

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

***Periodo di riferimento: Novembre 2019 ÷ Ottobre 2020***

## **Allegato AA**

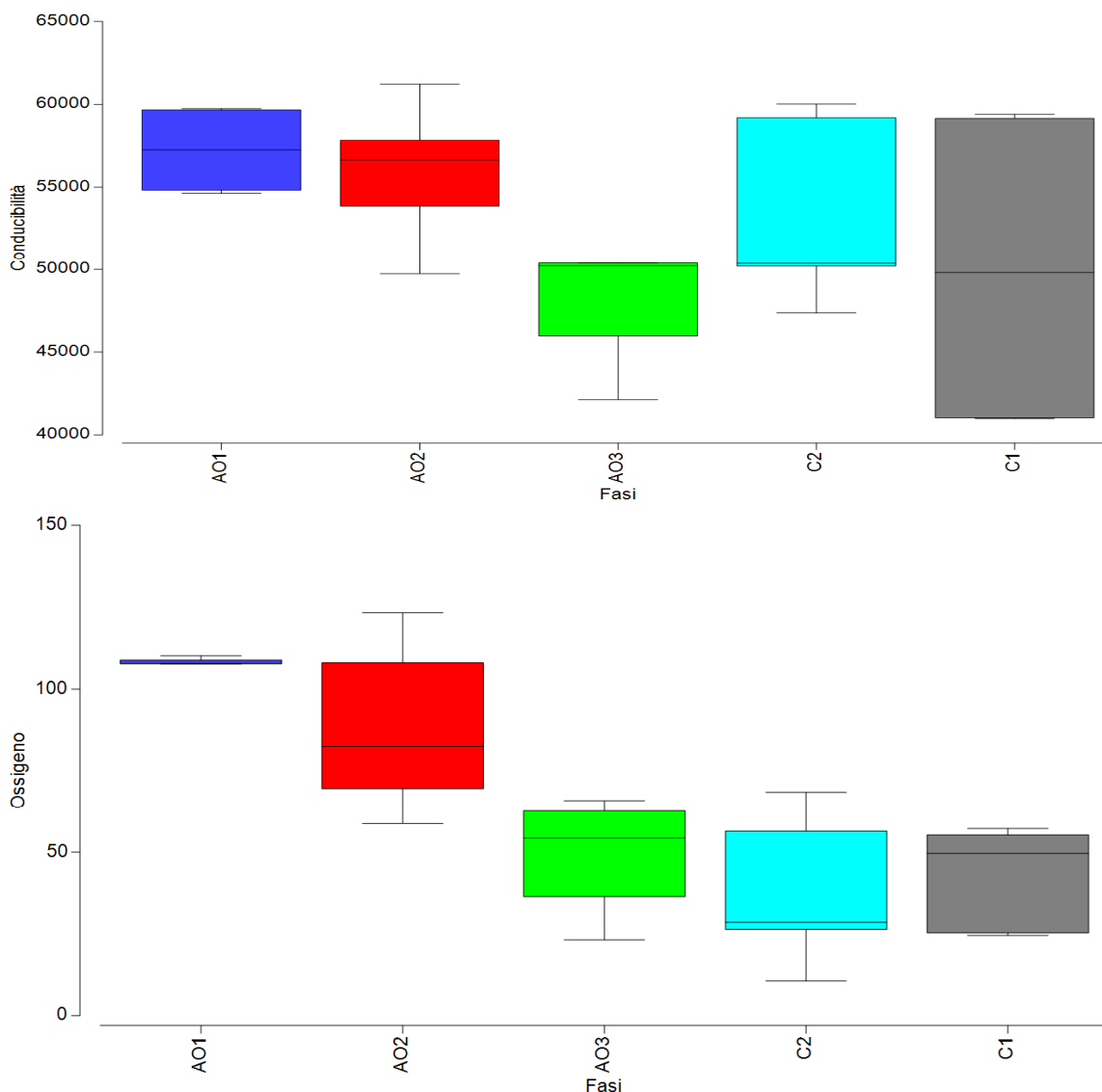
**Esito analisi statistica applicata al monitoraggio del bioaccumulo nei mitili (Mussel Watch)  
(novembre 2016 ÷ ottobre 2020)**

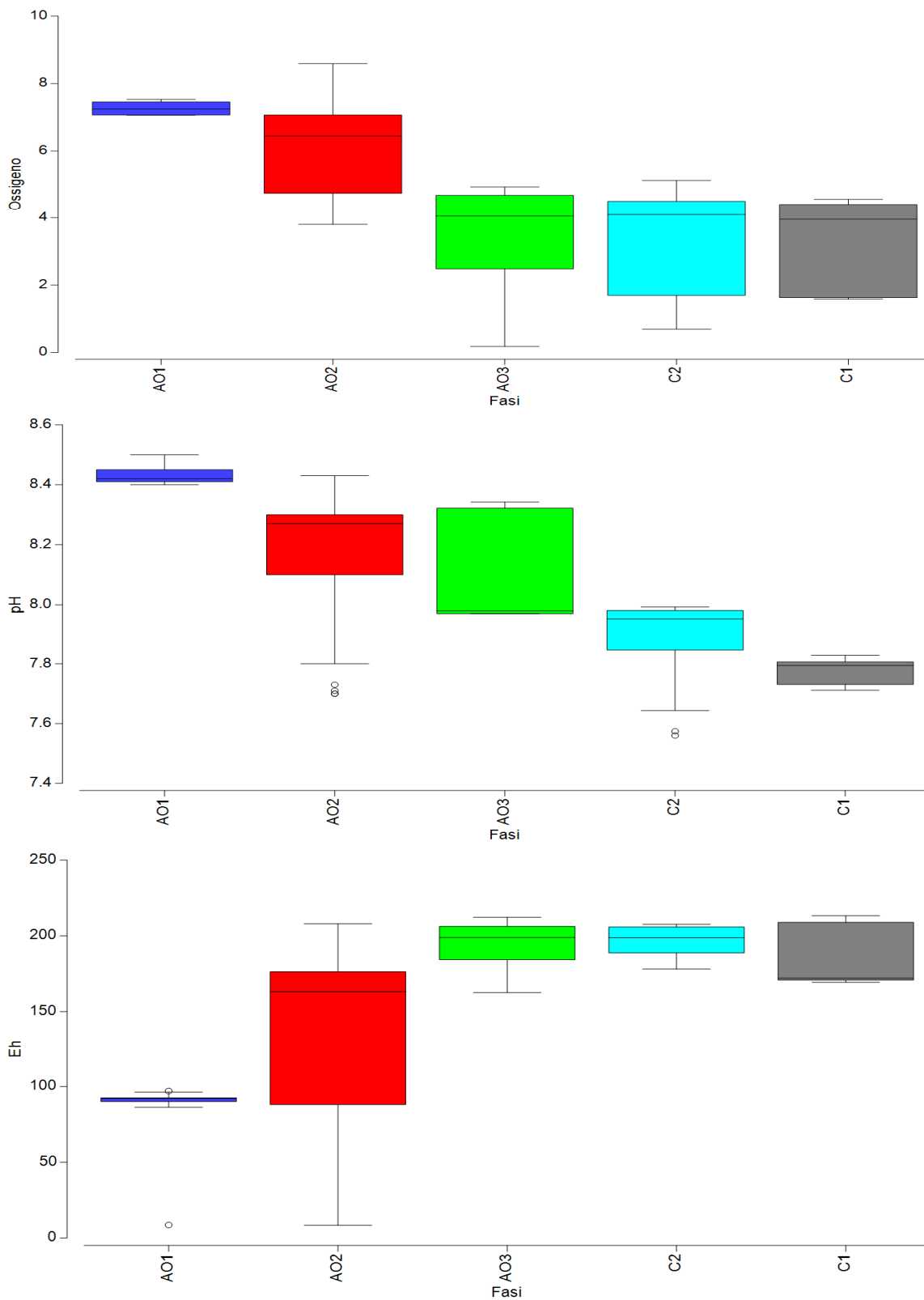
## ESITO ANALISI STATISTICA APPLICATA AL MONITORAGGIO DEL BIOACCUMULO NEI MITILI – MUSSEL WATCH (NOVEMBRE 2015 ÷ OTTOBRE 2020)

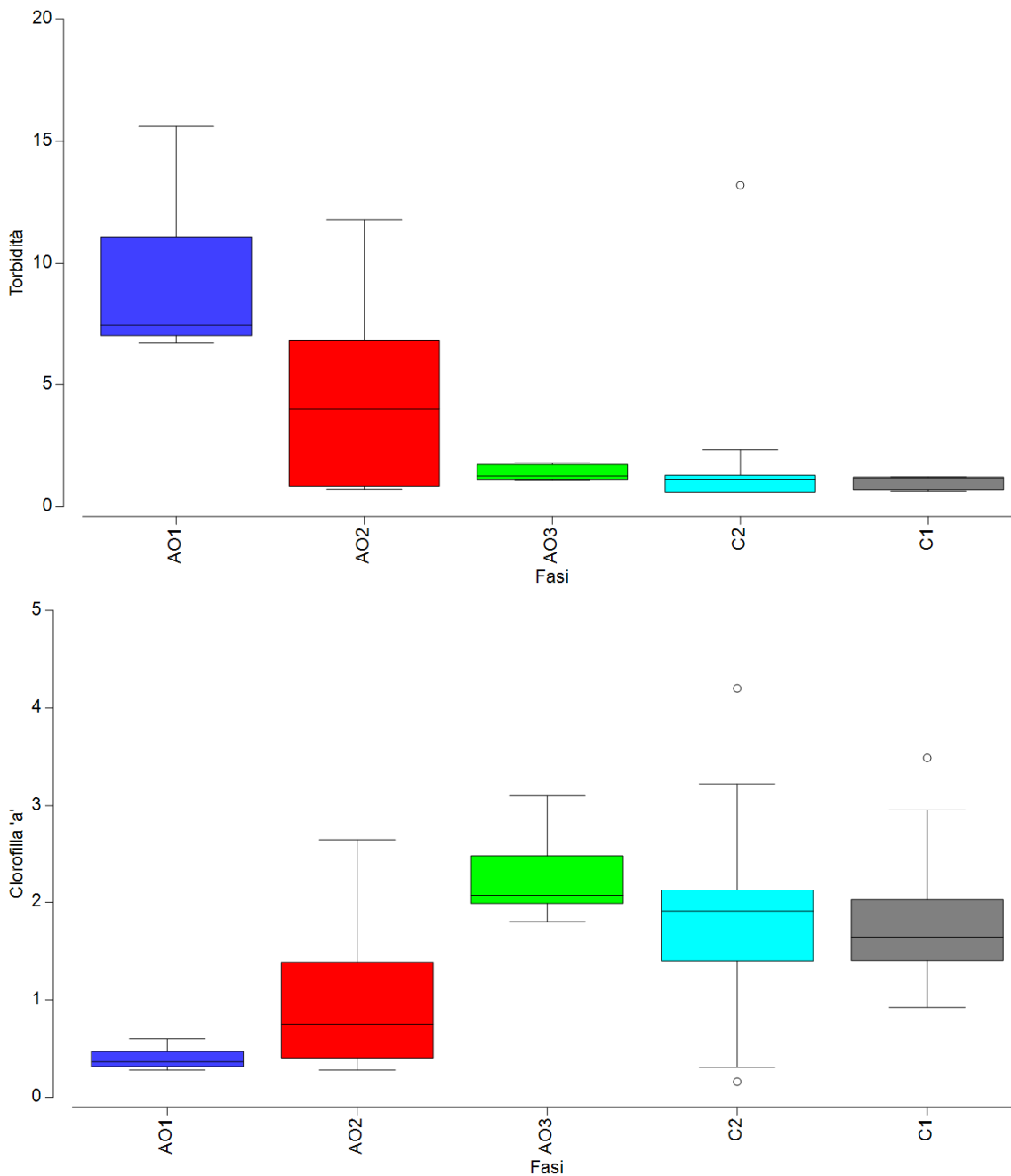
### Chimico-fisica delle acque (crf. Allegato Z)

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 grigio la fase in itinere (C1) e in azzurro la fase in itinere (C2). Gli andamenti delle variabili (fluttuazioni rispetto all’asse y) sono espressi nella stessa unità di misura riportata in Allegato Z per la variabile rappresentata.

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



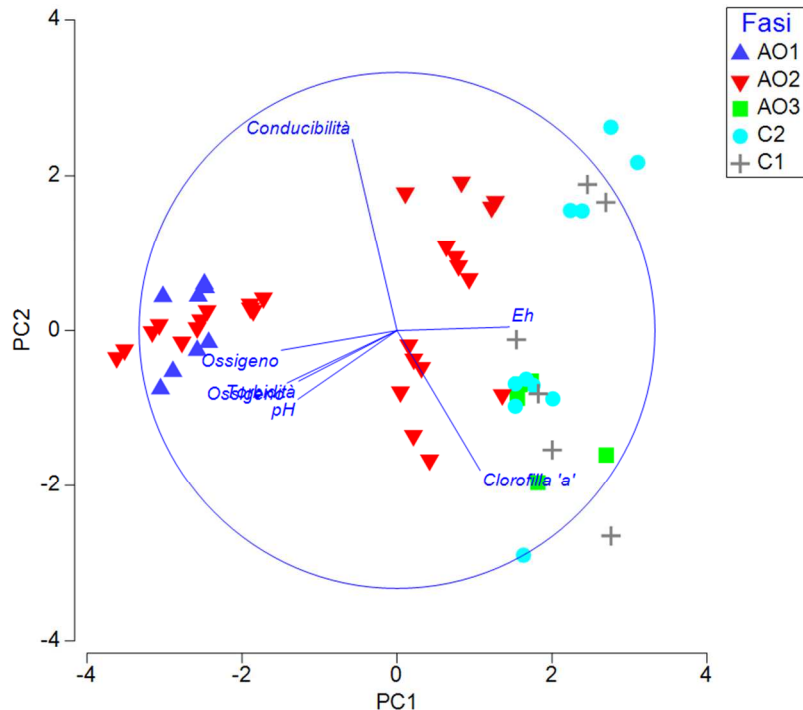




La Principal component analyses (PCA) è riportata in **Figura 2**. La PCA ha evidenziato una percentuale di varianza cumulativa spiegata dai primi tre assi del 89,8% distribuita per il 64,0% al primo asse, per il 20,0% al secondo asse e per il 5,9% al terzo asse.

La rappresentazione bidimensionale approssima, pertanto, in larga misura la variabilità complessiva del sistema considerato (84,0%). I coefficienti nelle combinazioni lineari delle variabili che compongono i PC (*Eigenvectors*) 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.

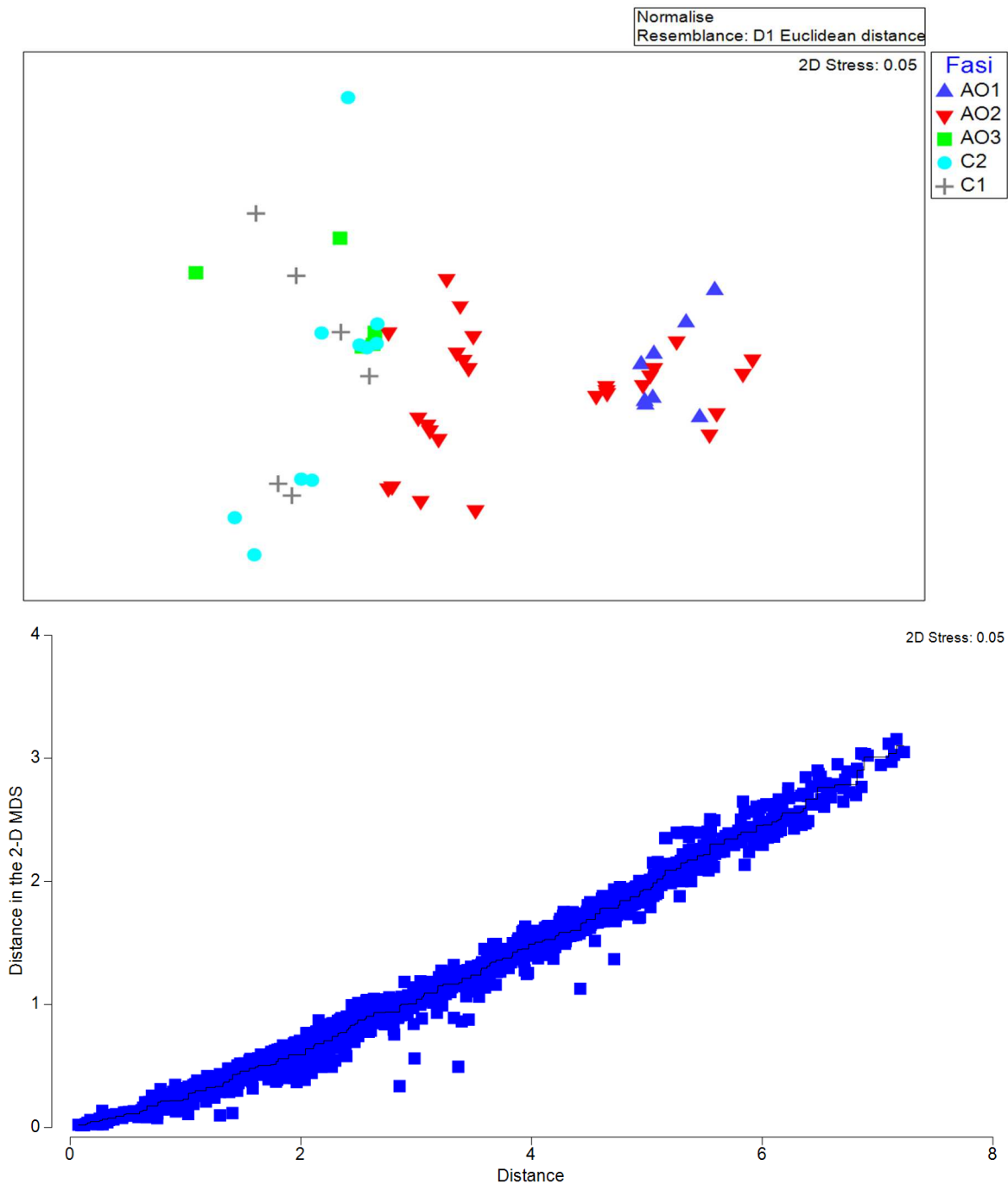


**Tabella 1** - Eigenvectors della PCA relativi ai primi tre assi.

Variabile	PC1	PC2	PC3
Conducibilità	-0,173	0,742	0,125
Ossigeno	-0,449	-0,076	-0,402
Ossigeno	-0,426	-0,203	-0,405
pH	-0,384	-0,266	0,025
Eh	0,436	0,014	-0,091
Torbidità	-0,381	-0,196	0,803
Clorofilla 'a'	0,323	-0,542	0,075

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.

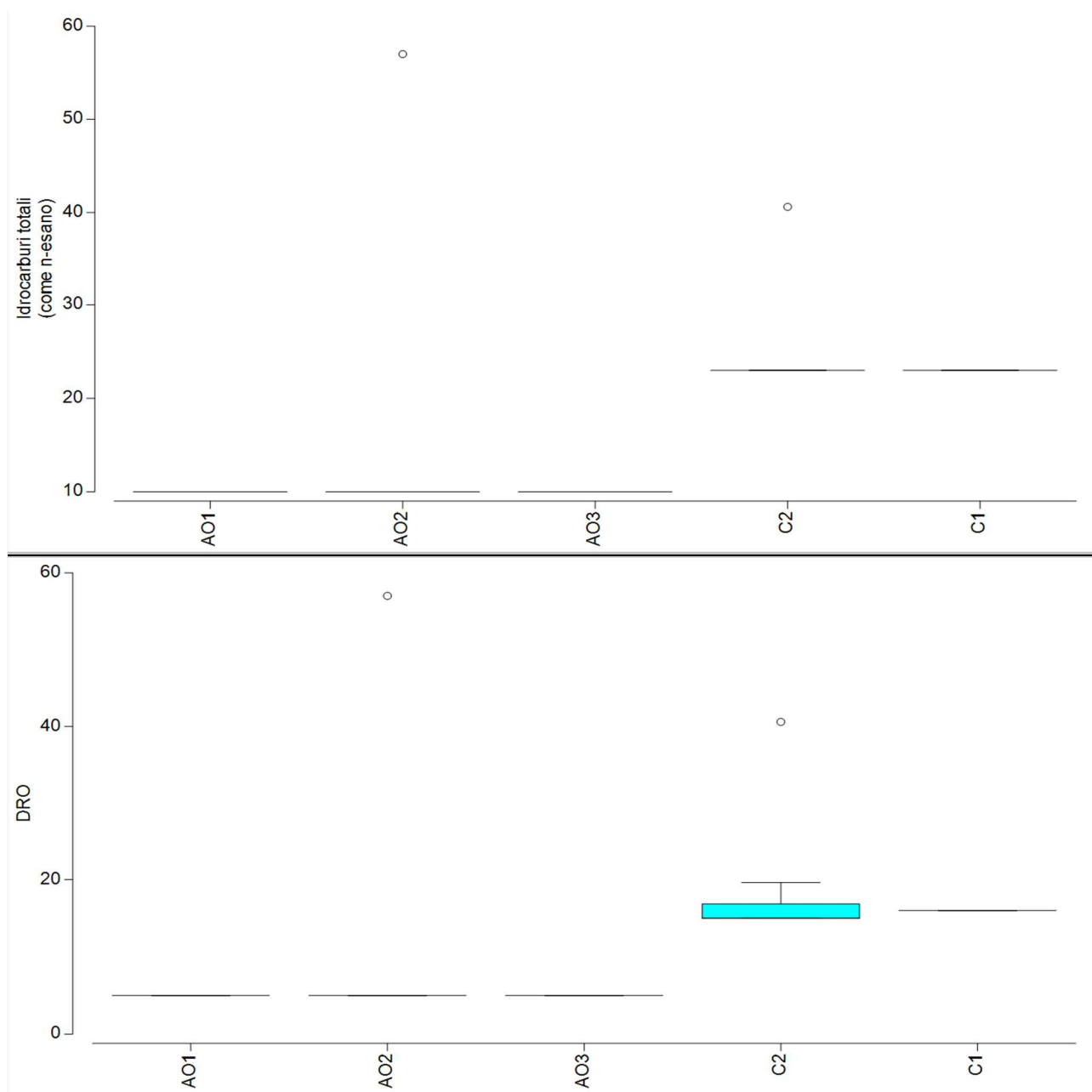


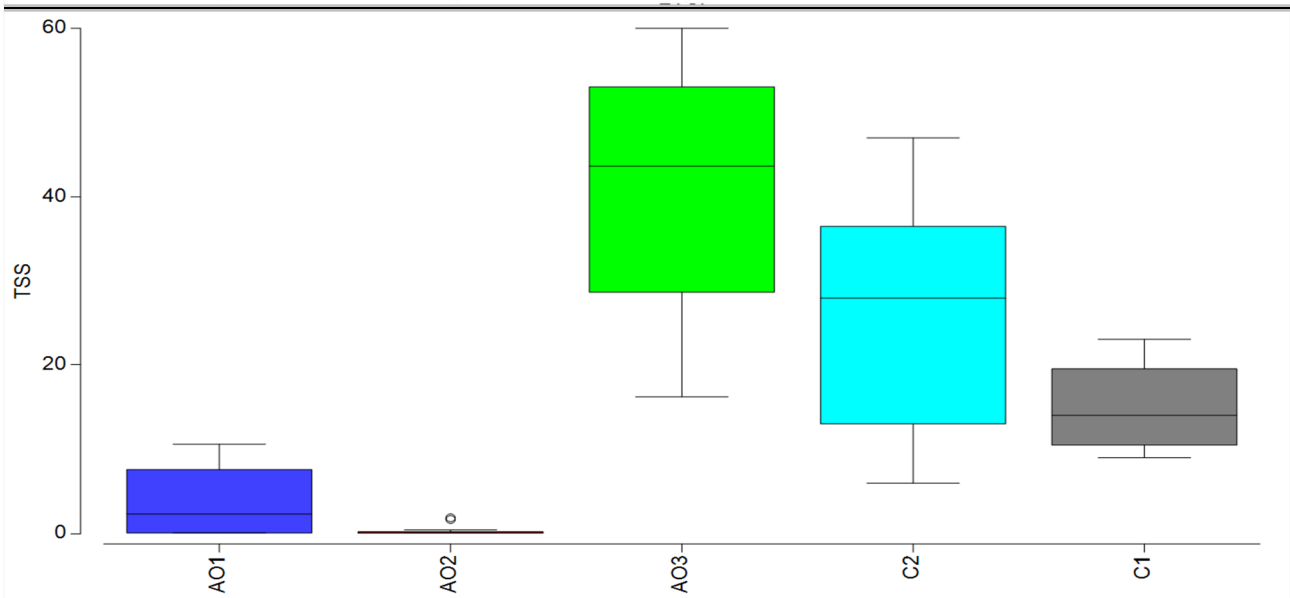
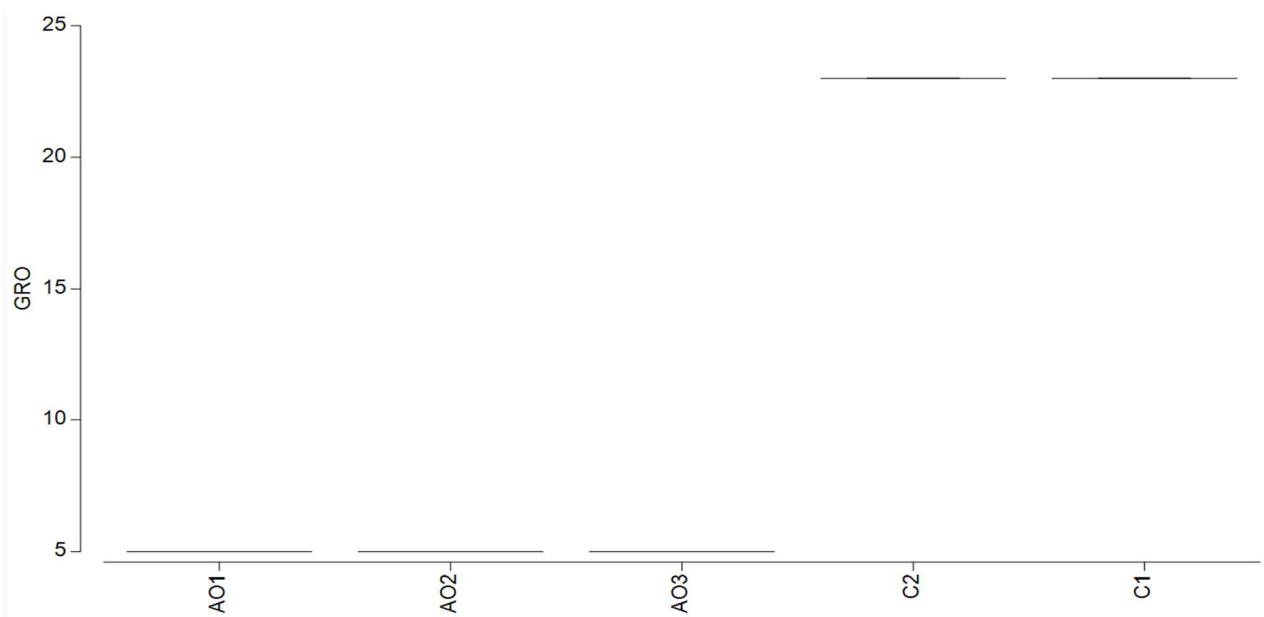
Le segregazioni osservate rispetto al fattore "fase" sono state testate mediante analisi statistica multivariata (test ANOSIM, Analysis of Similarities) mediante approccio one-way effettuando 9999 permutazioni stocastiche. In questo caso il test ha evidenziato un valore di  $R = 0,384$  con un livello 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 e microbiologiche delle acque, parametri aggiuntivi (crf. Allegato Z)**

