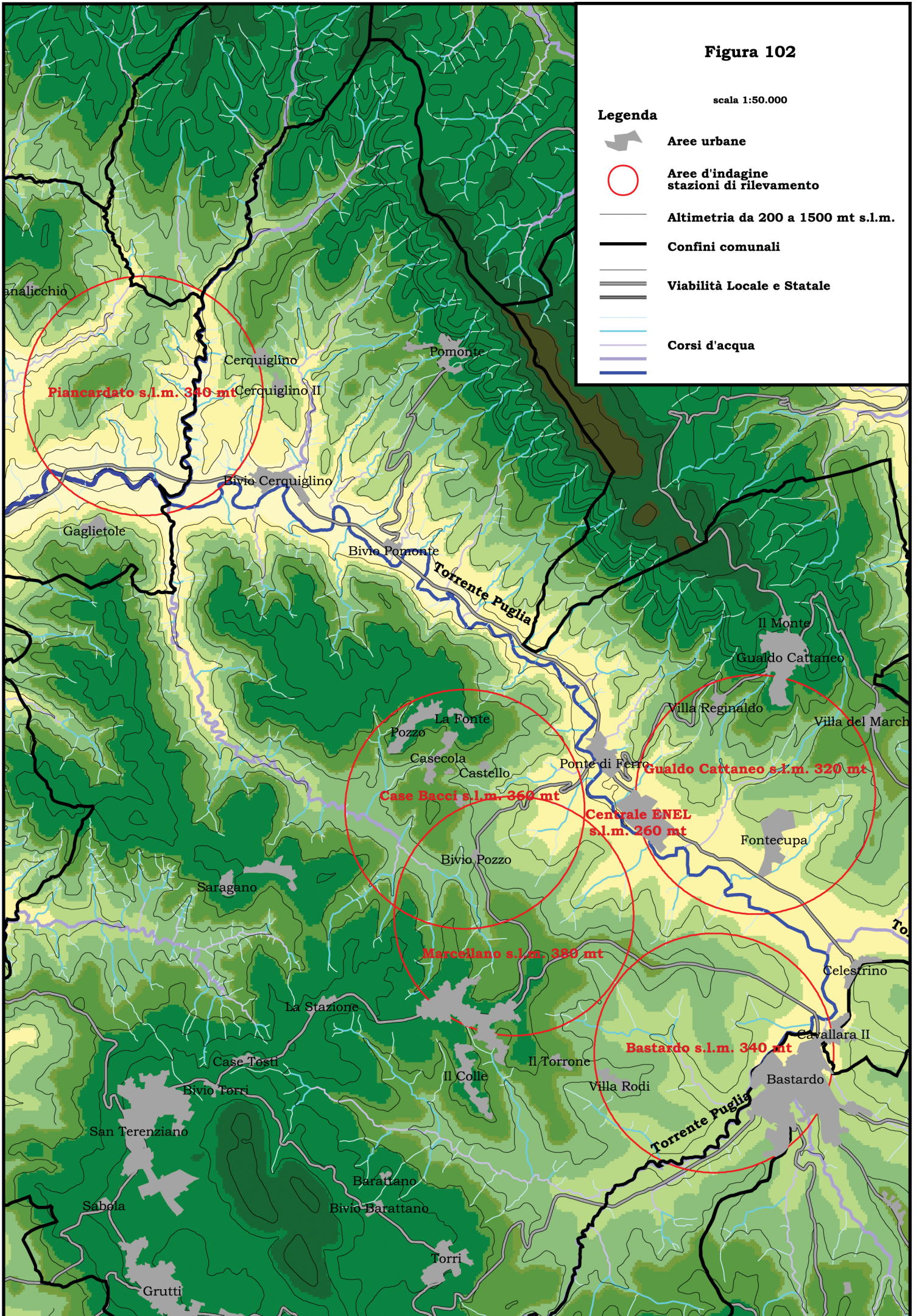
Confini comunali



Viabilità Locale e Statale



Corsi d'acqua



Tabelle

tabella 4

Valori di riferimento relativi al territorio di Gubbio, di Spoleto e Gualdo Cattaneo tra il 2001 ed il 2008, espressi in mg/kg													
Valori di riferimento:	Alluminio (Al)	Arsenico (As)	Berillio (Be)	Cadmio (Cd)	Cromo (Cr)	Rame (Cu)	Mercurio (Hg)	Nichel (Ni)	Piombo (Pb)	Titanio (Ti)	Vanadio (V)	Zinco (Zn)	Benzo[a]pirene
alto	9,50	0,060	0,0020	0,095	0,095	8,00	0,010	0,270	0,75	0,250	0,050	45	0,00040
basso	4,00	0,015	0,0015	0,045	0,035	5,50	0,004	0,100	0,20	0,070	0,020	35	0,00002

tabella 5

Fattore di arricchimento calcolato in tutte le stazioni di monitoraggio - Gualdo Cattaneo 2008												
Stazioni	Piombo (Pb)	Arsenico (As)	Berillio (Be)	Cadmio (Cd)	Cromo (Cr)	Rame (Cu)	Mercurio (Hg)	Nichel (Ni)	Titanio (Ti)	Vanadio (V)	Zinco (Zn)	
Gualdo Cattaneo	203	63	12	7384	20	1901	554	29	3	5	4669	
Case Bacci	165	58	8	3153	18	355	128	23	1	4	2252	
Bastardo	71	70	11	5483	14	2056	181	36	2	5	1969	
Marcellano	137	96	11	4882	15	1628	427	20	3	4	3241	
Piancardato	73	74	22	3093	10	1237	432	15	1	3	1565	

tabella 6

Concentrazione dei metalli (mg/kg) rilevate nel terreno, in tutte le stazioni di monitoraggio - Gualdo Cattaneo 2005												
