

***REVISIONE DEL REPORT ANNUALE DESCRITTIVO DELLE ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO  
ON-SHORE E OFF-SHORE***

***Periodo di riferimento: Novembre 2018 ÷ Ottobre 2019***

## **Allegato DD**

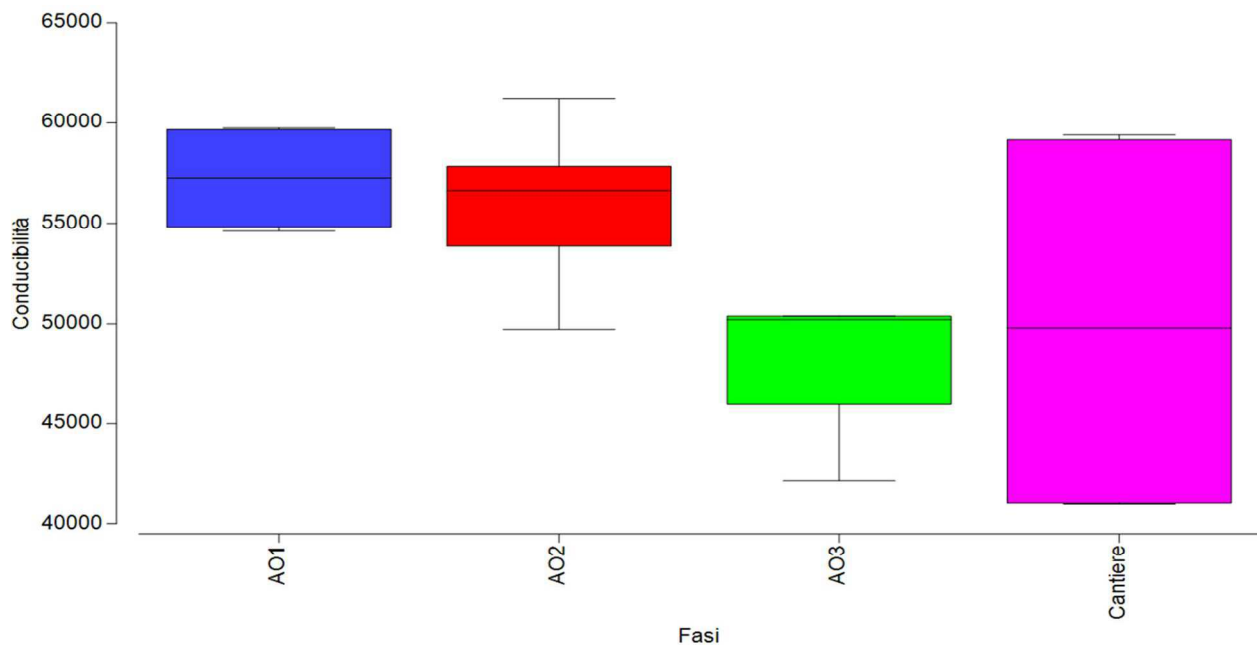
**Esito analisi statistica applicata al monitoraggio del bioaccumulo nei mitili (Mussel Watch)  
(novembre 2015 ÷ ottobre 2019)**

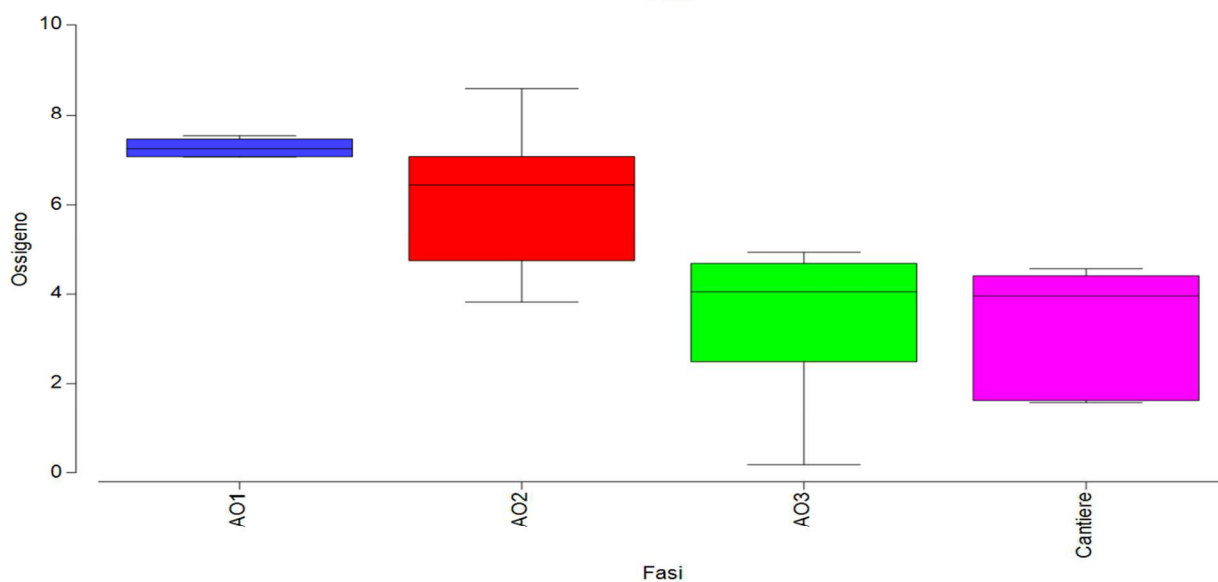
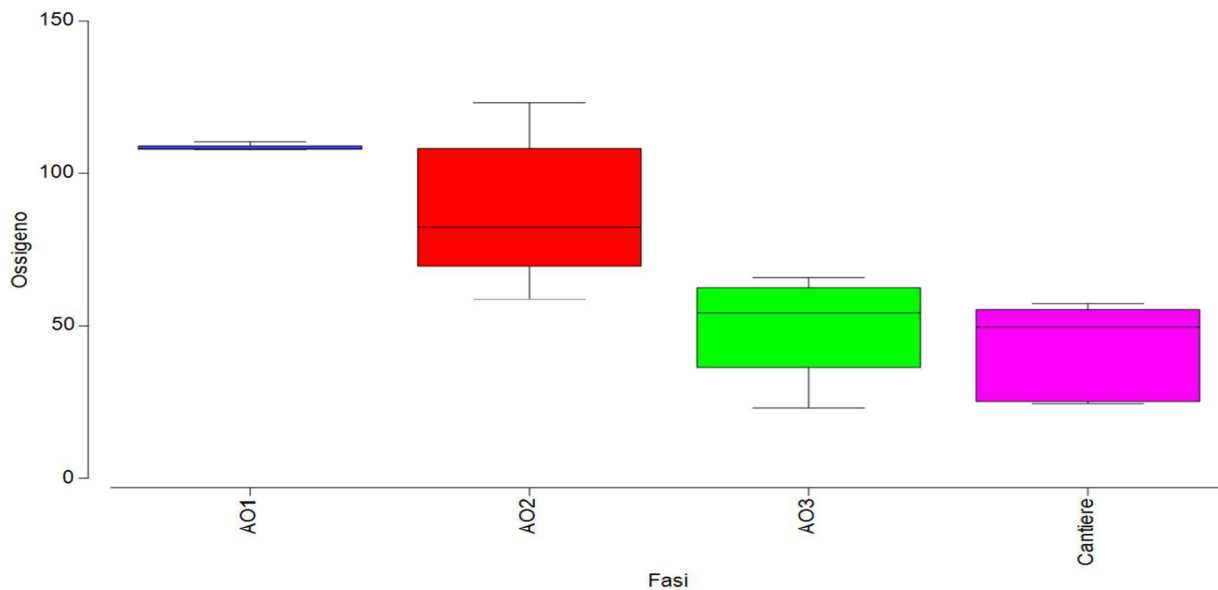
## ESITO ANALISI STATISTICA APPLICATA AL MONITORAGGIO DEL BIOACCUMULONEI MITILI – MUSSEL WATCH (NOVEMBRE 2015 ÷ OTTOBRE 2019)

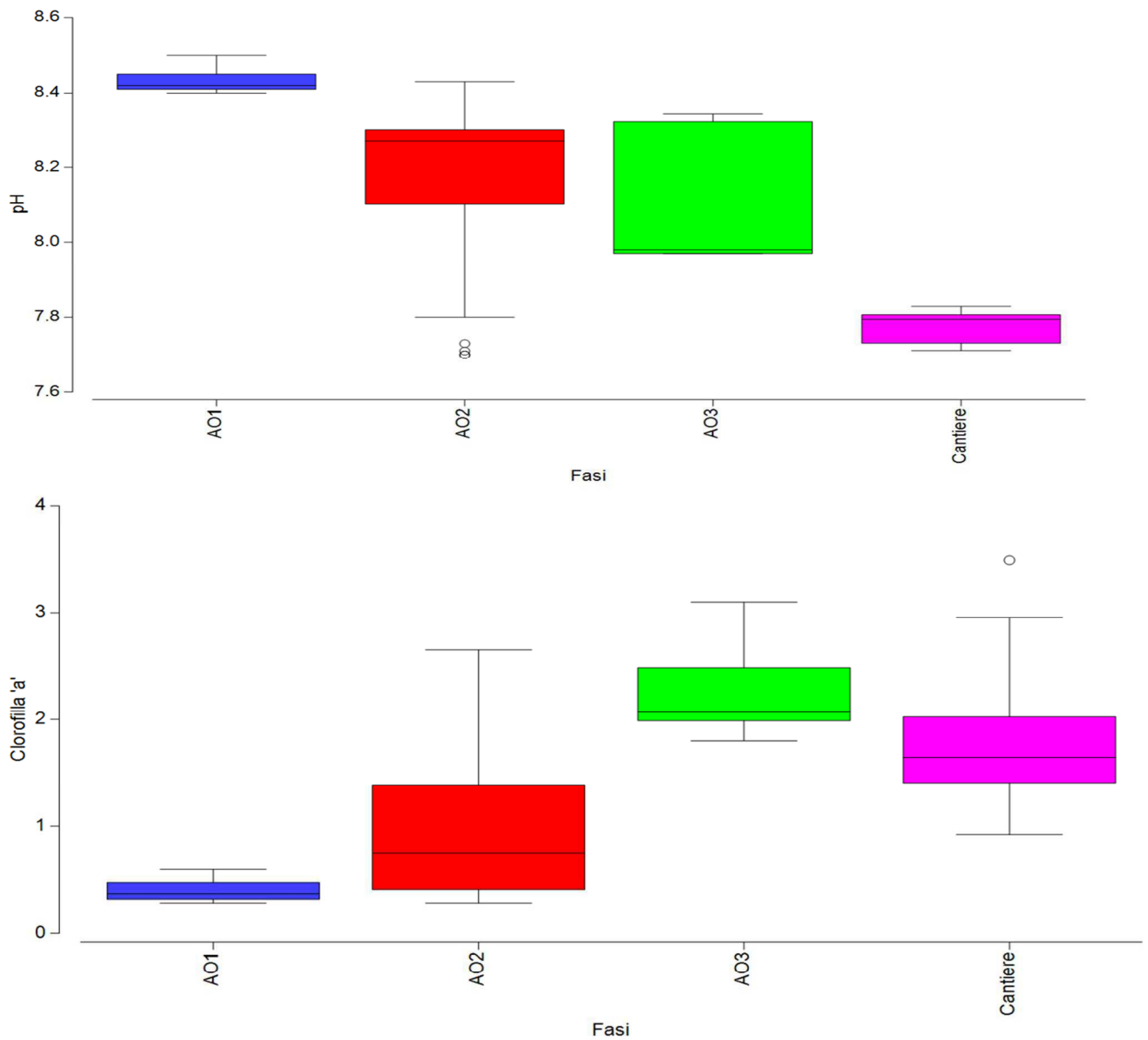
### Chimico-fisica delle acque (crf. Allegato CC)

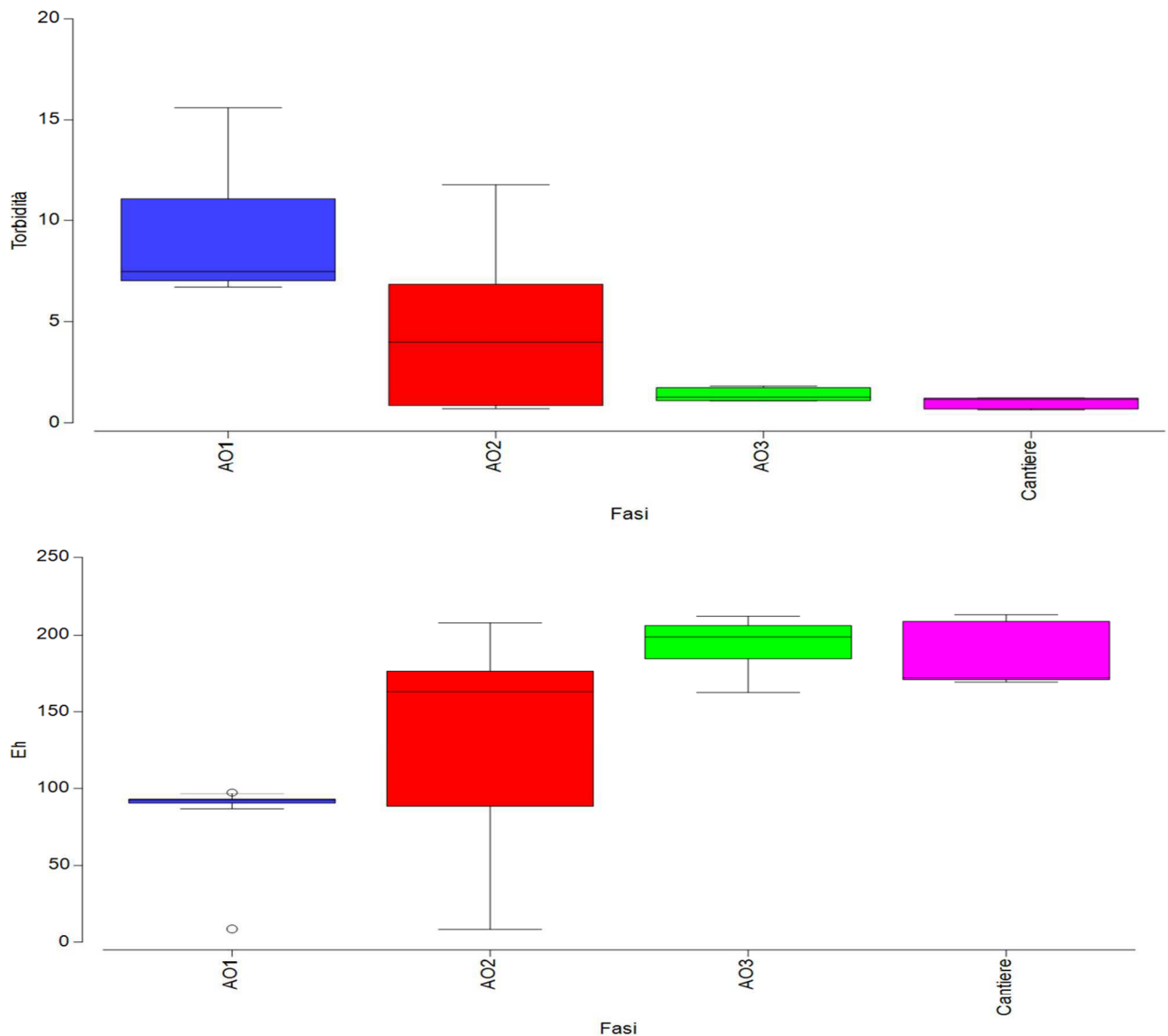
Si riportano a seguire nella Figura 1 le rappresentazioni Box-Whiskers relativi alle variabili considerate elaborati in modo raggruppato rispetto al fattore “fase” monitoraggio. In blu è evidenziata la fase ante operam (AO1), in rosso la fase ante operam (AO2), in verde la fase ante operam (AO3), in viola la fase in itinere (Cantiere). Gli andamenti delle variabili (fluttuazioni rispetto all’asse y) sono espressi nella stessa unità di misura riportata in Allegato CC per la variabile rappresentata.

**Figura 1** - Box-Whiskers relativi alle variabili considerate elaborati in modo raggruppato rispetto al fattore “fase” monitoraggio.





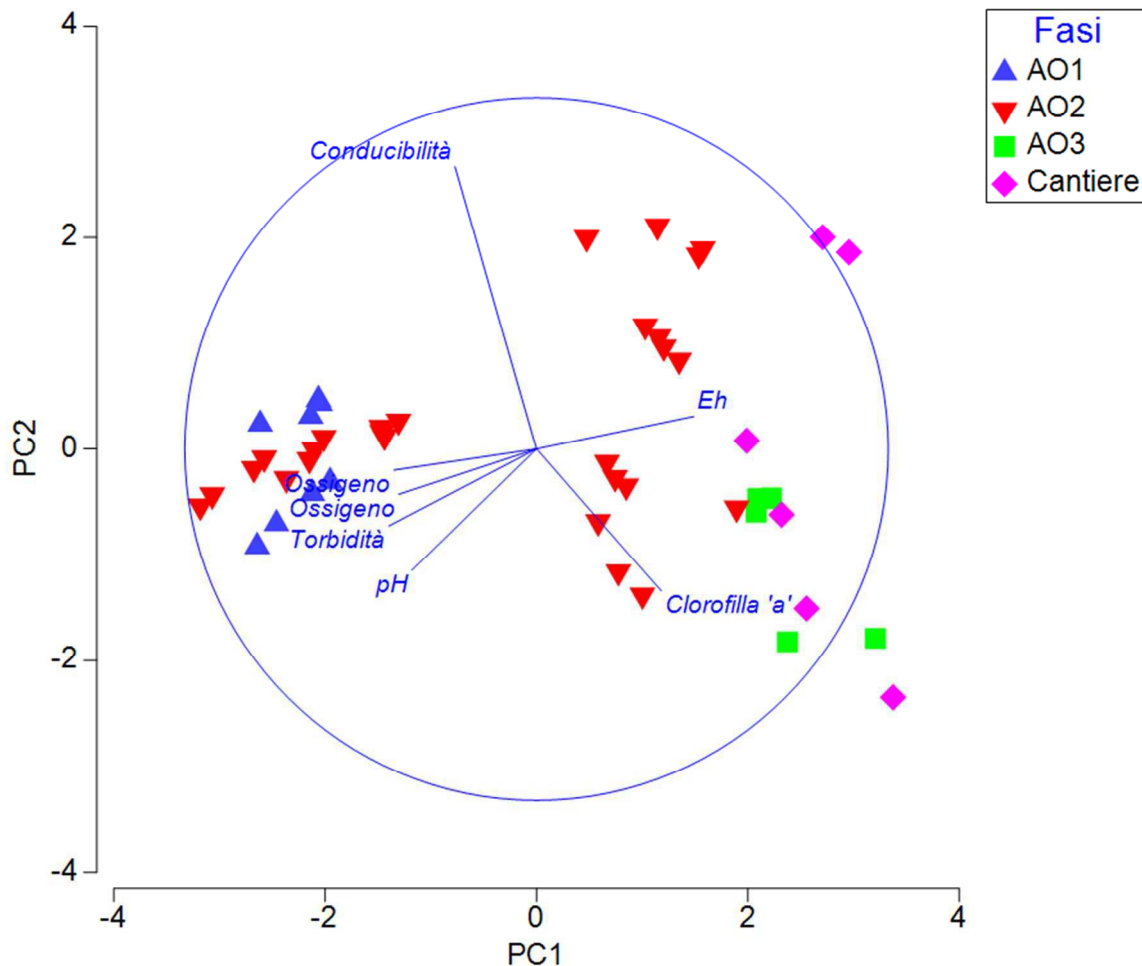




La Principal component analyses (PCA) è riportata in Figura 2. La PCA ha evidenziato una percentuale di varianza cumulativa spiegata dai primi tre assi del 91,0% distribuita per il 67,5% al primo asse, per il 17,3% al secondo asse e per il 6,1% al terzo asse.

La rappresentazione bidimensionale approssima, pertanto, in larga misura la variabilità complessiva del sistema considerato (84,9%). I coefficienti nelle combinazioni lineari delle variabili che compongono i PC (*Eigenvalues*) sono riportati in Tabella 1.

**Figura 2** - PCA relativi ai primi due assi, in blu i vettori e la loro relazione con gli assi di riferimento. Le icone colorate rappresentano la posizione multidimensionale reciproca delle stazioni di monitoraggio in relazione alle variabili considerate. Le forme colorate indicano il fattore "fase" come da legenda.

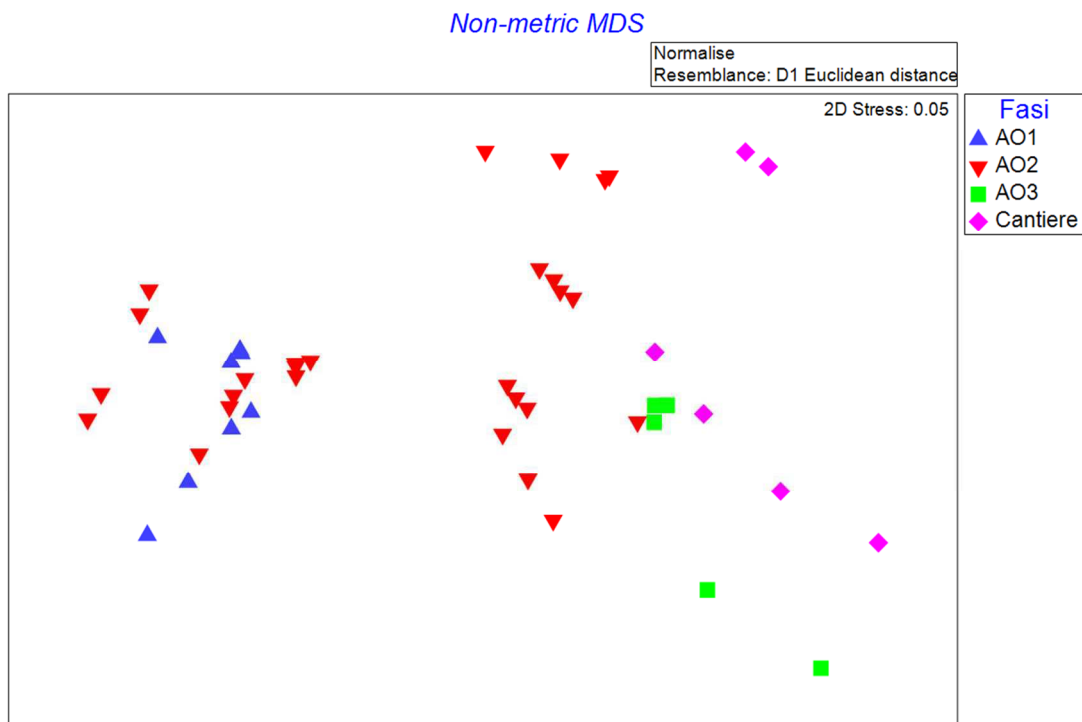


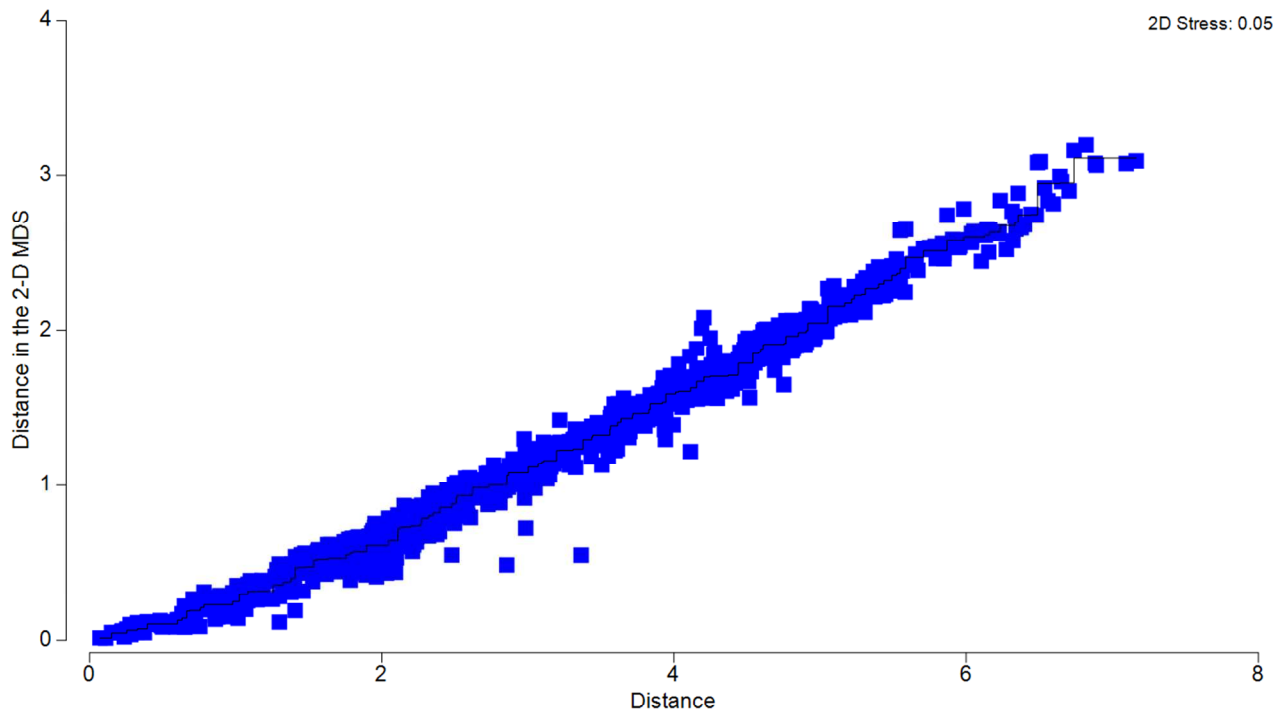
**Tabella 1** - Eigenvectors della PCA relativi ai primi tre assi.

Variable	PC1	PC2	PC3
Conducibilità	-0,232	0,803	-0,149
Ossigeno	-0,406	-0,060	0,254
Ossigeno	-0,392	-0,128	0,417
pH	-0,354	-0,343	-0,748
Eh	0,447	0,093	-0,355
Torbidità	-0,420	-0,217	-0,156
Clorofilla 'a'	0,355	-0,402	0,172

La matrice Euclidea delle distanze è stata utilizzata anche per la determinazione del non-metric multidimensional Scaling (nMDS). Questa tecnica permette di evidenziare meglio le dissimilarità rispetto alla PCA che è più performante nell'evidenziare le similitudini multivariate tra i records. L'nMDS è stato ottenuto mediante la Kruskal stress formula 1, con 50 restart e con imposizione dello stress minimo ad un livello di 0,01; la proiezione ottenuta è rappresentata in Figura 3 come multiplot 2D e con il relativo diagramma di Sheppard associato. Nella figura si riporta la rappresentazione del fattore "fase".

**Figura 3** - nMDS con evidenza del fattore "fase", in blu il diagramma di Sheppard associato alla proiezione bidimensionale.