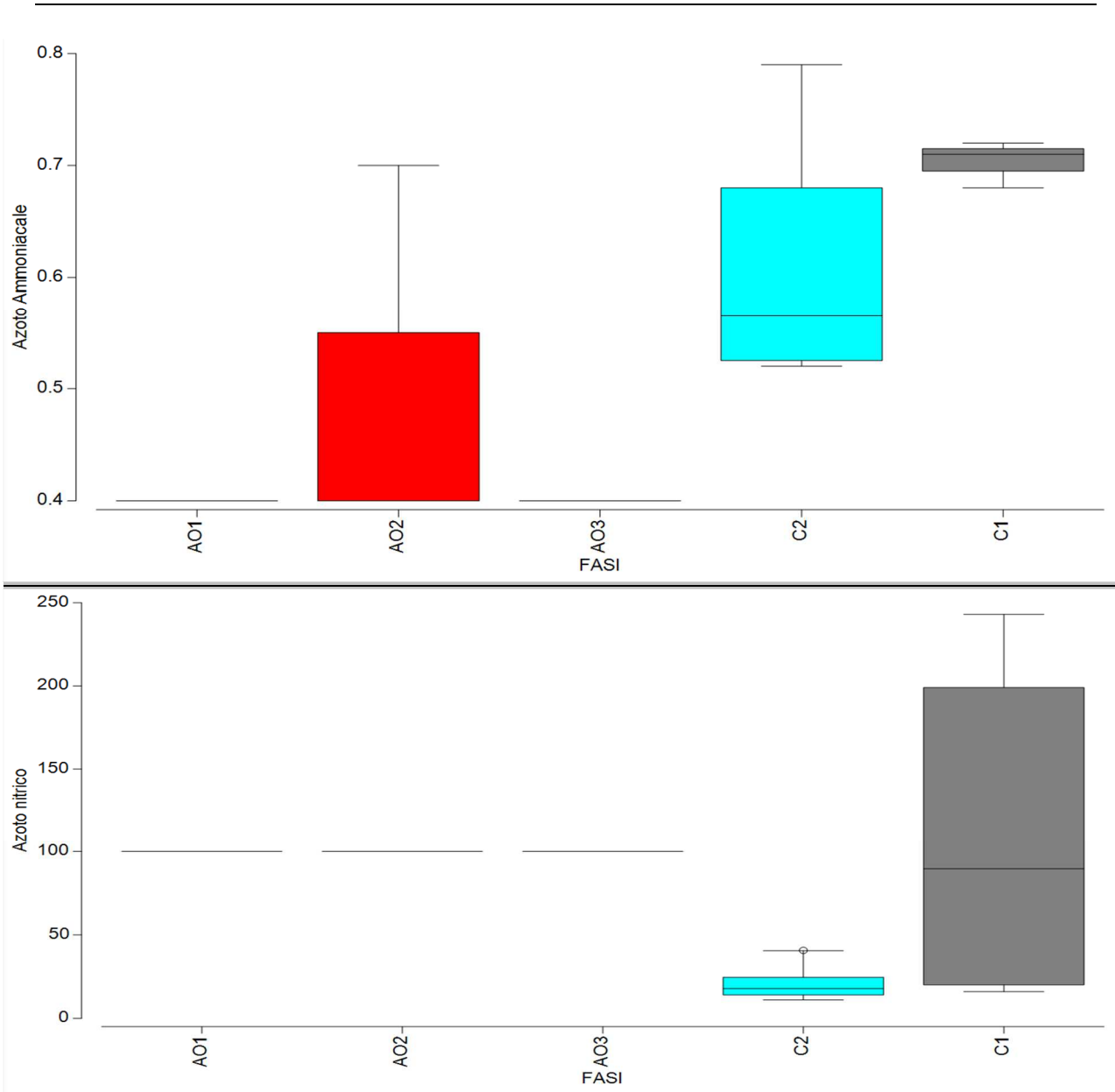
Si riportano nella seguente **Figura 4** le rappresentazioni Box-Whiskers relativi alle variabili considerate elaborati in modo raggruppato rispetto al fattore “fase” monitoraggio. In blu è evidenziata la fase ante operam (AO1), in rosso la fase ante operam (AO2), in verde la fase ante operam (AO3), in grigio la fase in itinere (C1) e in azzurro la fase in itinere (C2). Gli andamenti delle variabili (fluttuazioni rispetto all’asse y) sono espressi nella stessa unità di misura riportata in Allegato Z per la variabile rappresentata.

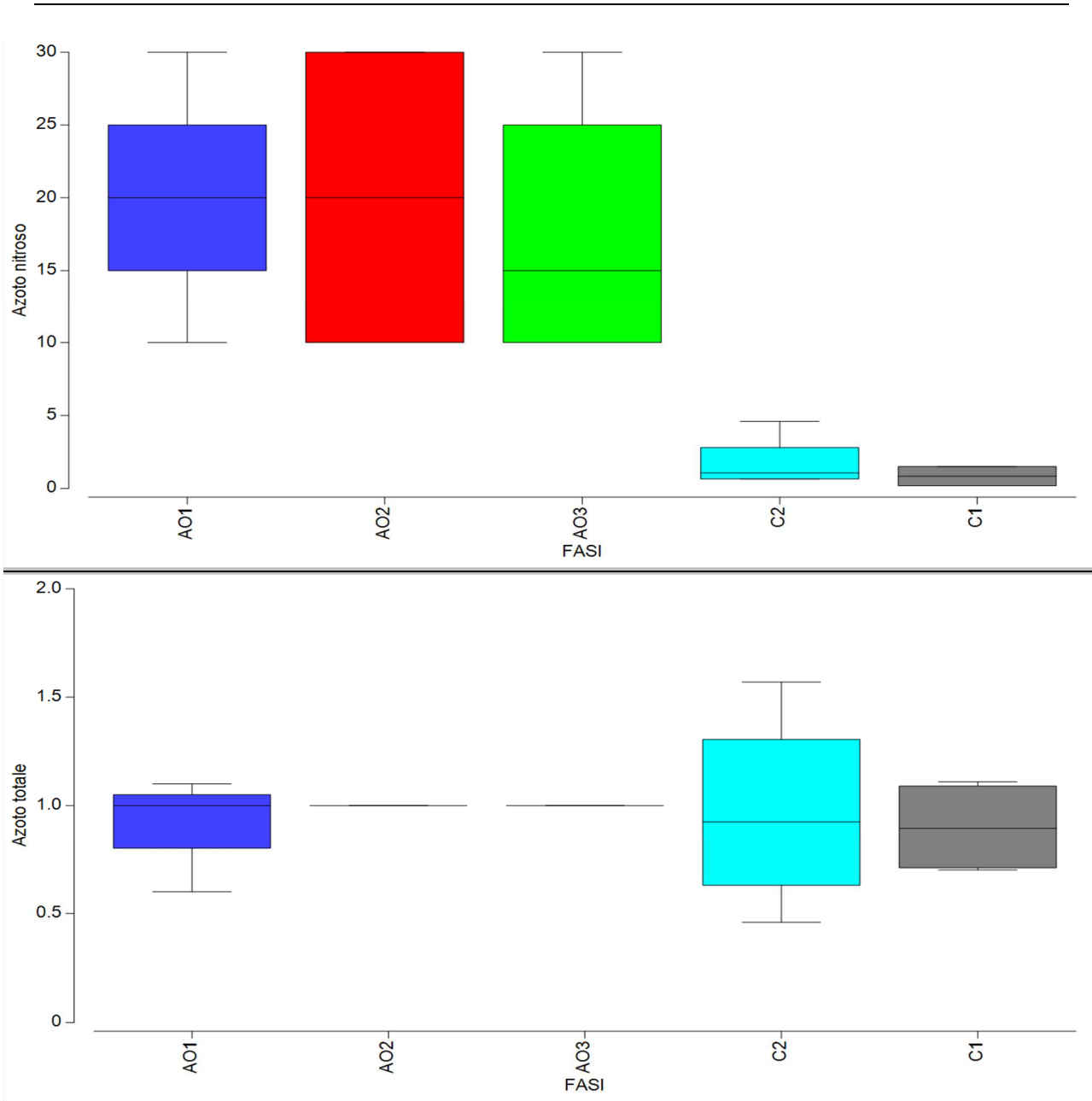
**Figura 4** - Box-Whiskers relativi alle variabili considerate elaborati in modo raggruppato rispetto al fattore “fase” monitoraggio.

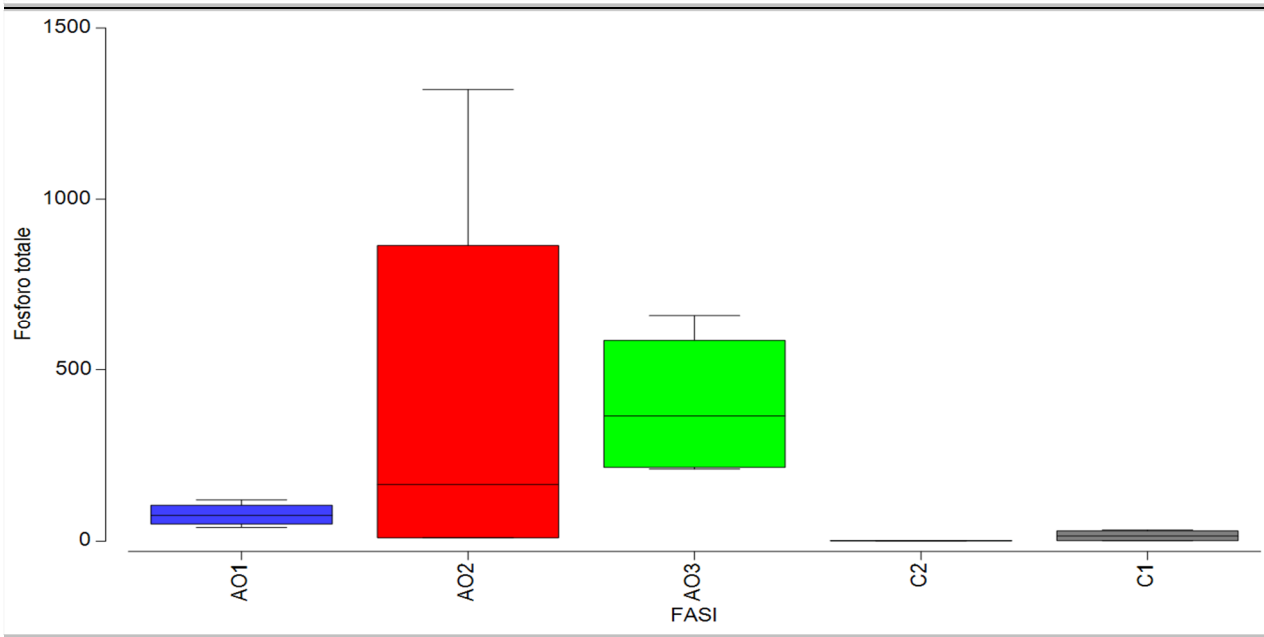
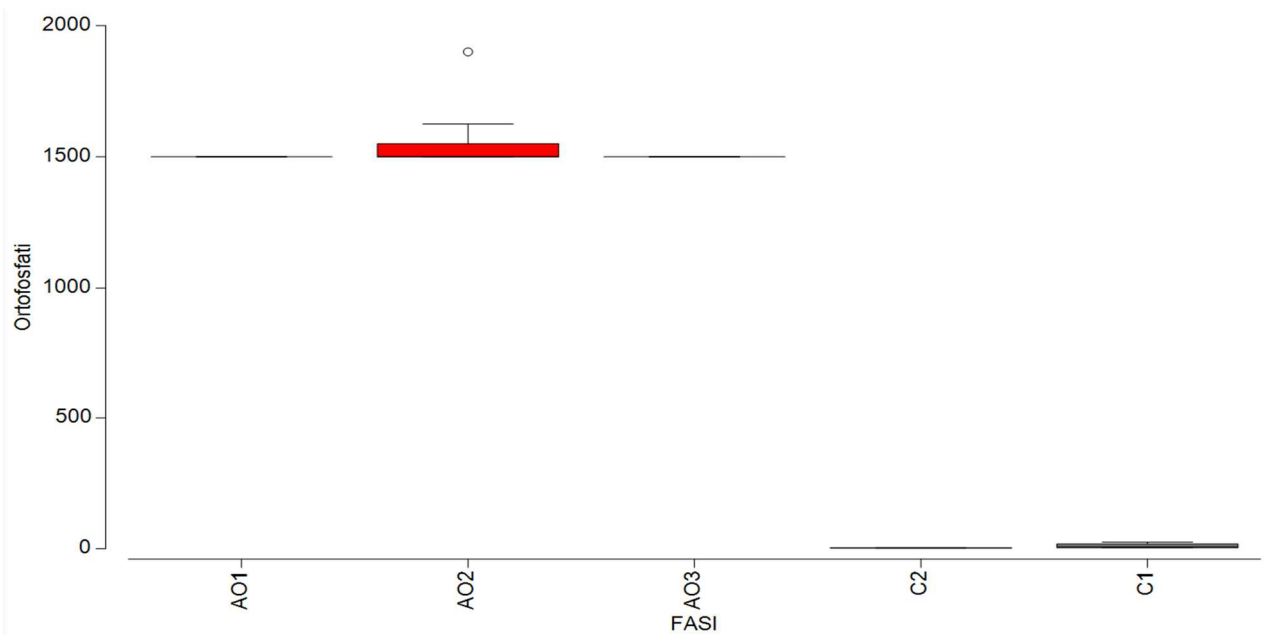


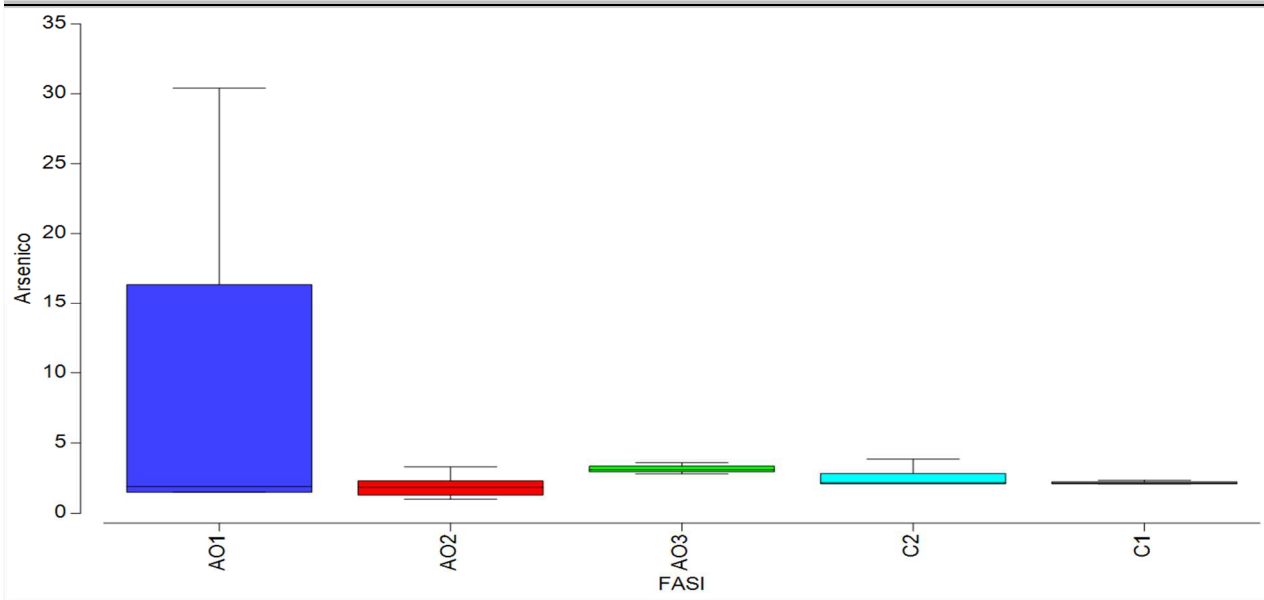
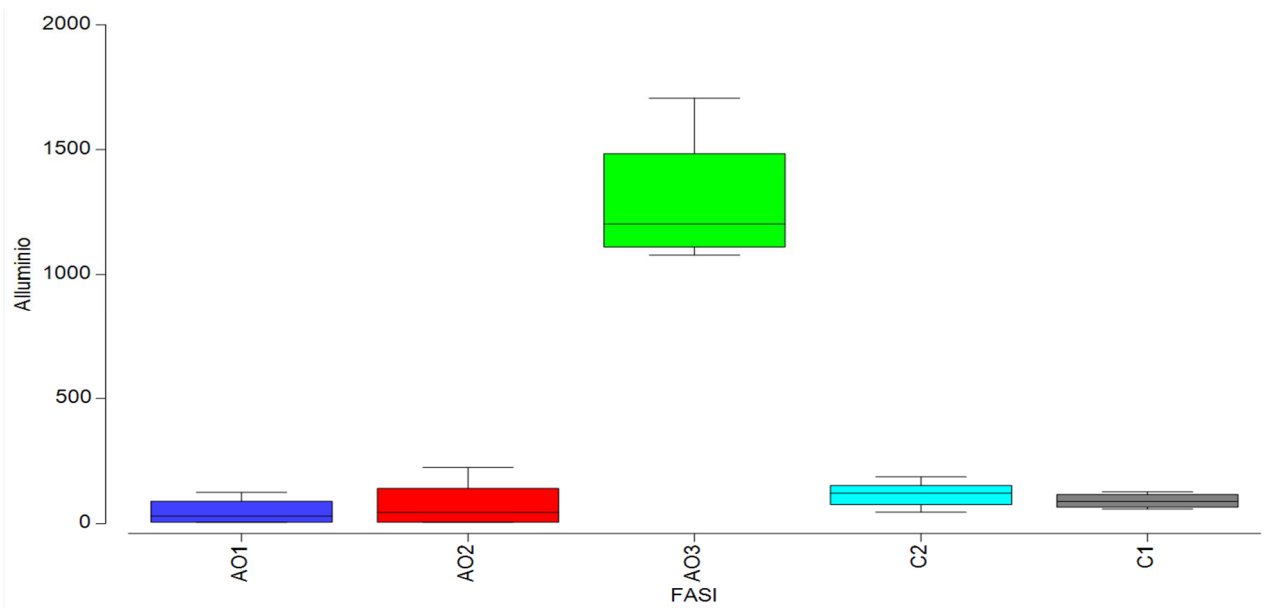


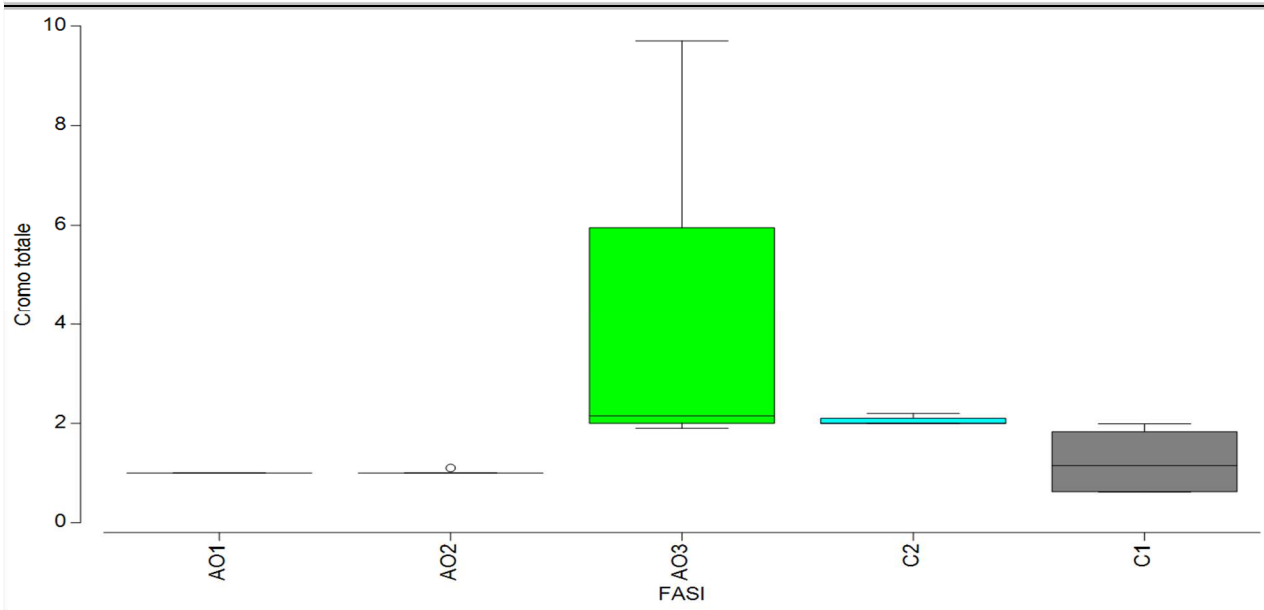
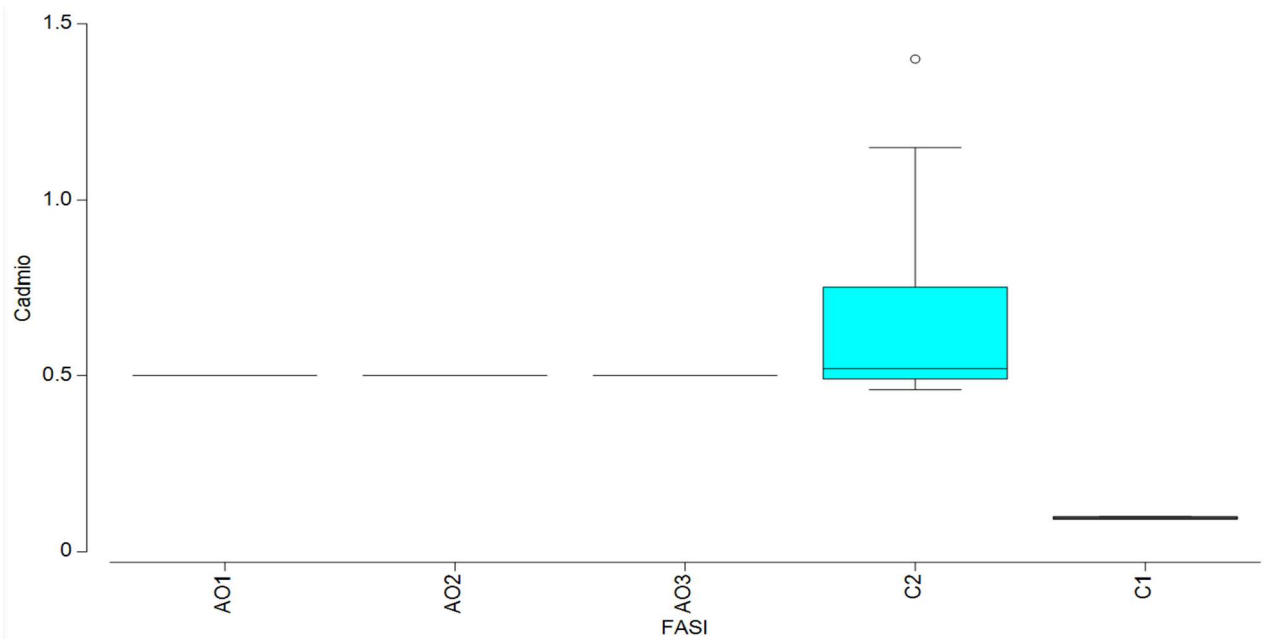