Stazioni	Piombo (Pb)	Arsenico (As)	Berillio (Be)	Cadmio (Cd)	Cromo (Cr)	Rame (Cu)	Mercurio (Hg)	Nichel (Ni)	Alluminio (Al)	Titanio (Ti)	Vanadio (V)	Zinco (Zn)
Gualdo Cattaneo	12,5	5,6	0,84	0,198	29,7	26,3	0,041	38,5	15250	55	29,6	51
Case Bacci	8,6	2,0	0,50	0,087	15,1	47,5	0,041	20,6	7486	48	13,0	46
Bastardo	14,2	2,7	0,60	0,149	22,0	25,1	0,075	26,7	10770	41	19,4	70
Marcellano	7,1	2,6	0,63	0,135	28,9	23,7	0,040	32,5	13470	34	24,2	55
Piancardato	8,3	3,6	0,63	0,103	24,6	26,4	0,033	29,2	12420	53	22,7	62

tabella 7

Alluminio (Al) in mg/kg							Arsenico (As) in mg/kg						
Stazione	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Media Staz.	DS Staz.	Stazione	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Media Staz.	DS Staz.
Gualdo C.	4,0	3,0	2,3	2,0	2,8	0,9	Gualdo C.	0,0500	0,1000	0,0500	0,0500	0,0625	0,0250
Case Bacci	3,0	4,0	3,0	3,0	3,3	0,5	Case Bacci	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0000
Bastardo	5,0	2,0	2,0	5,0	3,5	1,7	Bastardo	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0000
Marcellano	4,0	3,0	2,0	6,7	3,9	2,0	Marcellano	0,0500	0,0500	0,0500	0,1333	0,0708	0,0417
Piancardato	3,7	3,0	5,0	10,0	5,4	3,2	Piancardato	0,2000	0,0500	0,0500	0,0500	0,0875	0,0750
Media mese	4,00	3,00	2,33	4,17	Media G.	DS G.	Media mese	0,0500	0,0625	0,0500	0,0708	Media G.	DS G.
DS - mese	0,82	0,82	0,47	2,08	3,38	1,33	DS - mese	0,0000	0,0250	0,0000	0,0417	0,0583	0,0236