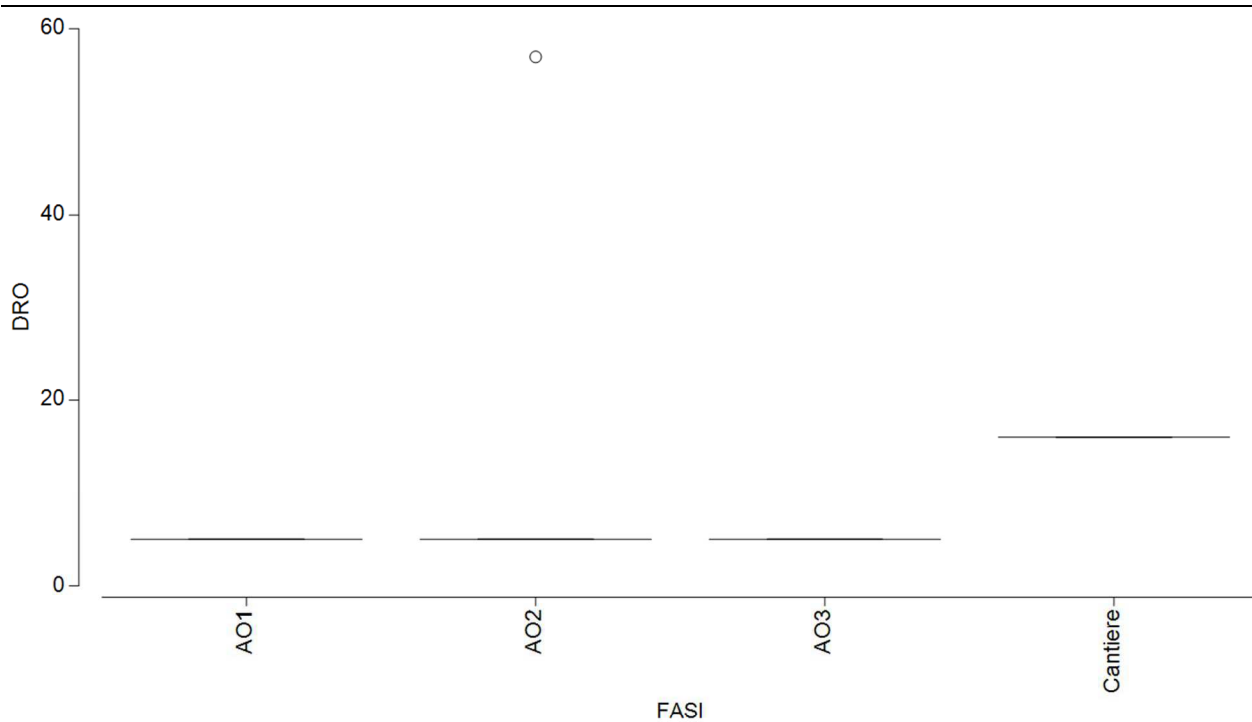
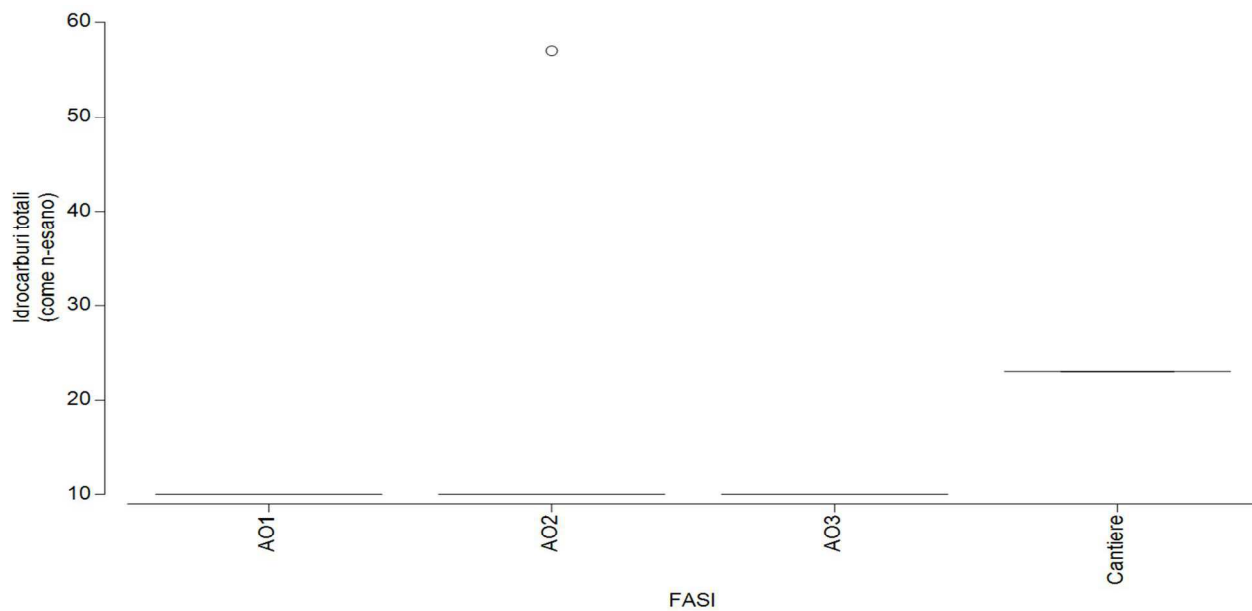
Le segregazioni osservate rispetto al fattore "fase" sono state testate mediante analisi statistica multivariata (test ANOSIM, Analysis of Similarities) mediante approccio one-way effettuando 9999 permutazioni stocastiche. In questo caso il test ha evidenziato un valore di  $R = 0,367$  con un livello di significatività del valore statistico  $p = 0,01\%$  e un numero di statistiche permutate maggiore o uguale a  $R$  pari a zero.

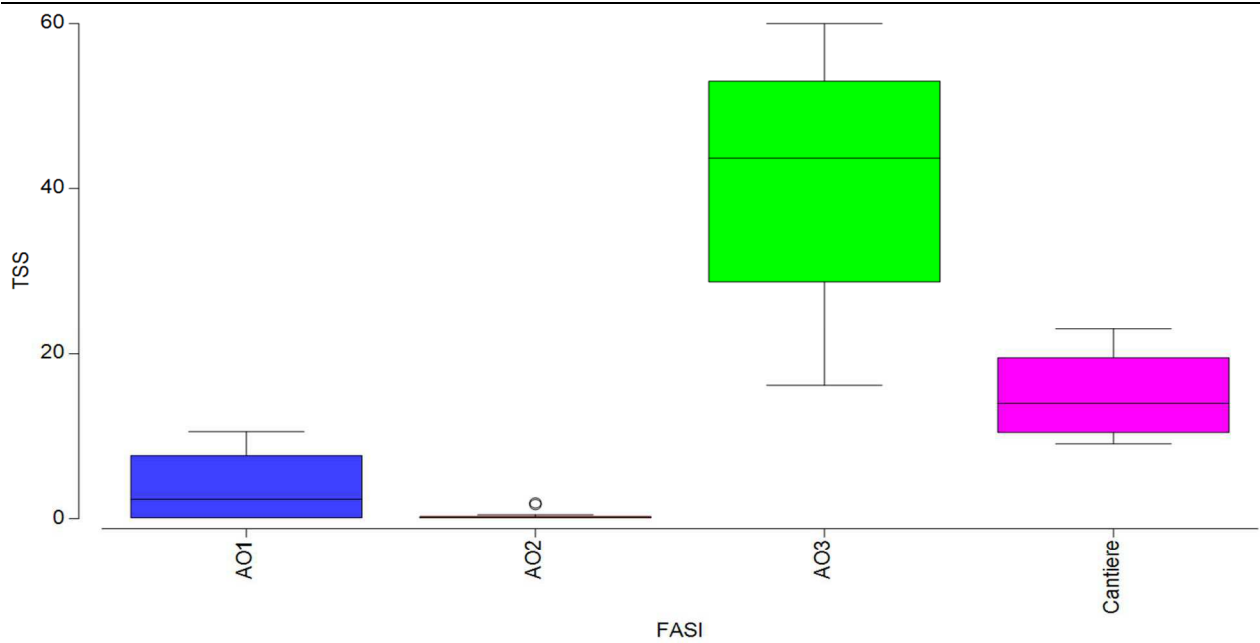
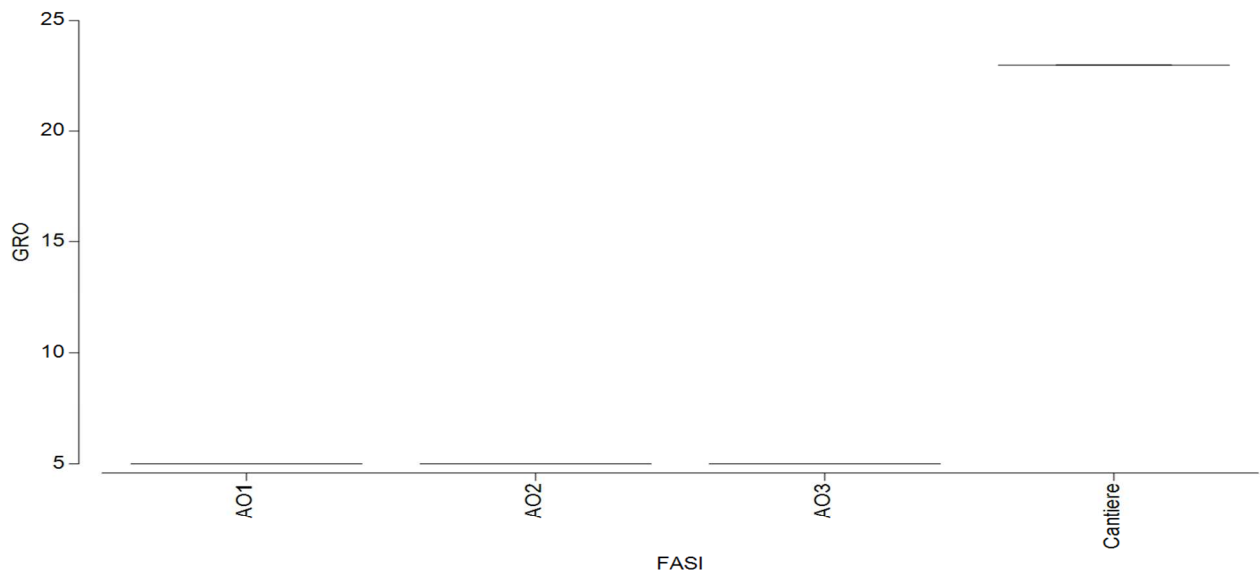
#### **Analisi chimico-fisiche delle acque, parametri aggiuntivi (crf. Allegato CC)**

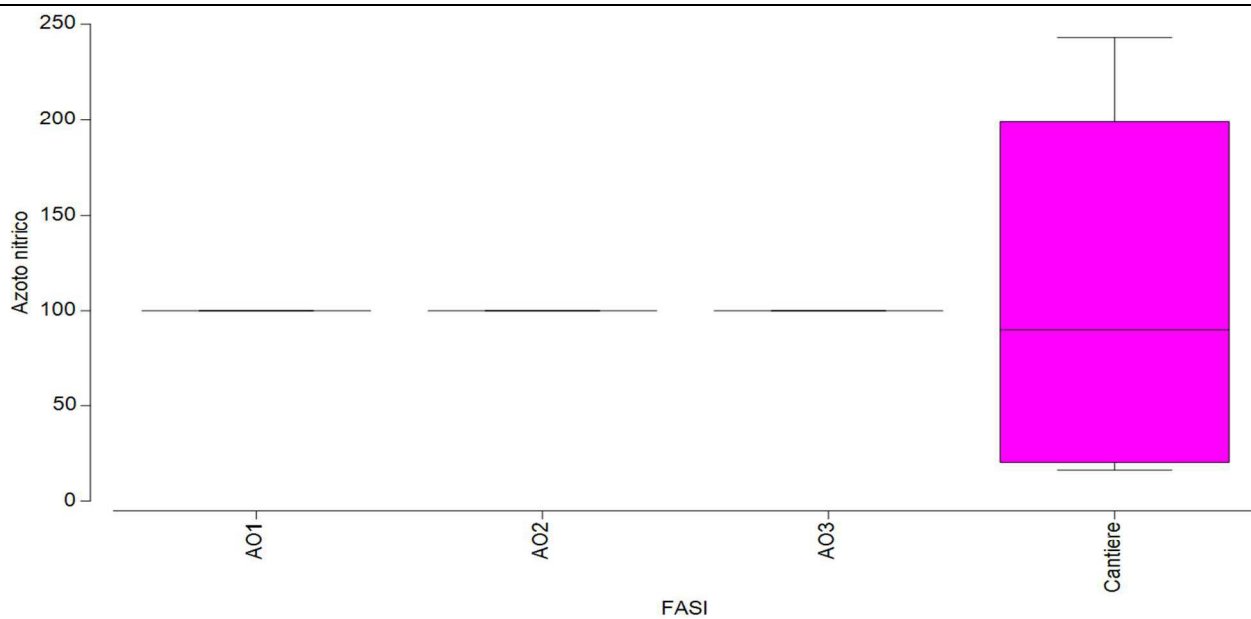
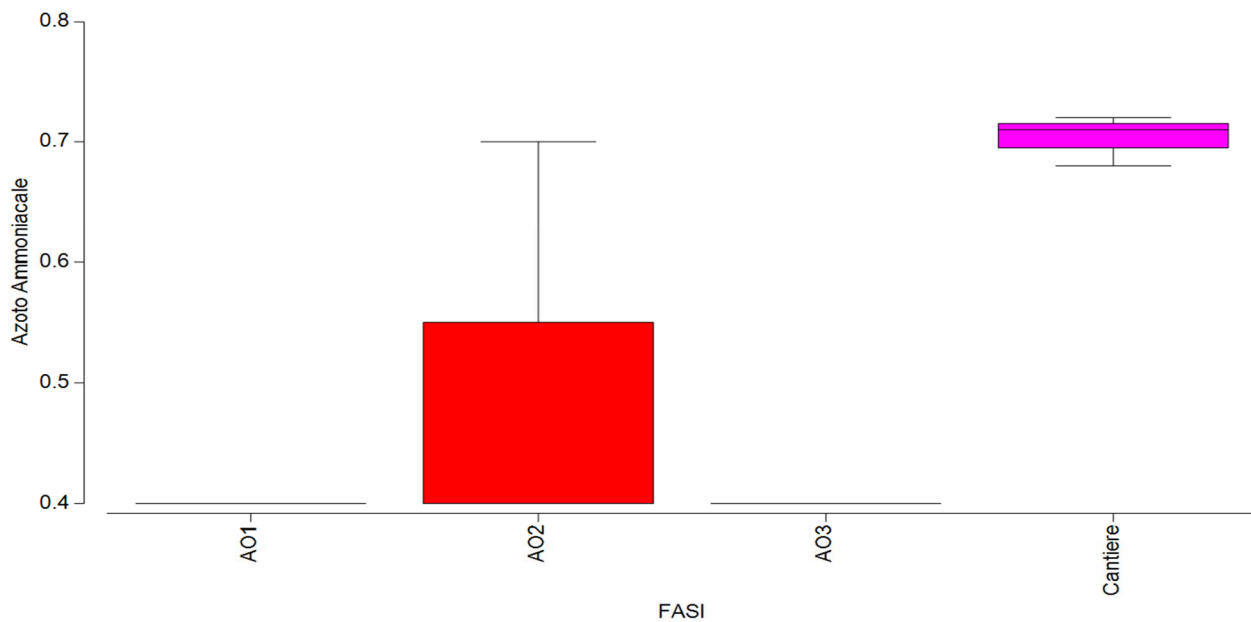
Si riportano nella seguente Figura 4 le rappresentazioni Box-Whiskers relativi alle variabili considerate elaborati in modo raggruppato rispetto al fattore "fase" monitoraggio. In blu è evidenziata la fase ante operam (AO1), in rosso la fase ante operam (AO2), in verde la fase ante operam (AO3), in viola la fase in itinere (Cantiere). Gli andamenti delle variabili (fluttuazioni rispetto all'asse y) sono espressi nella stessa unità di misura riportata in Allegato CC per la variabile rappresentata.

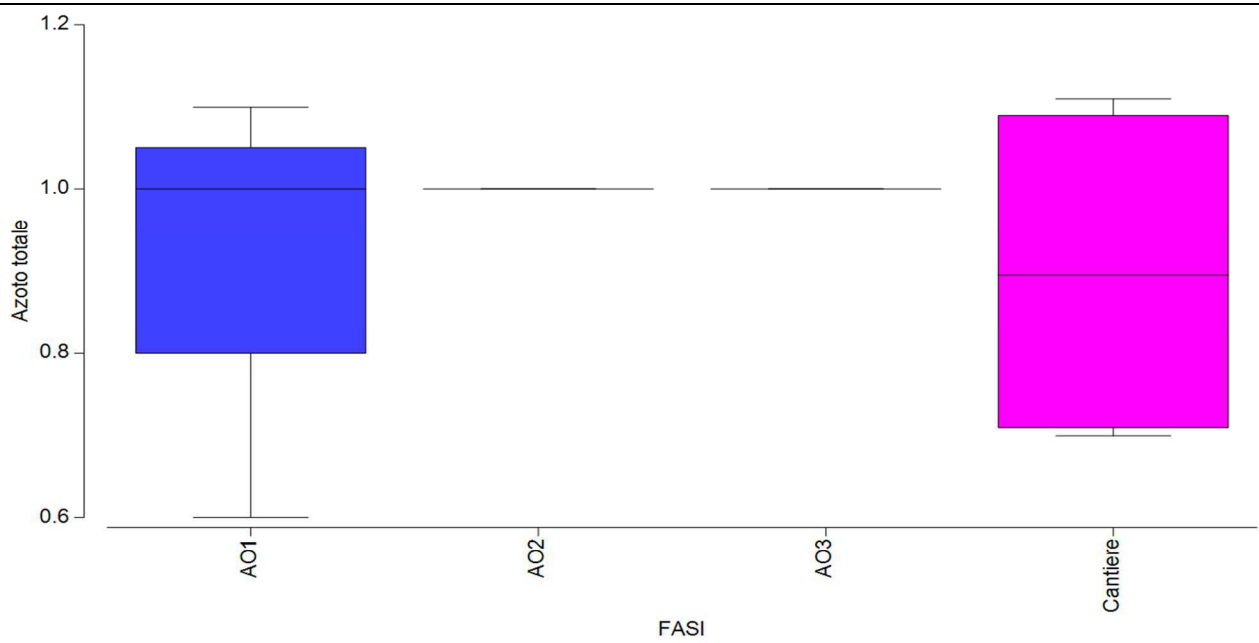
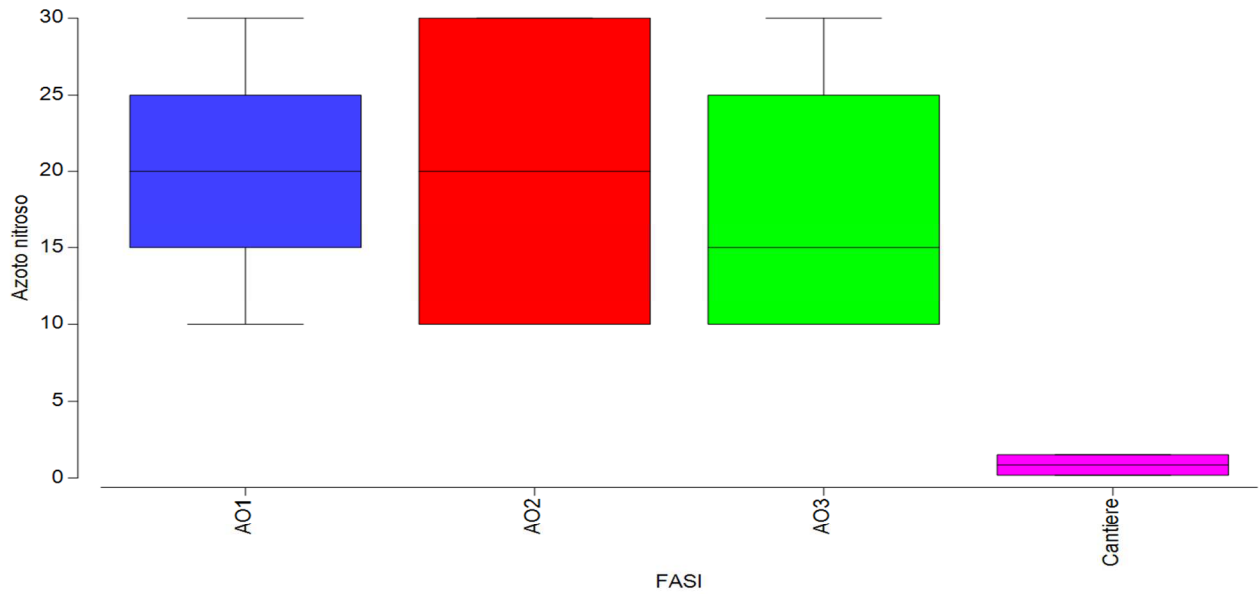


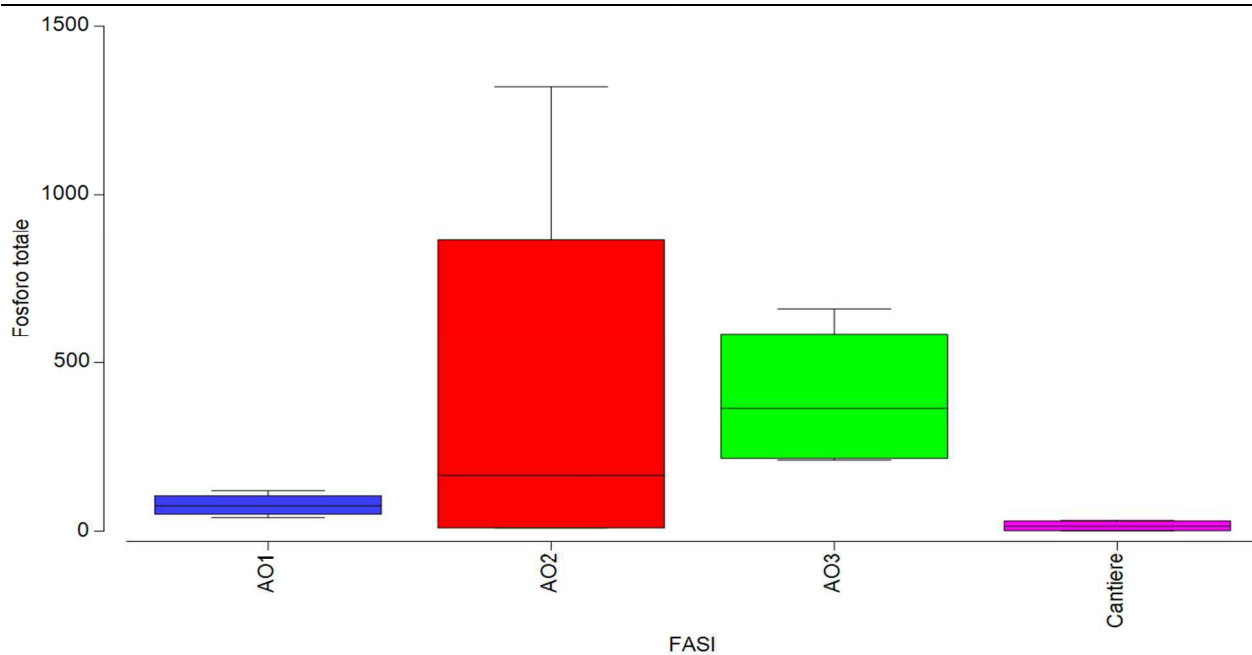
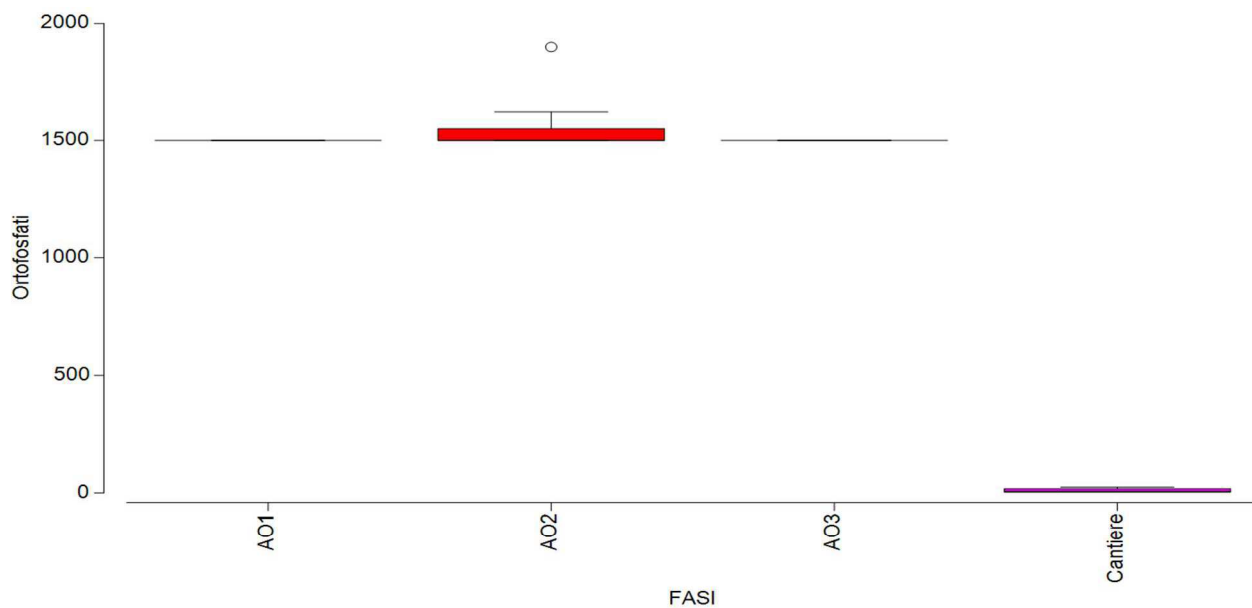
**Figura 4** - Box-Whiskers relativi alle variabili considerate elaborati in modo raggruppato rispetto al fattore "fase" monitoraggio.