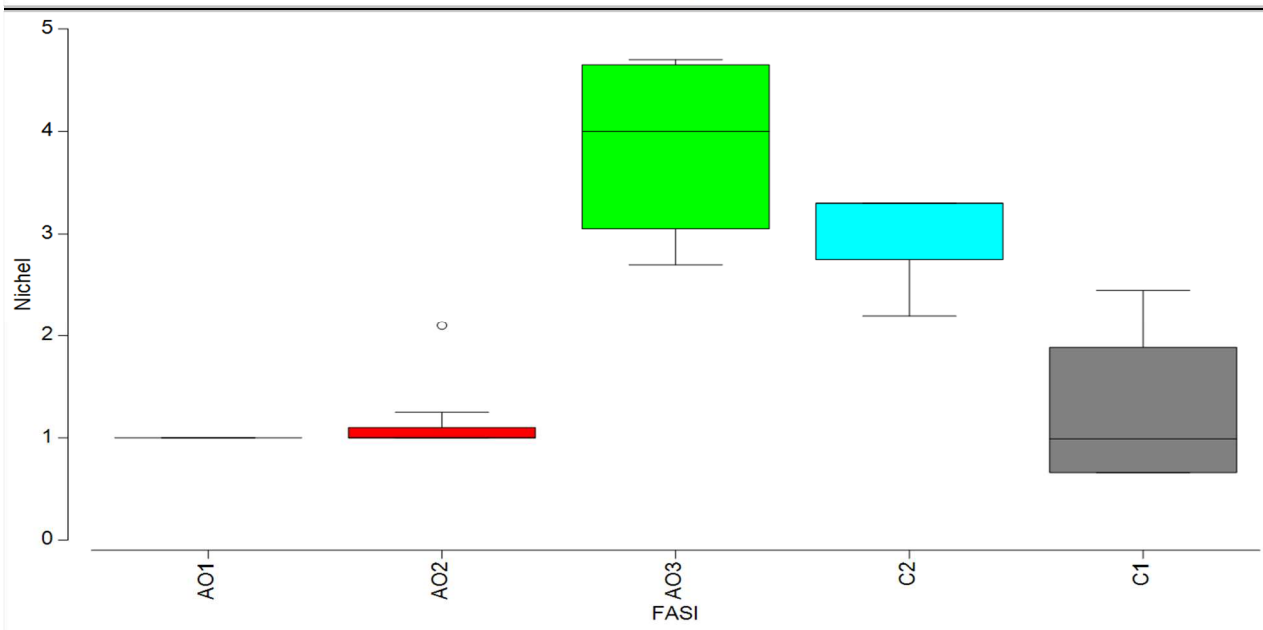
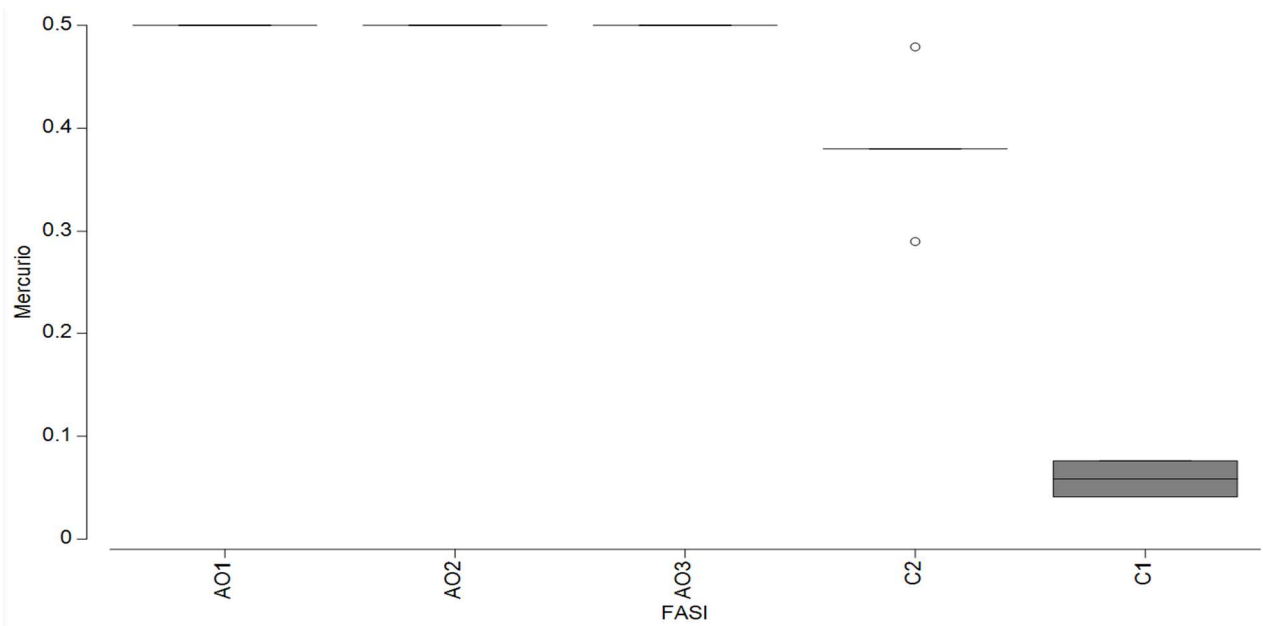


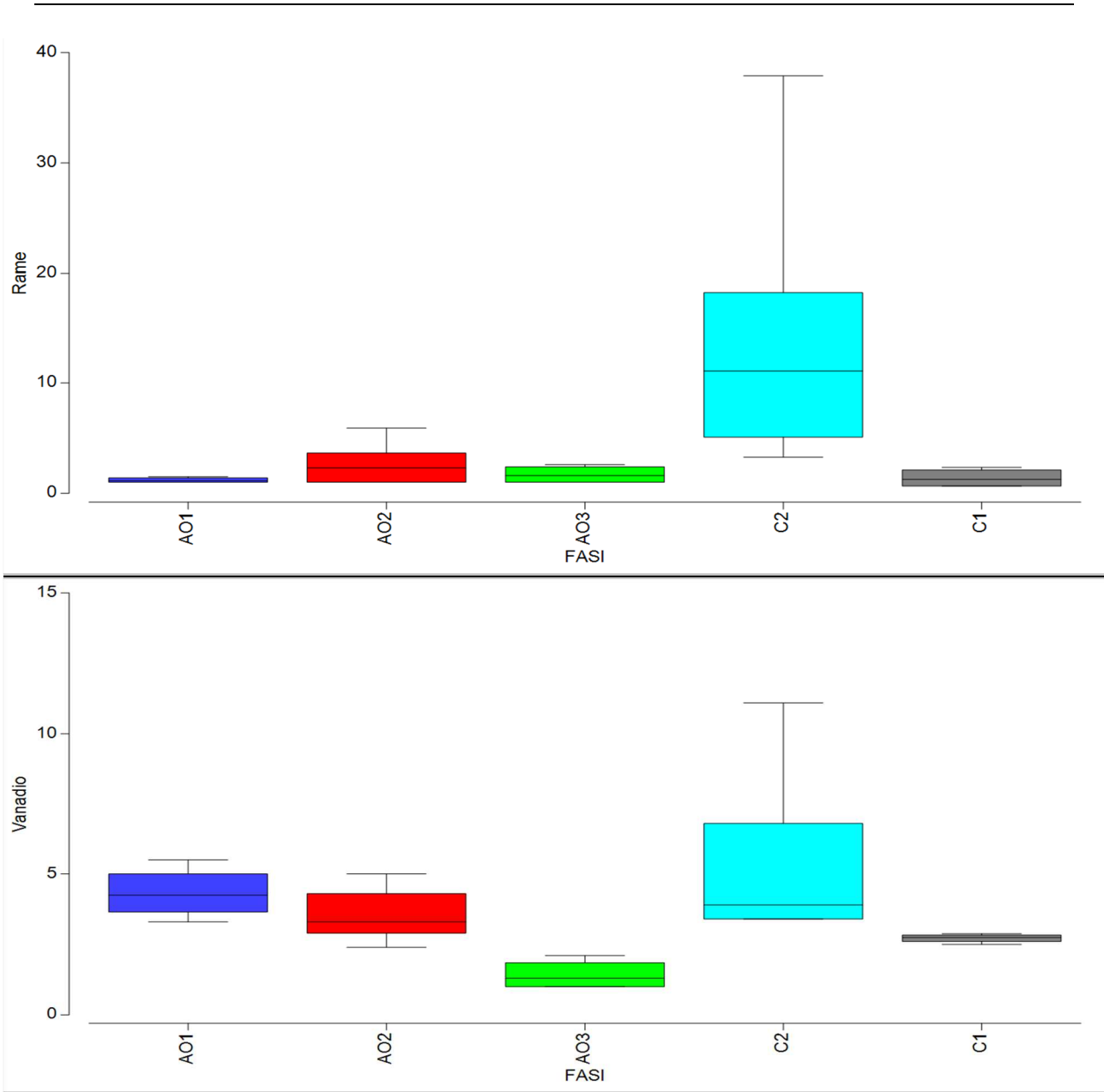


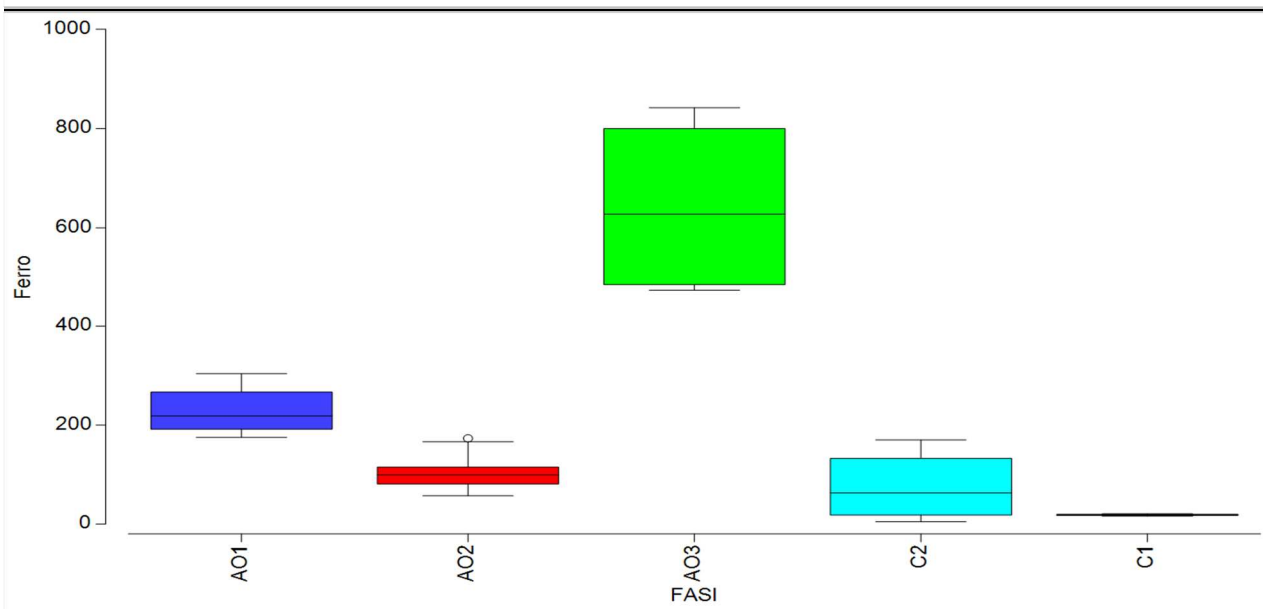
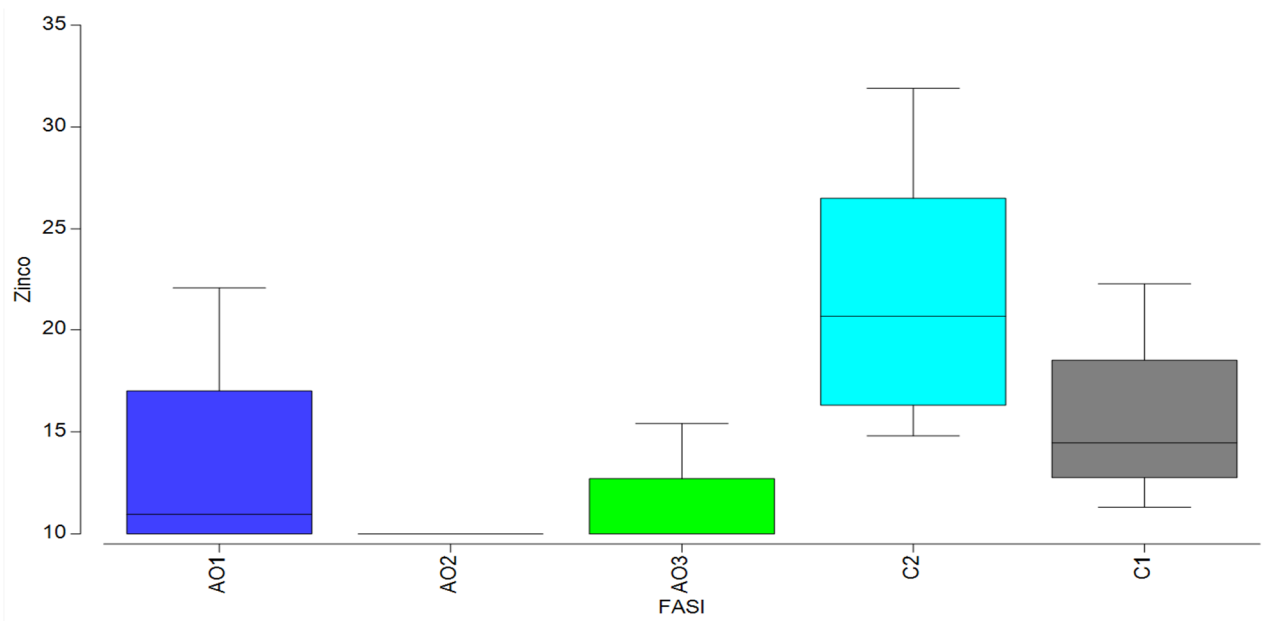




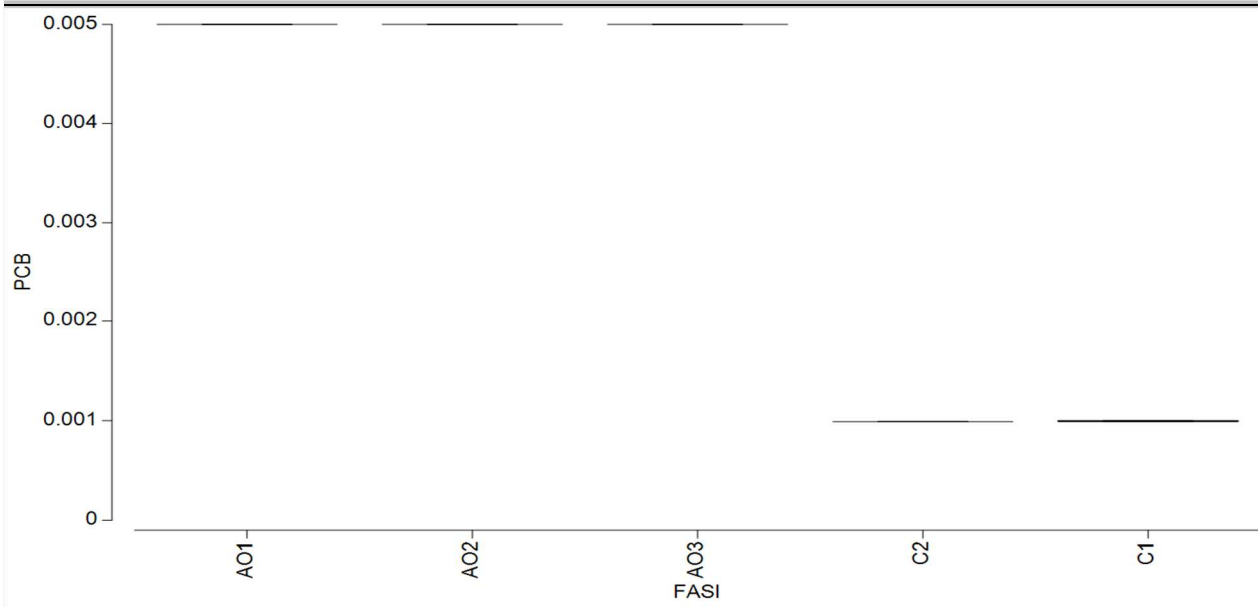
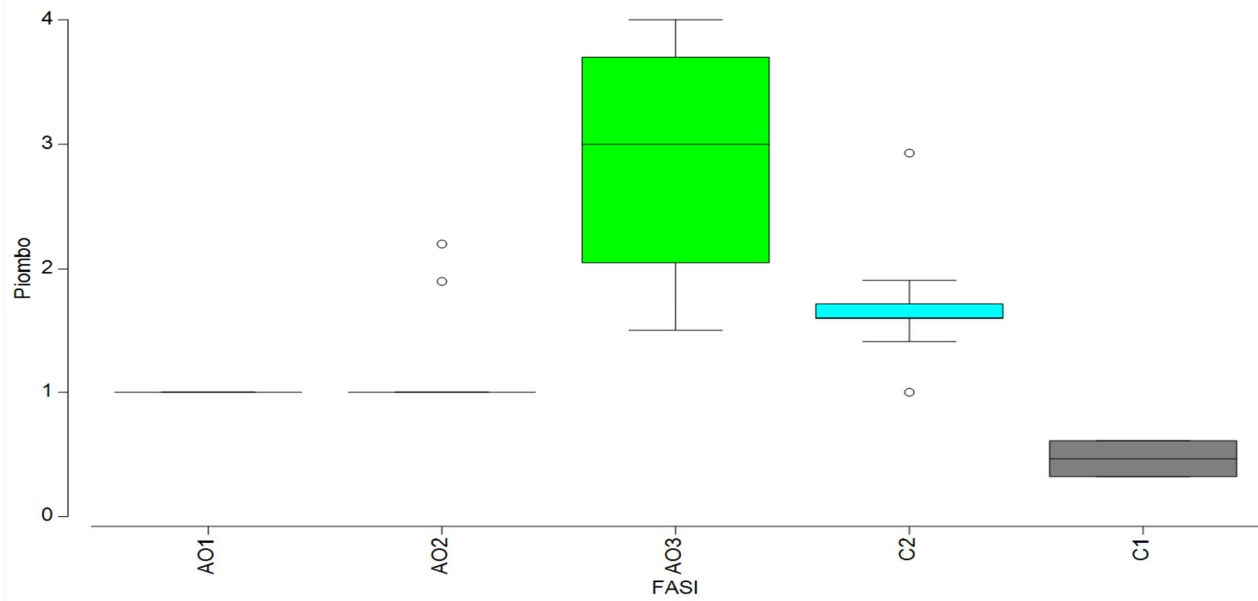


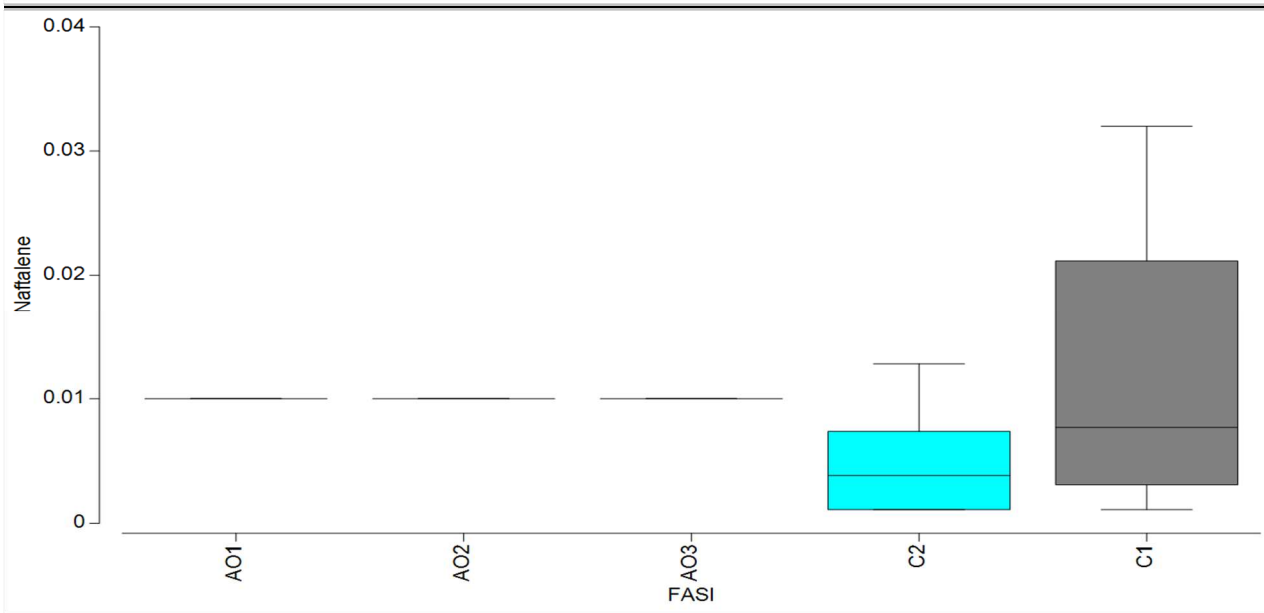
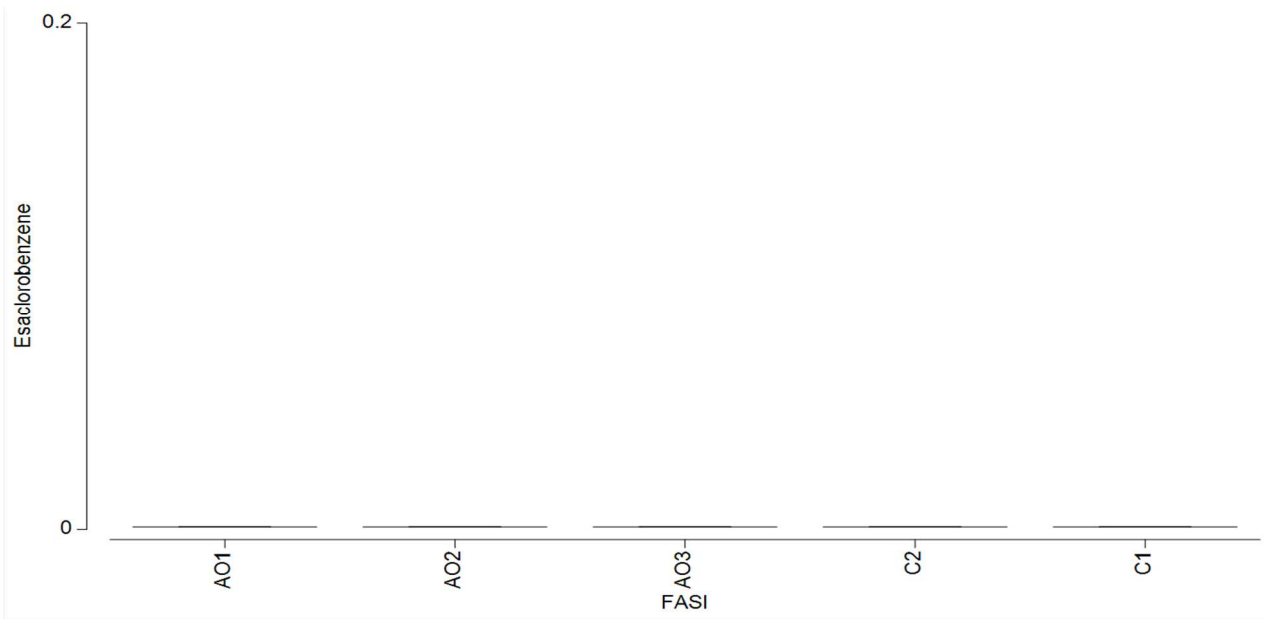