Berillio (Be) in mg/kg							Cadmio (Cd) in mg/kg						
Stazione	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Media Staz.	DS Staz.	Stazione	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Media Staz.	DS Staz.
Gualdo C.	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0000	Gualdo C.	0,096	0,697	0,175	0,104	0,268	0,288
Case Bacci	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0000	Case Bacci	0,117	0,065	0,256	0,018	0,114	0,103
Bastardo	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0000	Bastardo	0,024	0,026	0,506	0,163	0,180	0,227
Marcellano	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0000	Marcellano	0,066	0,045	0,302	0,088	0,125	0,119
Piancardato	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0000	Piancardato	0,039	0,014	0,396	0,081	0,133	0,178
Media mese	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	Media G.	DS G.	Media mese	0,076	0,208	0,310	0,093	Media G.	DS G.
DS - mese	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0017	0,0000	DS - mese	0,040	0,326	0,141	0,060	0,172	0,189

tabella 8

Cromo (Cr) in mg/kg						
Stazione	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Media Staz.	DS Staz.
Gualdo C.	0,160	0,090	0,110	0,080	0,110	0,036
Case Bacci	0,140	0,090	0,080	0,140	0,113	0,032
Bastardo	0,190	0,060	0,060	0,070	0,095	0,064
Marcellano	0,110	0,100	0,110	0,090	0,103	0,010
Piancardato	0,130	0,070	0,060	0,110	0,093	0,033
Media mese	0,1500	0,0850	0,0900	0,0950	Media G.	DS G.
DS - mese	0,0337	0,0173	0,0245	0,0311	0,105	0,037

Rame (Cu) in mg/kg						
Stazione	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Media Staz.	DS Staz.
Gualdo C.	12,6	11,1	8,0	5,7	9,3	3,1
Case Bacci	6,4	10,3	6,3	6,6	7,4	1,9
Bastardo	13,7	20,7	10,2	4,9	12,4	6,6
Marcellano	7,8	13,9	7,7	6,8	9,1	3,3
Piancardato	15,1	13,5	5,8	7,4	10,5	4,5
Media mese	10,1	14,0	8,0	6,0	Media G.	DS G.
DS - mese	3,6	4,7	1,6	0,9	9,5	4,1

Mercurio (Hg) in mg/kg						
Stazione	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Media Staz.	DS Staz.
Gualdo C.	0,0020	0,0024	0,0040	0,0060	0,0036	0,0018
Case Bacci	0,0027	0,0016	0,0025	0,0021	0,0022	0,0005
Bastardo	0,0045	0,0032	0,0027	0,0058	0,0041	0,0014
Marcellano	0,0026	0,0015	0,0074	0,0014	0,0032	0,0028
Piancardato	0,0066	0,0047	0,0053	0,0022	0,0047	0,0018
Media mese	0,0030	0,0022	0,0042	0,0038	Media G.	DS G.
DS - mese	0,0011	0,0008	0,0023	0,0024	0,0033	0,0018

Nichel (Ni) in mg/kg						
Stazione	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Media Staz.	DS Staz.
Gualdo C.	0,270	0,270	0,075	0,200	0,204	0,092
Case Bacci	0,330	0,230	0,075	0,170	0,201	0,107
Bastardo	0,075	0,340	0,260	0,230	0,226	0,111
Marcellano	0,075	0,380	0,075	0,075	0,151	0,153
Piancardato	0,130	0,200	0,075	0,220	0,156	0,067
Media mese	0,188	0,305	0,121	0,169	Media G.	DS G.
DS - mese	0,132	0,068	0,093	0,067	0,196	0,109

tabella 9

Piombo (Pb) in mg/kg						
Stazione	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Media Staz.	DS Staz.
Gualdo C.	0,510	0,310	0,663	0,300	0,446	0,174
Case Bacci	1,180	0,330	0,310	0,540	0,590	0,407
Bastardo	0,370	0,200	0,240	0,410	0,305	0,101
Marcellano	0,220	0,330	0,140	0,353	0,261	0,099
Piancardato	0,220	0,180	0,190	0,370	0,240	0,088
Media mese	0,570	0,293	0,338	0,401	Media G.	DS G.
DS - mese	0,424	0,062	0,228	0,103	0,400	0,247

Titanio (Ti) in mg/kg						
Stazione	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Media Staz.	DS Staz.
Gualdo C.	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,000
Case Bacci	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,000
Bastardo	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,000
Marcellano	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,000
Piancardato	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,000
Media mese	0,025	0,025	0,025	0,025	Media G.	DS G.
DS - mese	0,000	0,000	0,000	0,000	0,025	0,000