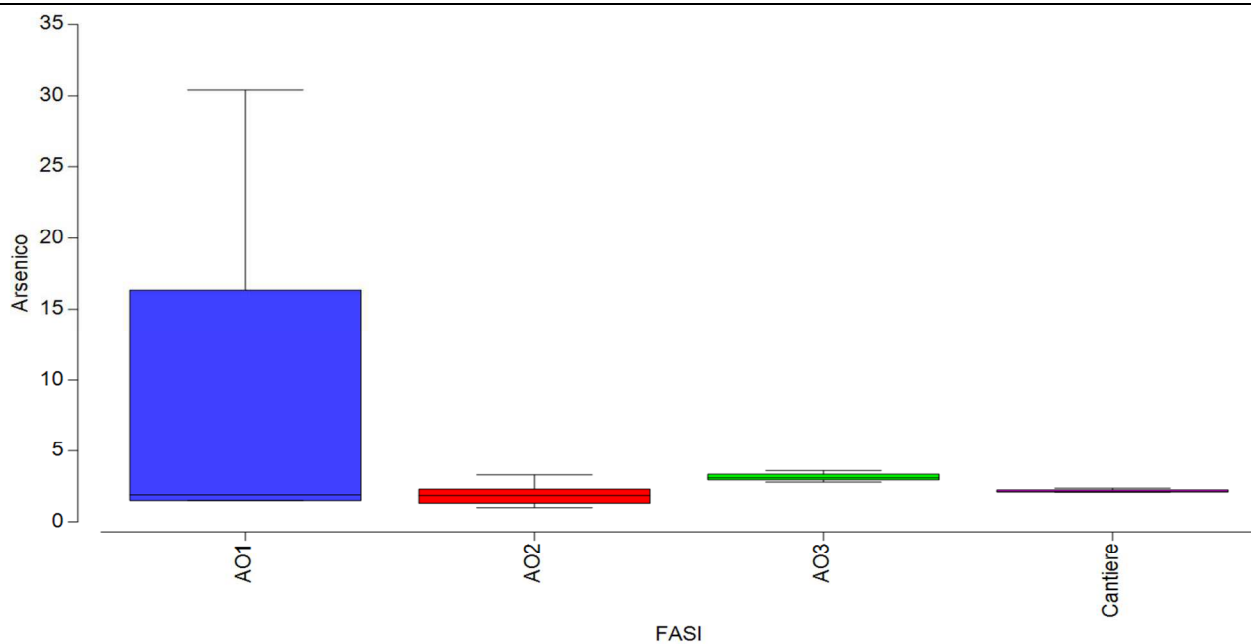
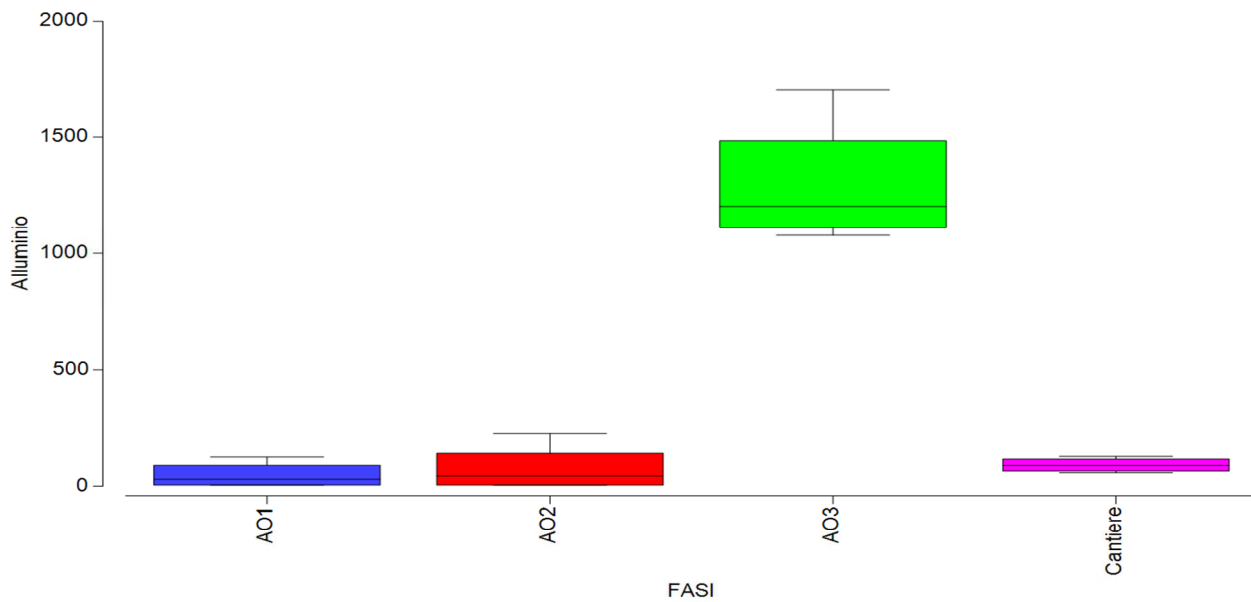


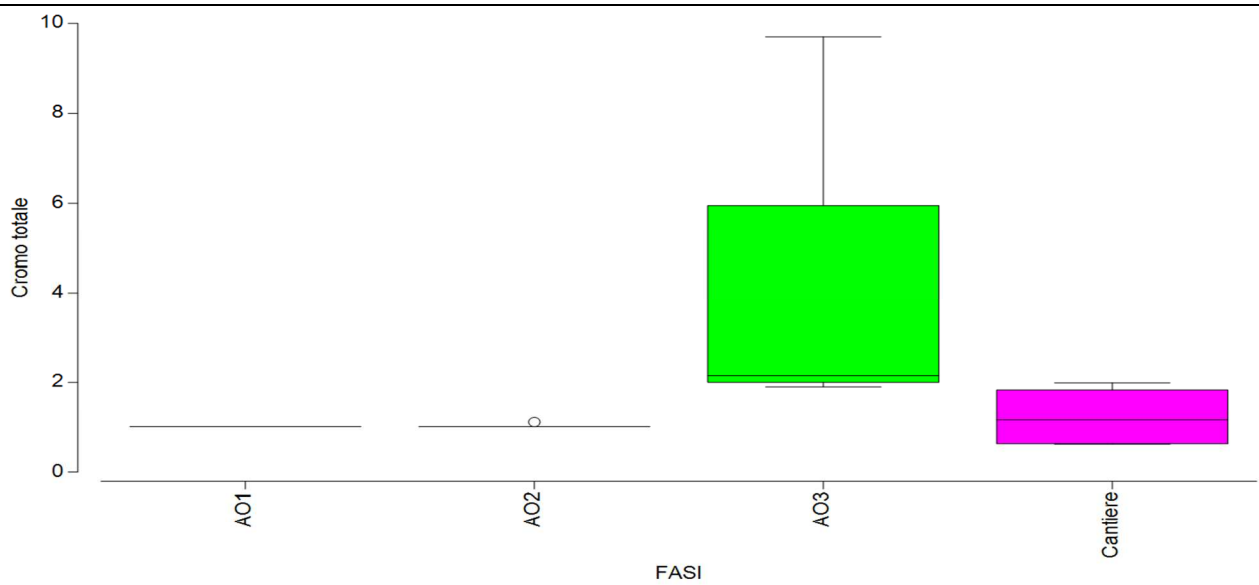
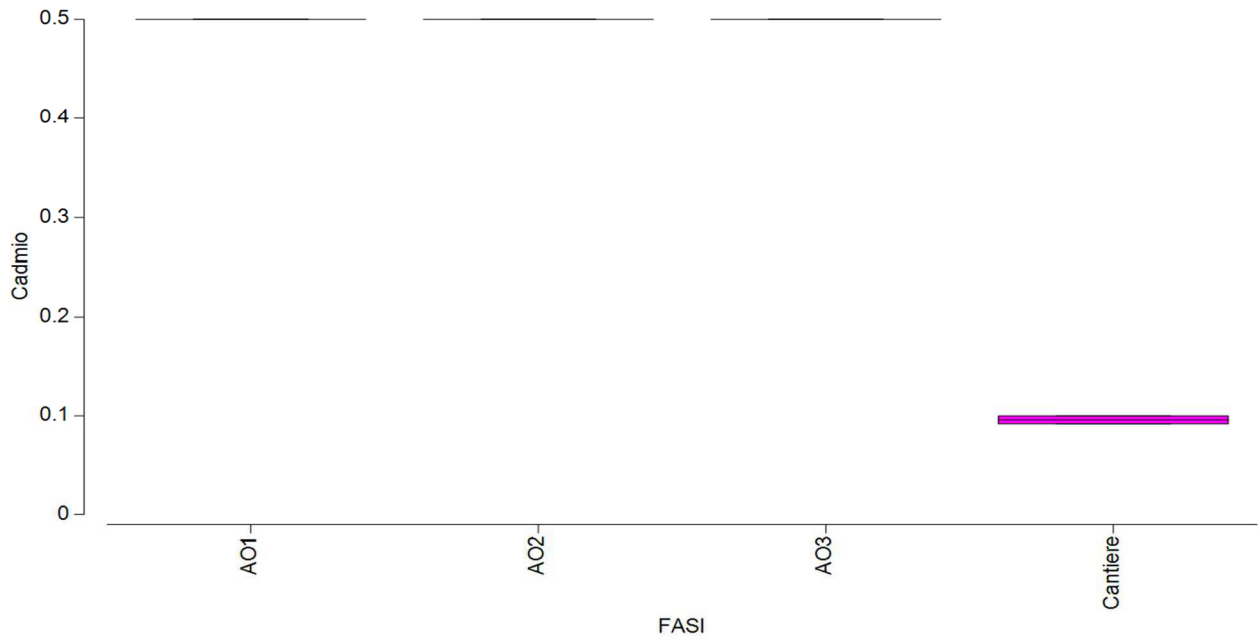


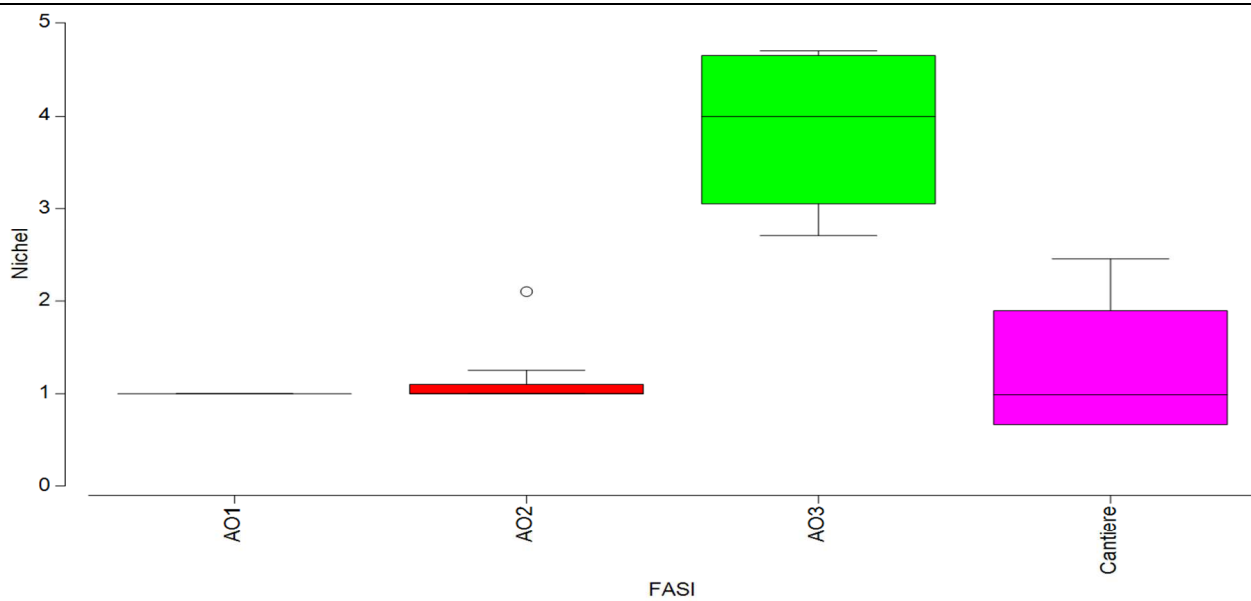
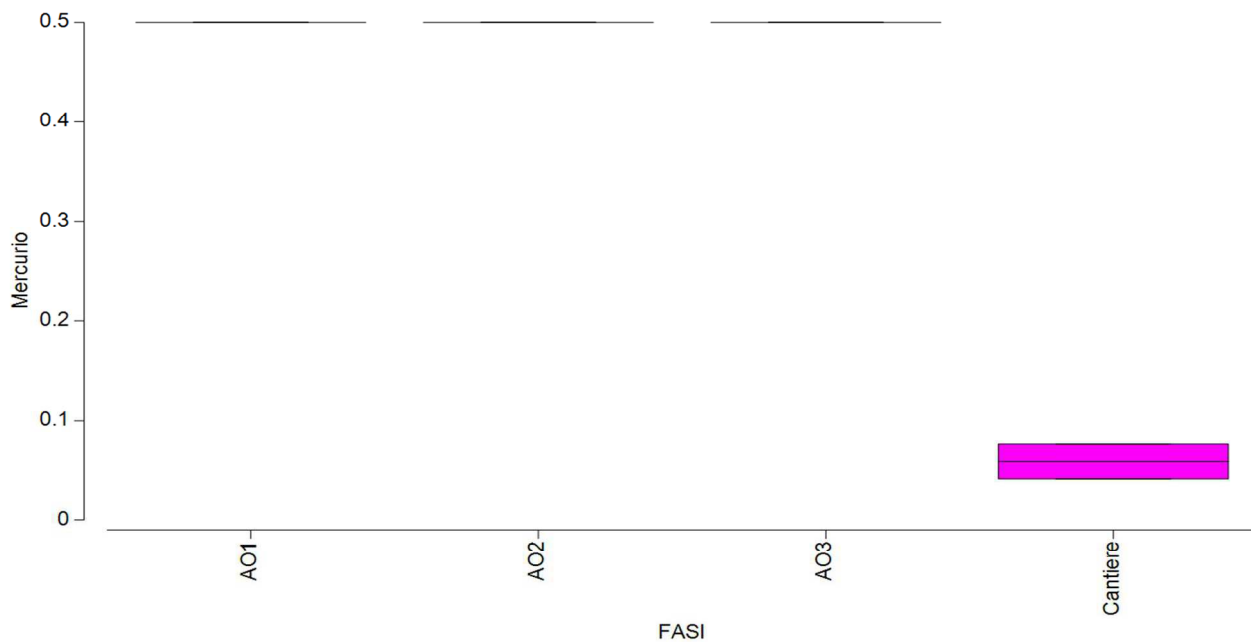




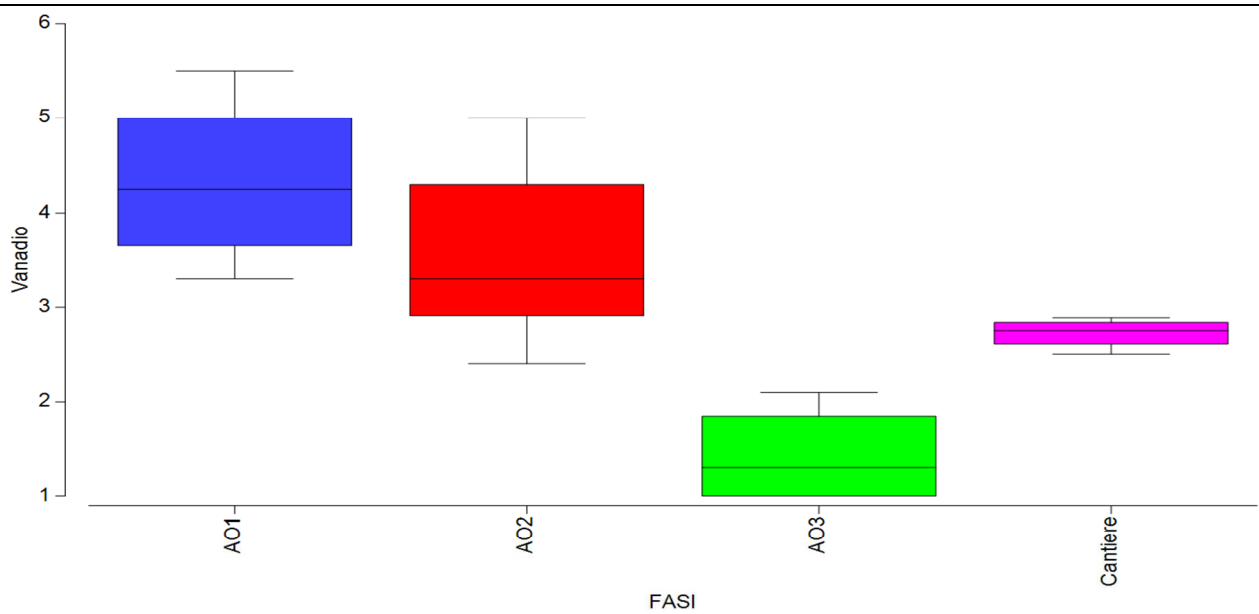
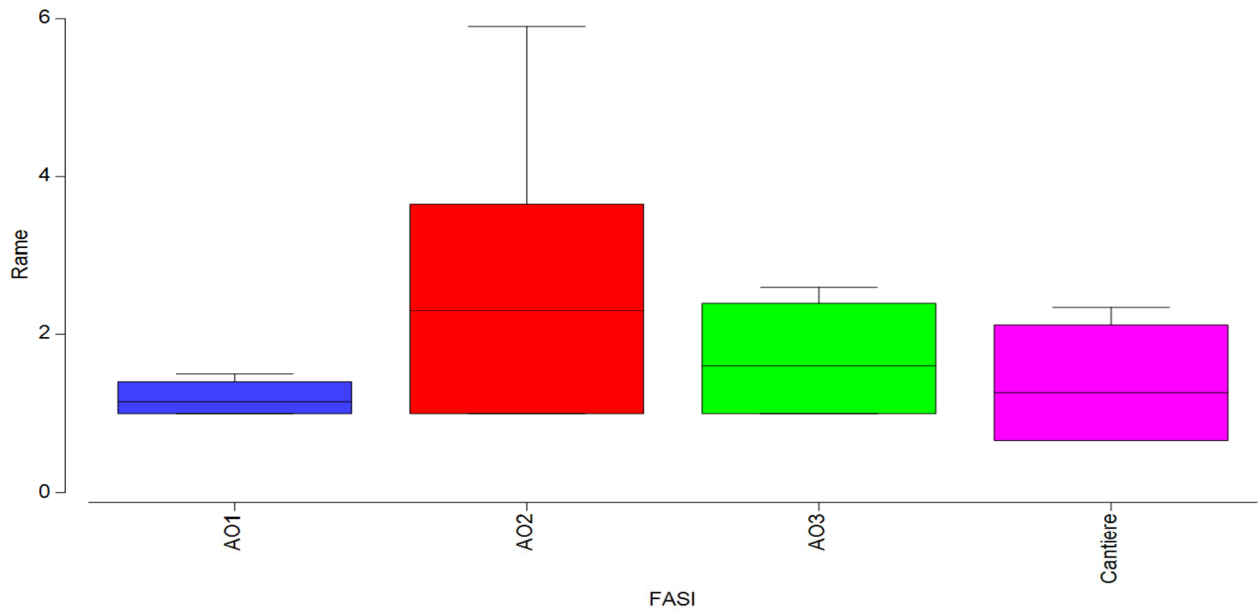


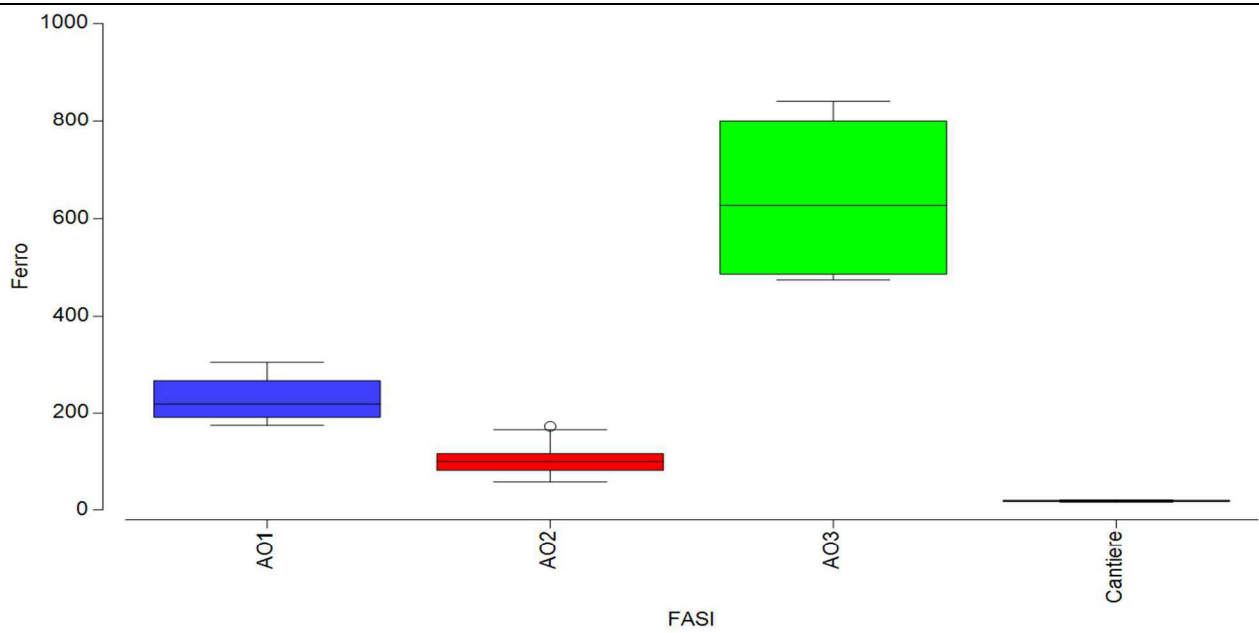
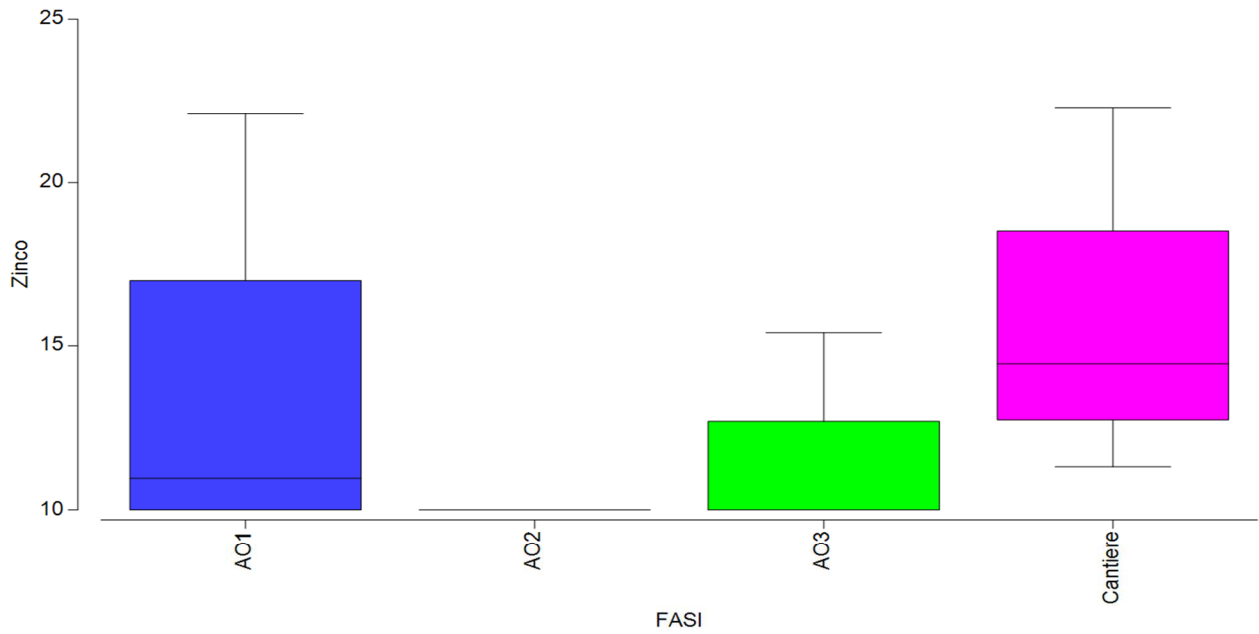


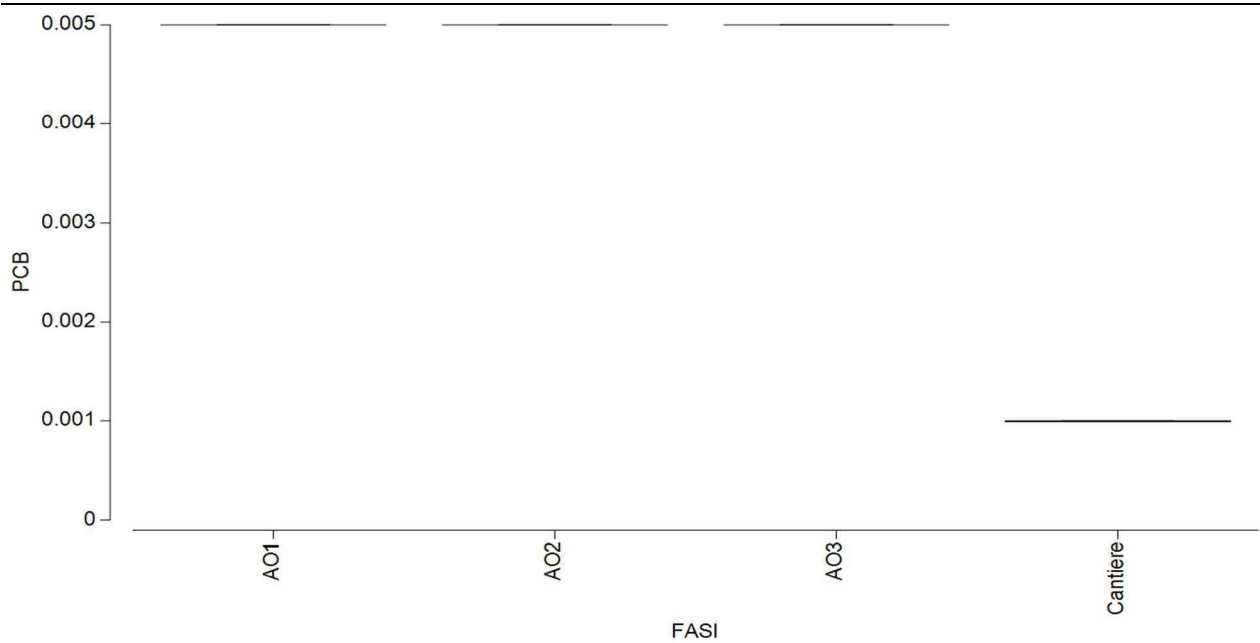
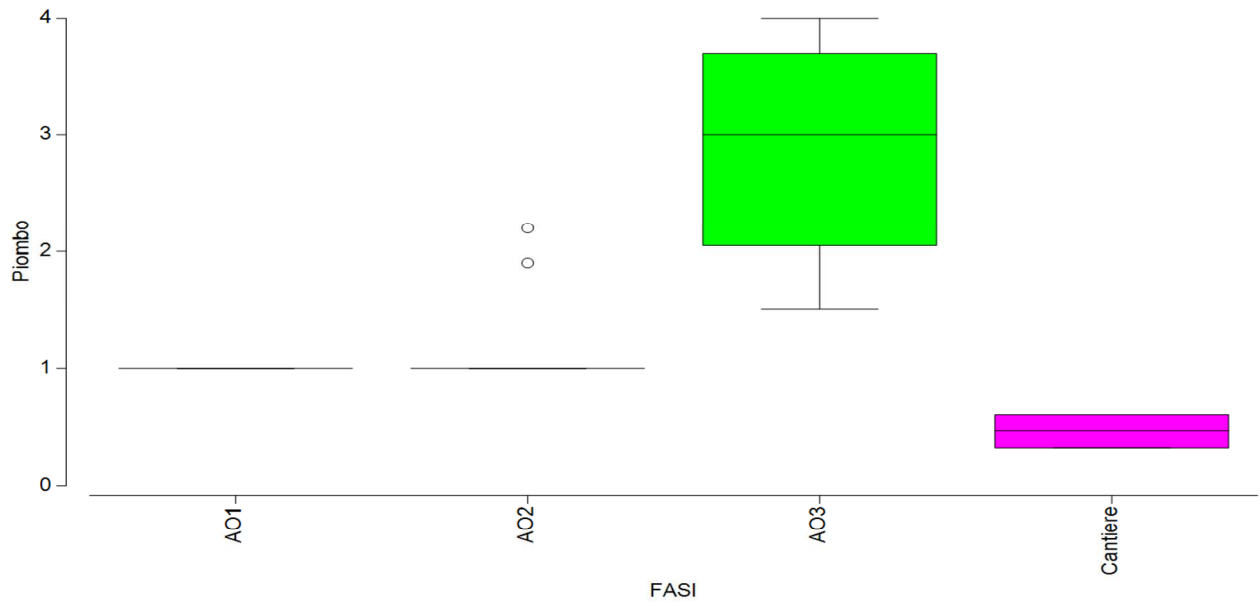