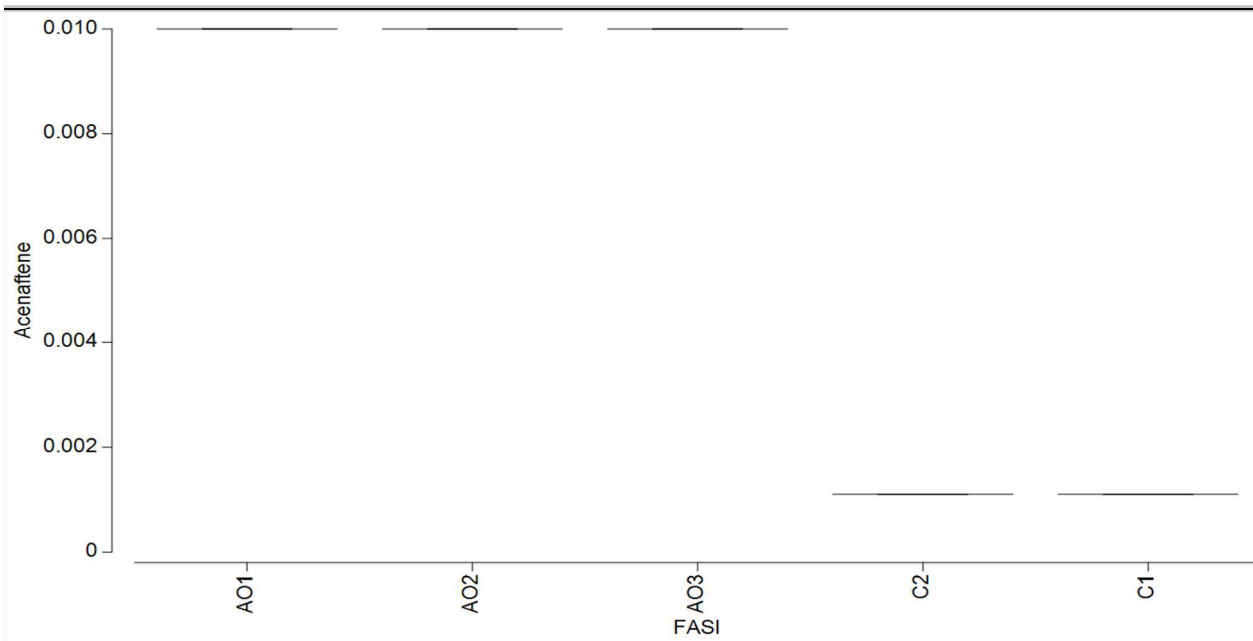
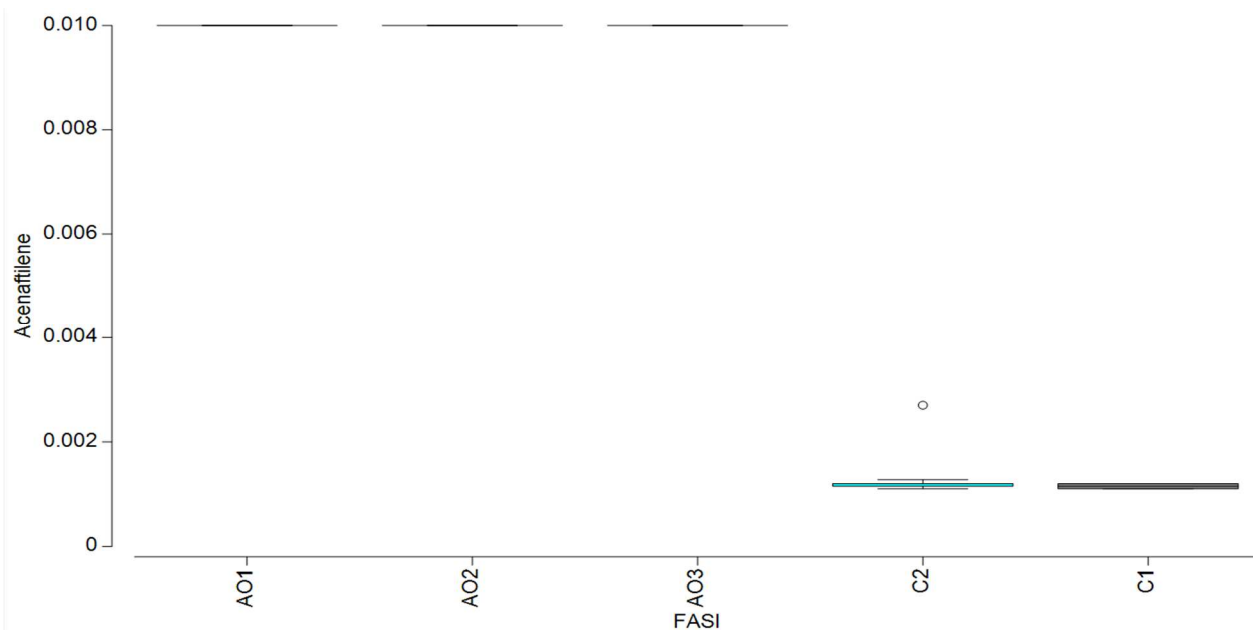


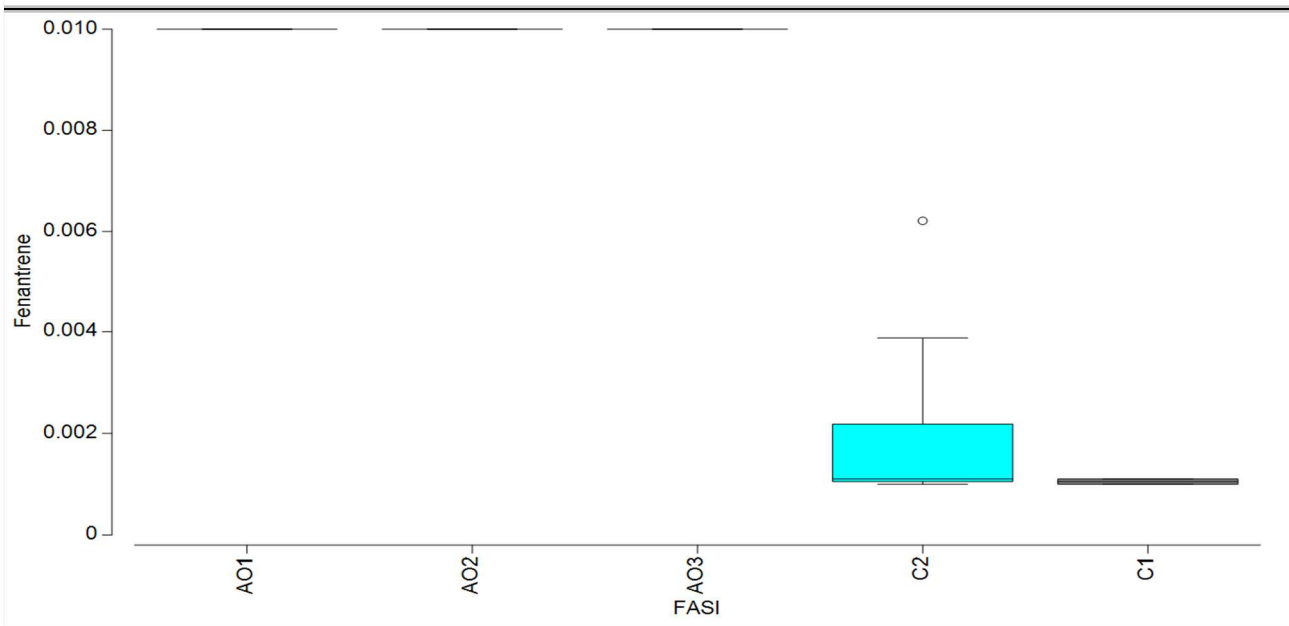
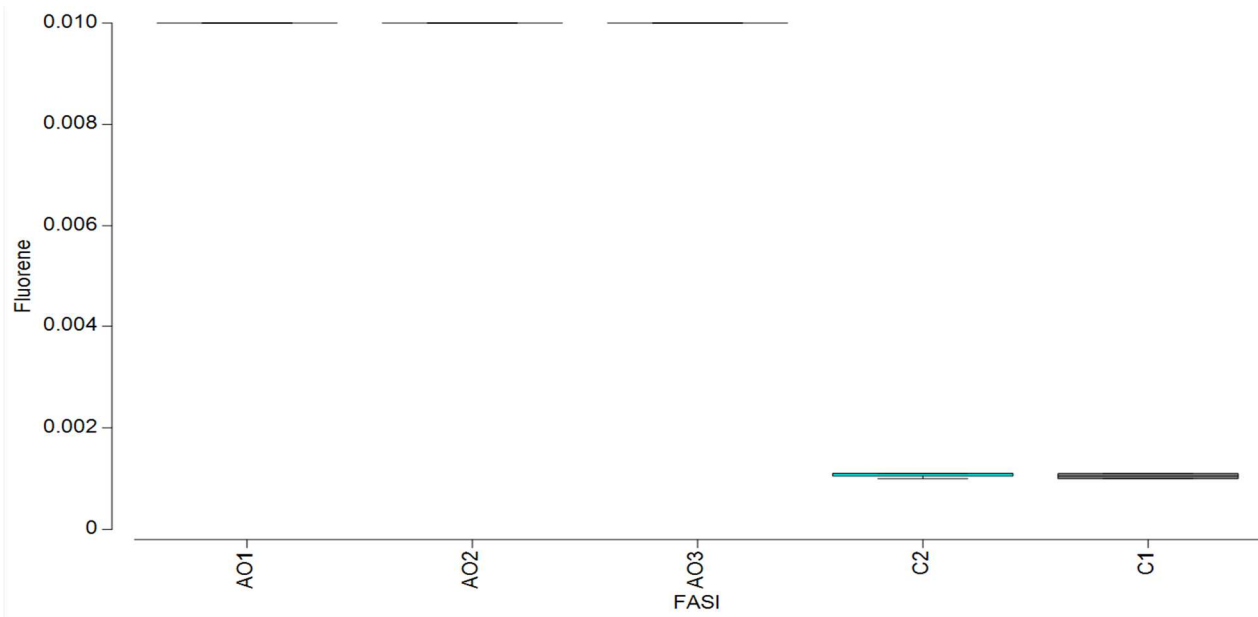


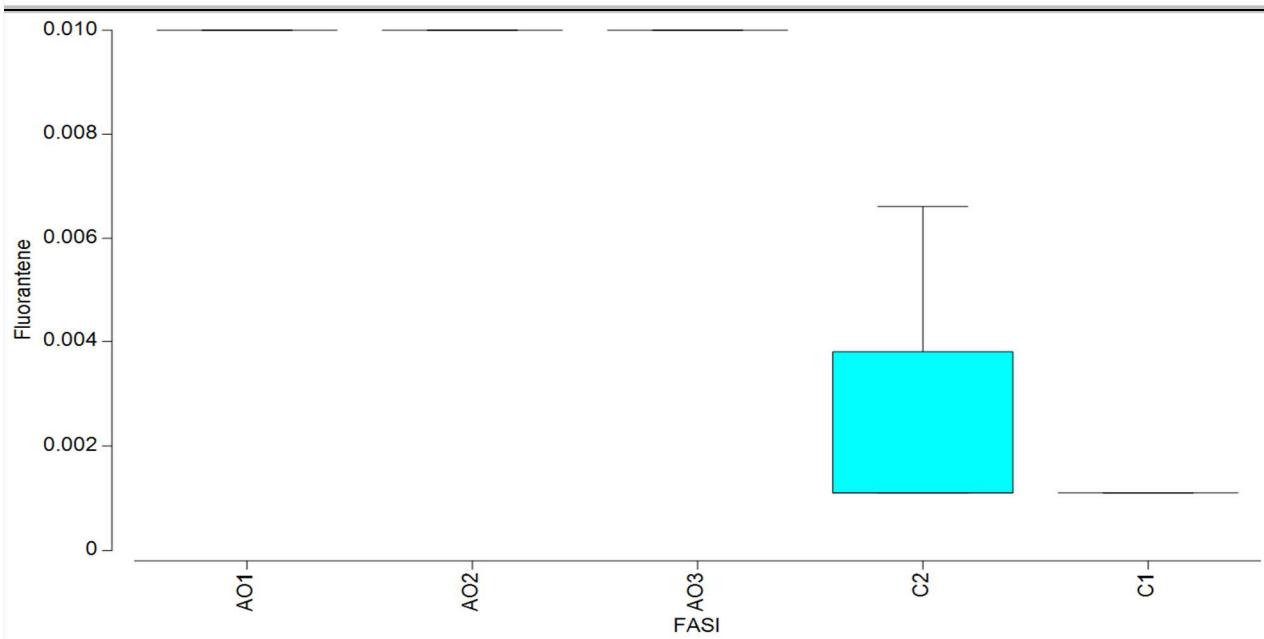
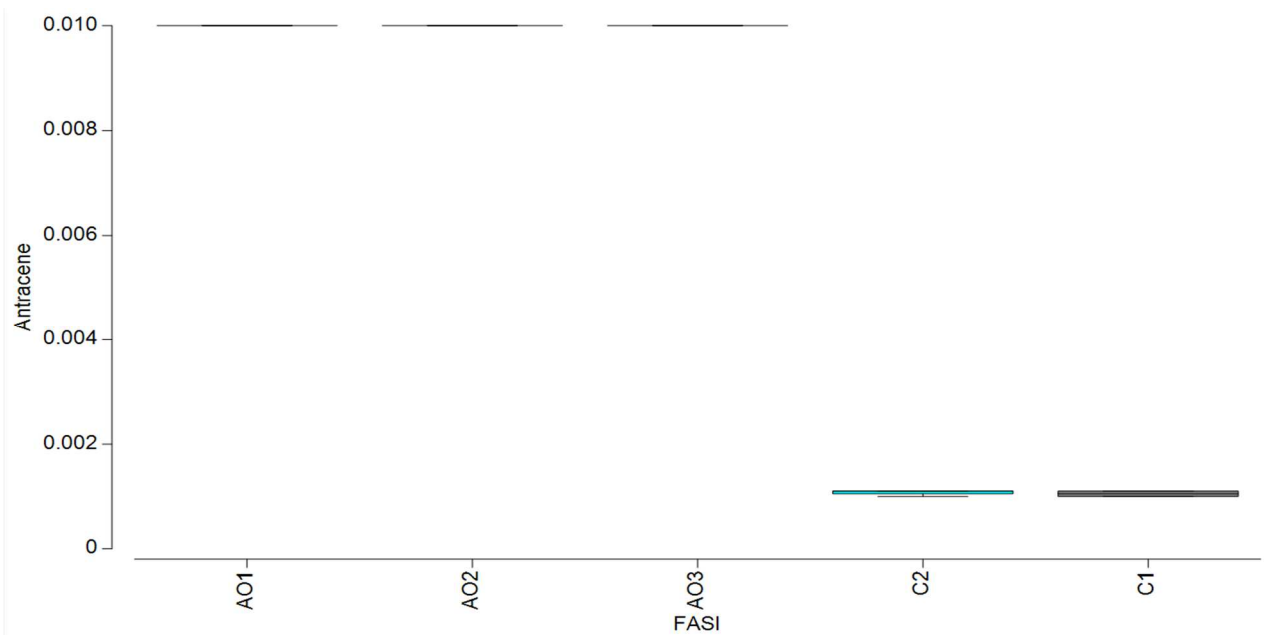


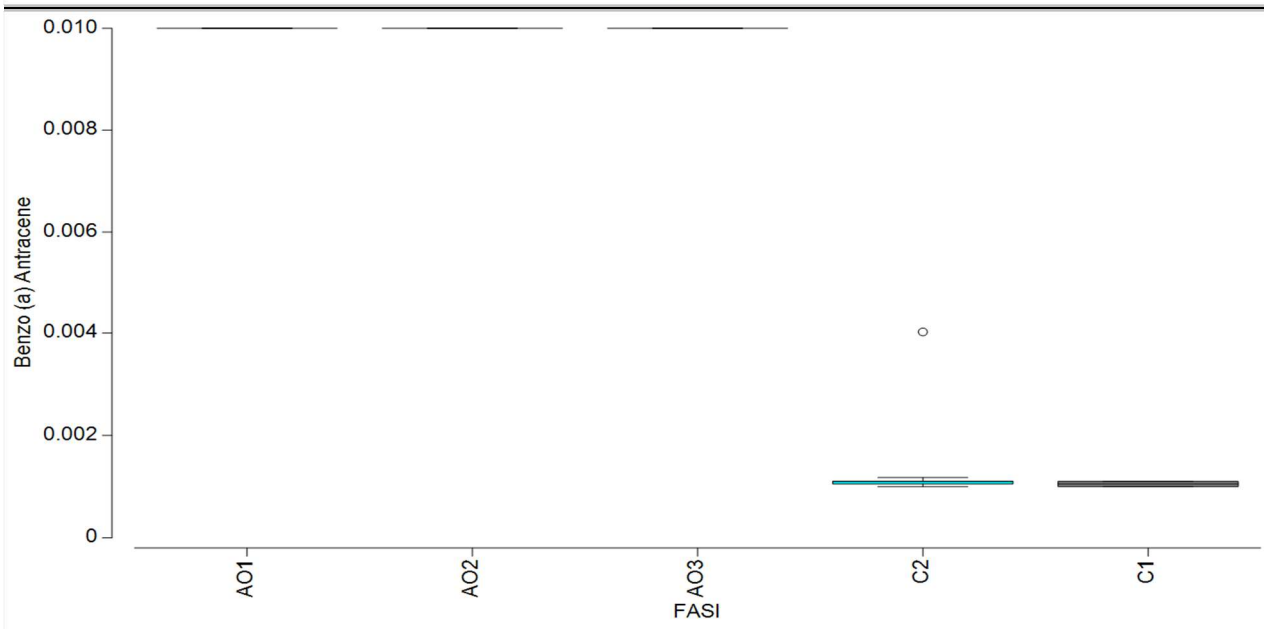
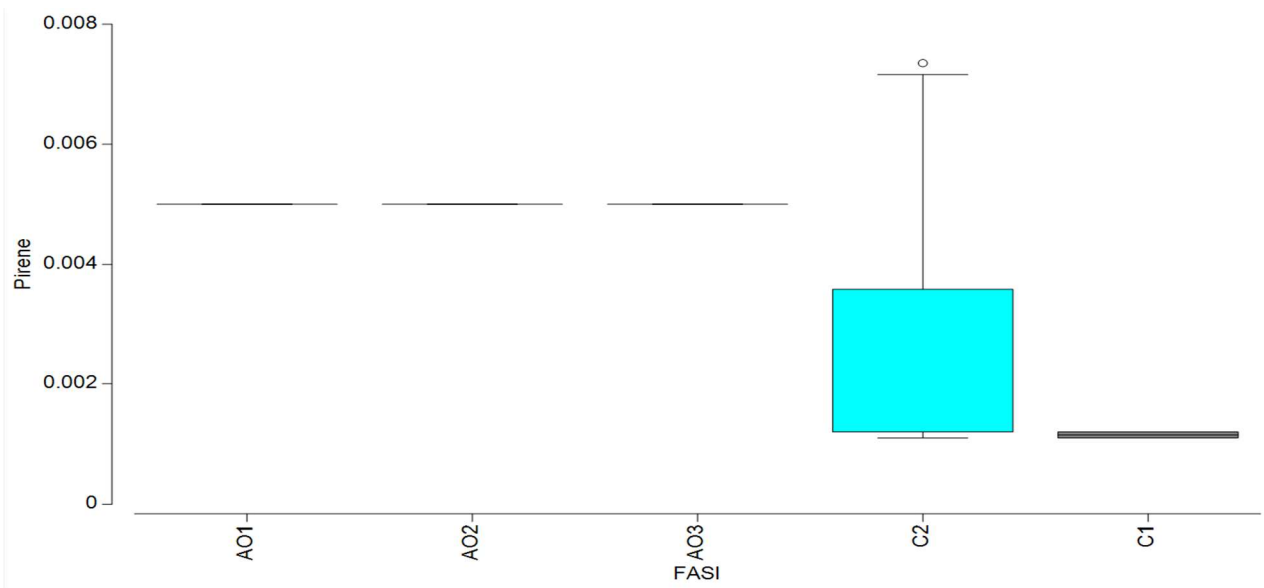