Vanadio (V) in mg/kg						
Stazione	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Media Staz.	DS Staz.
Gualdo C.	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,000
Case Bacci	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,000
Bastardo	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,000
Marcellano	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,000
Piancardato	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,000
Media mese	0,025	0,025	0,025	0,025	Media G.	DS G.
DS - mese	0,000	0,000	0,000	0,000	0,025	0,000

Zinco (Zn) in mg/kg						
Stazione	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Media Staz.	DS Staz.
Gualdo C.	42,1	45,8	34,0	44,4	41,6	5,3
Case Bacci	55,4	61,8	26,2	38,8	45,6	16,1
Bastardo	33,9	36,3	33,9	46,6	37,7	6,1
Marcellano	34,3	51,1	36,6	60,8	45,7	12,5
Piancardato	42,9	30,6	28,2	35,6	34,3	6,5
Media mese	41,4	48,8	32,7	47,7	Media G.	DS G.
DS - mese	10,1	10,6	4,5	9,4	42,6	10,4

tabella 10

Benzo[a]Pirene in $\mu\text{g}/\text{kg}$						
Stazione	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Media Staz.	DS Staz.
Gualdo C.	0,050	0,050	1,850	0,050	0,500	0,900
Case Bacci	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,000
Bastardo	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,000
Marcellano	0,050	0,050	0,050	0,383	0,133	0,167
Piancardato	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,000
Media mese	0,050	0,050	0,500	0,133	Media G.	DS G.
DS - mese	0,000	0,000	0,900	0,167	0,183	0,452

tabella 11. I numeri indicano quale posizione ogni stazione occupa nella graduatoria dei valori medi (da 1 a 5) o di picco (da 1 a 6) più elevati per ogni elemento.

2008	Gualdo C.		Case Bacci		Bastardo		Marcellano		Piancardato	
Elemento	Medie	Picco	Medie	Picco	Medie	Picco	Medie	Picco	Medie	Picco
Al	5°	5°	4°	5°	3°	3°	2°	2° e 5°	1°	1° e 3°
As	3°	3°	4°	4°	4°	4°	2°	2°	1°	1°
BaP	1°		3°		3°		2°		3°	
Be										
Cd	1° e 6°	1°	5°	5°	2°	2°	4°	4°	3°	3°
Cr	2°	2° e 6°	1°	3°	4°	1°	3°	6°	5°	5° e 6°
Cu	3°	6°	5°		1°	1° e 4°	4°	3°	2°	2° e 5°
Hg	3°	3°	5°		2°	4° e 6°	4°	1°	1°	2° e 5°
Ni	2°	4° e 5°	3°	3°	1°	2° e 6°	5°	1°	4°	
Pb	2°	2° e 4°	1°	1° e 3°	3	5° e 6°	4°		5°	6°
Ti										
V										
Zn	3°	6°	2°	1° e 3°	4°	5°	1°	2° e 4°	5°	
n. di volte 1°	2	1	2	2	2	2	1	2	3	2
n. di volte 2°	3	2	1	0	2	2	3	3	1	2
n. di volte 3°	4	2	2	4	3	1	1	1	2	2
n. di volte 4°	0	2	2	1	3	3	4	2	1	0
n. di volte 5°	1	2	3	2	0	2	1	1	3	3
n. di volte 6°	1	3	0	0	0	3	0	1	0	2

tabella 12. I numeri indicano quale posizione ogni stazione occupa nella graduatoria dei valori medi (da 1 a 5) o di picco (da 1 a 6) più elevati per ogni elemento.