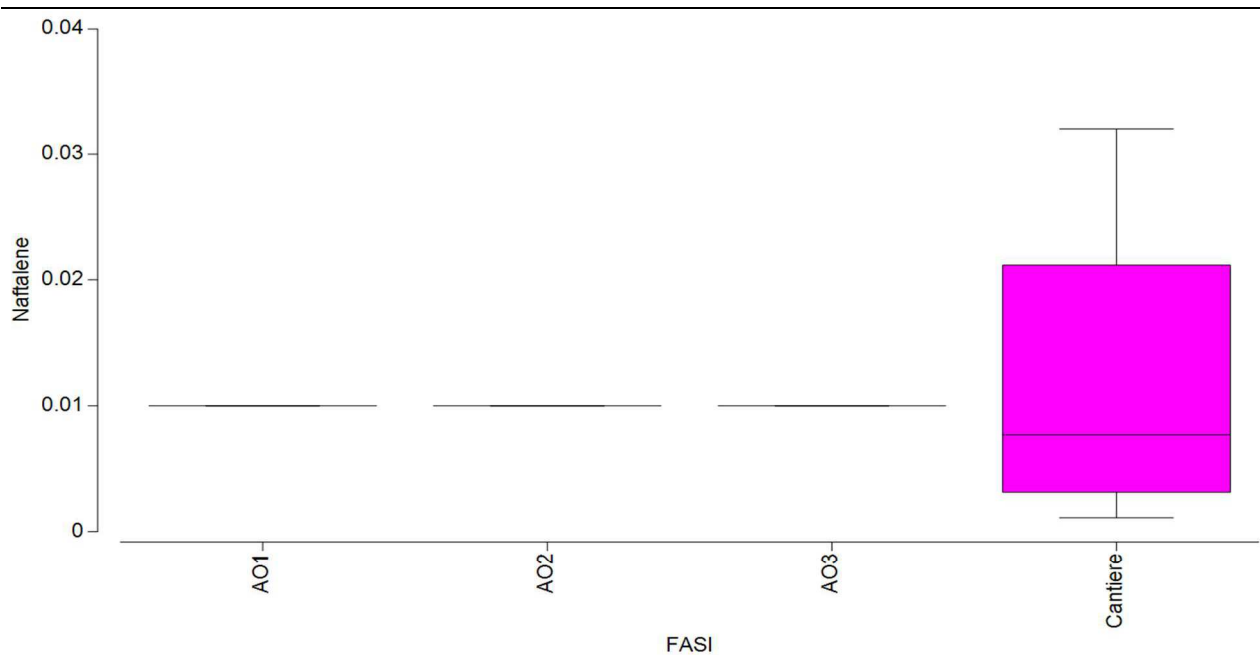
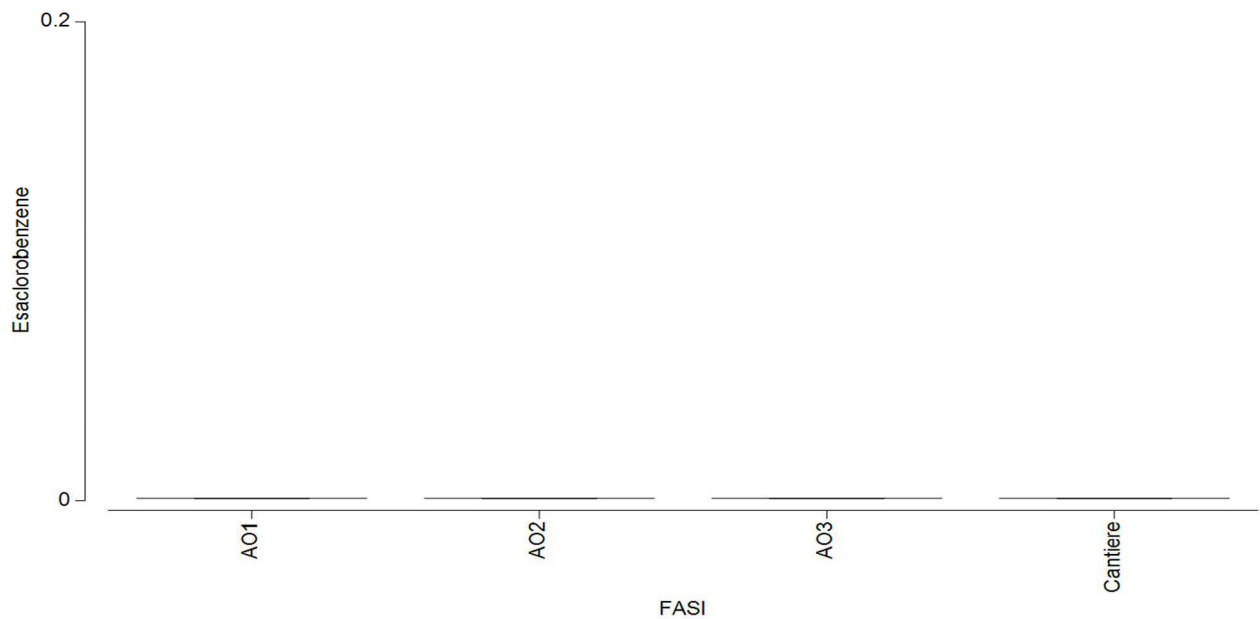


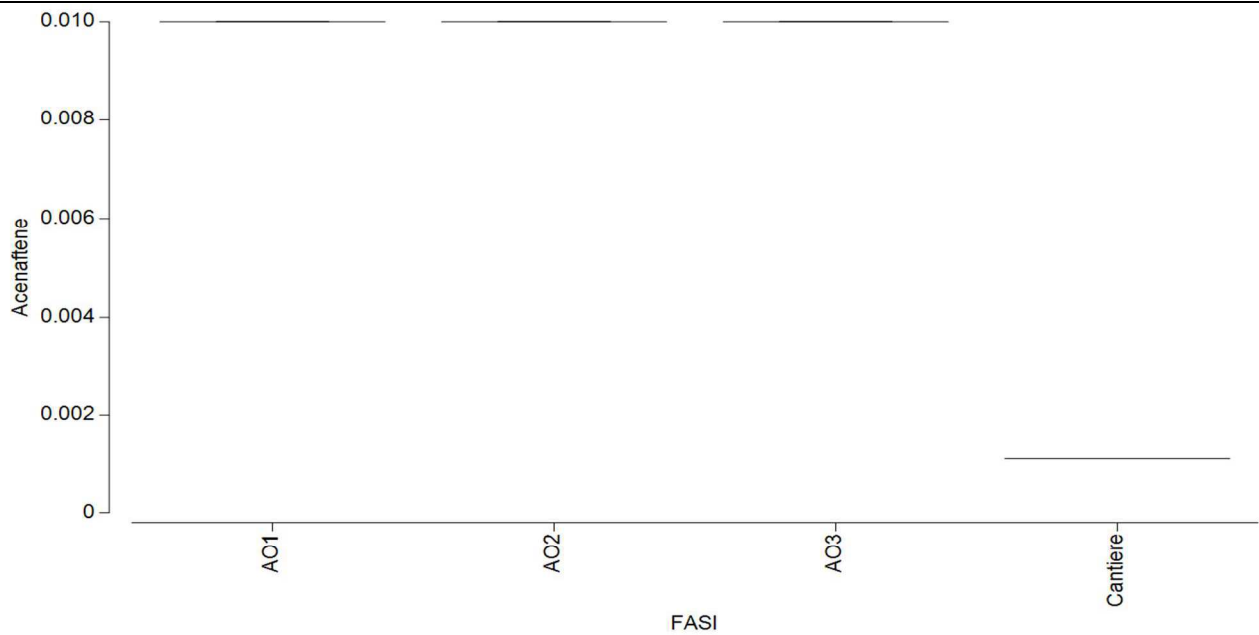
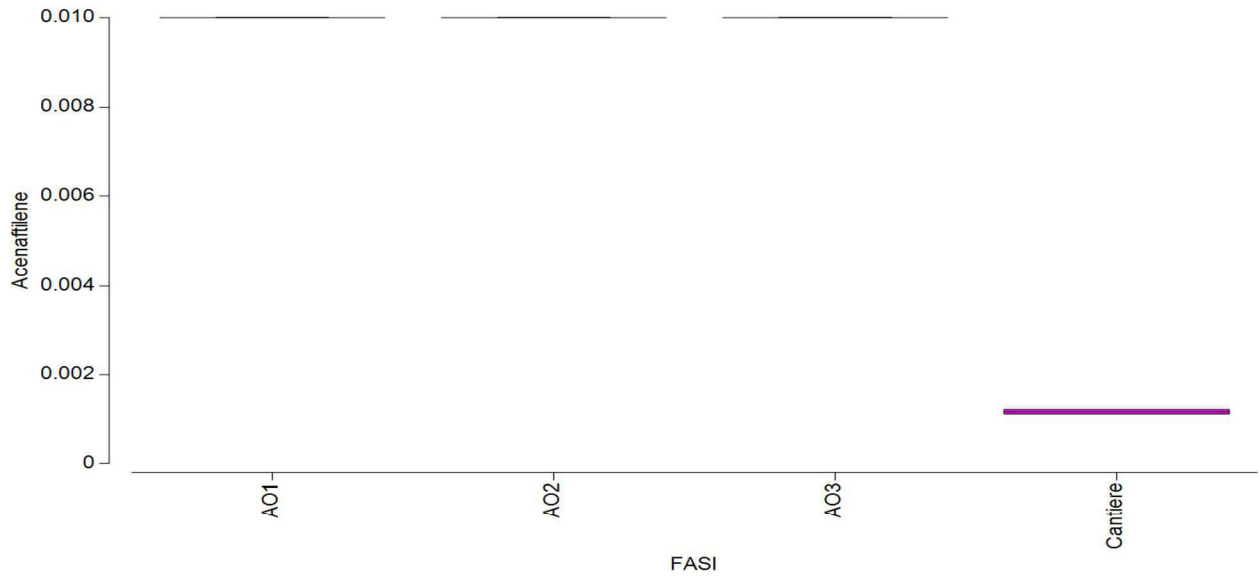


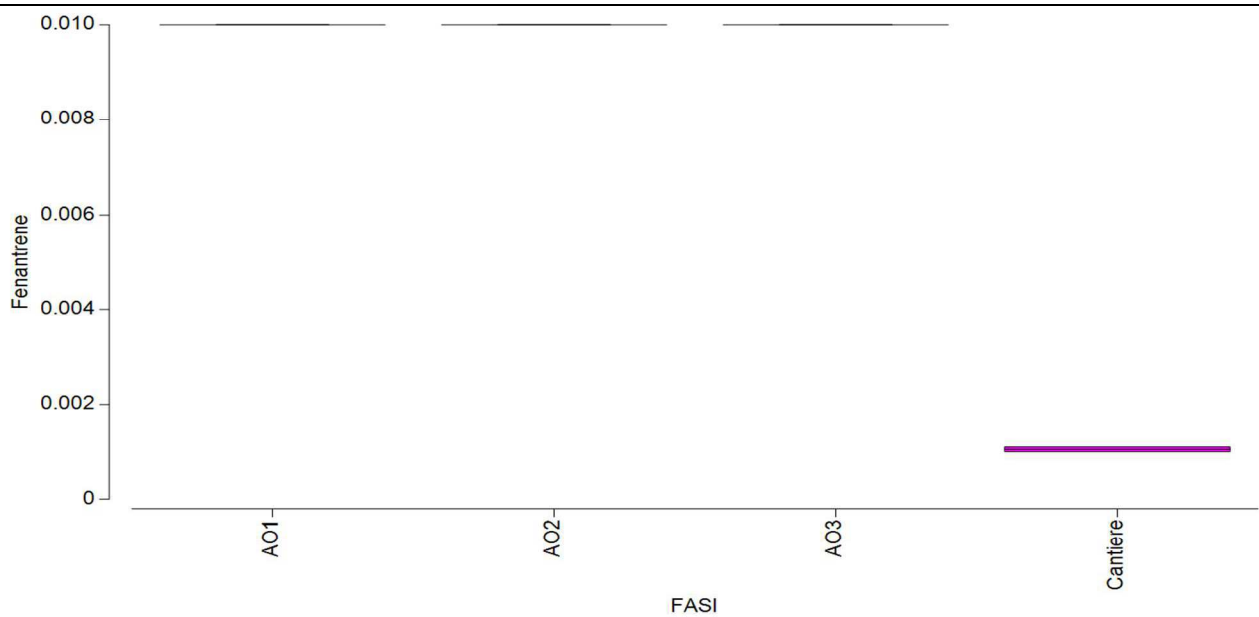
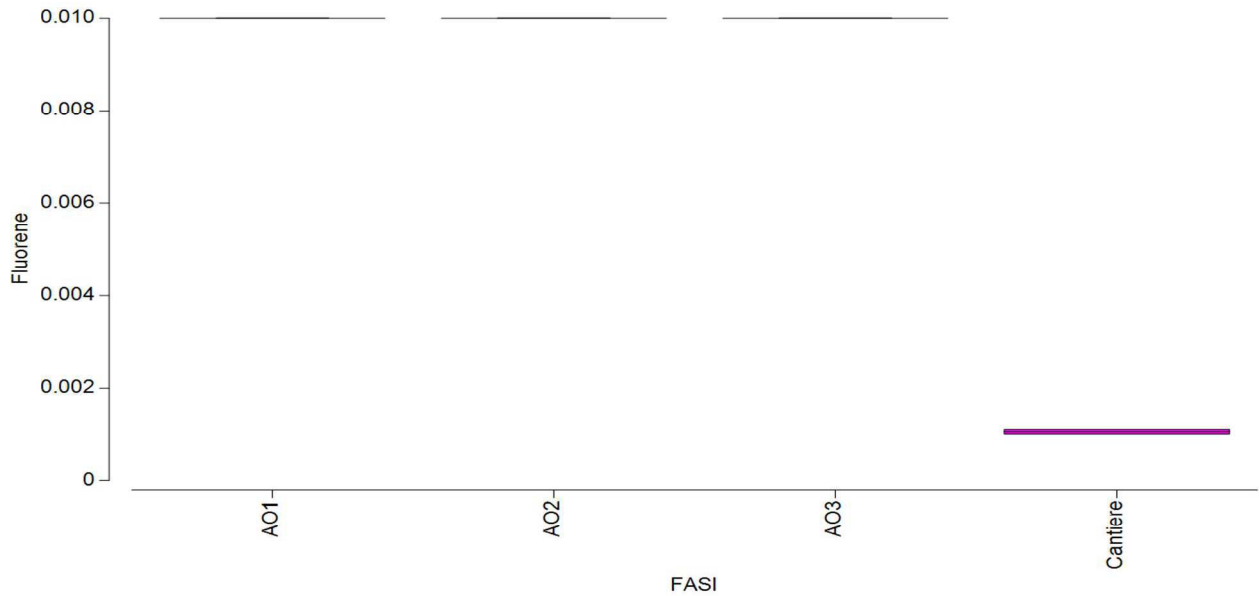


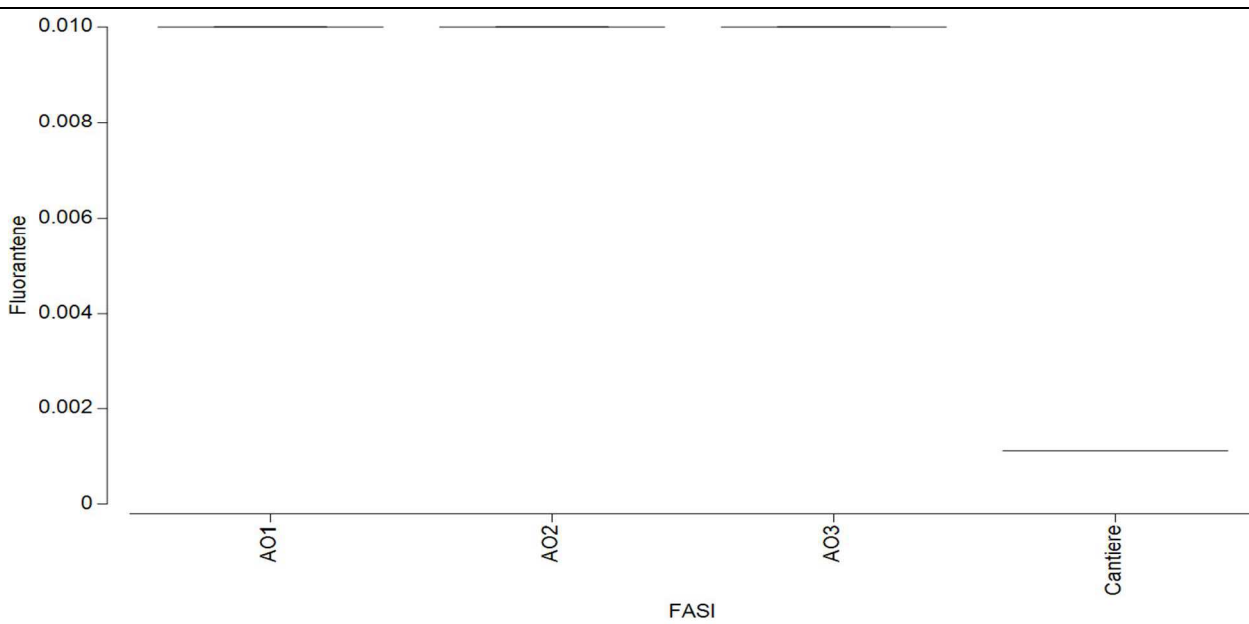
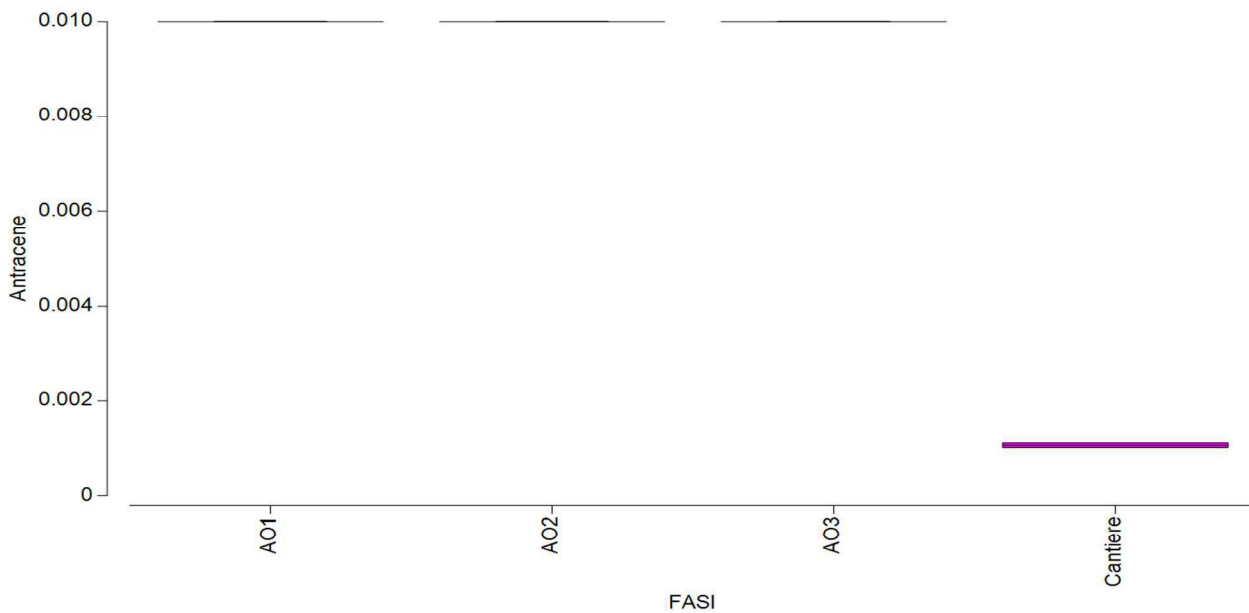


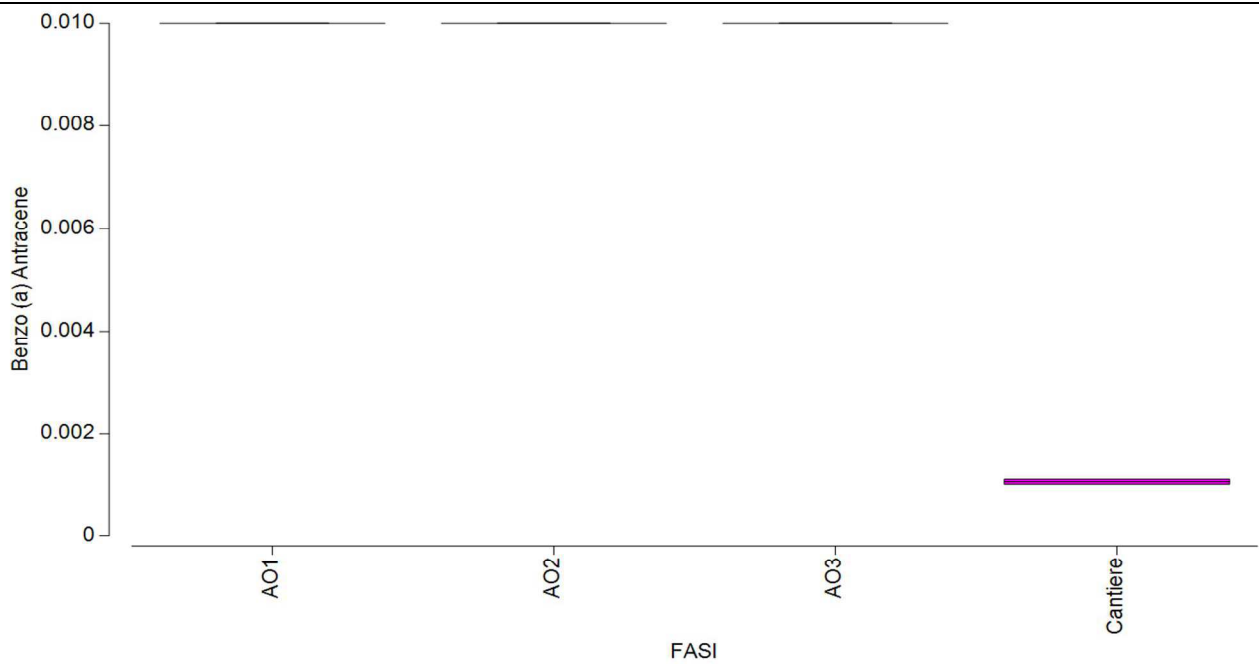
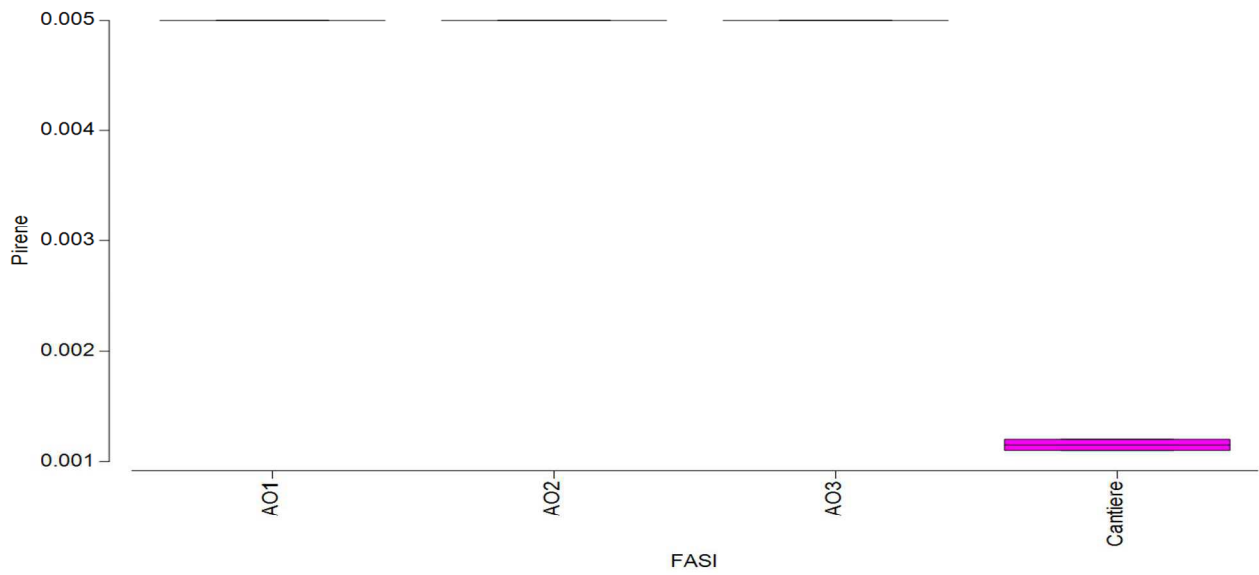