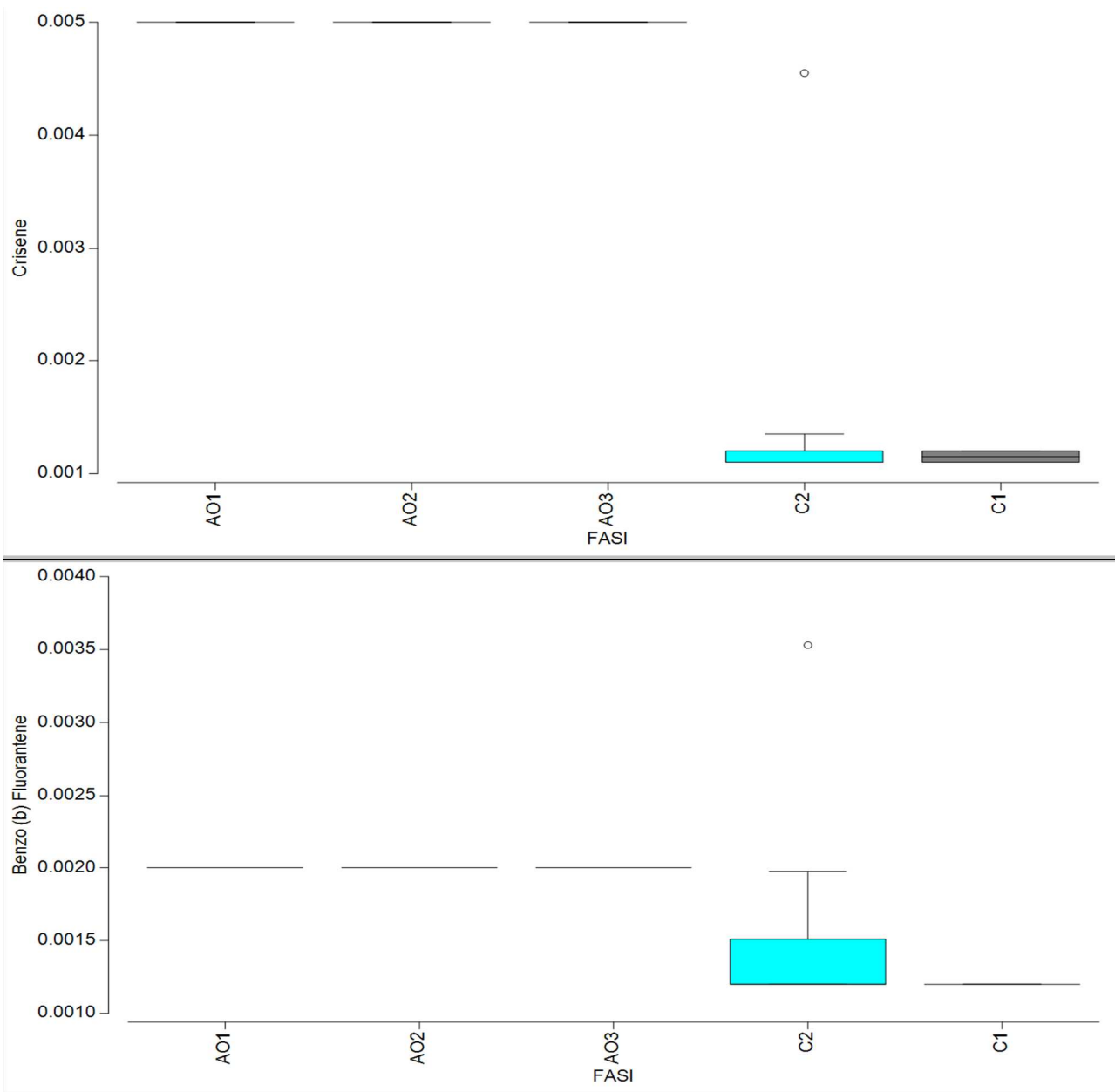


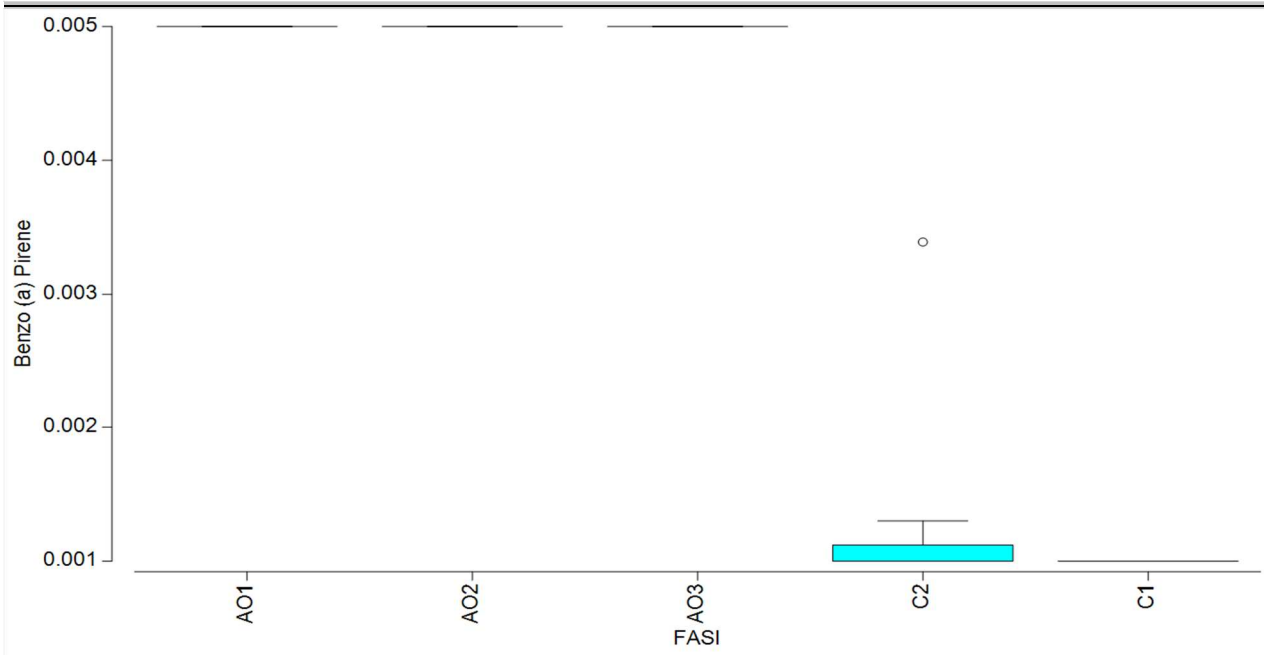
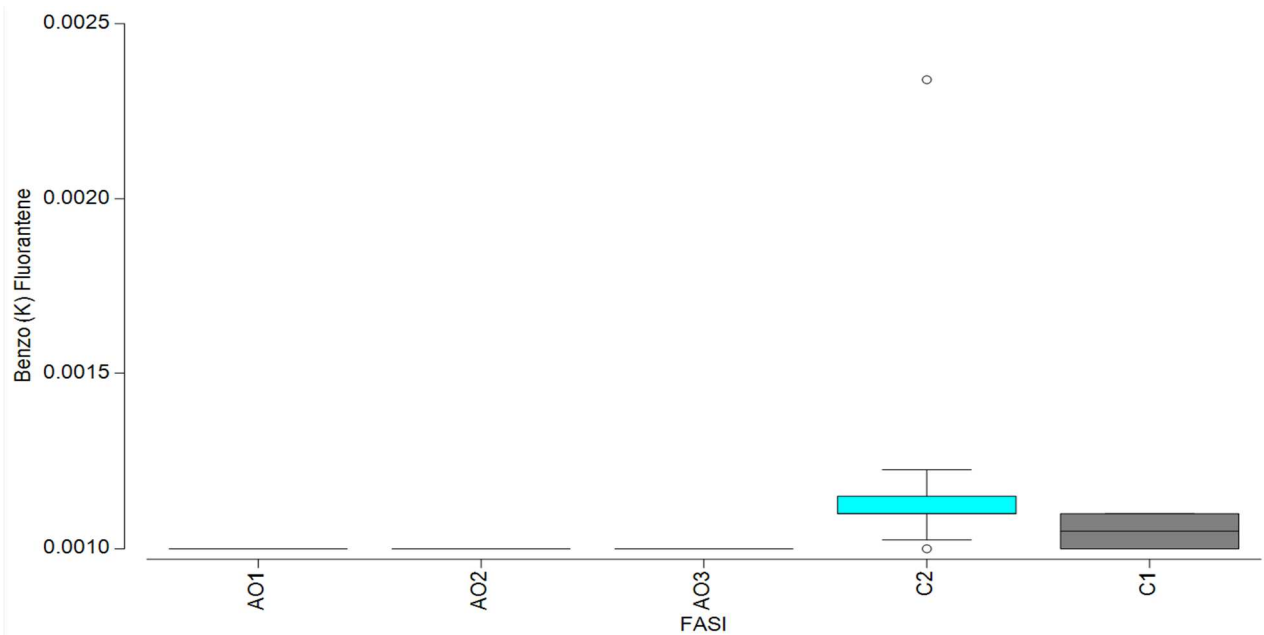




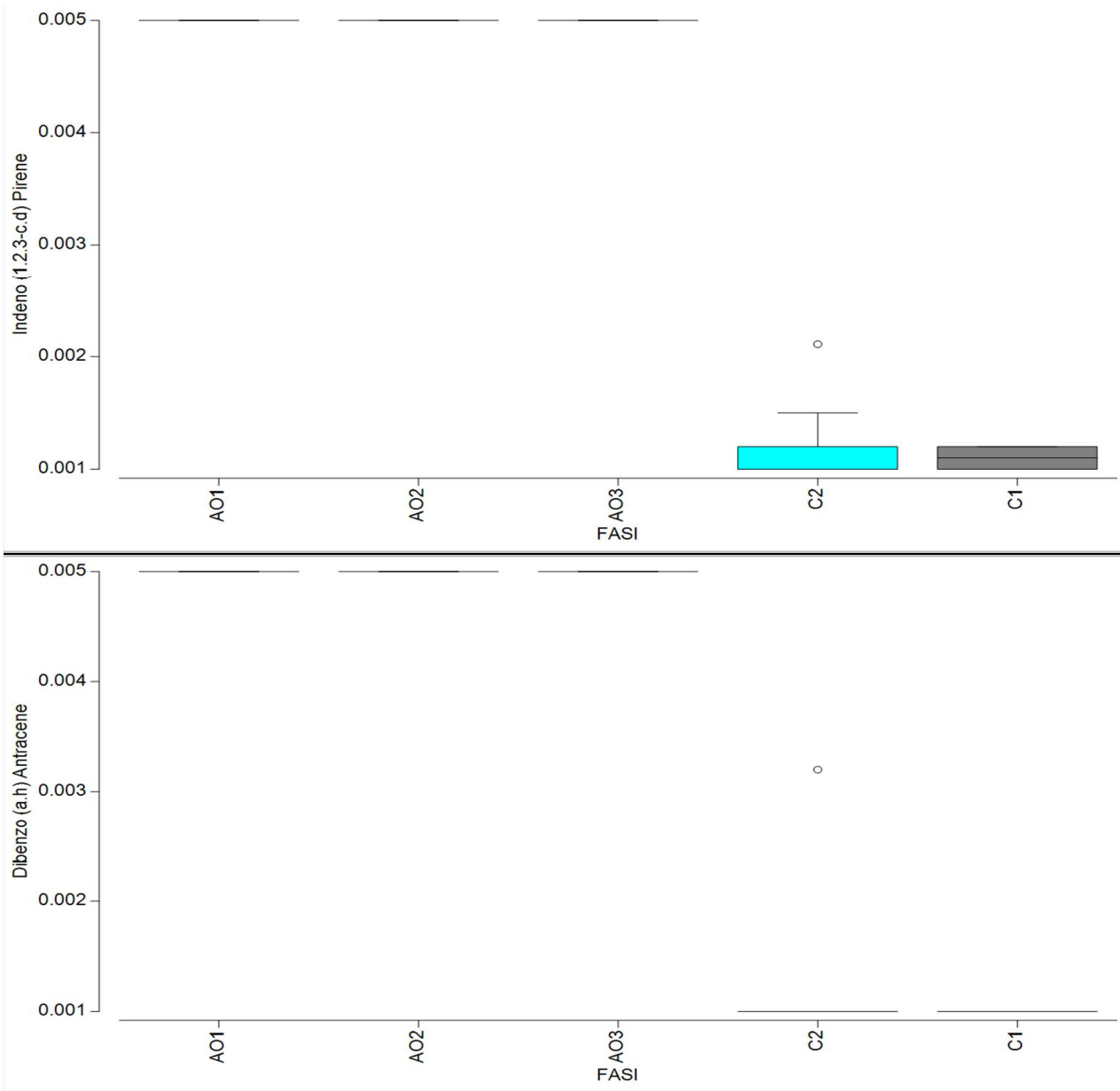


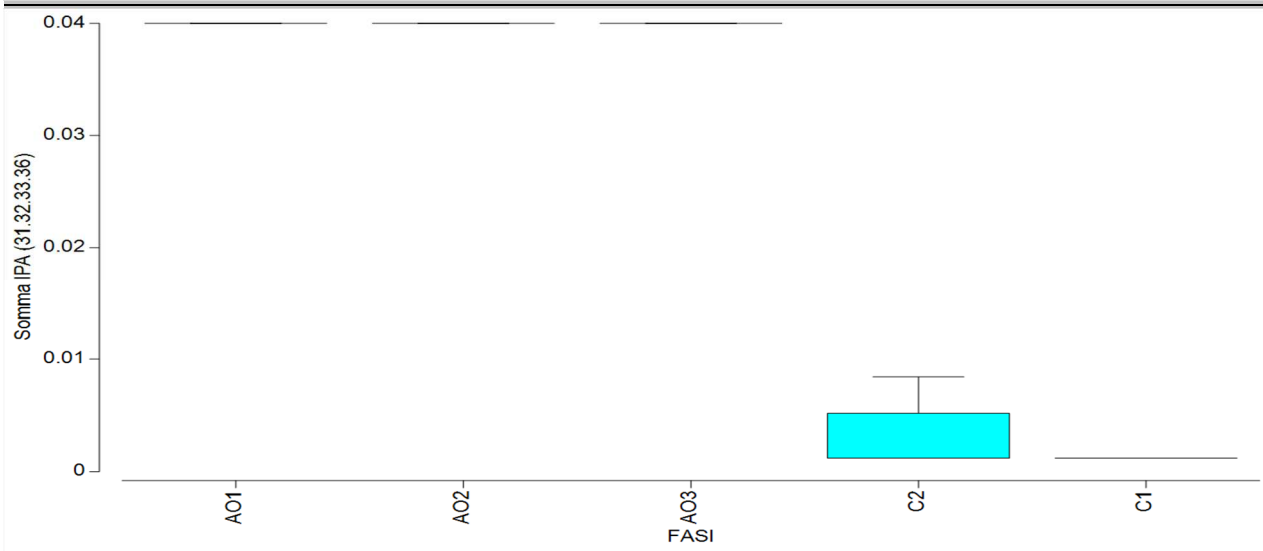
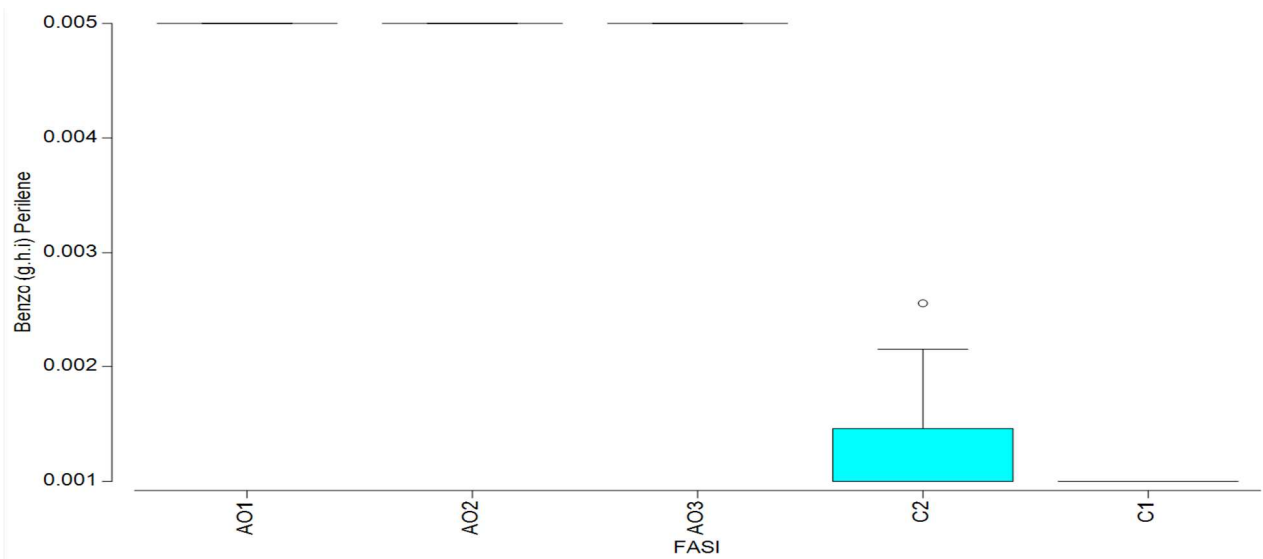


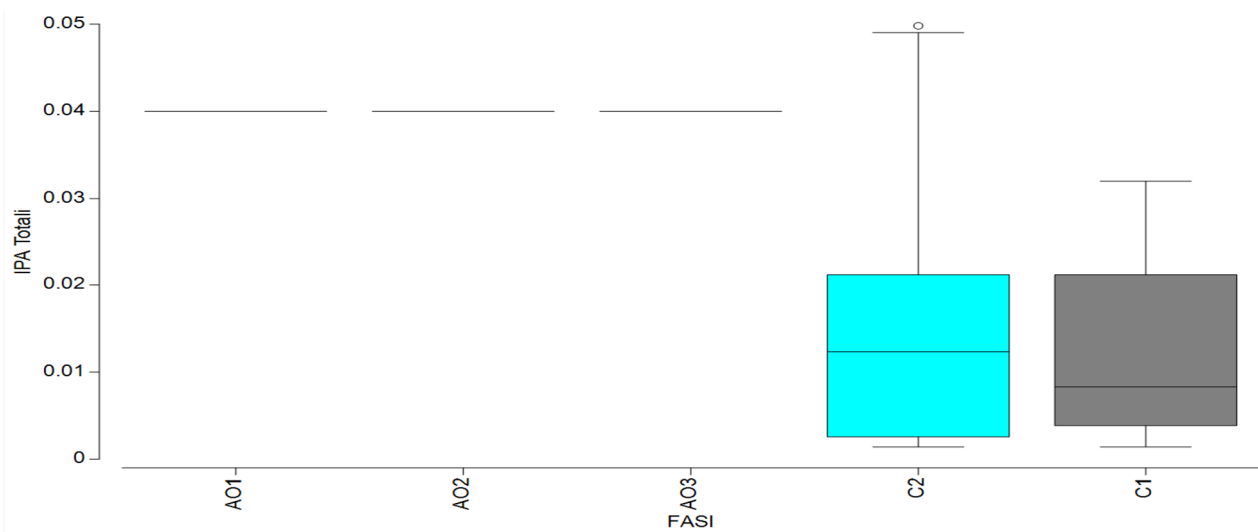
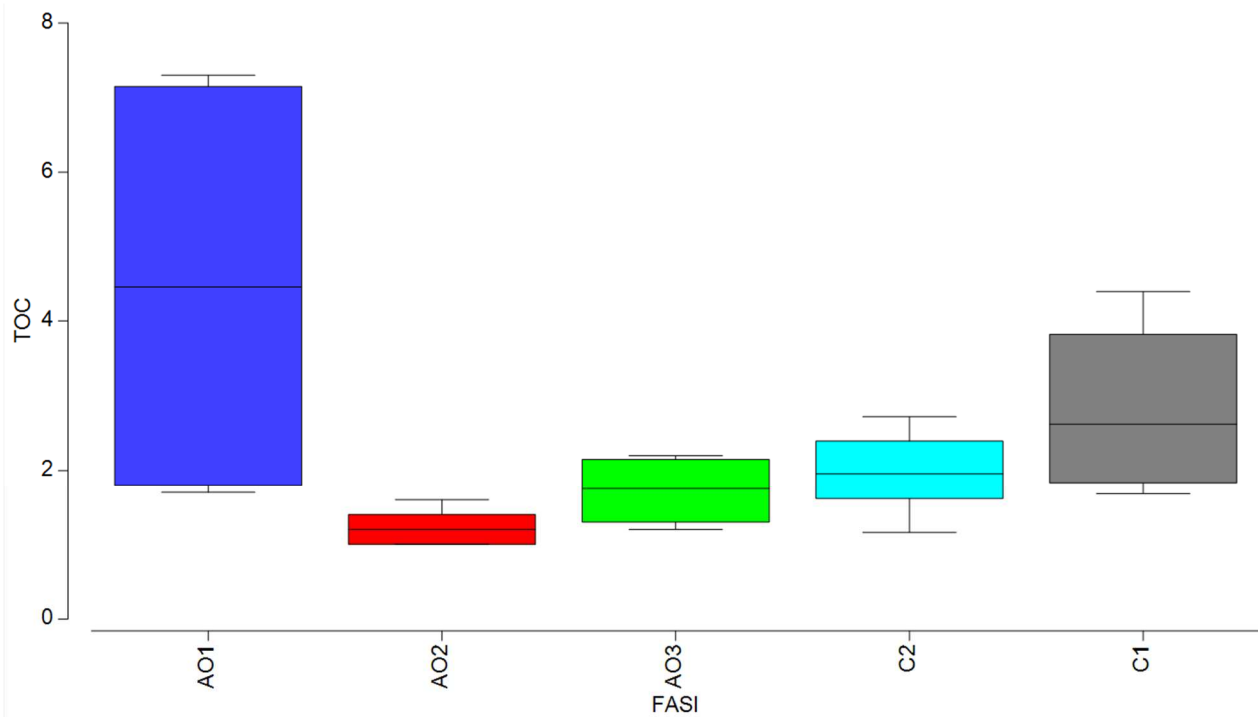






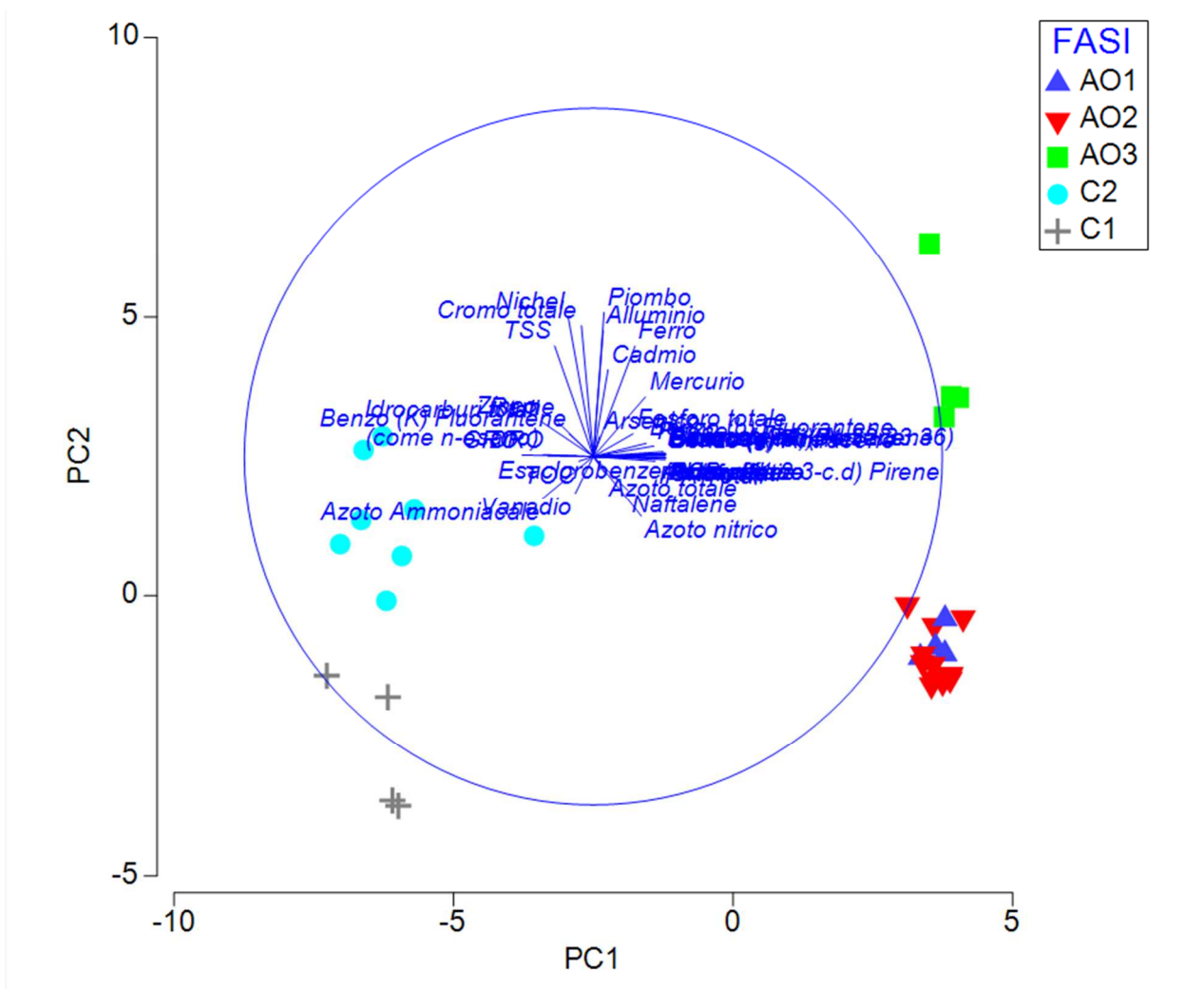






La Principal component analyses (PCA) è riportata in **Figura 5**. La PCA ha evidenziato una percentuale di varianza cumulativa spiegata dai primi tre assi del 74,9 distribuita per il 55,6% al primo asse, per il 11,5% al secondo asse e per il 7,8% al terzo asse. La rappresentazione bidimensionale approssima, pertanto, in larga misura la variabilità complessiva del sistema considerato (74,9%). I coefficienti nelle combinazioni lineari delle variabili che compongono i PC (*Eigen*vectors) 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.

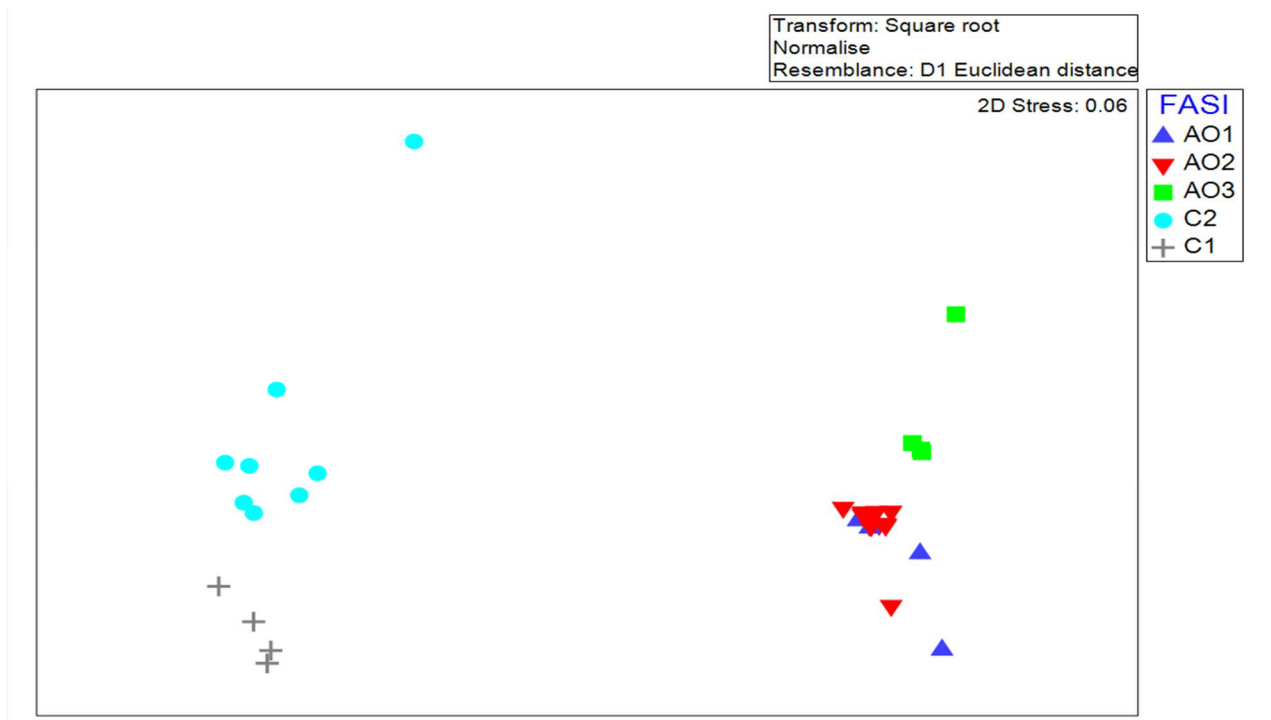


**Tabella 2 - Eigenvectors della PCA relativi ai primi tre assi.**

<b>Variabile</b>	<b>PC1</b>	<b>PC2</b>	<b>PC3</b>
Idrocarburi totali (come n-esano)	-0,144	0,006	0,111
DRO	-0,131	0,002	0,113
GRO	-0,205	0,004	0,038
TSS	-0,111	0,317	-0,178
Azoto Ammoniacale	-0,145	-0,121	0,070
Azoto nitrico	0,138	-0,173	-0,175
Azoto nitroso	0,184	-0,005	-0,008
Azoto totale	0,035	-0,051	0,005
Ortofosfati	0,207	-0,009	-0,041
Fosforo totale	0,114	0,065	-0,029
Alluminio	0,028	0,361	-0,191
Arsenico	0,018	0,058	0,002
Cadmio	0,042	0,249	0,219
Cromo totale	-0,034	0,376	-0,049
Mercurio	0,149	0,171	0,245
Nichel	-0,072	0,402	-0,003
Rame	-0,101	0,098	0,371
Vanadio	-0,052	-0,107	0,429
Zinco	-0,15	0,101	0,11
Ferro	0,12	0,317	-0,161
Piombo	0,031	0,414	0,052
PCB	0,207	-0,005	-0,039
Esaclorobenzene	0	0	0
Naftalene	0,099	-0,098	-0,065
Acenaftilene	0,206	-0,003	-0,03
Acenaftene	0,207	-0,004	-0,038
Fluorene	0,207	-0,002	-0,037
Fenantrene	0,205	0,007	0,072
Antracene	0,207	-0,002	-0,037
Fluorantene	0,2	0,014	0,113
Pirene	0,174	0,03	0,219
Benzo (a) Antracene	0,208	0,004	0,027
Crisene	0,203	0,006	0,092
Benzo (b) Fluorantene	0,152	0,038	0,309
Benzo (K) Fluorantene	-0,069	0,065	0,405
Benzo (a) Pirene	0,206	0,007	0,066
Indeno (1,2,3-c,d) Pirene	0,206	-0,003	-0,042
Dibenzo (a,h) Antracene	0,203	0,009	-0,035
Benzo (g,h,i) Perilene	0,208	0,009	0,04
Somma IPA	0,208	0,009	0,024
IPA Totali	0,177	-0,014	0,147

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".