2006 Elemento	Gualdo C.		Case Bacci		Bastardo		Marcellano		Piancardato	
	Medie	Picco	Medie	Picco	Medie	Picco	Medie	Picco	Medie	Picco
Al	2°	2°e 4°	3°	3°	5°	5°	1°	1°	4°	6°
As	4°	1°	3°	1°	1°	4°	2°	1°e 4°	5°	6°
BaP										
Be	1°	1°e 3°	3°	3°	3°	3°	1°	1°e 3°	3°	3°
Cd	3°	6°	1°	1°e 5°	3°	4°	3°	3°	2°	2°
Cr	3°	4°	2°	2°e 3°	5°	6°	4°	1°	1°	4°
Cu	2°	3°e 3°	4°	5°	1°e 2°	1°e 2°	3°	6°	5°	6°
Hg	5°	6°	4°	4°	3°	5°	2°	2°e 3°	1°	1°
Ni	3°	6°	3°	3°e 5°	1°	1°	2°	2°	3°	3°
Pb	1°	1°	2°	2°e 4°	5°	6°	4°	5°	3°	3°
Ti	2°	2°e 3°	3°	4°	4°	5°	1°	1°	5°	6°
V	2°	3°e 4°	4°	2°	4°	4°	1°	1°	3°	6°
Zn	4°	3°	5°	6°	2°	2°e 4°	3°	5°	1°	1°
n. di volte 1°	2	3	1	2	3	1	4	6	3	2
n. di volte 2°	4	2	2	3	2	2	3	2	1	1
n. di volte 3°	3	6	5	4	3	1	3	2	4	3
n. di volte 4°	2	3	3	3	2	4	2	1	1	1
n. di volte 5°	1	0	1	2	3	3	0	2	3	0
n. di volte 6°	0	3	0	1	0	2	0	1	0	5

tabella 13. I numeri indicano quale posizione ogni stazione occupa nella graduatoria dei valori medi (da 1 a 5) o di picco (da 1 a 6) più elevati per ogni elemento.

2005 Elemento	Gualdo C.		Case Bacci		Bastardo		Marcellano		Piancardato	
	Medie	Picco	Medie	Picco	Medie	Picco	Medie	Picco	Medie	Picco
Al	1°	1°e 5°	4°	6°	5°	6°	2°	2°e 4°	3°	2°
As	4°	3°	4°	3°	1°	1°, 2°e 3°	2°	3°	2°	3°
BaP	4°	4°	2°	5°	5°	6°	2°	1°	1°	2°e 3°
Be										
Cd	2°	2°	1°	1°e 5°	5°	6°	3°	3°	4°	4°
Cr	1°	1°e 2°	3°	6°	4°	6°	2°	3°, 4°e 5°	5°	6°
Cu	3°	2°e 4°	4°	6°	4°	3°	2°	5°	1°	1°
Hg	4°	2°	1°	1°e 4°	2°	3°e 5°	2°	5°	4°	6°
Ni	3°	3°e 5°	1°	1°e 4°	5°	6°	2°	2°	4°	5°
Pb	2°	2°, 4°e 5°	1°	1°e 3°	5°	6°	3°	6°	4°	6°
Ti	1°	2°e 3°	4°	6°	5°	6°	3°	4°e 5°	2°	1°
V	1°	1°, 3°e 5°	4°	5°	5°	6°	2°	3°e 5°	2°	2°
Zn	3°	5°	4°	6°	5°	6°	1°	1°e 4°	2°	2°e 3°
n. di volte 1°	4	3	4	4	1	1	1	2	2	2
n. di volte 2°	2	6	1	0	1	1	8	2	4	4
n. di volte 3°	3	4	1	2	0	3	3	4	1	3
n. di volte 4°	3	3	6	2	2	0	0	4	4	1
n. di volte 5°	0	5	0	3	8	1	0	5	1	1
n. di volte 6°	0	0	0	5	0	9	0	1	0	3

tabella 14. Somma delle posizioni occupate tra la 1° e la 3° nei tre anni di indagine sia come concentrazioni medie che di picco

	Gualdo C.	Case Bacci	Bastardo	Marcellano	Piancardato
2008	14	11	12	11	12
2006	20	17	12	20	14
2005	22	12	7	20	16
totale	56	40	31	51	42

tabella 15. Gualdo Cattaneo (matrice Api): confronto fra i dati ottenuti (media e deviazione standard) nei due anni di indagine.