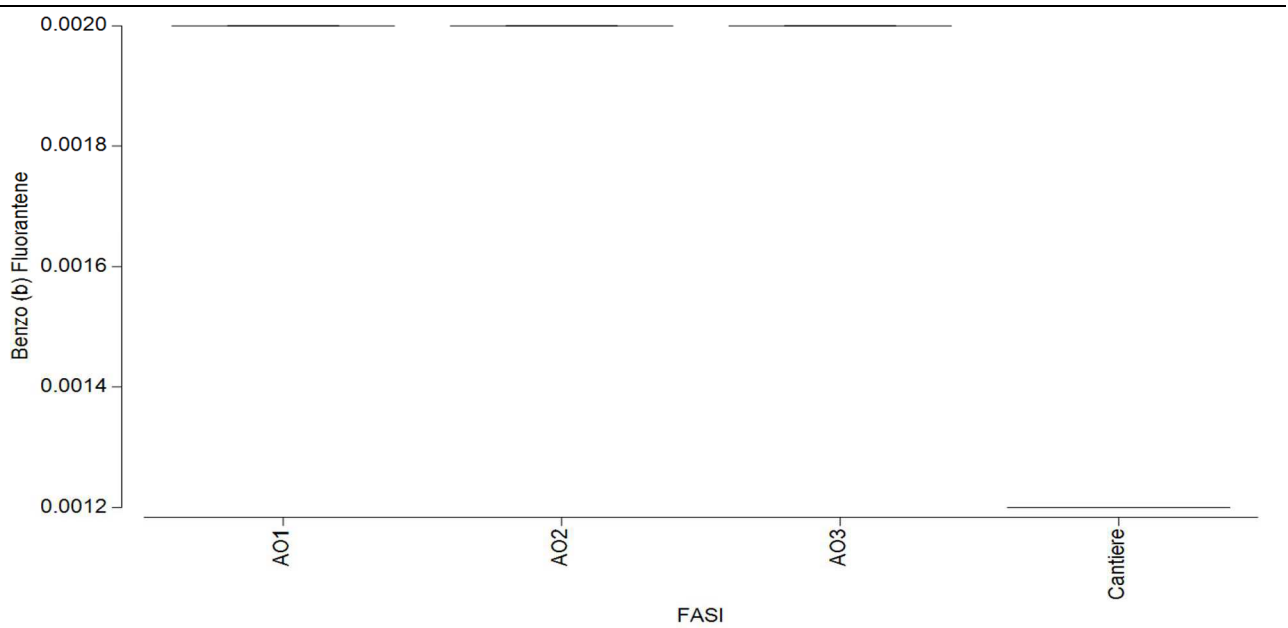
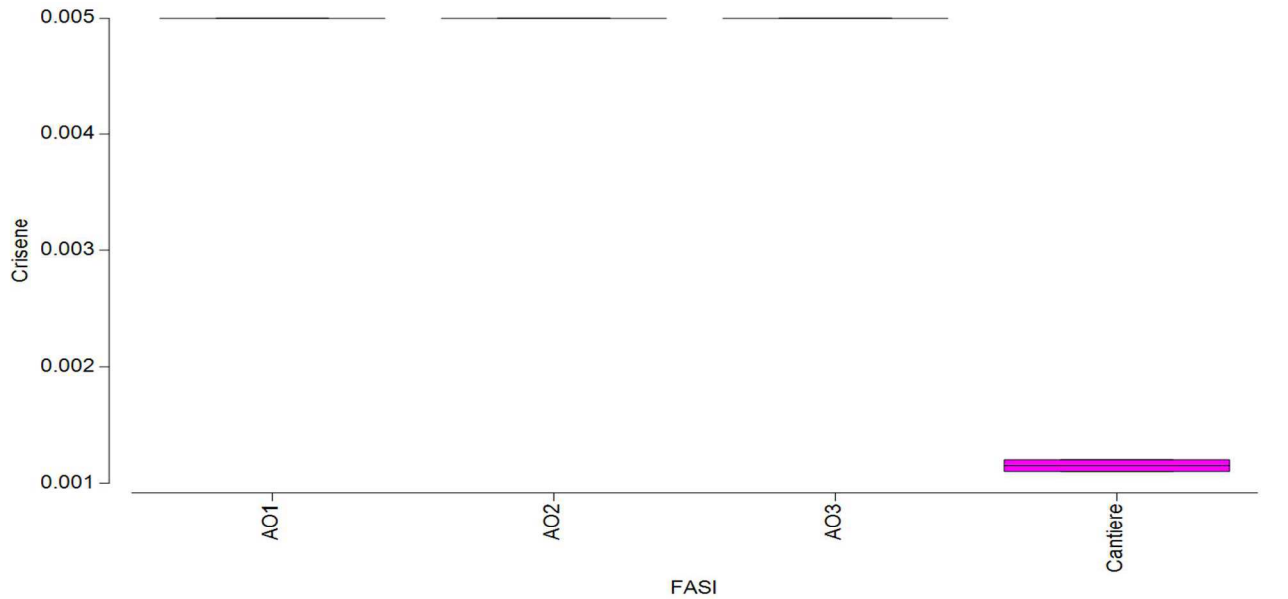


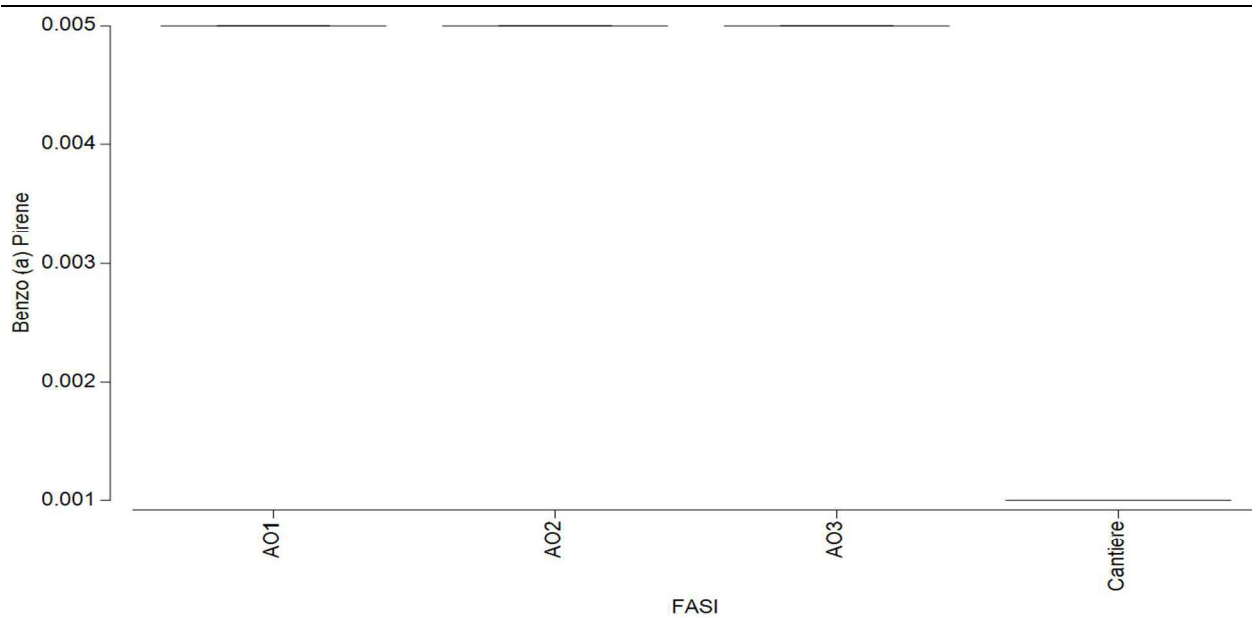
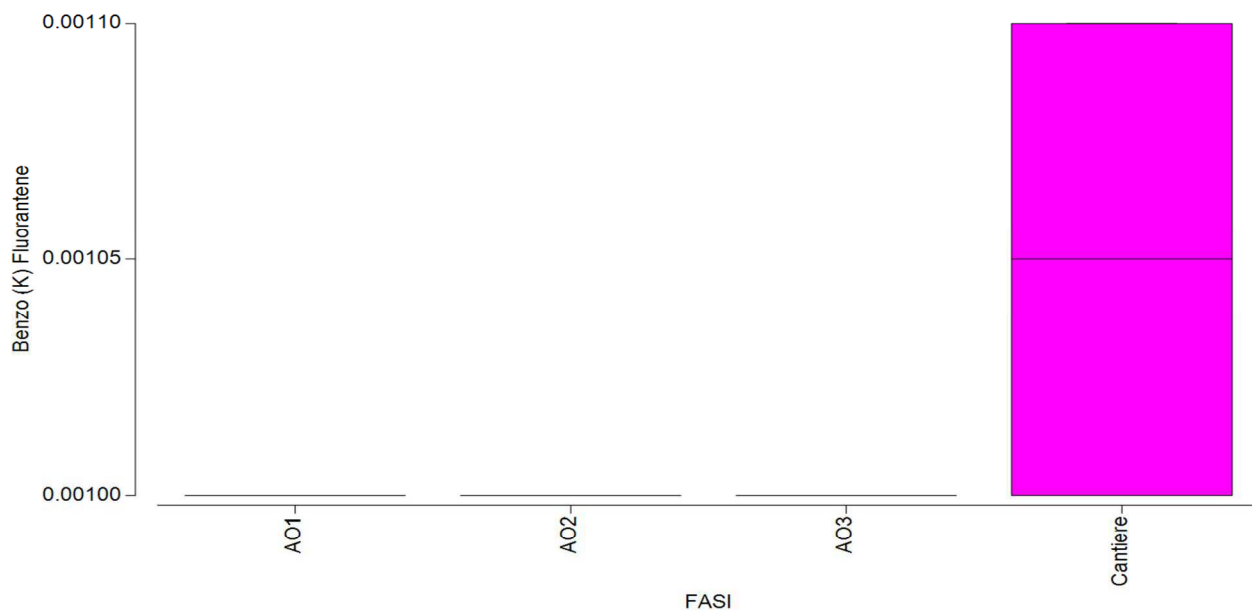


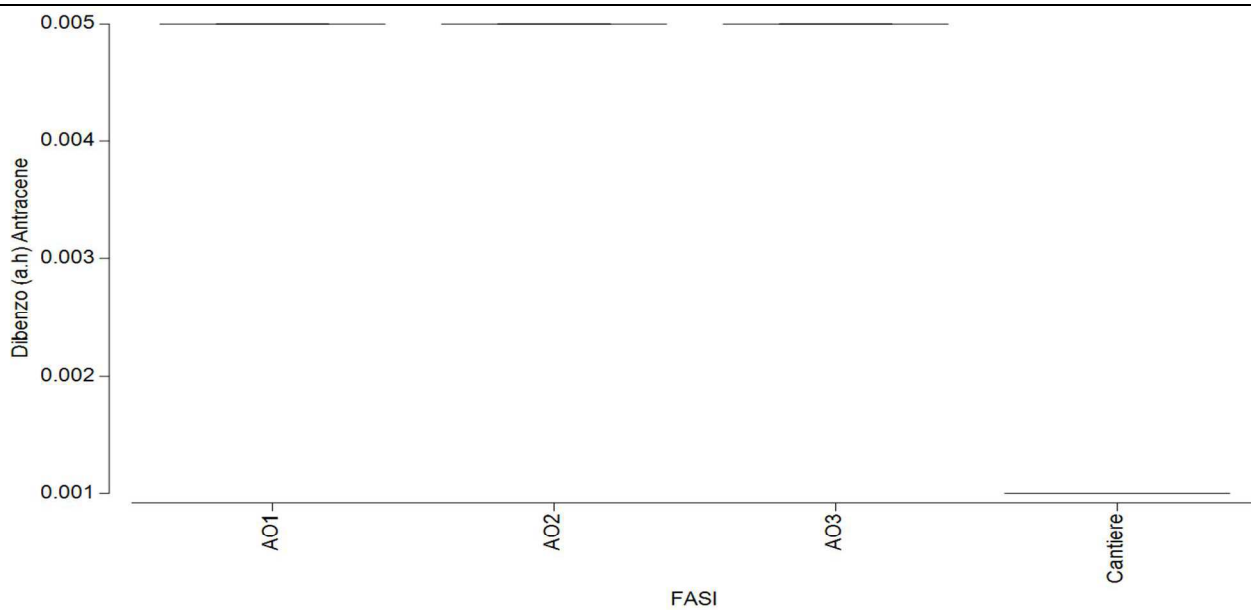
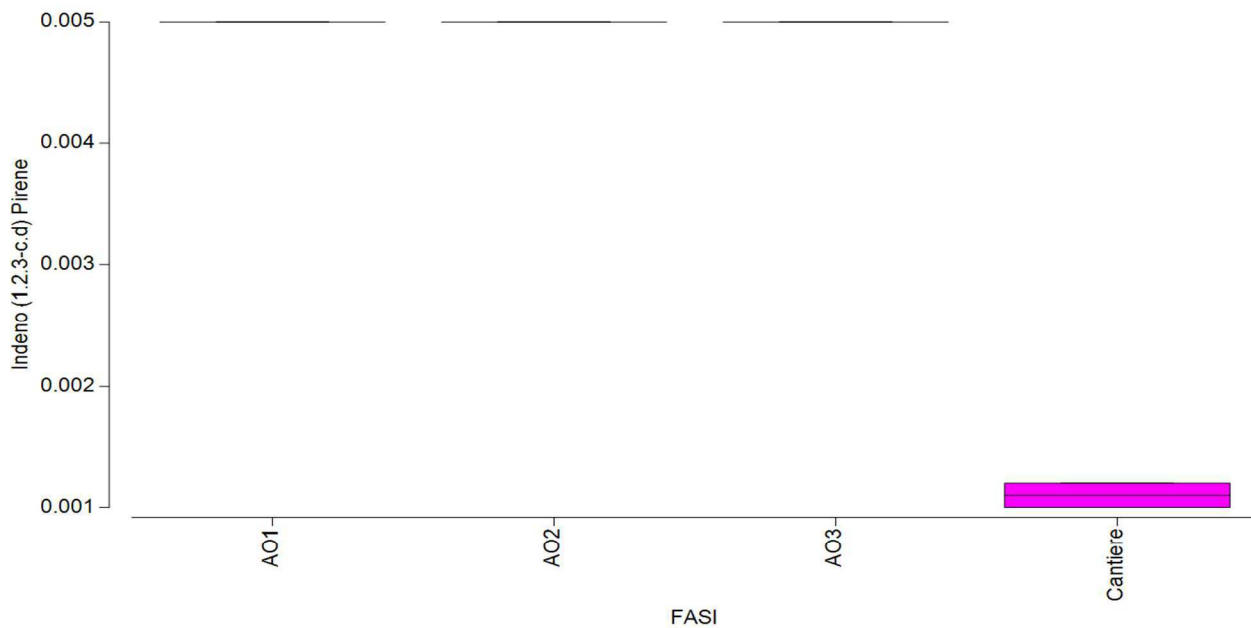


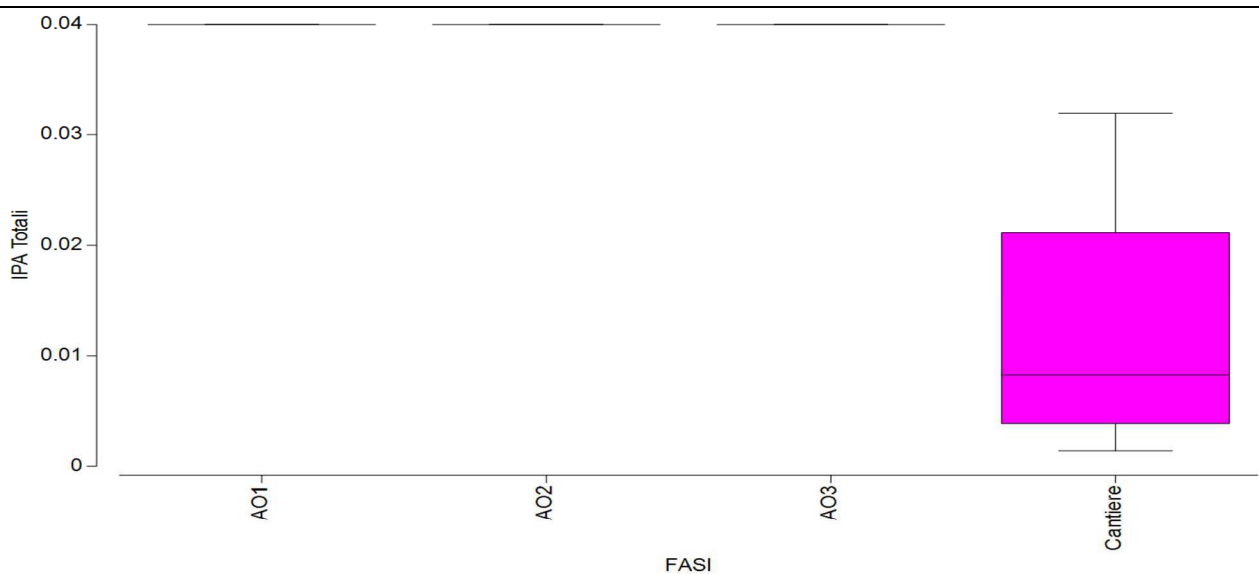
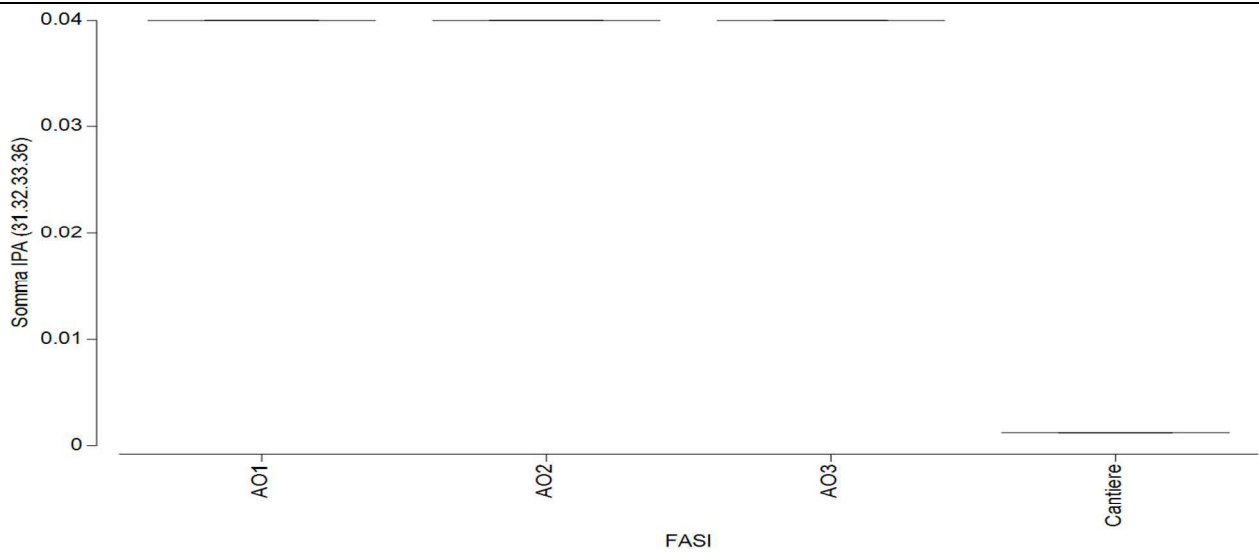
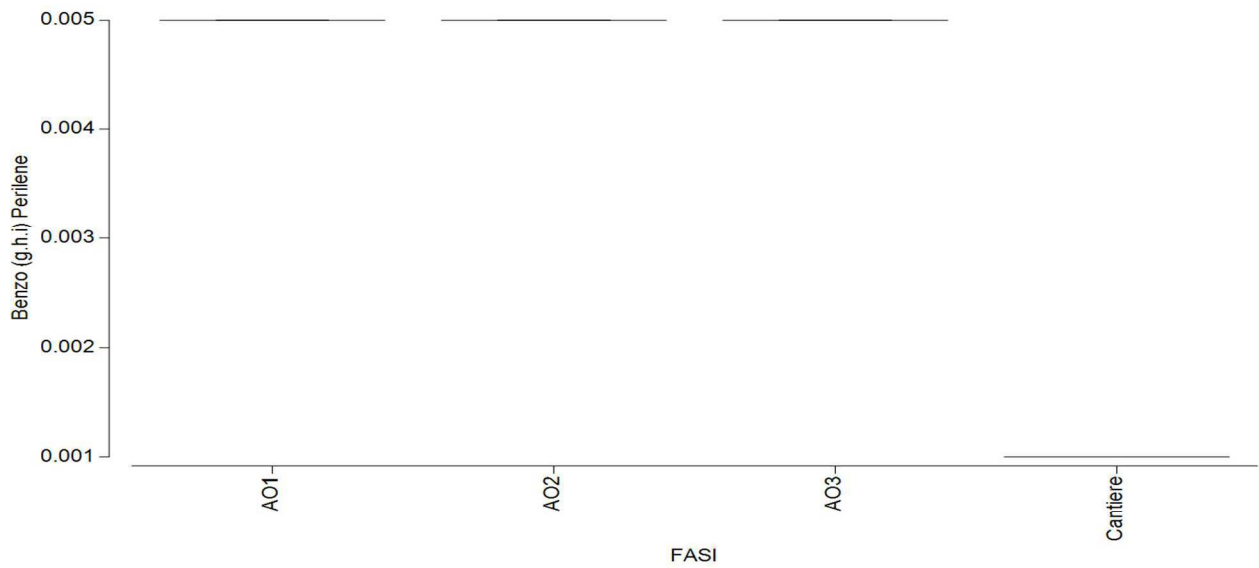


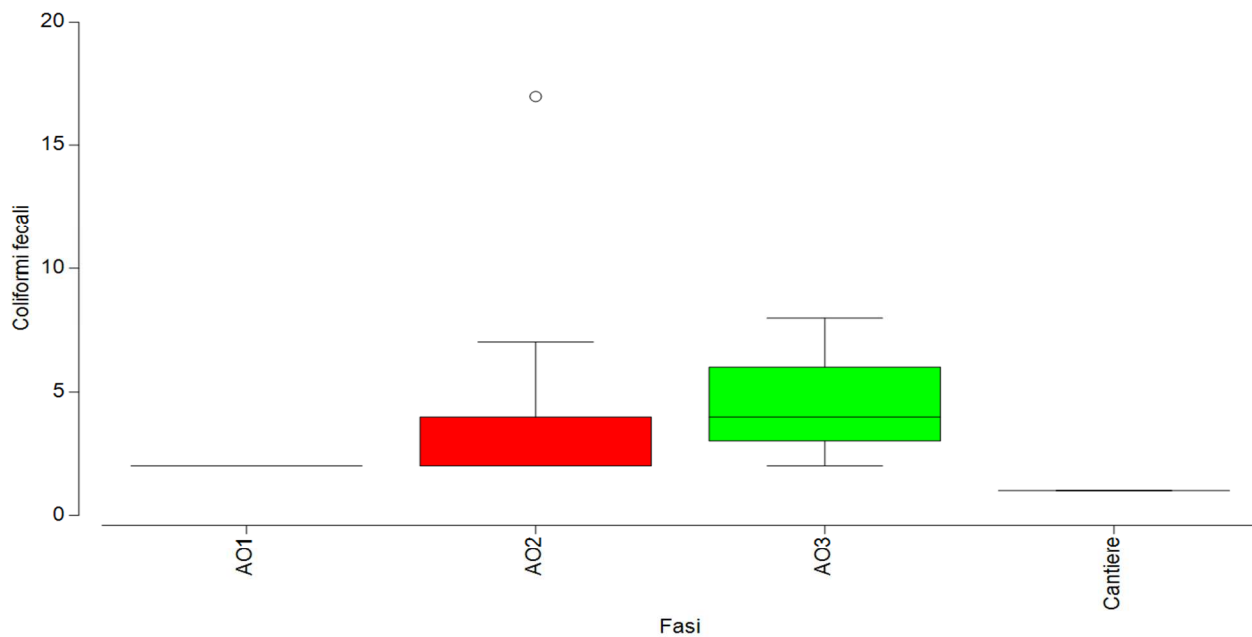
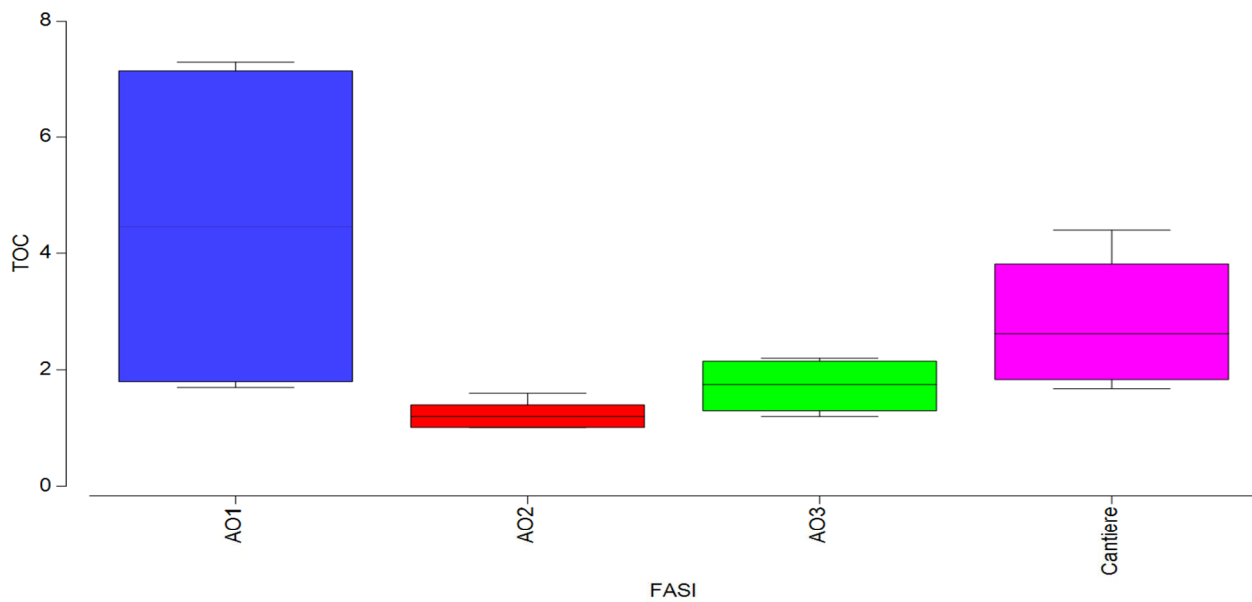