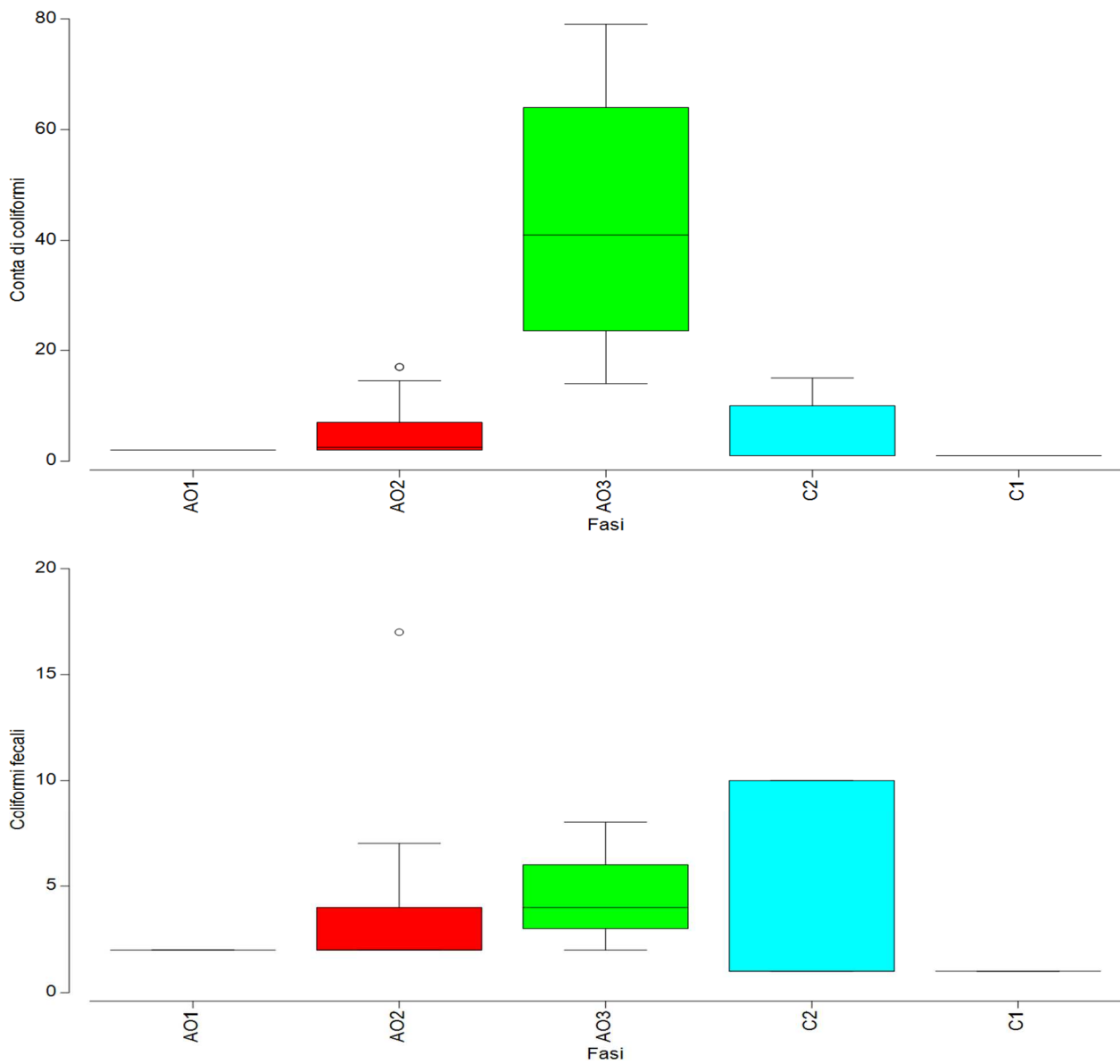
Figura 6 - nMDS con evidenza del fattore "fase".

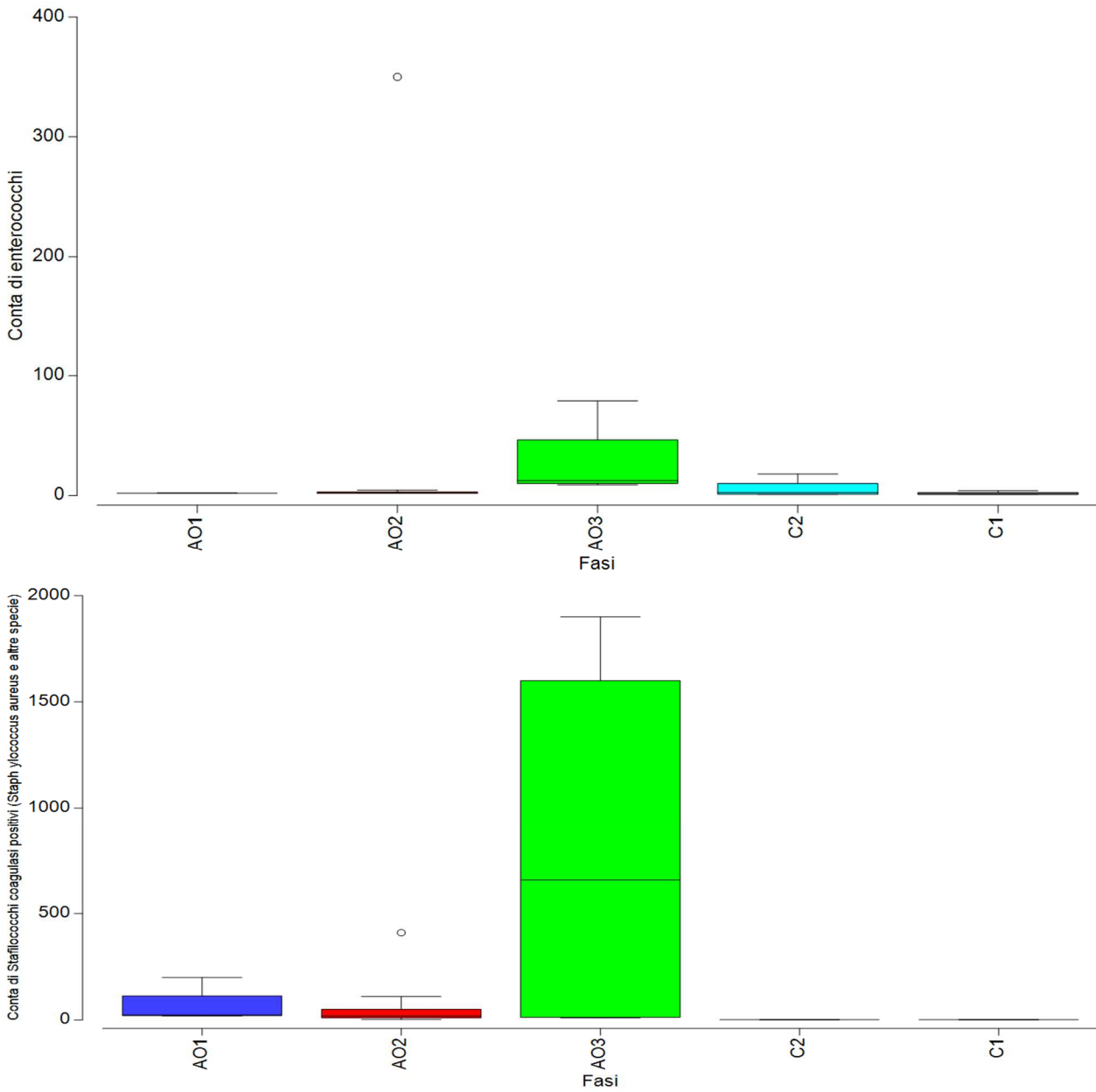


Le segregazioni osservate rispetto al fattore "fase" sono state testate mediante analisi statistica multivariata (test ANOSIM, Analysis of Similarities) mediante approccio one-way effettuando 9999 permutazioni stocastiche. In questo caso il test ha evidenziato un valore di  $R = 0,827$  con un livello di significatività del valore statistico  $p = 0,01\%$  e un numero di statistiche permutate maggiore o uguale a  $R$  pari a zero.

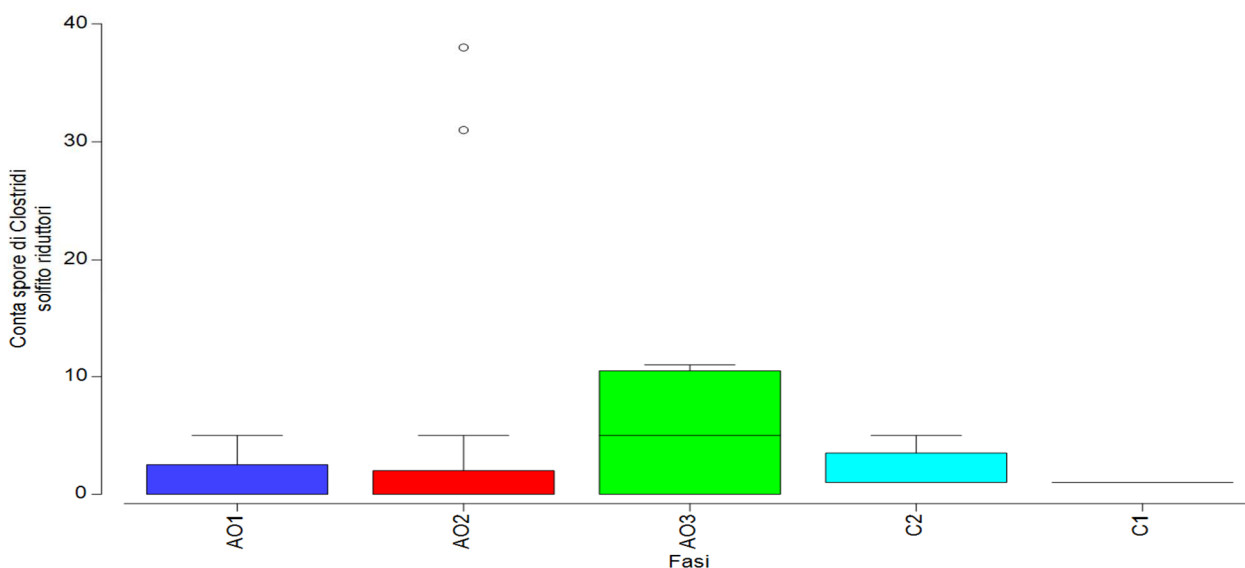
Si riportano nella seguente **Figura 7** le rappresentazioni Box-Whiskers relativi alle variabili considerate elaborati in modo raggruppato rispetto al fattore "fase" monitoraggio. In blu è evidenziata la fase ante operam (AO1), in rosso la fase ante operam (AO2), in verde la fase ante operam (AO3), in grigio la fase in itinere (C1) e in azzurro la fase in itinere (C2). Gli andamenti delle variabili (fluttuazioni rispetto all'asse y) sono espressi nella stessa unità di misura riportata in Allegato Z per la variabile rappresentata.

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



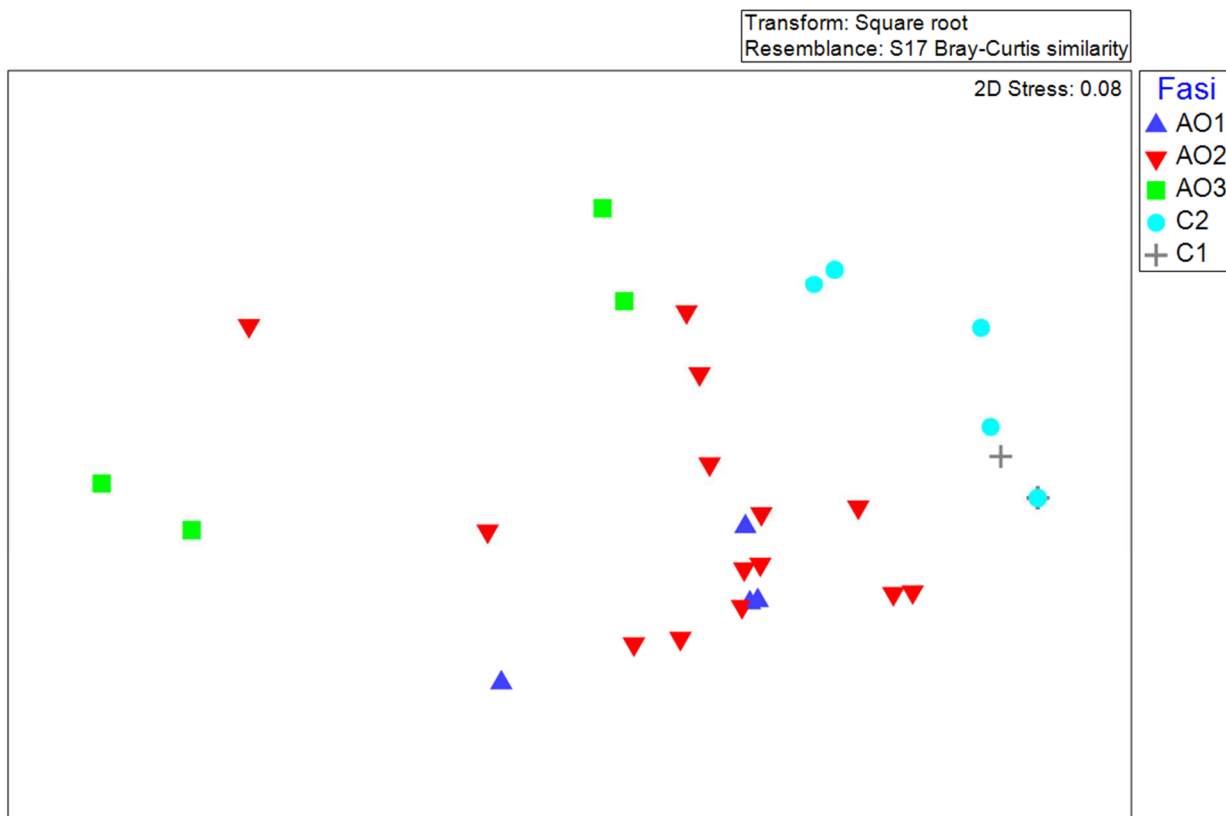


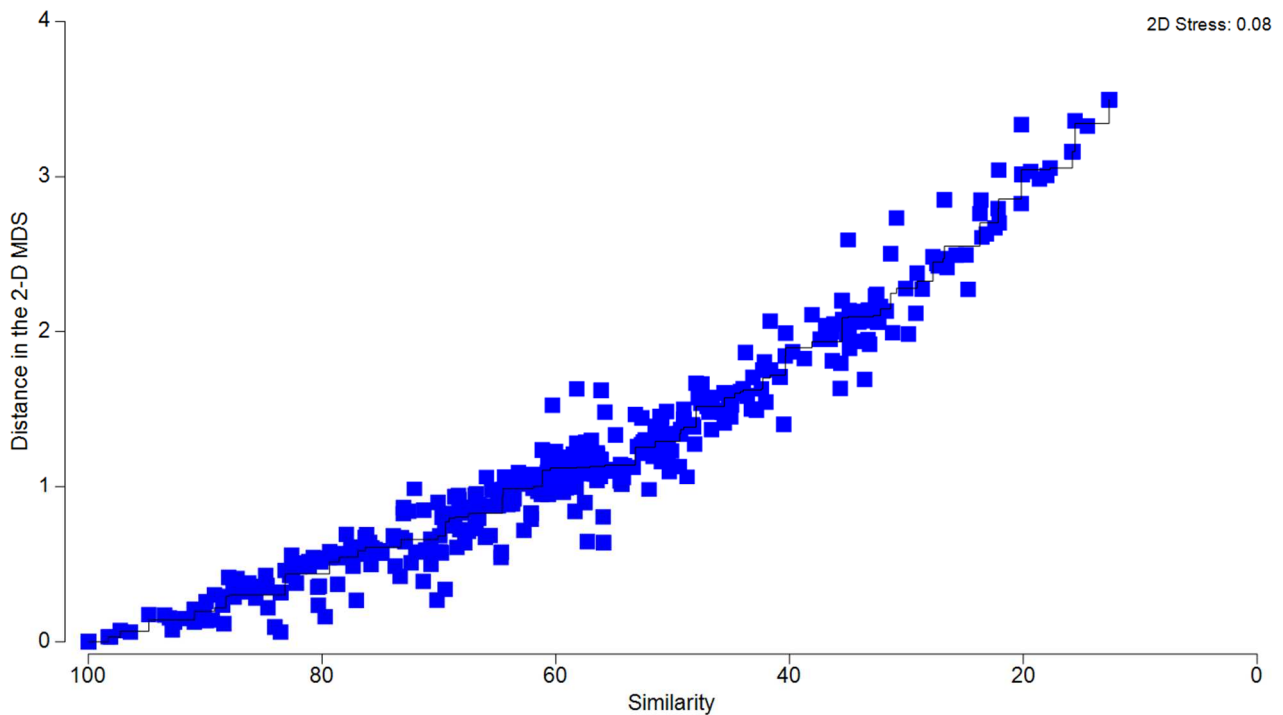




La matrice Bray-Curtis delle distanze è stata utilizzata anche per la determinazione del non-metric multidimensional Scaling (nMDS). Questa tecnica permette di evidenziare meglio le dissimilarità rispetto alla PCA che è più performante nell'evidenziare le similitudini multivariate tra i records. L'nMDS 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 8** come multiplot 2D e con il relativo diagramma di Sheppard associato.

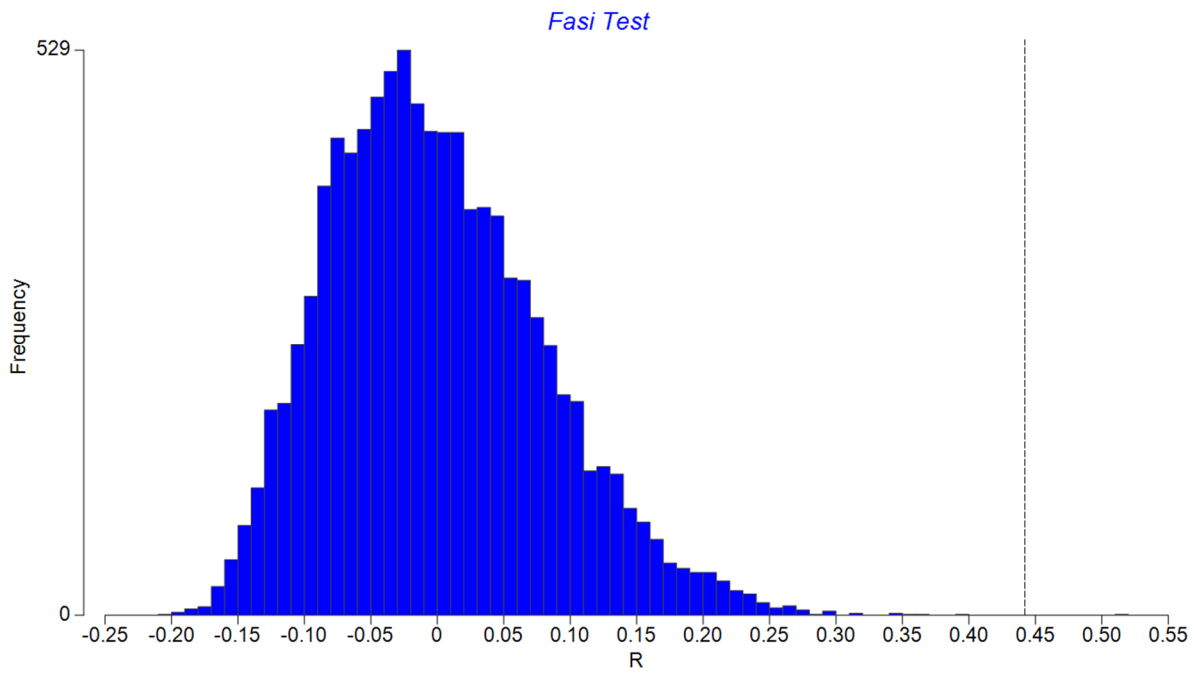
**Figura 8** - nMDS con evidenza del fattore "fase", in blu il diagramma di Sheppard associato alla proiezione bidimensionale.





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 (**Figura 9**). In questo caso il test ha evidenziato un valore di  $R = 0,442$  con un livello di significatività del valore statistico  $p = 0,02\%$  e un numero di statistiche permutate maggiore o uguale a  $R$  pari a 1.

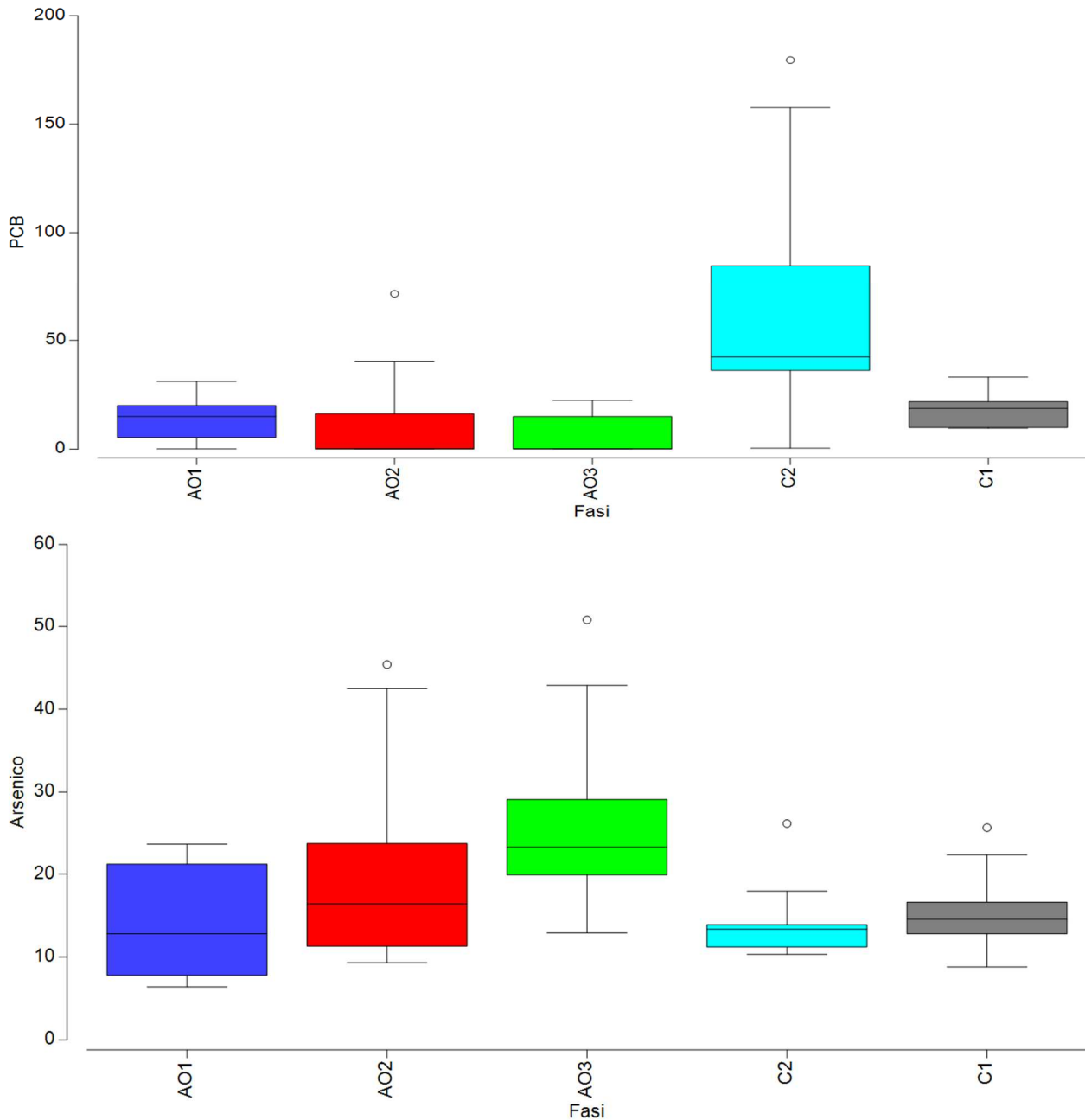
Figura 9 – ANOSIM test one-way.