Anno	Al mg/kg	As mg/kg	Be mg/kg	Cd mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Hg mg/kg	Ni mg/kg	Pb mg/kg	Ti mg/kg	V mg/kg	Zn mg/kg	BaP µg/kg
2008	3,78 (1,9)	0,06 (0,038)	0,0017 (0,0000)	0,164 (0,183)	0,103 (0,04)	9,73 (4,1)	0,00 (0,018)	0,19 (0,10)	0,37 (,0,23)	0,025 (0,000)	0,025 (0,000)	41,0 (10,2)	0,157 (0,405)
2006	25,4 (24,2)	0,049 (0,031)	0,0022 (0,0017)	0,081 (0,039)	0,120 (0,045)	10,3 (5,0)	0,014 (0,006)	0,23 (0,10)	0,54 (0,45)	0,879 (0,591)	0,054 (0,033)	46,5 (8,5)	0,016 (0,000)
2005	7,8 (5,6)	0,026 (0,012)	0,0018 (0,0000)	0,096 (0,102)	0,082 (0,081)	6,5 (1,5)	0,0113 (0,003)	0,24 (0,15)	0,49 (0,51)	0,087 (0,076)	0,026 (0,012)	40,7 (7,4)	0,212 (0,221)

tabella 16. Confronto fra le concentrazioni medie rilevate a Gubbio (2001-04), a Spoleto (2003-04) e a Gualdo C. (2005-06, 2008)

Area	Al mg/kg	As mg/kg	Cd mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Hg mg/kg	Ni mg/kg	Pb mg/kg	Ti mg/kg	V mg/kg
Gubbio	6,6	0,0493	0,0825	0,0794	6,6	0,0123	0,2397	1,0562	0,170	0,059
Spoleto	11,79	0,0388	0,0845	0,0815	8,5	0,0092	0,2763	0,3300	0,384	0,080
Gualdo C.	11,88	0,0432	0,1148	0,1007	8,6	0,0097	0,2222	0,4793	0,312	0,035

tabella 17

2008 - Dati meteorologici, per decade, nell'area di Gualdo Cattaneo (Bastardo)			
<i>Mese</i>	<i>Decade</i>	<i>Precipitazioni (mm di pioggia)</i>	<i>Temperatura media (°C)</i>
Gennaio	1 ^a	11,2	6,1
	2 ^a	42,5	5,6
	3 ^a	3,7	5,8
Febbraio	1 ^a	30,8	6,8
	2 ^a	0,0	2,3
	3 ^a	0,3	8,9
Marzo	1 ^a	33,8	7,7
	2 ^a	31,3	9,6
	3 ^a	68,0	7,6
Aprile	1 ^a	12,8	11,3
	2 ^a	38,7	11,8
	3 ^a	34,3	12,3
Maggio	1 ^a	4,9	14,7
	2 ^a	45,0	15,6
	3 ^a	36,0	18,4
Giugno	1 ^a	17,2	17,2
	2 ^a	22,4	18,8
	3 ^a	6,7	25,4
Luglio	1 ^a	0,0	24,2
	2 ^a	20,2	22,8
	3 ^a	32,7	22,7
Agosto	1 ^a	0,0	25,9
	2 ^a	0,0	23,6
	3 ^a	0,0	23,1
Settembre	1 ^a	24,9	23,6
	2 ^a	45,4	16,7
	3 ^a	0,0	12,5
Ottobre	1 ^a	11,3	14,3
	2 ^a	0,0	15,6
	3 ^a	52,4	15,2
Novembre	1 ^a	34,0	12,0
	2 ^a	20,9	8,9
	3 ^a	85,4	6,4
Dicembre	1 ^a	82,7	4,9
	2 ^a	95,9	5,8
	3 ^a	10,8	2,3

tabella 18. Precipitazioni accorse nei 7 giorni antecedenti il prelievo di api.

Precipitazioni Gualdo Cattaneo 2008			
tot mm pioggia	n° totale eventi	media n° eventi/mese	media mm pioggia/evento
85,2	8	2	6,7

Precipitazioni Gualdo Cattaneo 2006			
tot mm pioggia	n° totale eventi	media n° eventi/mese	media mm pioggia/evento
26,1	3	0,75	4,0

Precipitazioni Gualdo Cattaneo 2005			
tot mm pioggia	n° totale eventi	media n° eventi/mese	media mm pioggia/evento
30	9	2,25	3,2