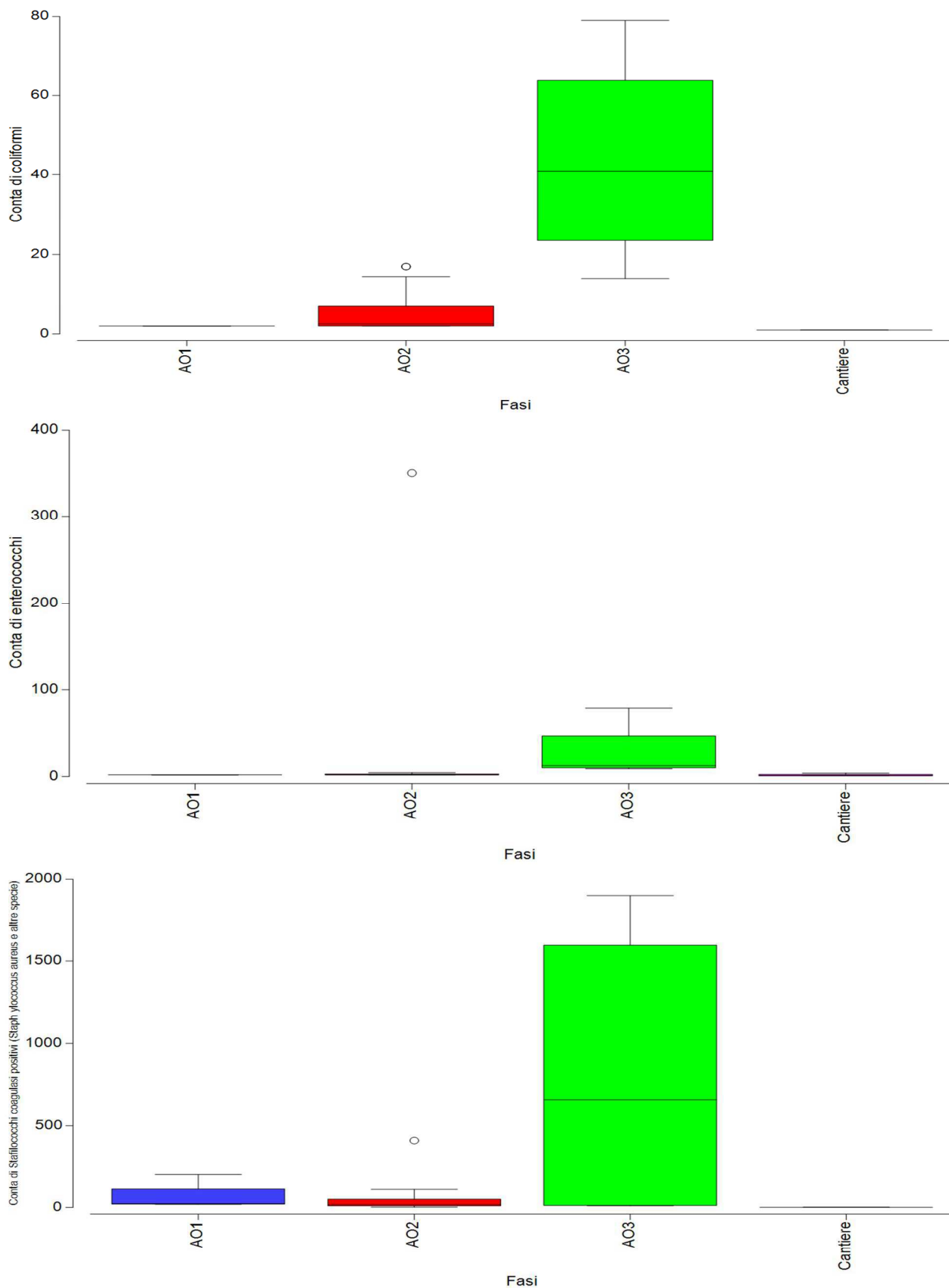


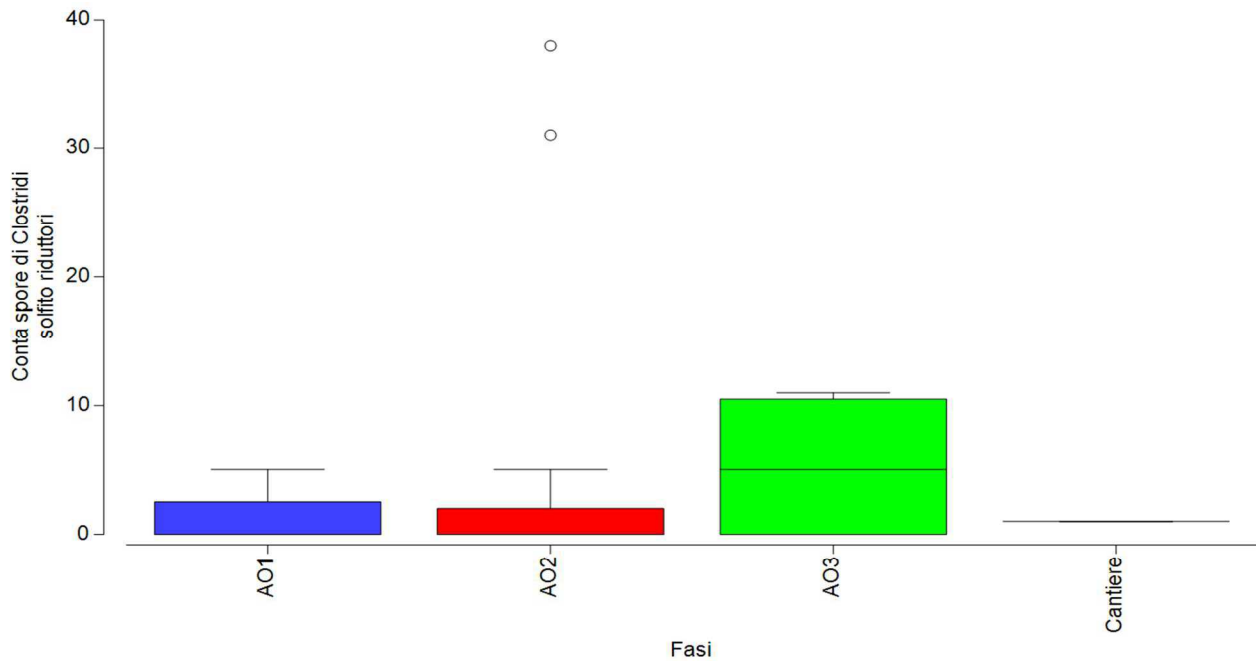








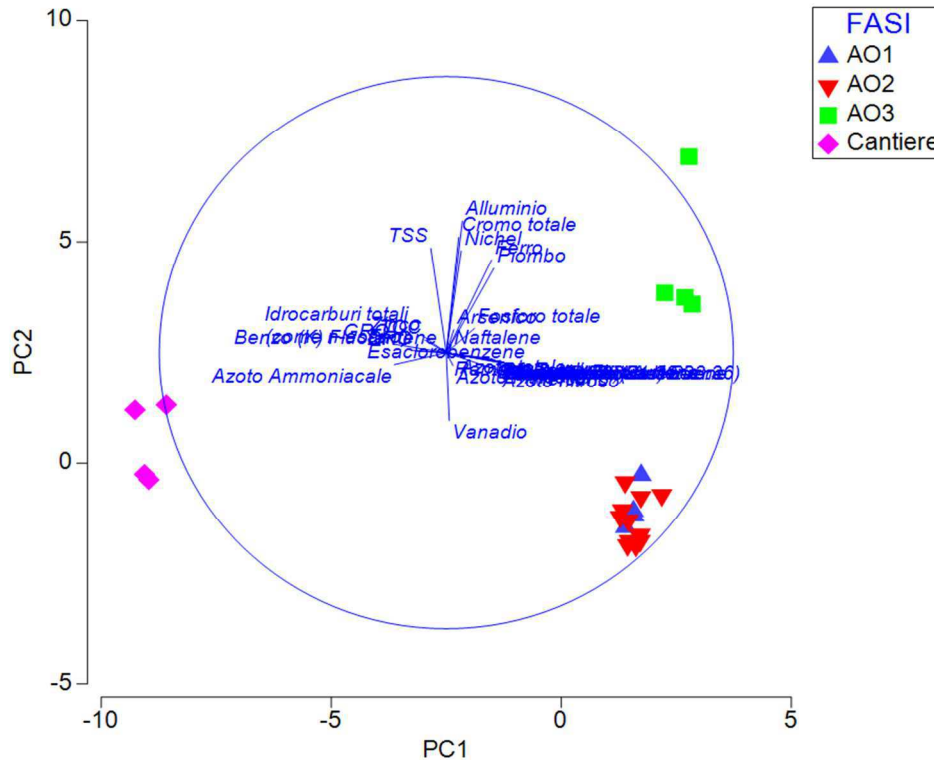




La Principal component analyses (PCA) è riportata in Figura 5. La PCA ha evidenziato una percentuale di varianza cumulativa spiegata dai primi tre assi del 79,8 distribuita per il 54,8% al primo asse, per il 17,1% al secondo asse e per il 7,9% al terzo asse.

La rappresentazione bidimensionale approssima, pertanto, in larga misura la variabilità complessiva del sistema considerato (71,9%). I coefficienti nelle combinazioni lineari delle variabili che compongono i PC (*Eigenvectors*) sono riportati in Tabella 2.

**Figura 5** - PCA relativi ai primi due assi, in blu i vettori e la loro relazione con gli assi di riferimento. Le icone colorate rappresentano la posizione multidimensionale reciproca delle stazioni di monitoraggio in relazione alle variabili considerate. Le forme colorate indicano il fattore "fase" come da legenda.



**Tabella 2** - Eigenvectors della PCA relativi ai primi tre assi.

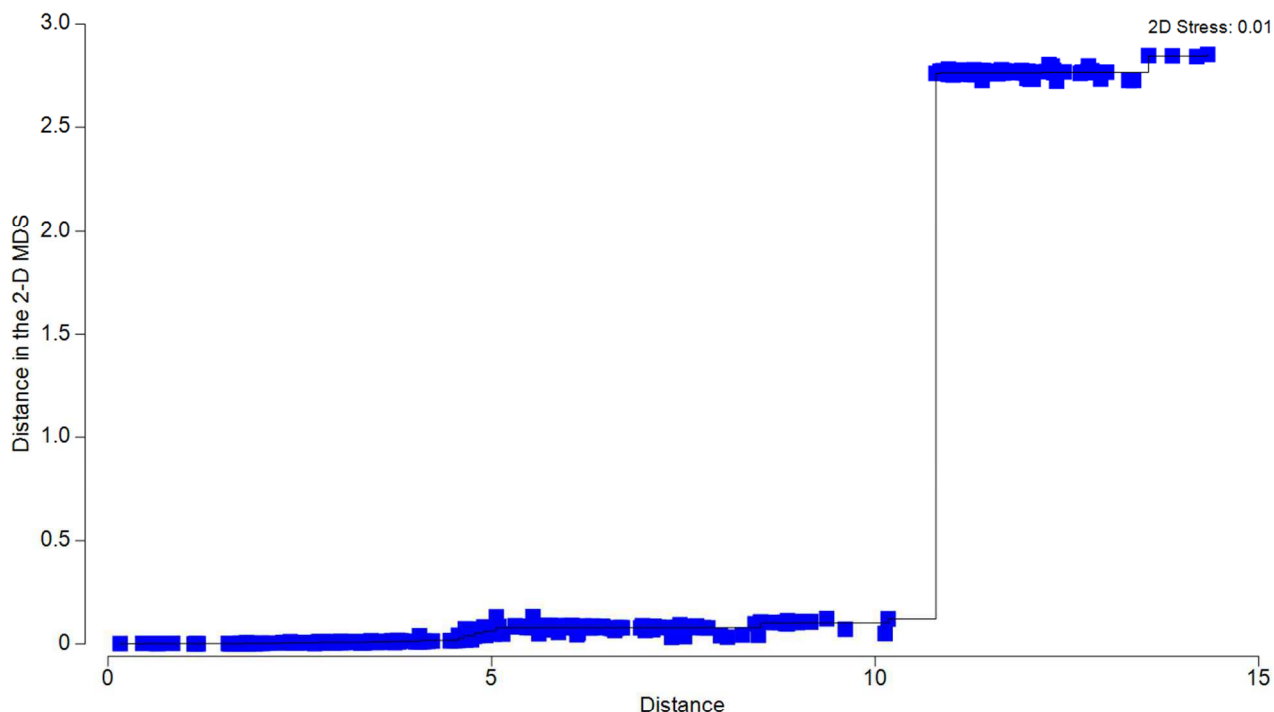
Variabile	PC1	PC2	PC3
Idrocarburi totali (come n-esano)	-0,123	0,009	-0,176
DRO	-0,109	0,007	-0,179
GRO	-0,187	0,032	-0,002
TSS	-0,054	0,378	0,019
Azoto Ammoniacale	-0,182	-0,042	-0,055
Azoto nitrico	0,023	-0,046	0,032
Azoto nitroso	0,183	-0,063	-0,013
Azoto totale	0,040	-0,012	-0,016
Ortofosfati	0,184	-0,032	-0,014
Fosforo totale	0,099	0,088	-0,133
Alluminio	0,056	0,477	0,002
Arsenico	0,026	0,083	0,648
Cadmio	0,218	-0,038	0,003
Cromo totale	0,043	0,418	-0,035
Mercurio	0,283	-0,054	0,009
Nichel	0,052	0,369	-0,067
Rame	0,018	-0,019	-0,054
Vanadio	0,010	-0,247	0,177
Zinco	-0,080	0,059	0,006
Ferro	0,158	0,335	0,127
Piombo	0,166	0,304	-0,126
PCB	0,189	-0,032	0,002



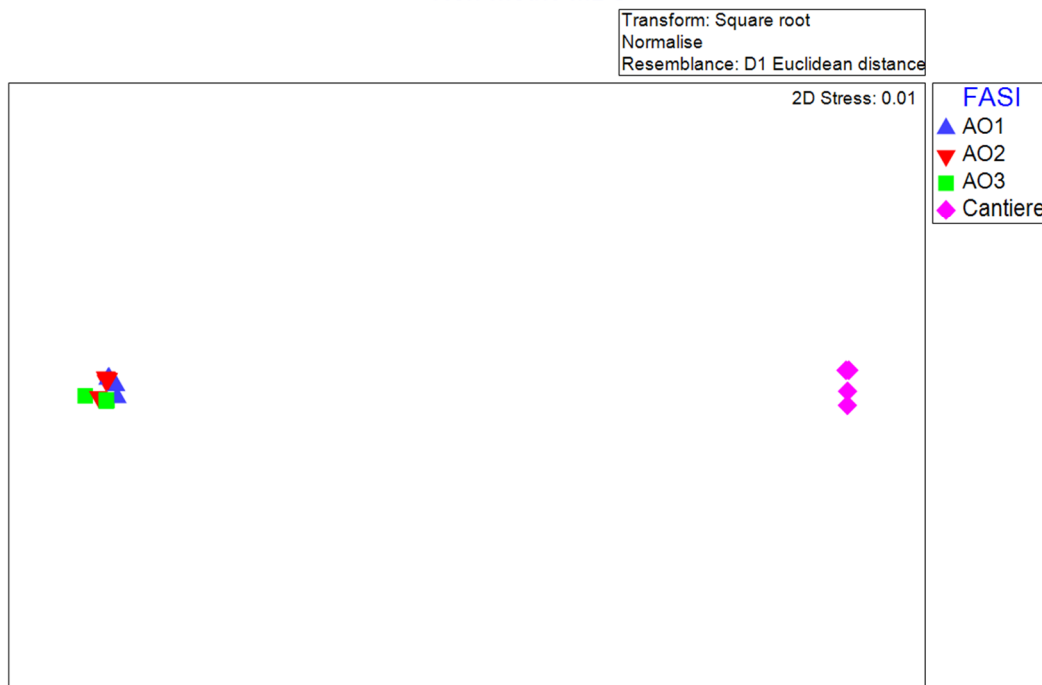
Variabile	PC1	PC2	PC3
Esaclorobenzene	0,000	0,000	0,000
Naftalene	0,017	0,010	-0,055
Acenaftilene	0,193	-0,032	0,001
Acenaftene	0,189	-0,032	0,002
Fluorene	0,190	-0,032	0,001
Fenantrene	0,200	-0,033	0,001
Antracene	0,190	-0,032	0,001
Fluorantene	0,201	-0,034	0,002
Pirene	0,193	-0,032	0,001
Benzo (a) Antracene	0,195	-0,032	0,001
Crisene	0,193	-0,034	0,003
Benzo (b) Fluorantene	0,170	-0,029	0,002
Benzo (K) Fluorantene	-0,024	0,011	-0,008
Benzo (a) Pirene	0,196	-0,033	0,002
Indeno (1.2.3-c.d) Pirene	0,191	-0,035	0,004
Dibenzo (a.h) Antracene	0,195	-0,033	0,002
Benzo (g.h.i) Perilene	0,200	-0,034	0,002
Somma IPA (31.32.33.36)	0,200	-0,034	0,002
IPA Totali	0,162	-0,022	-0,025
TOC	-0,074	0,045	0,647

La matrice Euclidea delle distanze è stata utilizzata anche per la determinazione del non-metric multidimensional Scaling (nMDS). Questa tecnica permette di evidenziare meglio le dissimilarità rispetto alla PCA che è più performante nell'evidenziare le similitudini multivariate tra i records. L'nMDS è stato ottenuto mediante la Kruskal stress formula 1, con 50 restart e con imposizione dello stress minimo ad un livello di 0,01; la proiezione ottenuta è rappresentata in Figura 6 come multiplot 2D e con il relativo diagramma di Sheppard associato. Nella figura 6 si riporta la rappresentazione del fattore "fase".

Figura 6 - nMDS con evidenza del fattore "fase", in blu il diagramma di Sheppard associato alla proiezione bidimensionale.



Non-metric MDS



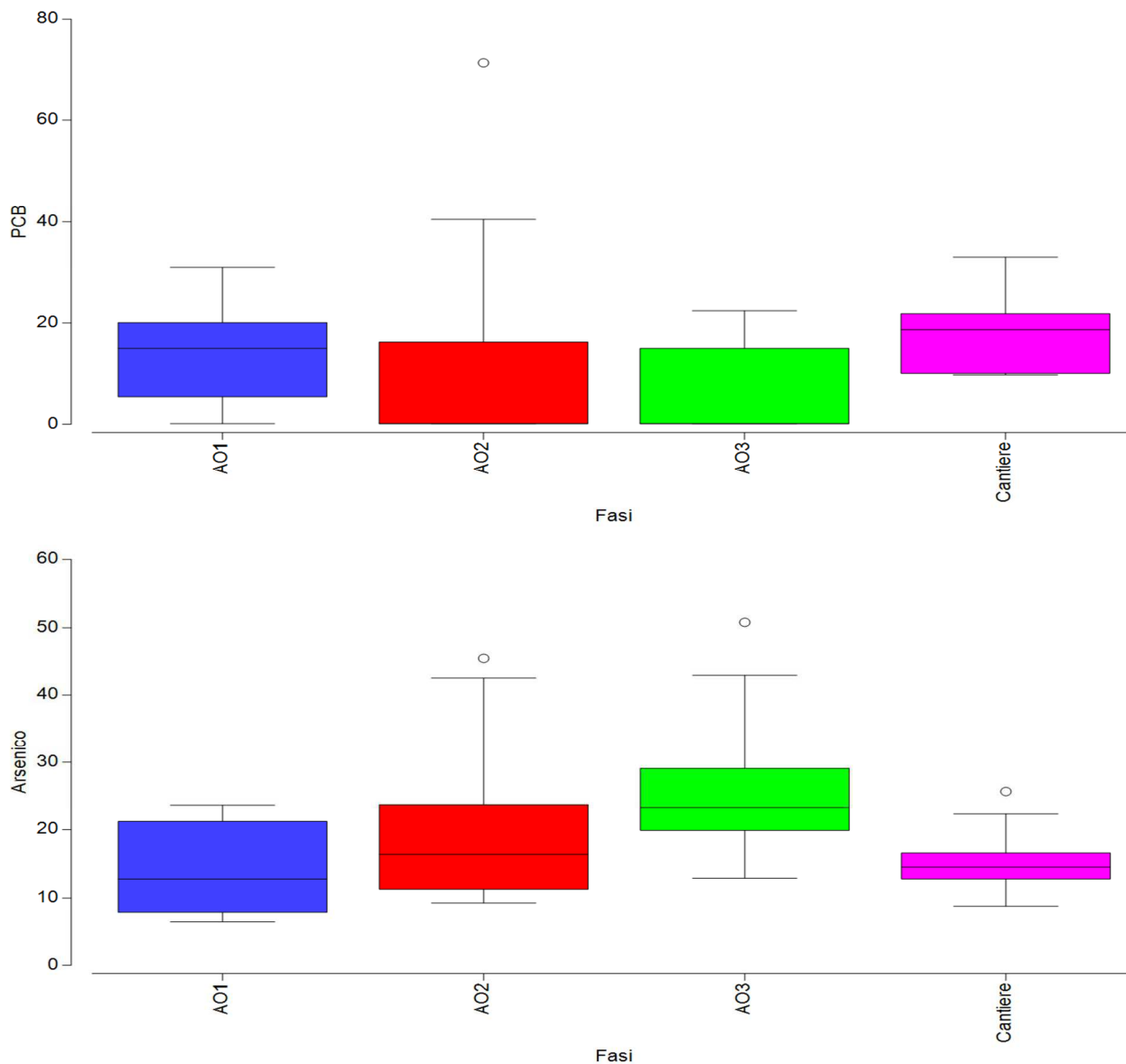
Le segregazioni osservate rispetto al fattore "fase" sono state testate mediante analisi statistica multivariata (test ANOSIM, Analysis of Similarities) mediante approccio one-way effettuando 9999 permutazioni stocastiche. In questo caso il test ha evidenziato un valore di  $R = 0,764$  con un livello di significatività del valore statistico  $p = 0,01\%$  e un numero di statistiche permutate maggiore o uguale a

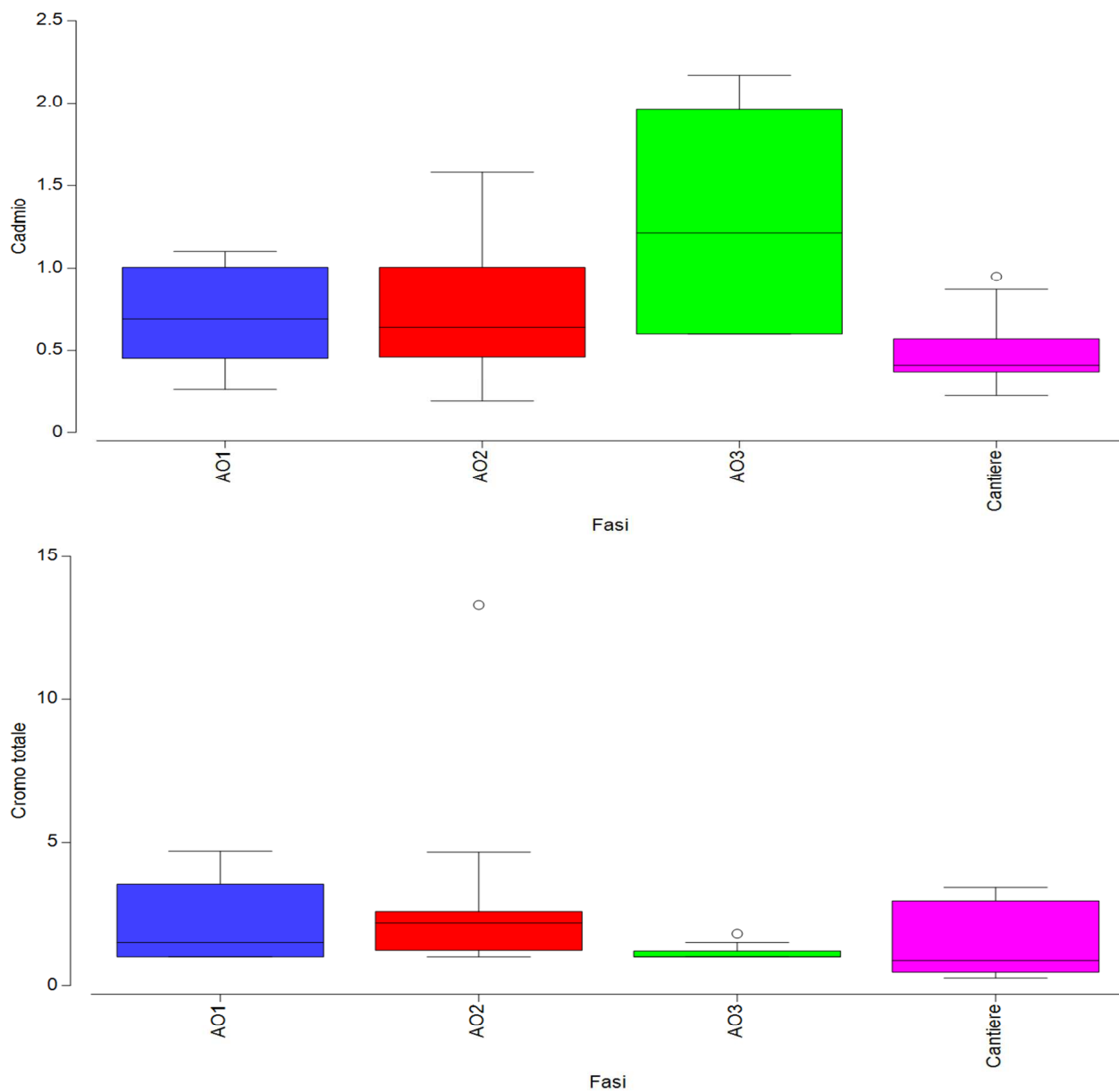
R pari a zero.