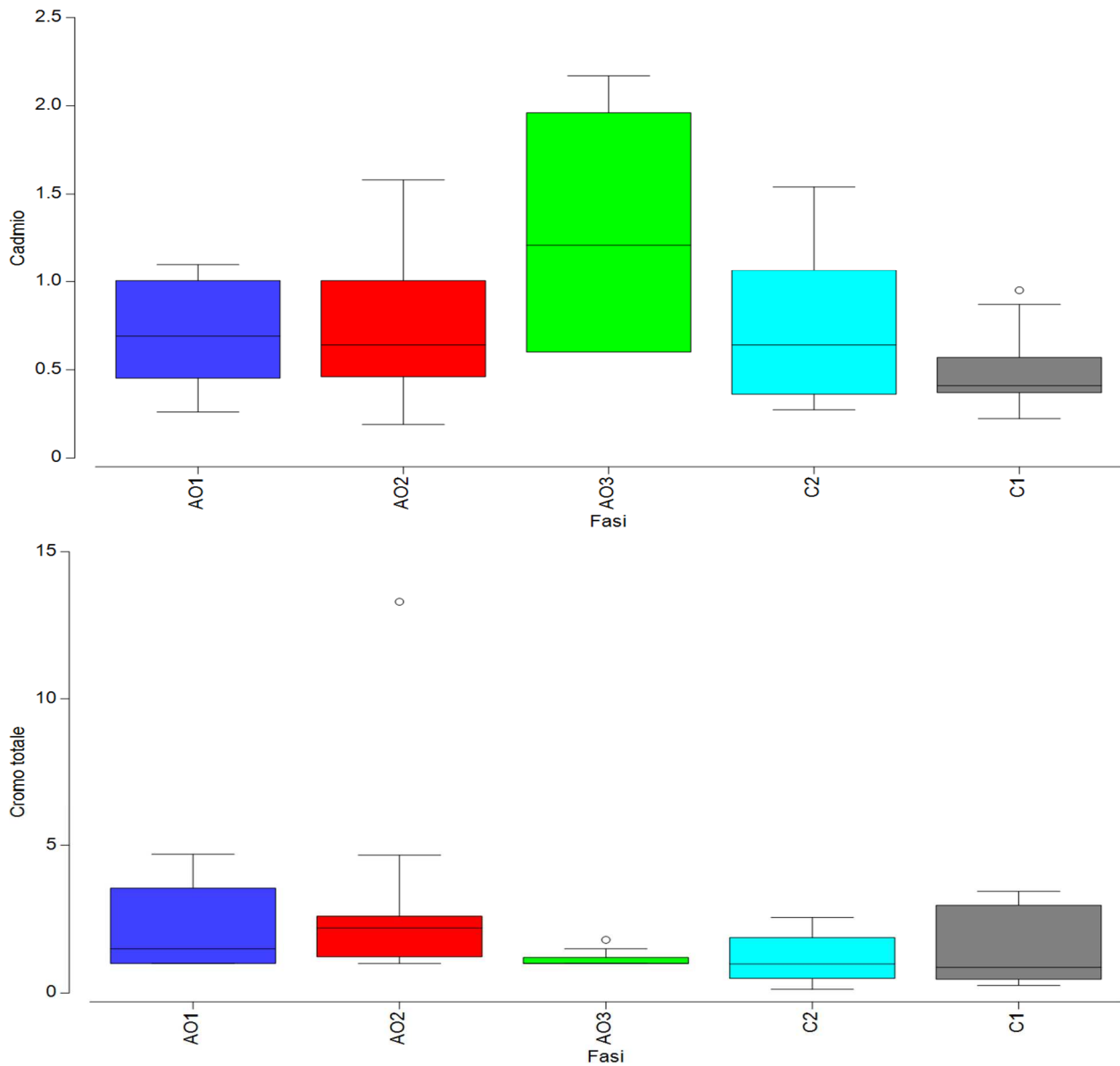


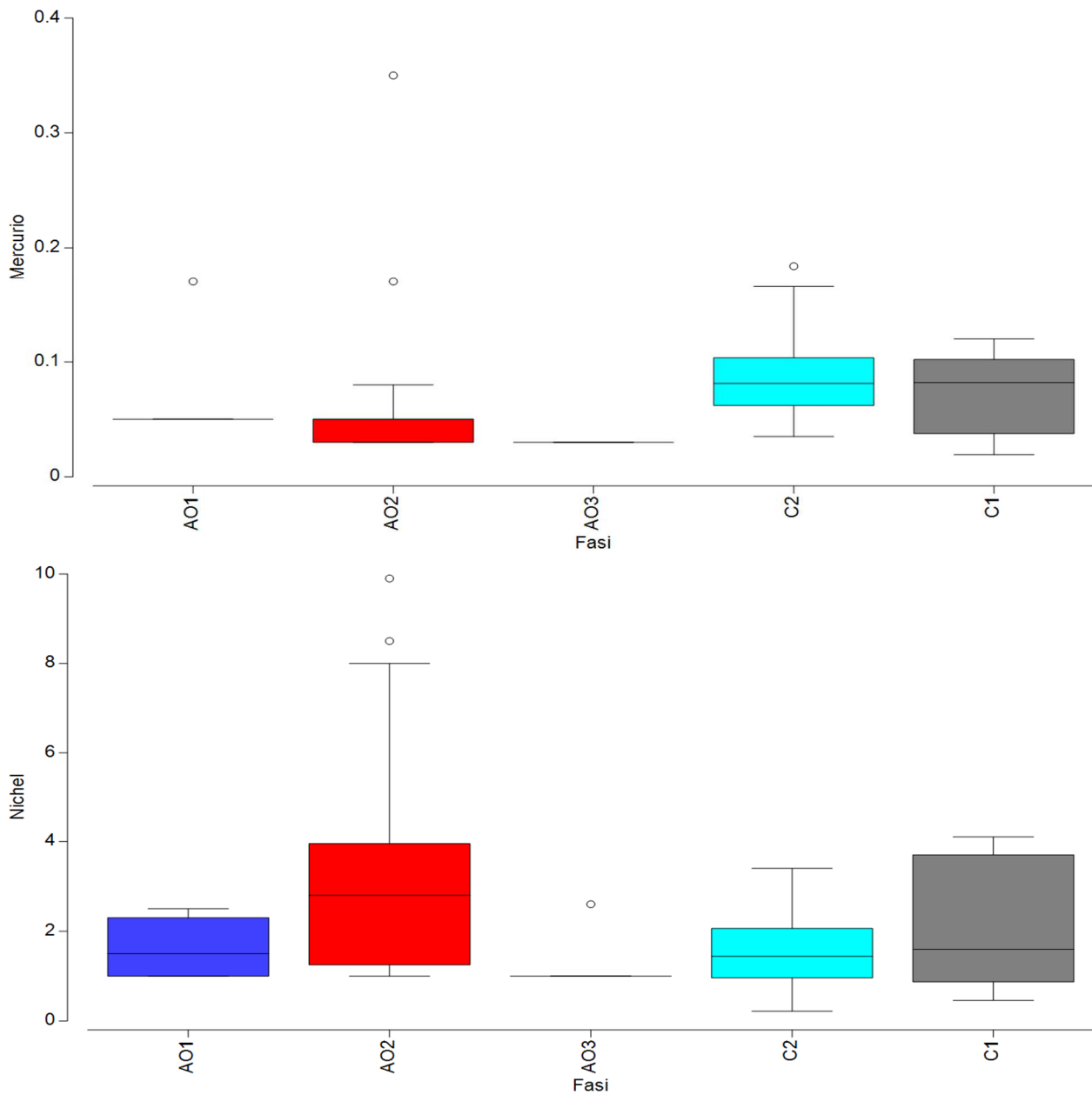
### Analisi chimiche sui tessuti di mitilo (crf. Allegato Z)

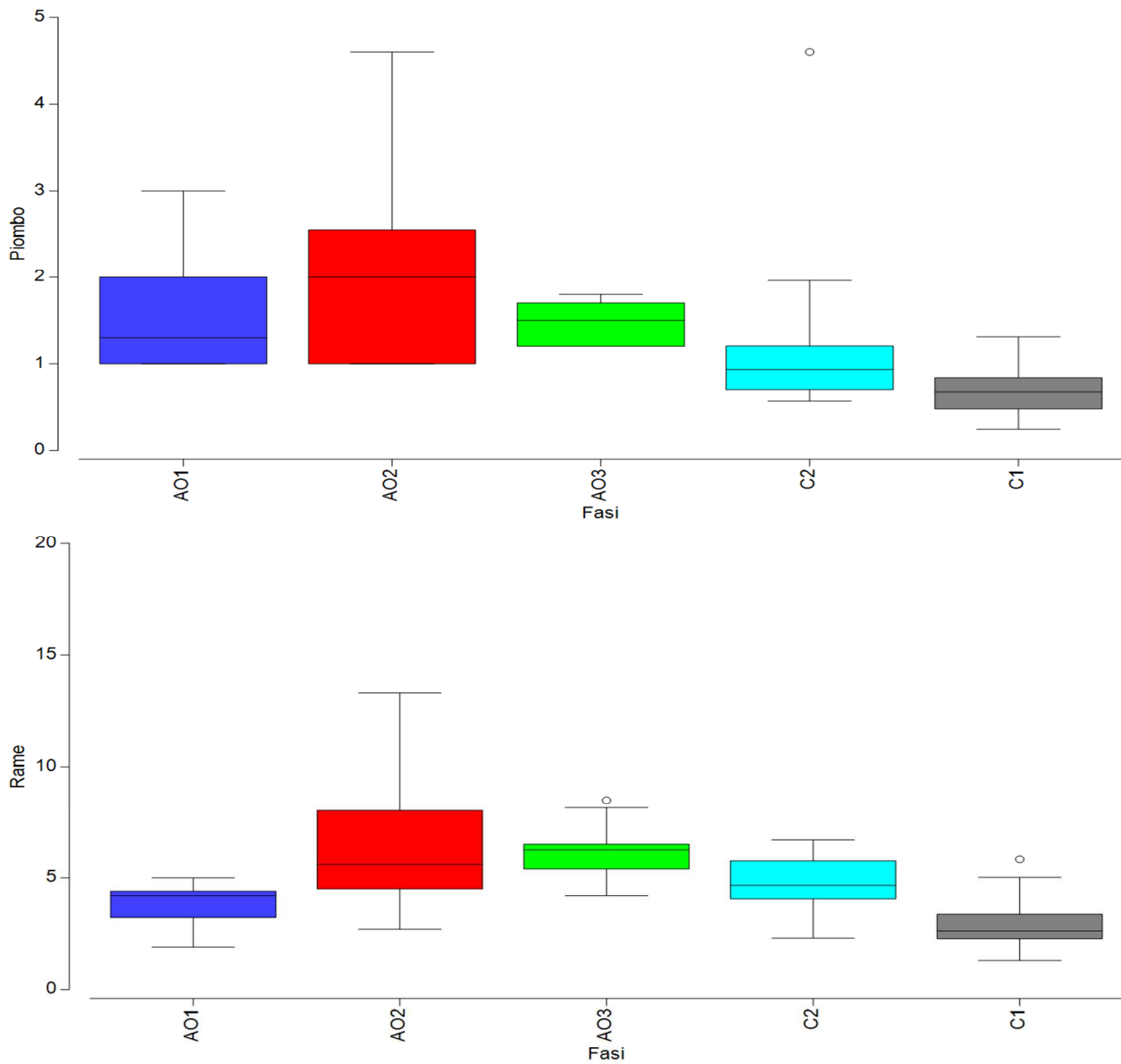
Si riportano nella seguente **Figura 10** le rappresentazioni Box-Whiskers relativi alle variabili considerate elaborati in modo raggruppato rispetto al fattore "fase" monitoraggio. In blu è evidenziata la fase ante operam (AO1), in rosso la fase ante operam (AO2), in verde la fase ante operam (AO3), in grigio la fase in itinere (C1) e in azzurro la fase in itinere (C2). Gli andamenti delle variabili (fluttuazioni rispetto all'asse y) sono espressi nella stessa unità di misura riportata in Allegato Z per la variabile rappresentata.

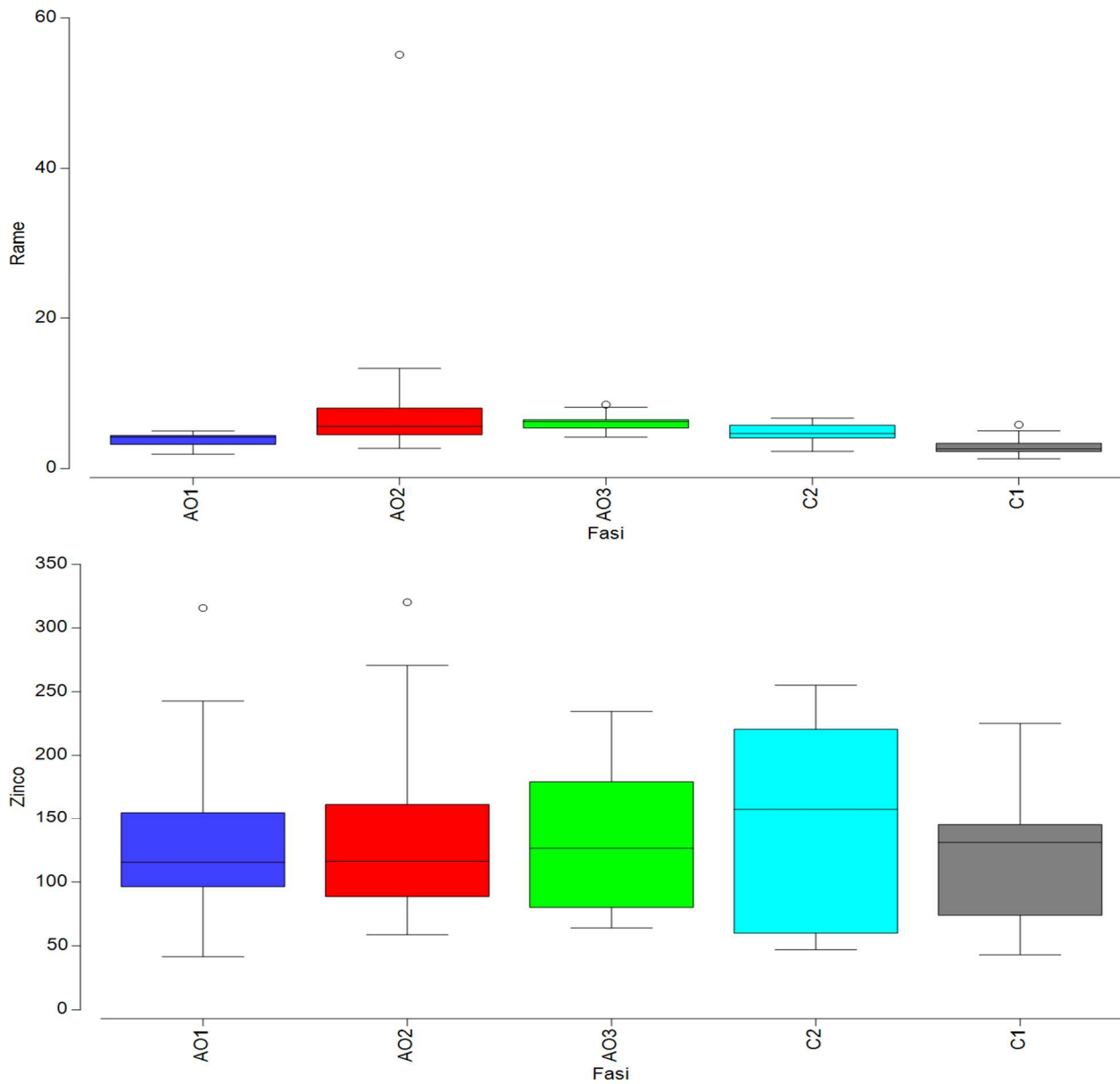
**Figura 10** - Box-Whiskers relativi alle variabili considerate elaborati in modo raggruppato rispetto al fattore "fase" monitoraggio.