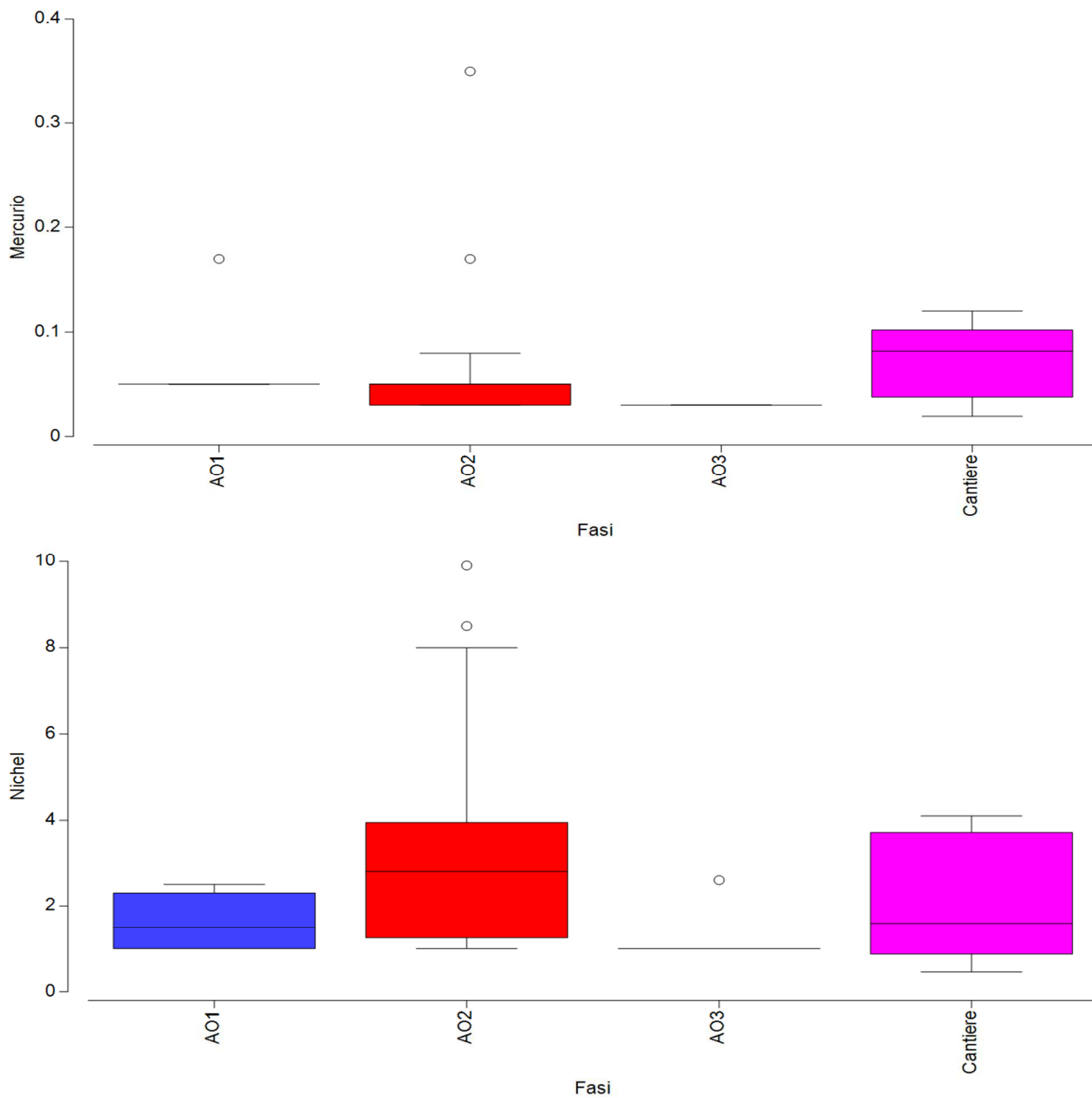
**Analisi chimiche sui tessuti di mitilo (crf. Allegato CC)**

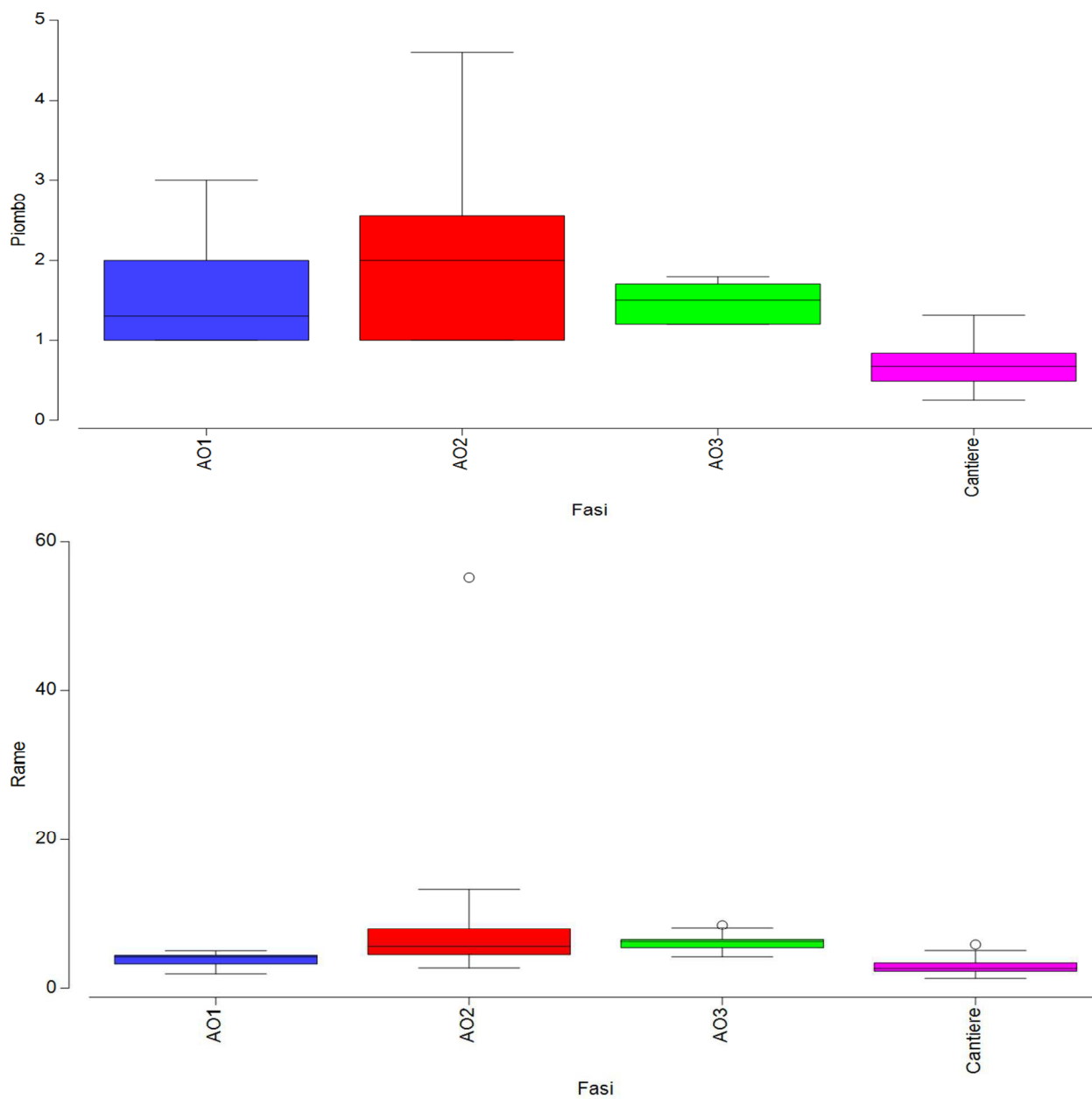
Si riportano nella seguente Figura 7 le rappresentazioni Box-Whiskers relativi alle variabili considerate elaborati in modo raggruppato rispetto al fattore “fase” monitoraggio. In blu è evidenziata la fase ante operam (AO1), in rosso la fase ante operam (AO2), in verde la fase ante operam (AO3), in viola la fase in itinere (Cantiere). Gli andamenti delle variabili (fluttuazioni rispetto all’asse y) sono espressi nella stessa unità di misura riportata in Allegato CC per la variabile rappresentata.

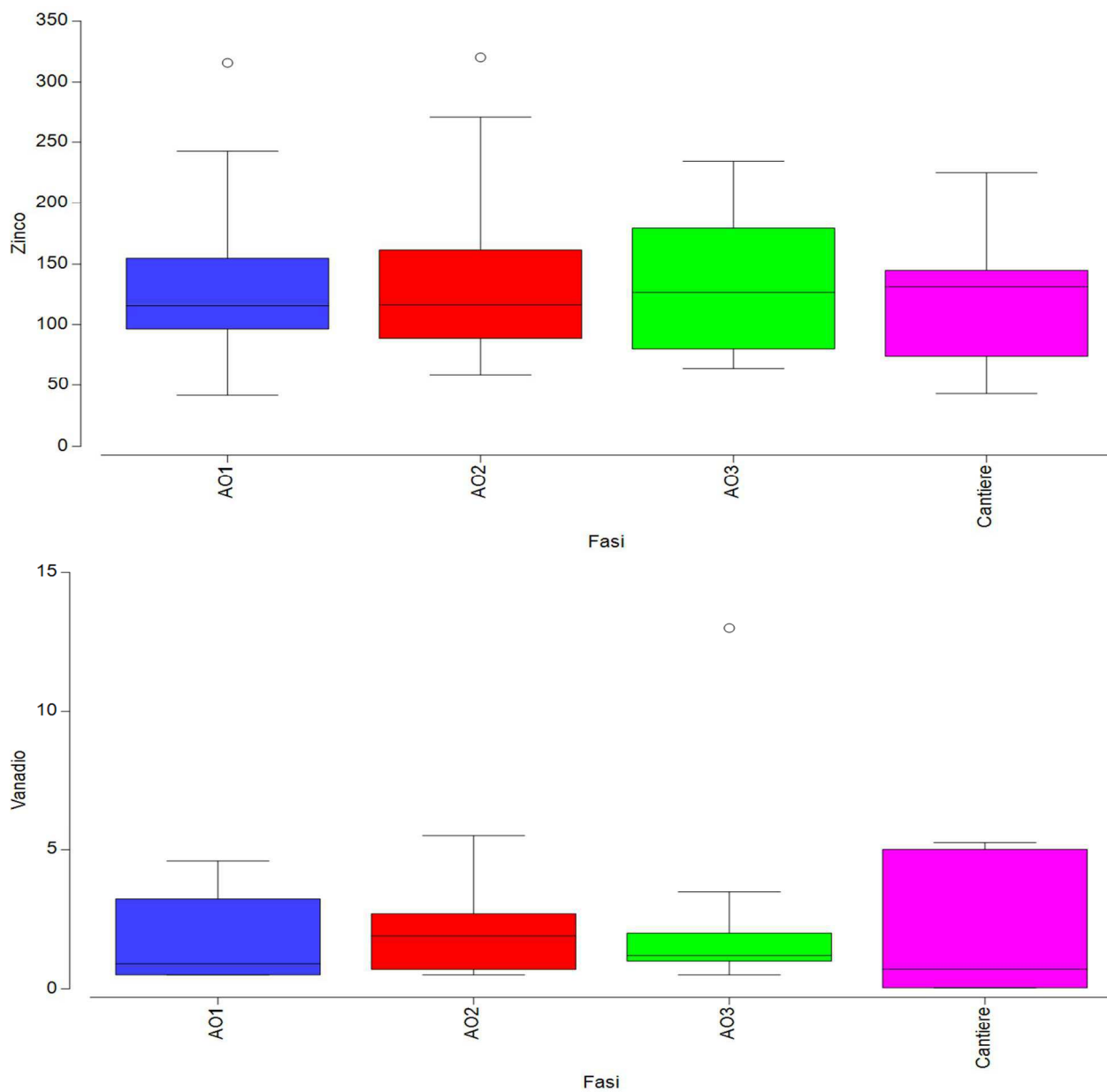
**Figura 7** - Box-Whiskers relativi alle variabili considerate elaborati in modo raggruppato rispetto al fattore "fase" monitoraggio.



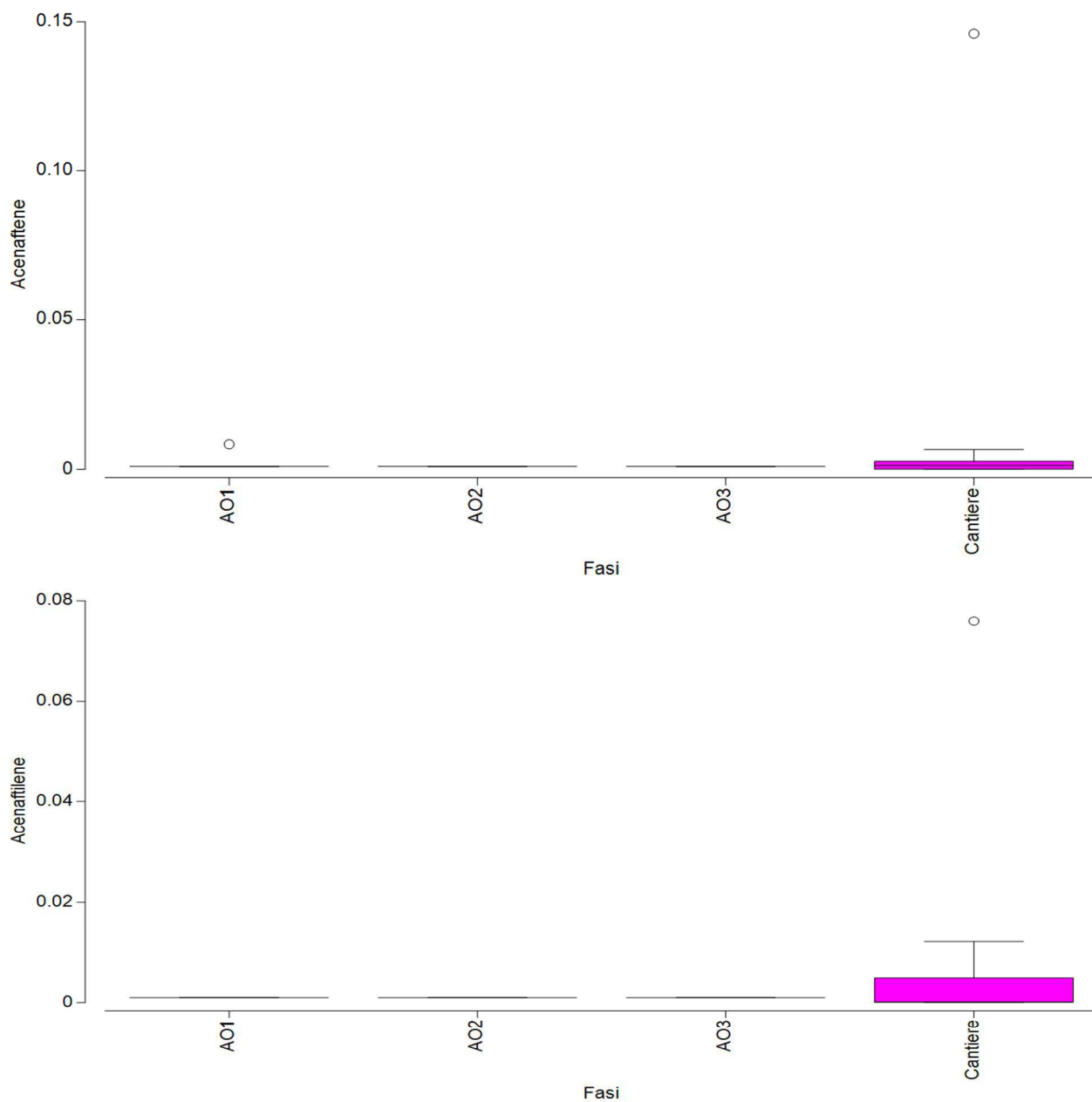


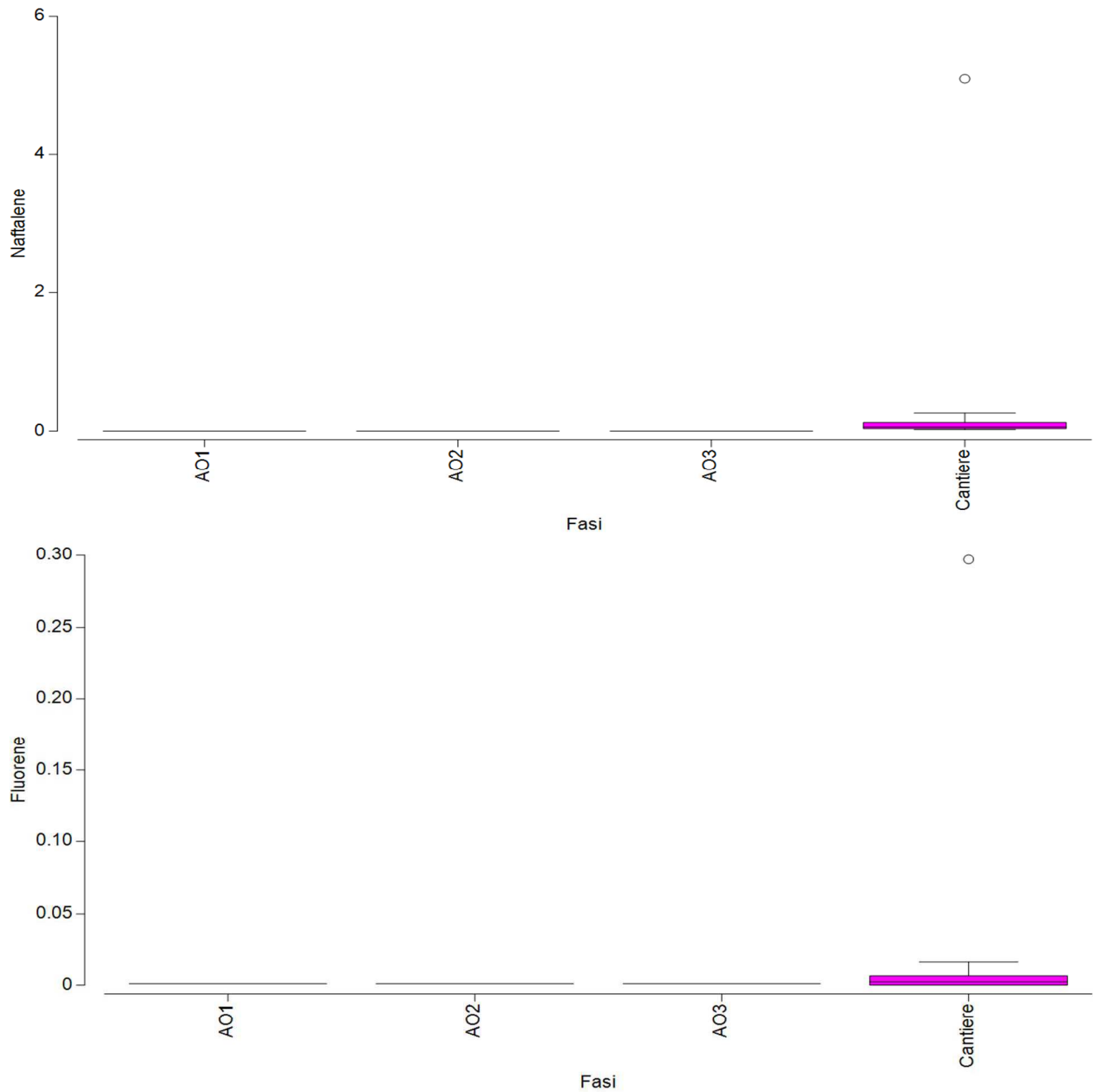


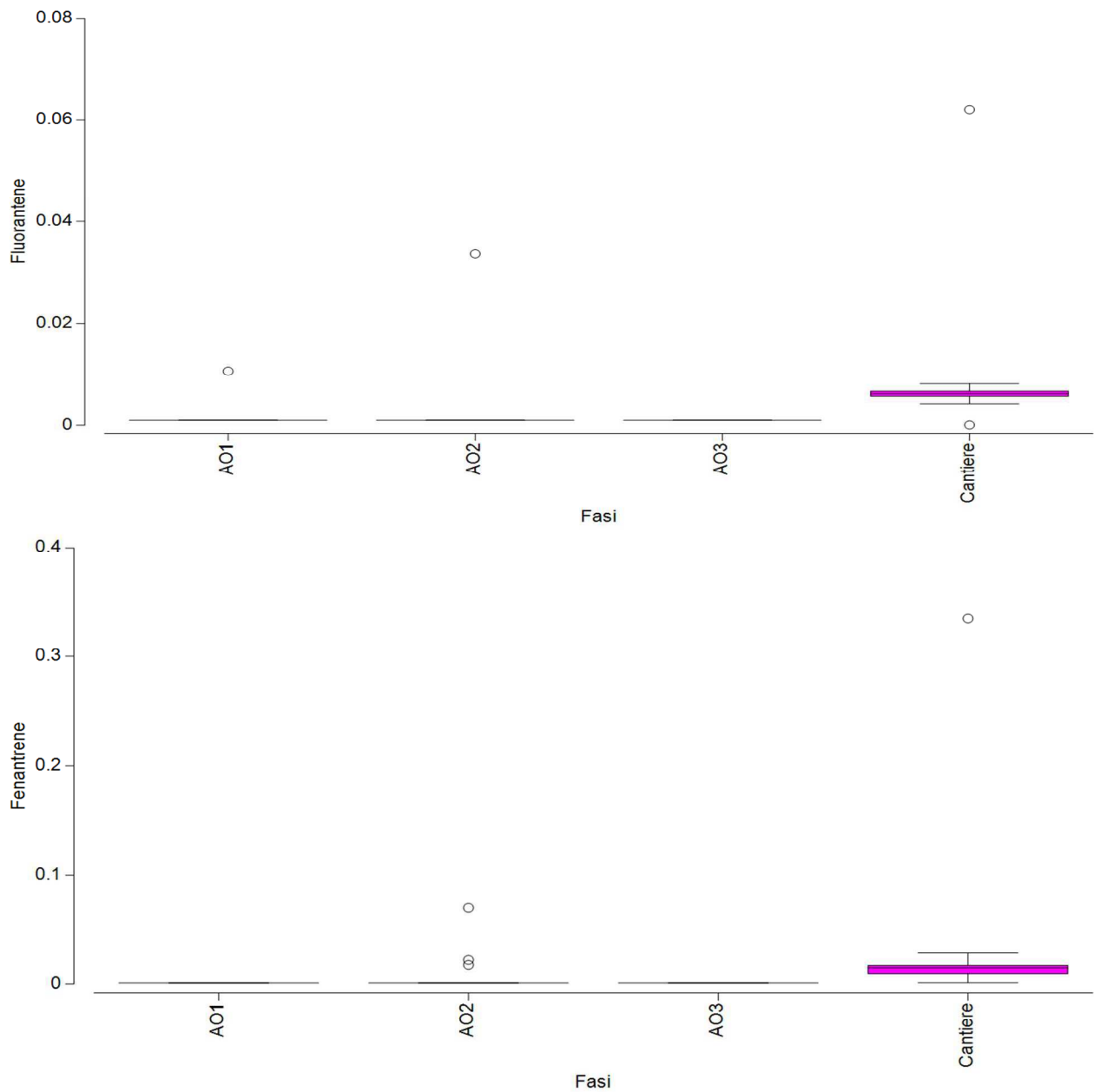


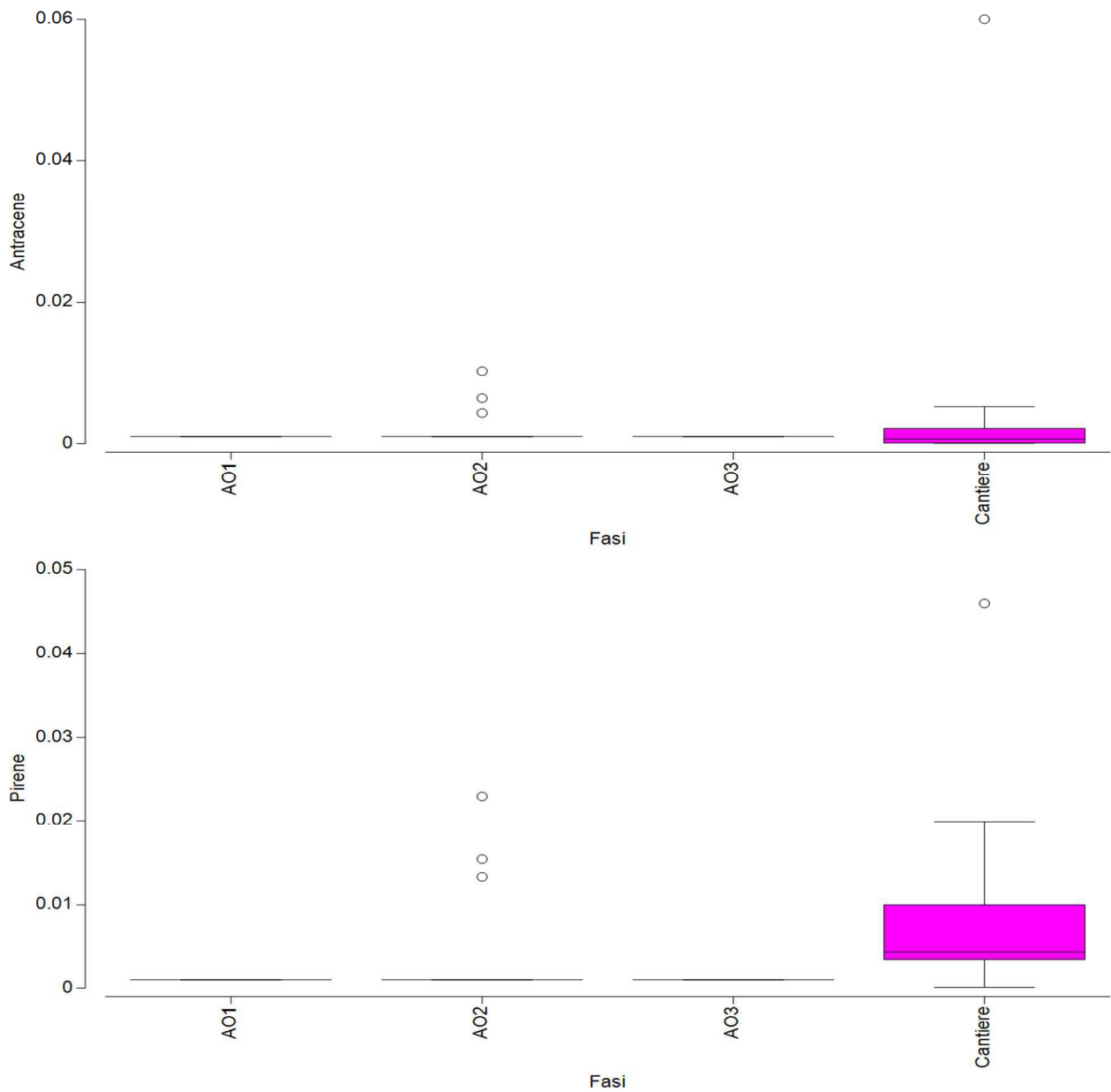


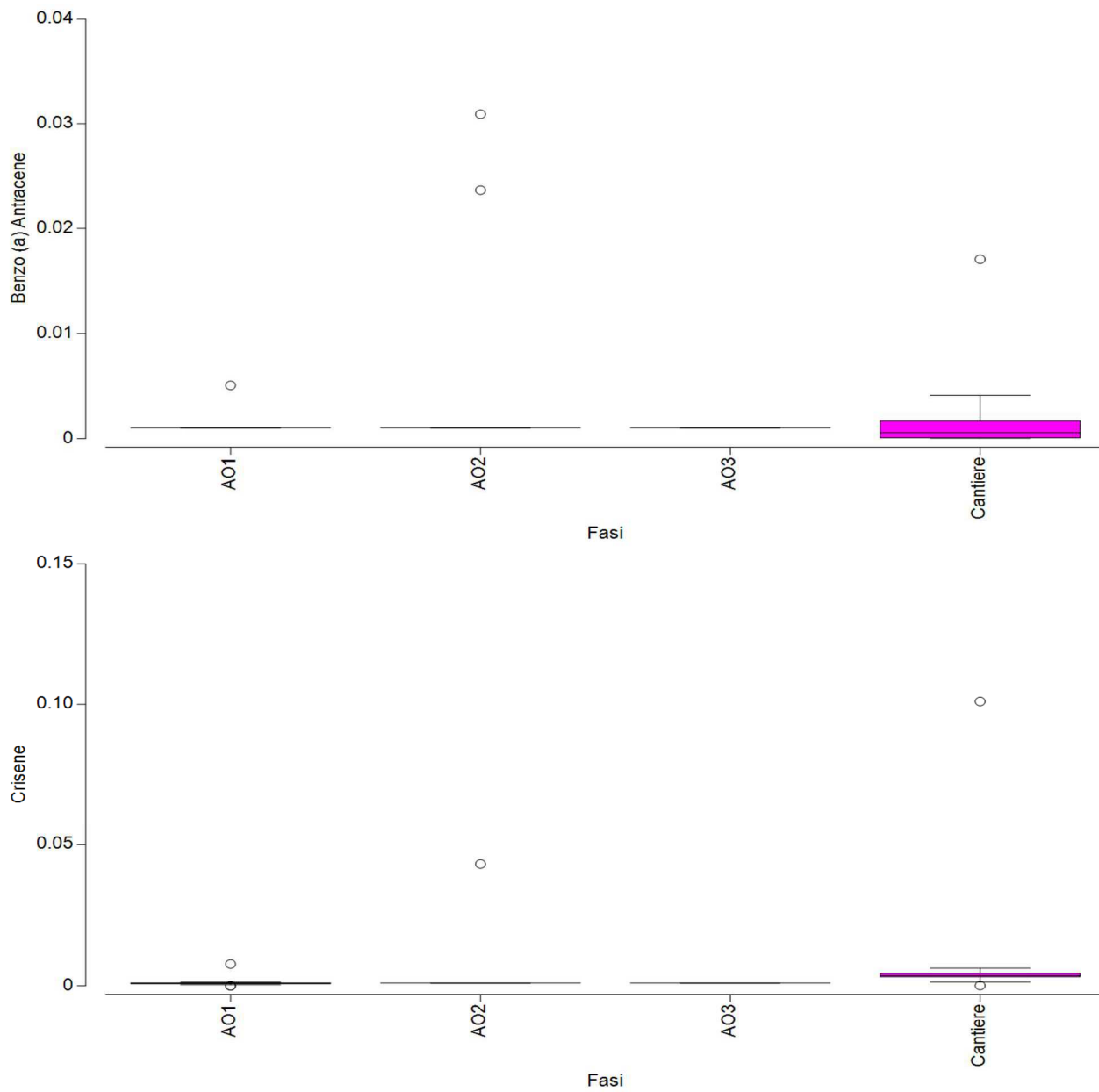


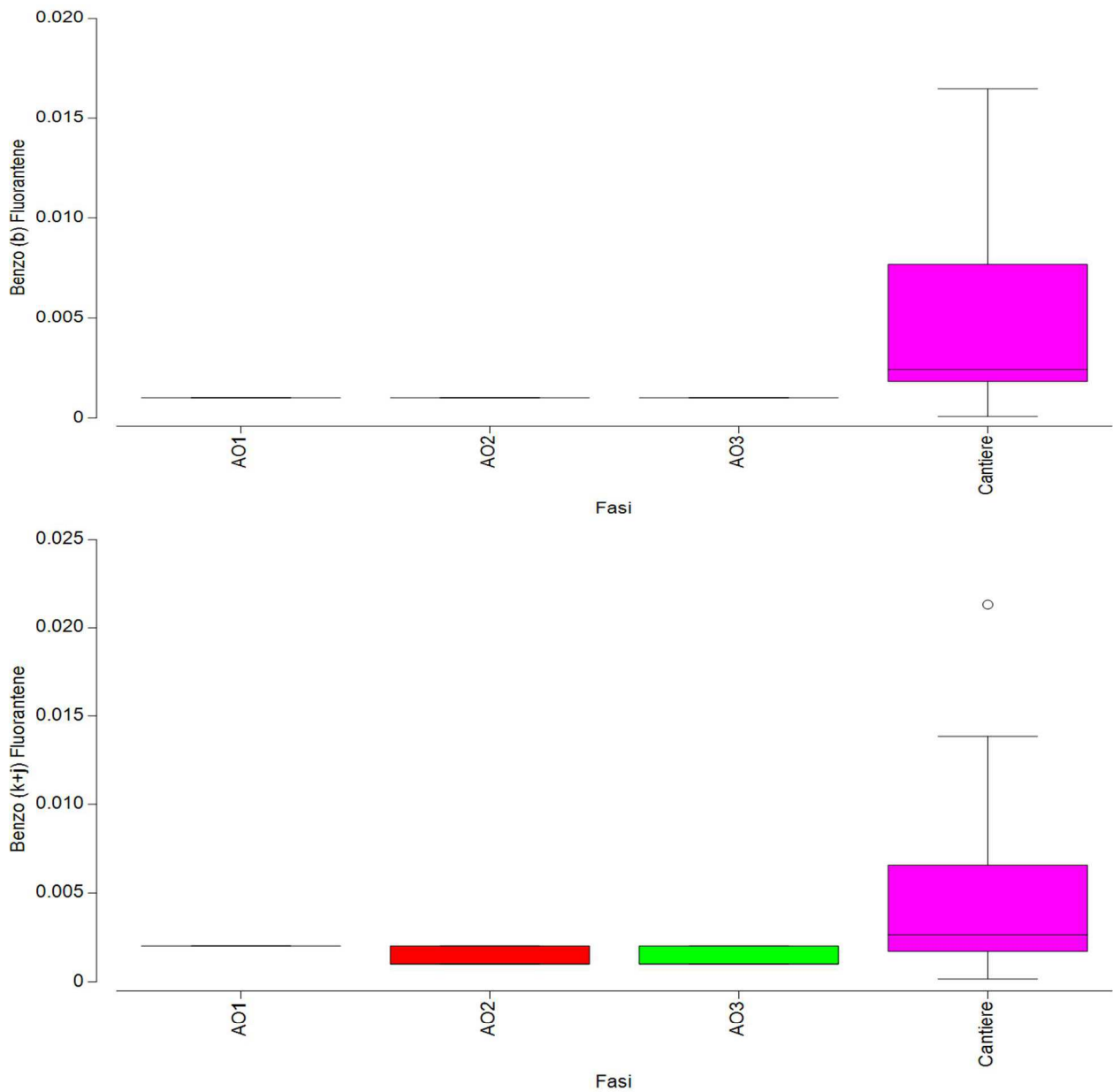


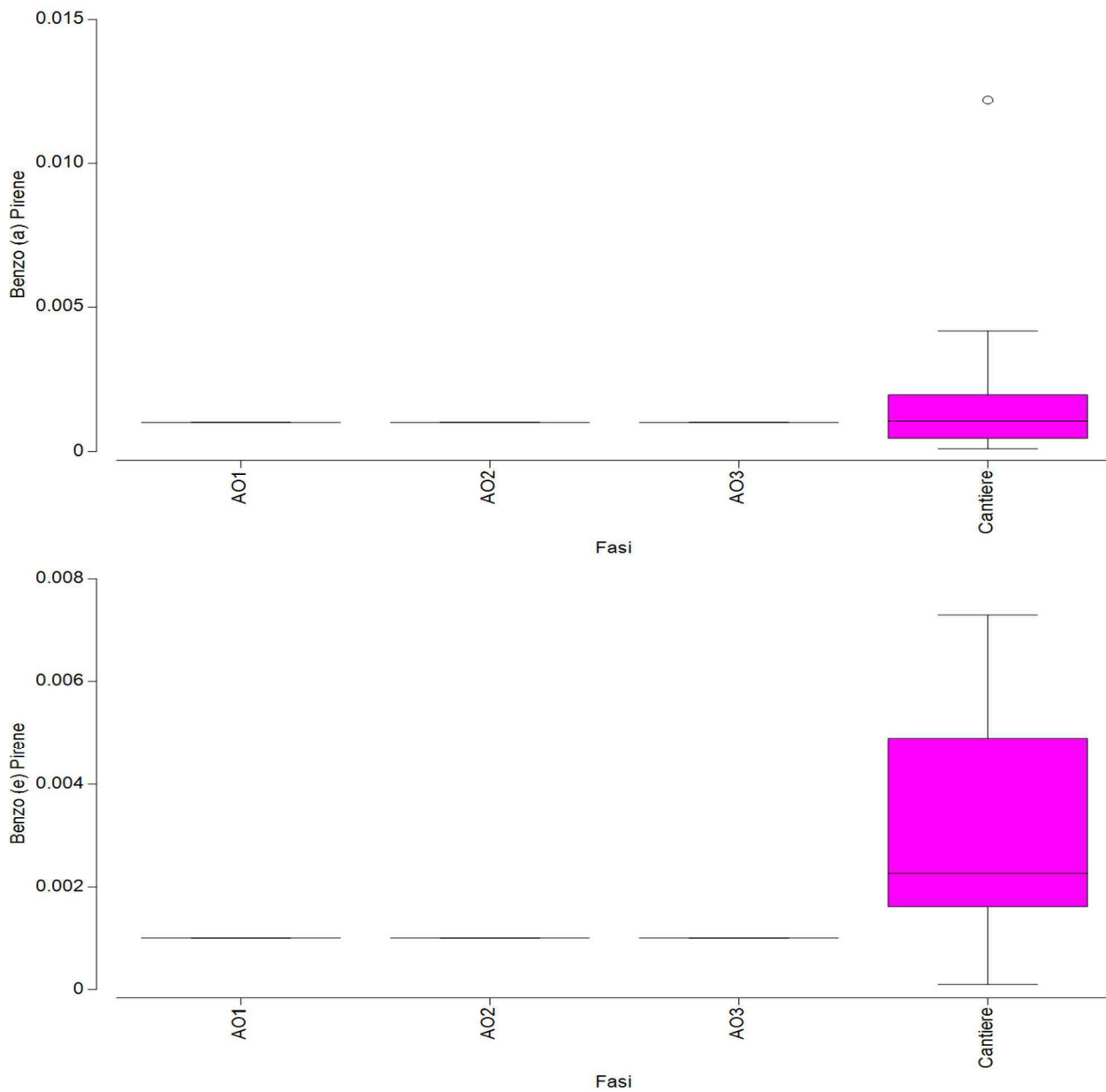


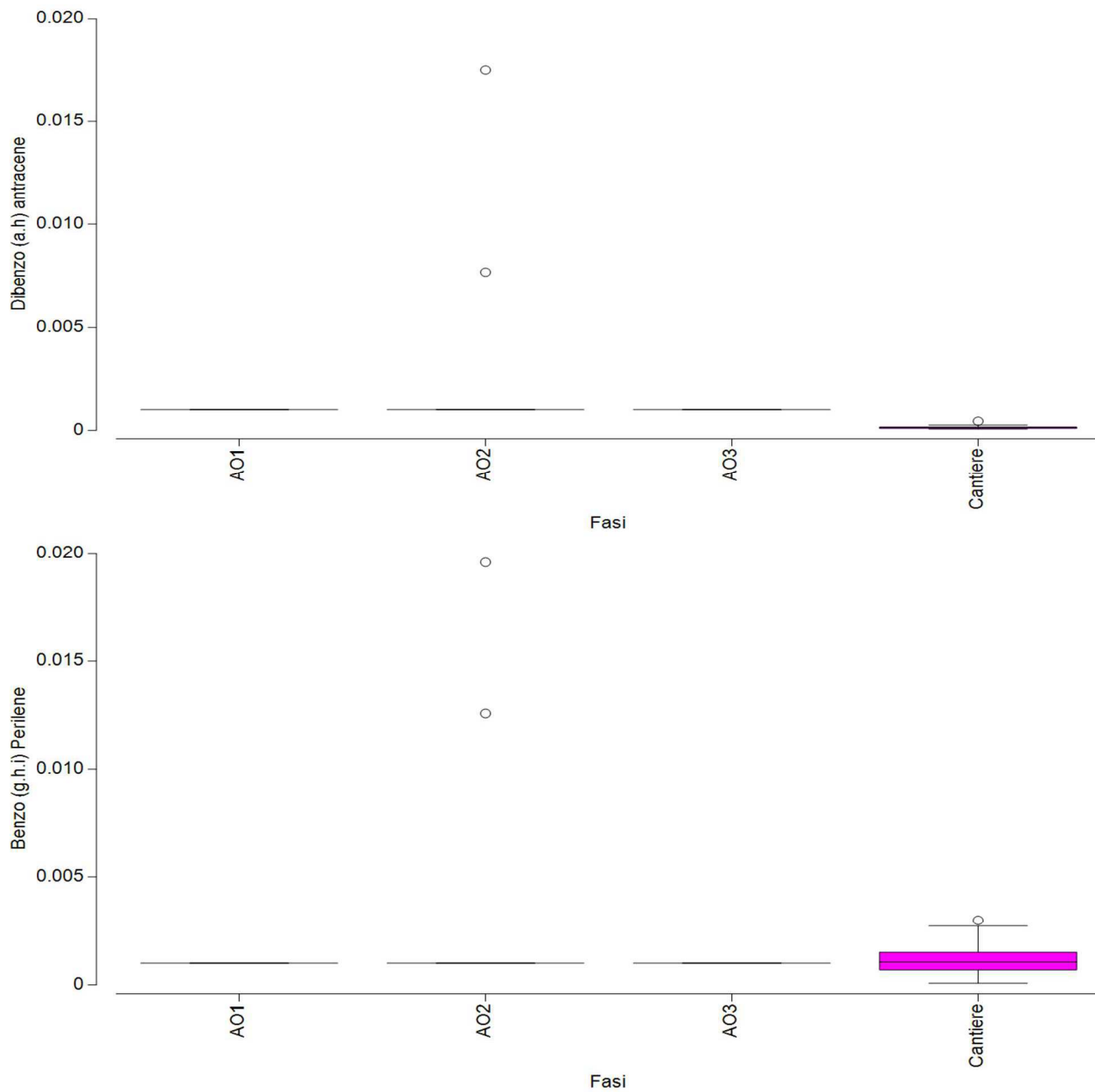




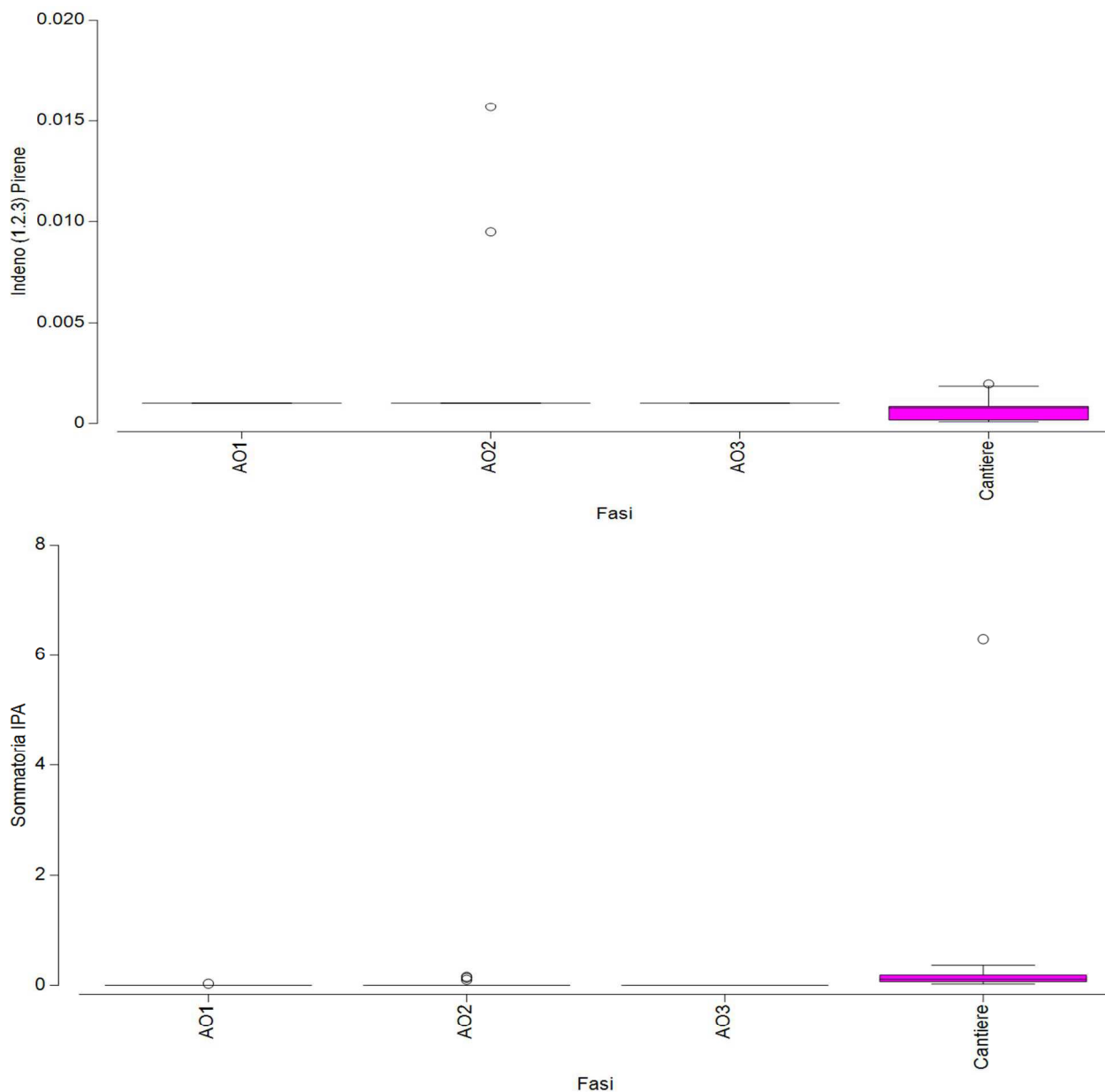








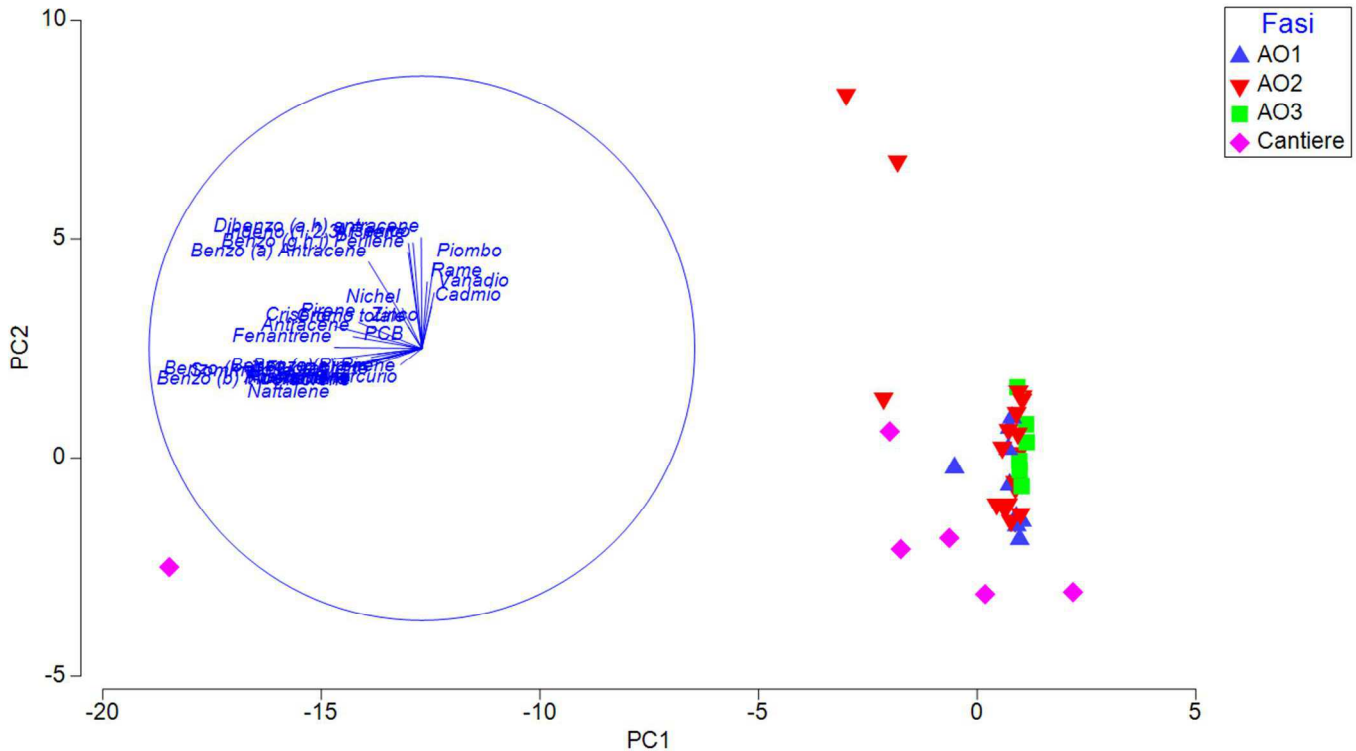




Relativamente alla statistica multivariata condotta sulle variabili, la Principal component analyses (PCA) è riportata in Figura 8.

La PCA ha evidenziato una percentuale di varianza cumulativa spiegata dai primi tre assi del 69.9% distribuita per il 40,2% al primo asse, per il 19,0% al secondo asse e per il 10,8% al terzo asse. La rappresentazione bidimensionale approssima, pertanto, oltre il 50% della variabilità complessiva del sistema considerato (59,1%). I coefficienti nelle combinazioni lineari delle variabili che compongono i PC (*Eigenvectors*) sono riportati in Tabella 3.

**Figura 8** - PCA relativi ai primi due assi, in blu i vettori e la loro relazione con gli assi di riferimento. Le icone colorate rappresentano la posizione multidimensionale reciproca delle stazioni di monitoraggio in relazione alle variabili considerate. Le forme colorate indicano il fattore "fase" come da legenda.



**Tabella 3** - Eigenvectors della PCA relativi ai primi tre assi.

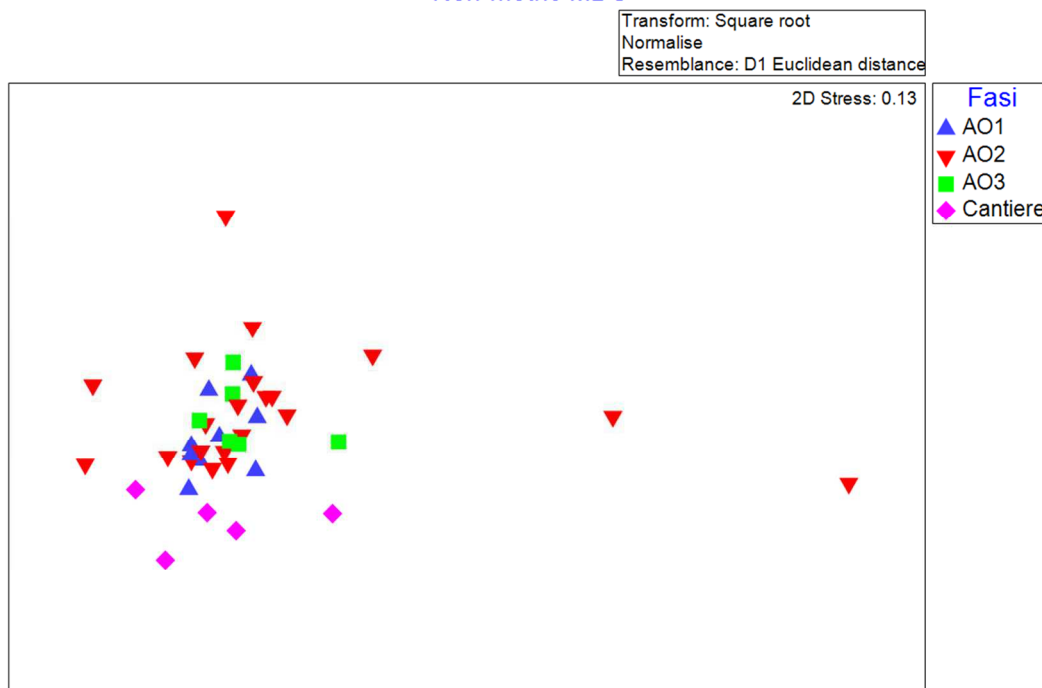
Variable	PC1	PC2	PC3
PCB	-0,058	0,009	-0,117
Arsenico	-0,033	0,386	0,120
Cadmio	0,036	0,154	0,417
Cromo totale	-0,050	0,077	0,219
Mercurio	-0,078	-0,060	0,033
Nichel	-0,072	0,147	0,334
Piombo	0,043	0,312	0,307
Rame	0,019	0,242	0,321
Zinco	-0,002	0,079	0,332
Vanadio	0,045	0,203	0,178
Acenaftene	-0,261	-0,070	0,059
Acenaftilene	-0,253	-0,061	0,081
Naftalene	-0,327	-0,117	0,055
Fluorene	-0,252	-0,073	0,058
Fluorantene	-0,249	-0,066	0,061
Fenantrene	-0,321	0,004	0,000
Antracene	-0,252	0,043	0,040
Pirene	-0,232	0,095	-0,055
Benzo (a) Antracene	-0,196	0,315	-0,206
Crisene	-0,320	0,081	-0,094
Benzo (b) Fluorantene	-0,262	-0,069	0,045
Benzo (k+j) Fluorantene	-0,186	-0,033	0,012

Variable	PC1	PC2	PC3
Benzo (a) Pirene	-0,163	-0,021	0,061
Benzo (e) Pirene	-0,085	-0,022	0,011
Dibenzo (a.h) antracene	-0,003	0,405	-0,248
Benzo (g.h.i) Perilene	-0,050	0,351	-0,282
Indeno (1.2.3) Pirene	-0,050	0,385	-0,275
Sommatoria IPA	-0,329	-0,040	-0,001

La matrice Euclidea delle distanze è stata utilizzata anche per la determinazione del non-metric multidimensional Scaling (nMDS). Questa tecnica permette di evidenziare meglio le dissimilarità rispetto alla PCA che è più performante nell'evidenziare le similitudini multivariate tra i records. L'nMDS è stato ottenuto mediante la Kruskal stress formula 1, con 50 restart e con imposizione dello stress minimo ad un livello di 0,01; la proiezione ottenuta è rappresentata in Figura 9 come multiplot 2D e con il relativo diagramma di Sheppard associato.

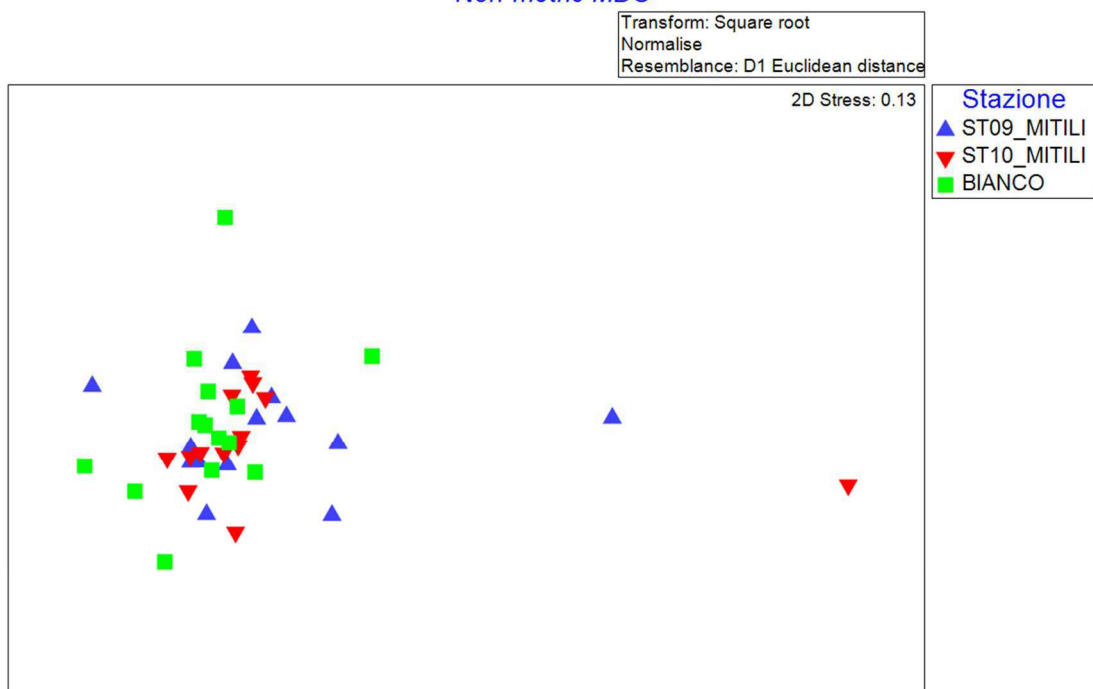
**Figura 9** - nMDS con evidenza del fattore "fase" associato alla proiezione bidimensionale. Si evidenzia anche la distribuzione nMDS relativa al fattore Stazione con la distribuzione del "bianco".

Non-metric MDS



Le segregazioni osservate rispetto al fattore "fase" sono state testate mediante analisi statistica multivariata (test Anosim, Analysis of Similarities) mediante approccio one-way effettuando 9999 permutazioni stocastiche. In questo caso il test ha evidenziato un valore di  $R = -0,014$  con un livello di significatività del valore statistico  $p = 54,1\%$  e un numero di statistiche permutate maggiore o uguale a  $R$  pari a 5409.

Non-metric MDS



Le segregazioni osservate rispetto al fattore "stazione" sono state testate mediante analisi statistica multivariata (test Anosim, Analysis of Similarities) mediante approccio one-way effettuando 9999 permutazioni stocastiche. In questo caso il test ha evidenziato un valore di  $R = -0,037$  con un livello di significatività del valore statistico  $p = 97,8\%$  e un numero di statistiche permutate maggiore o uguale a  $R$  pari a 9782.