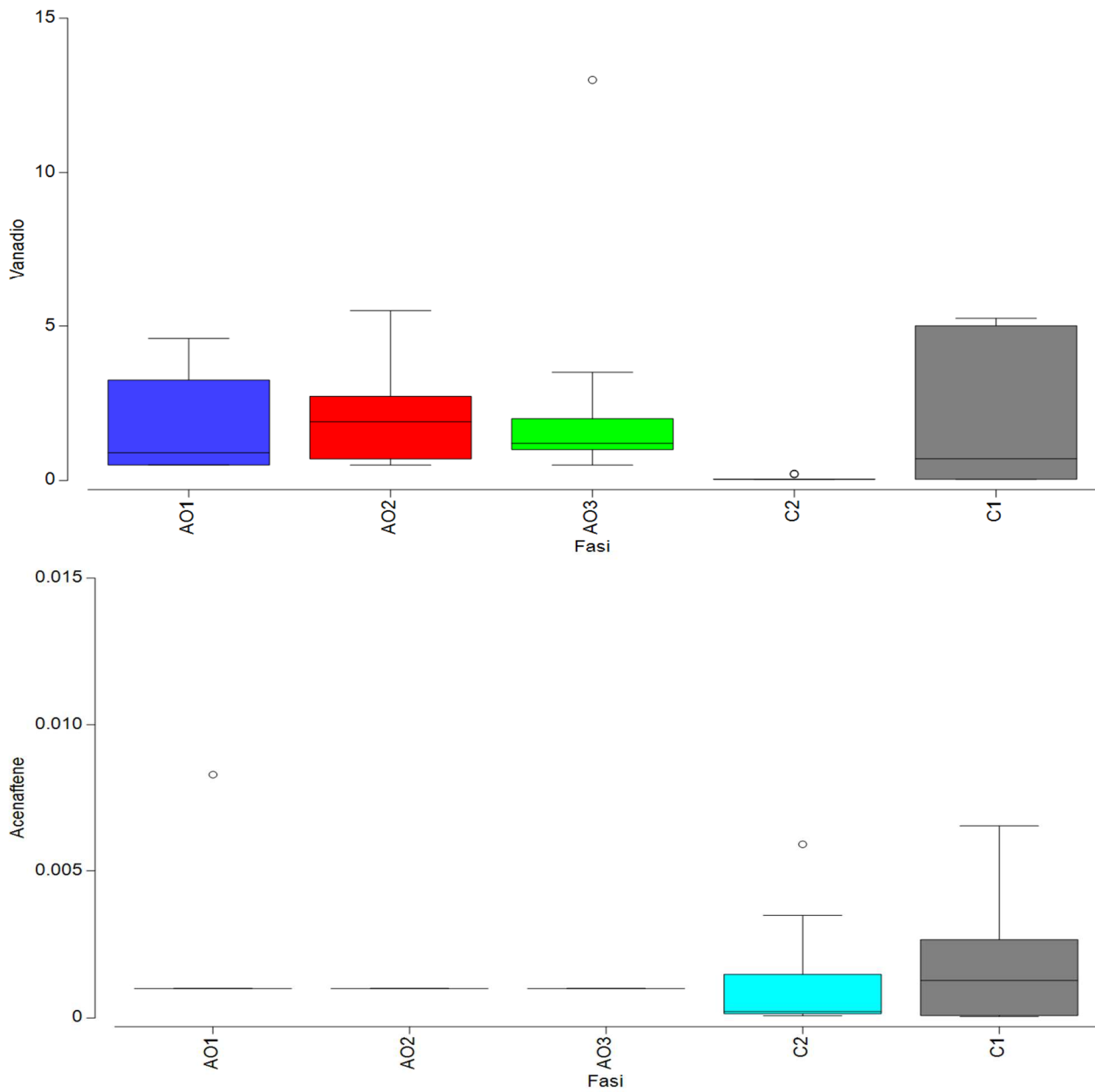


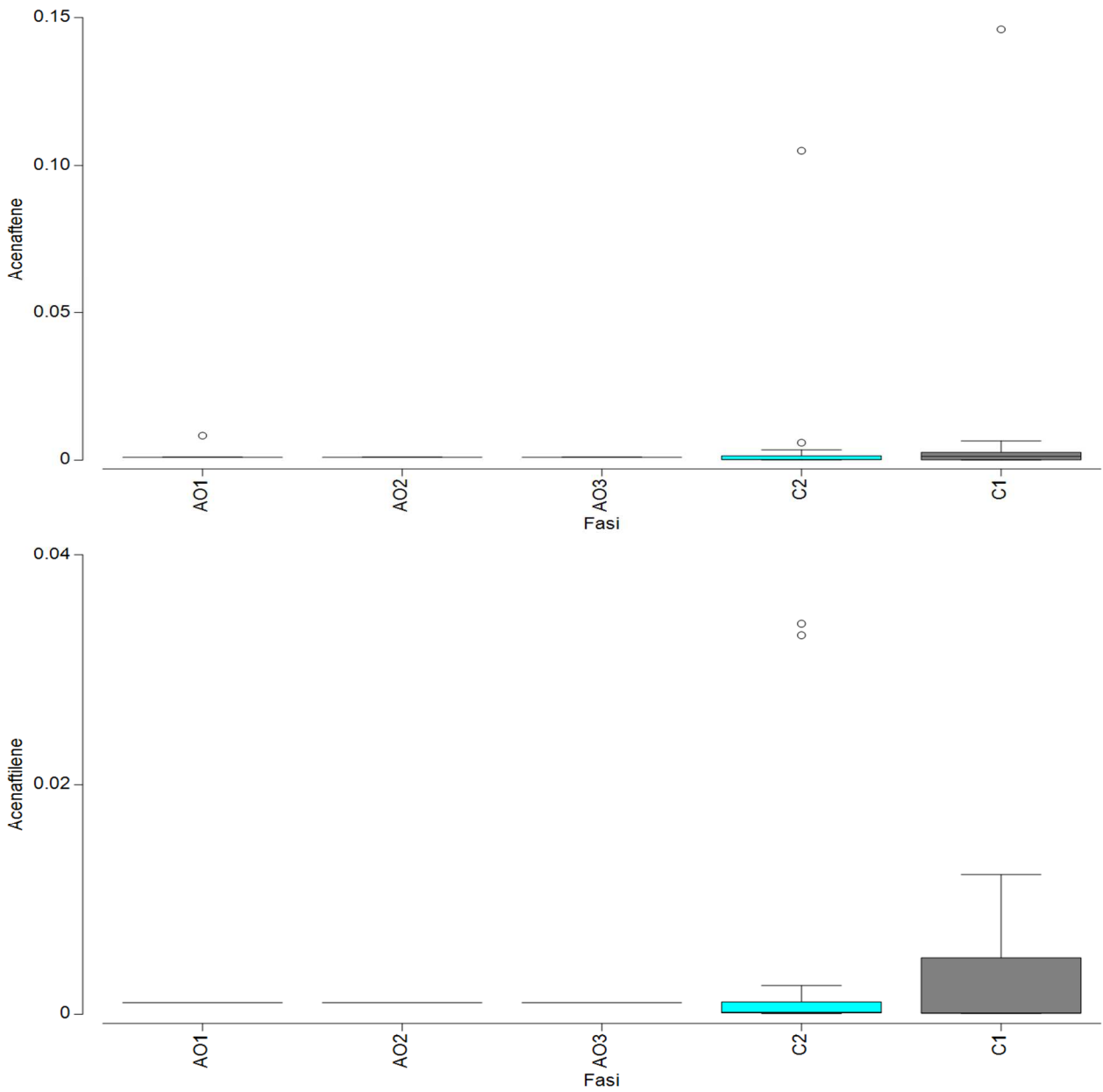


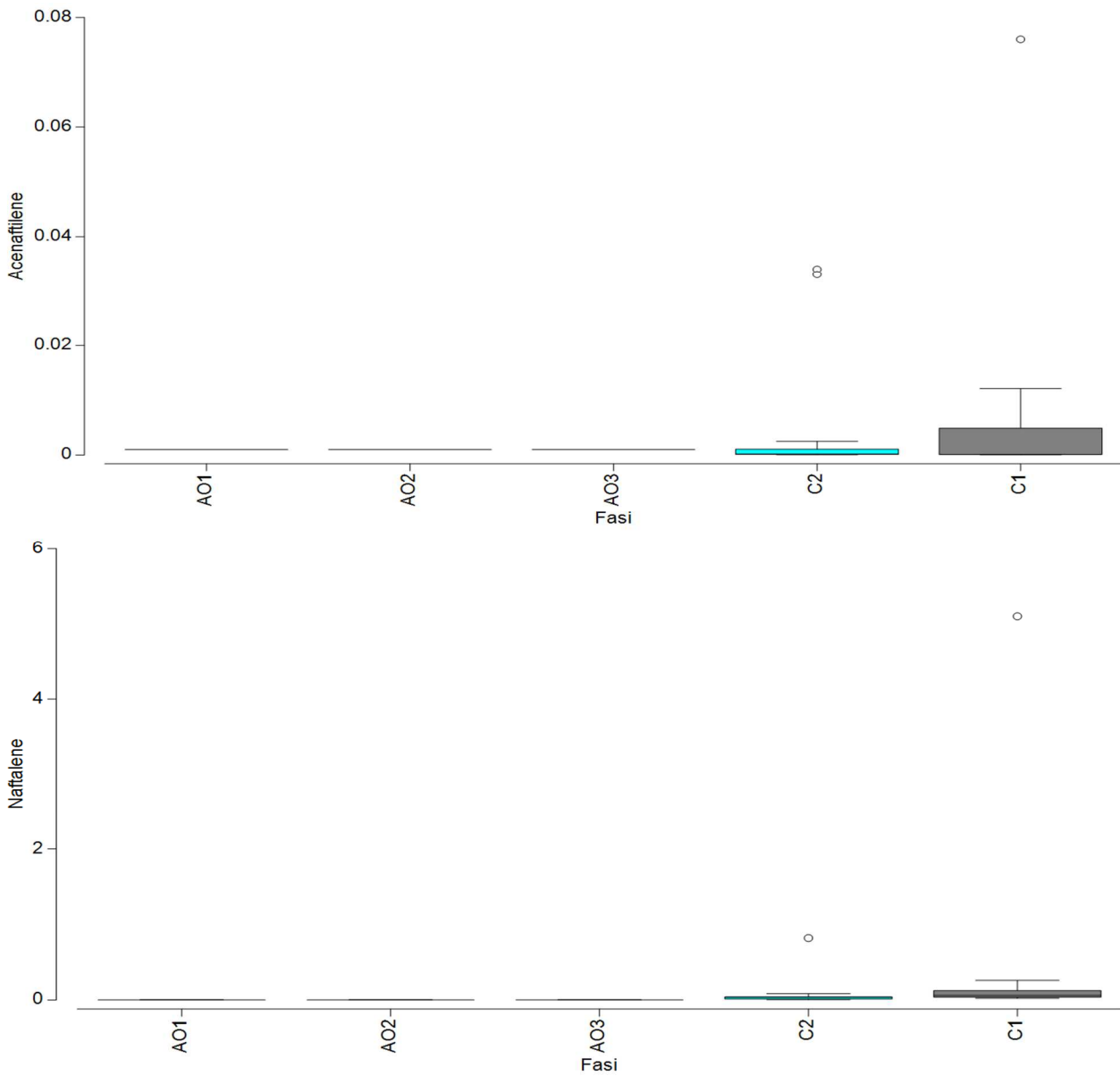


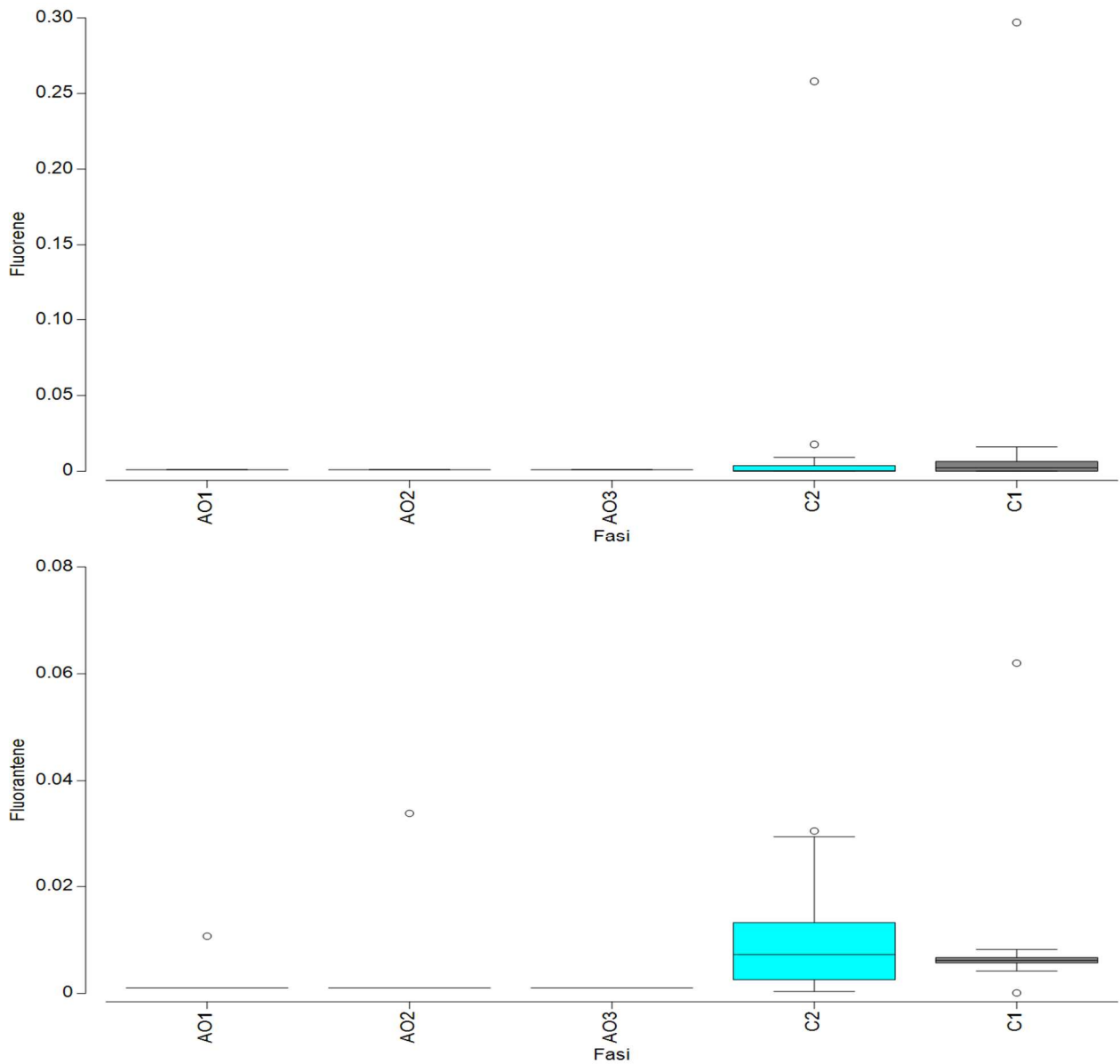


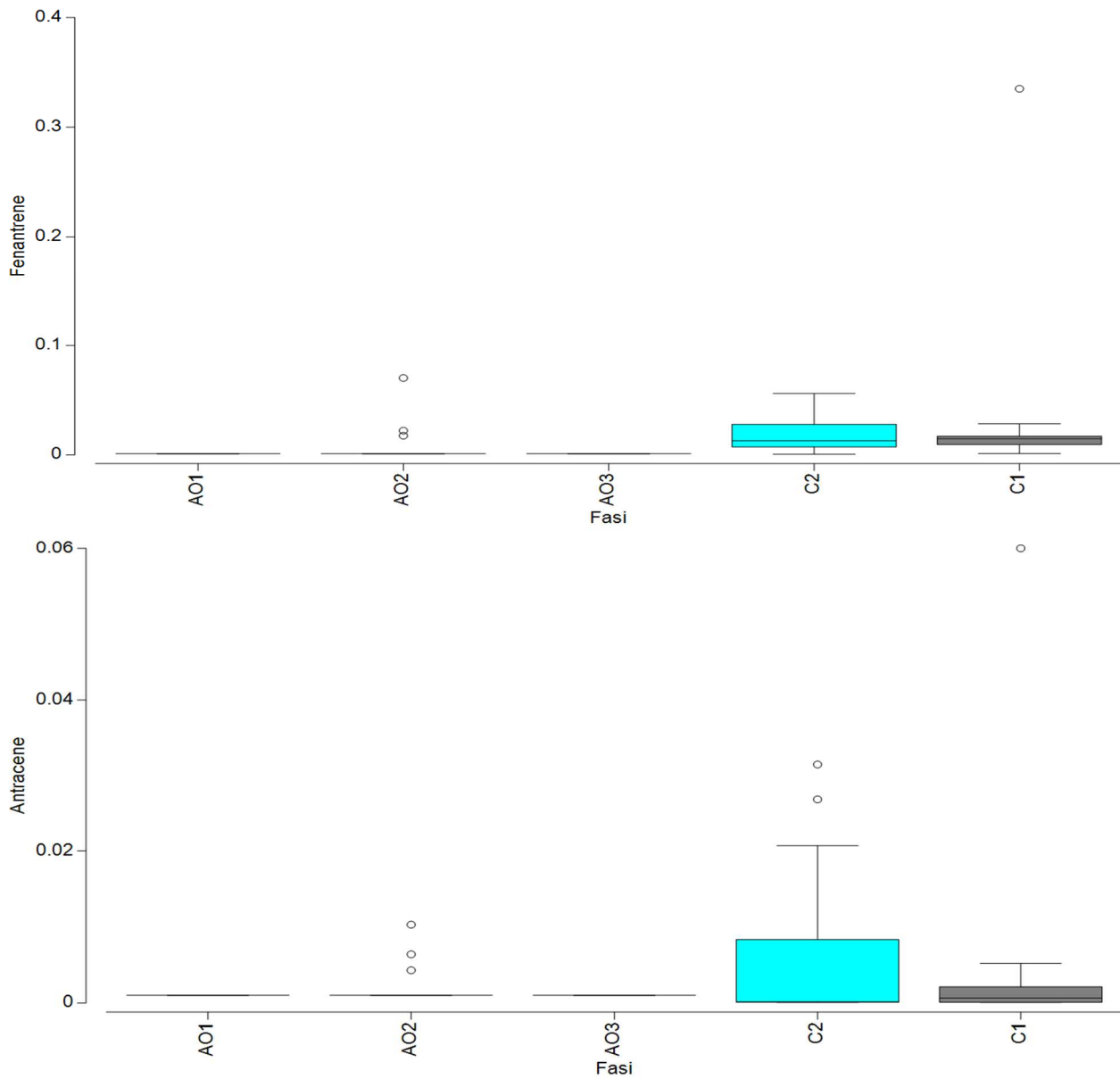


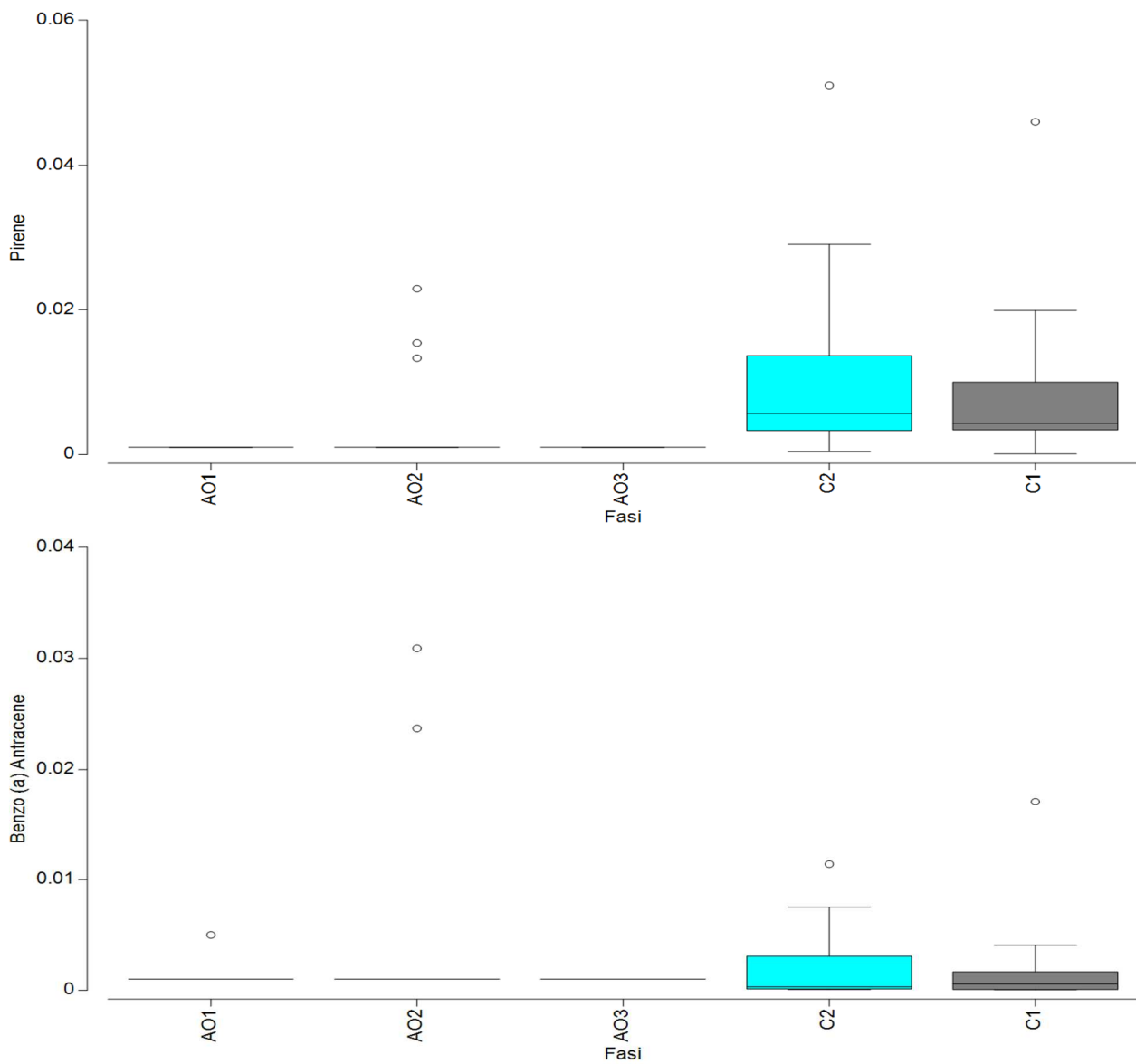


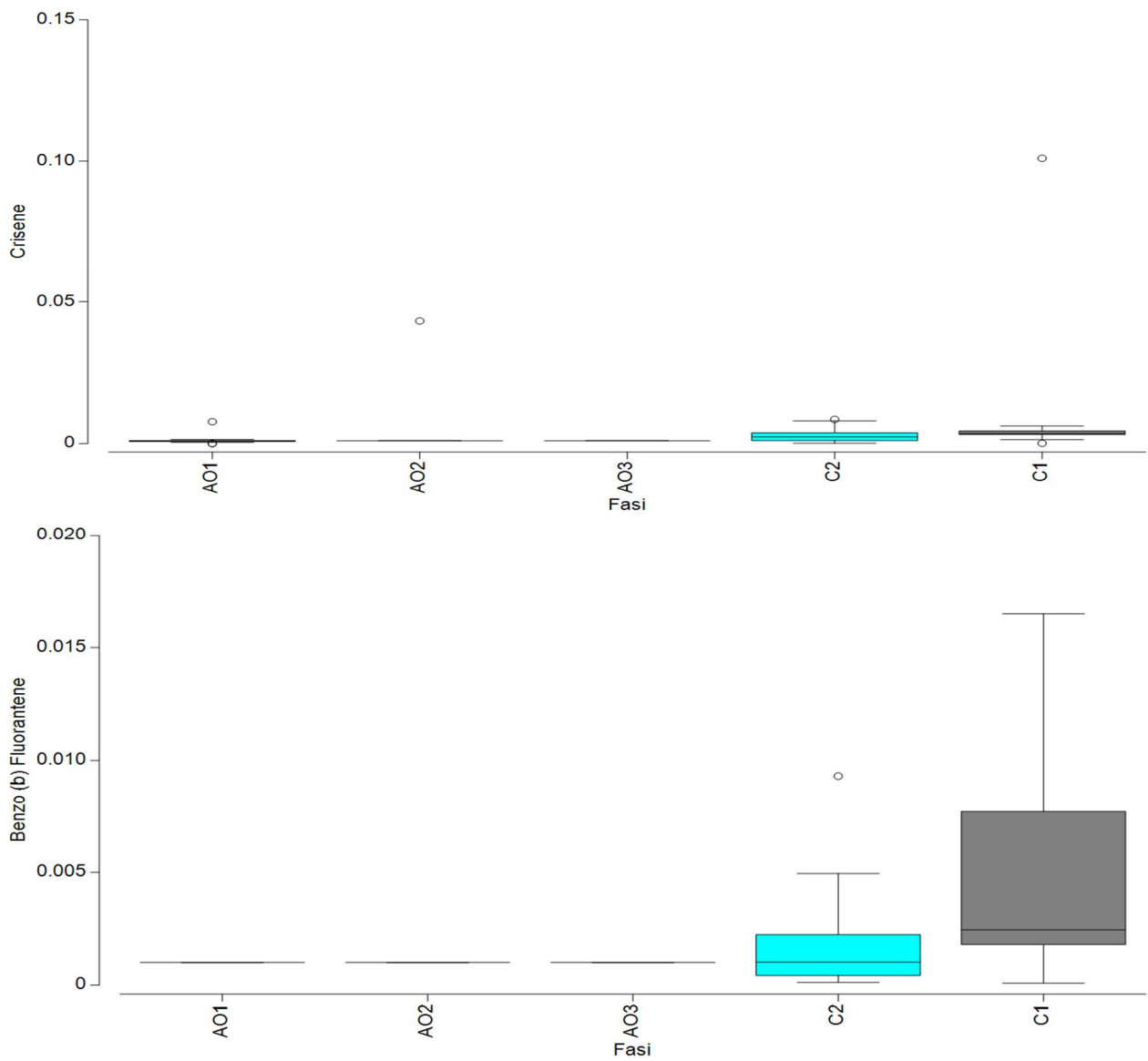


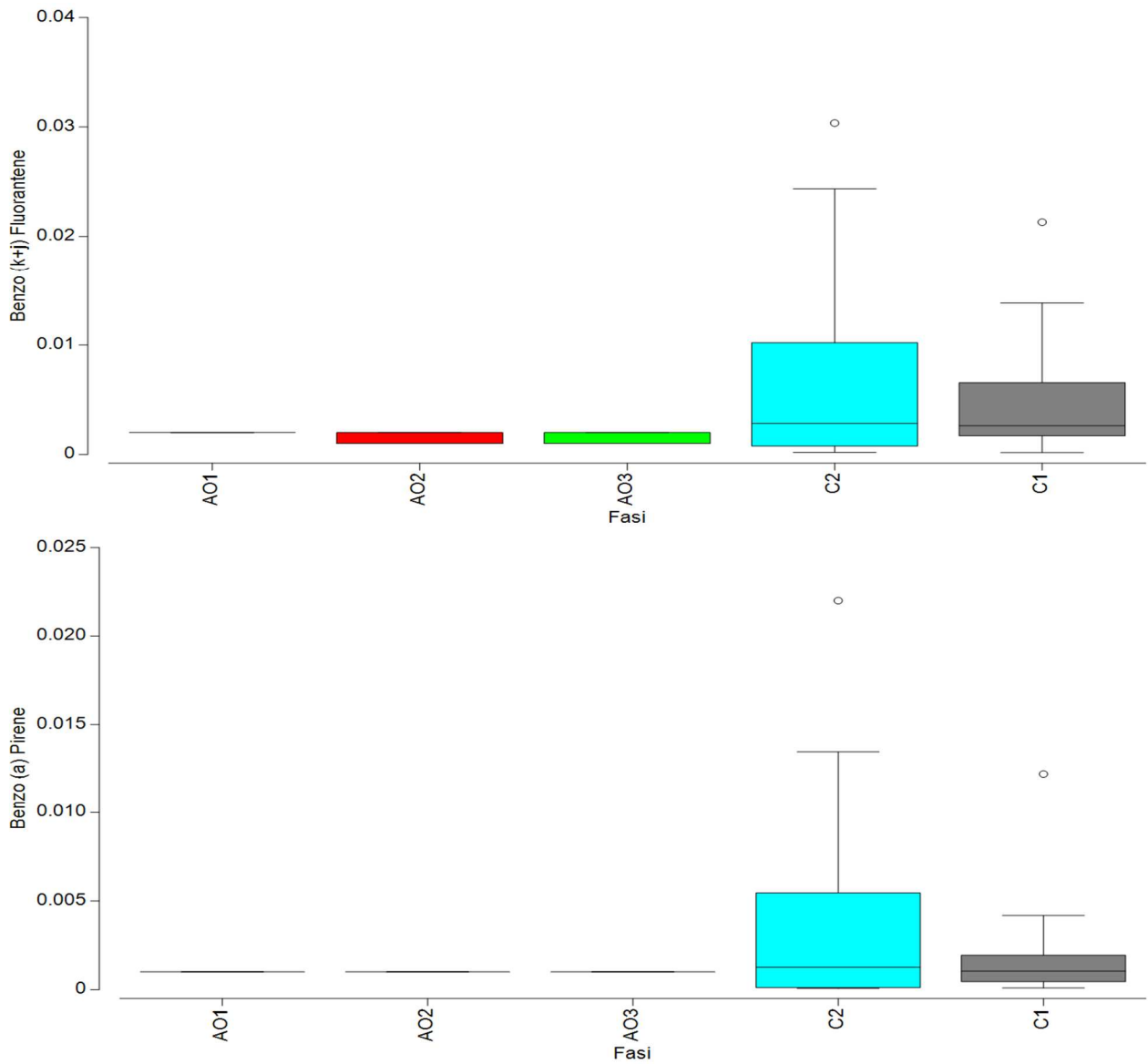




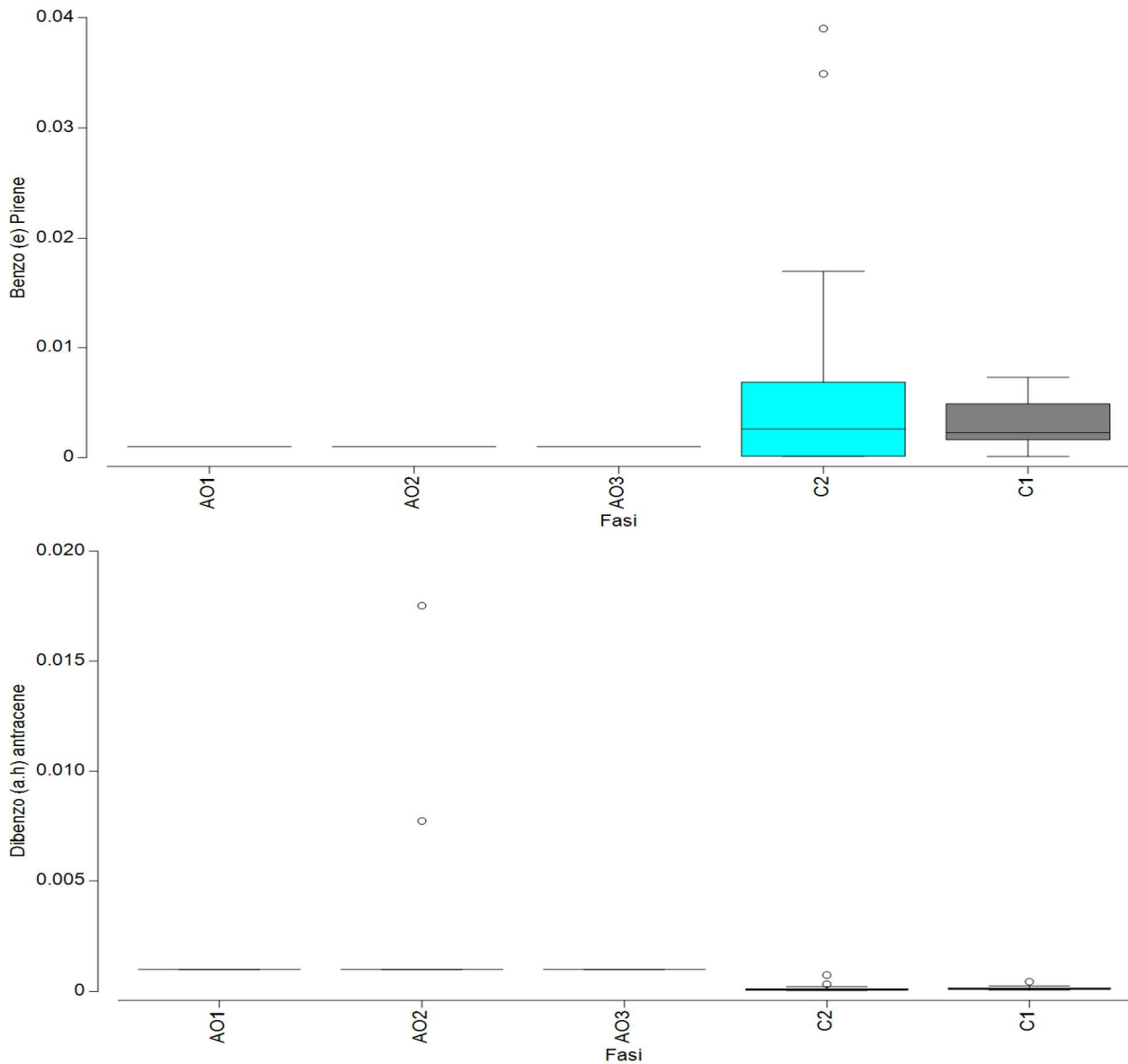


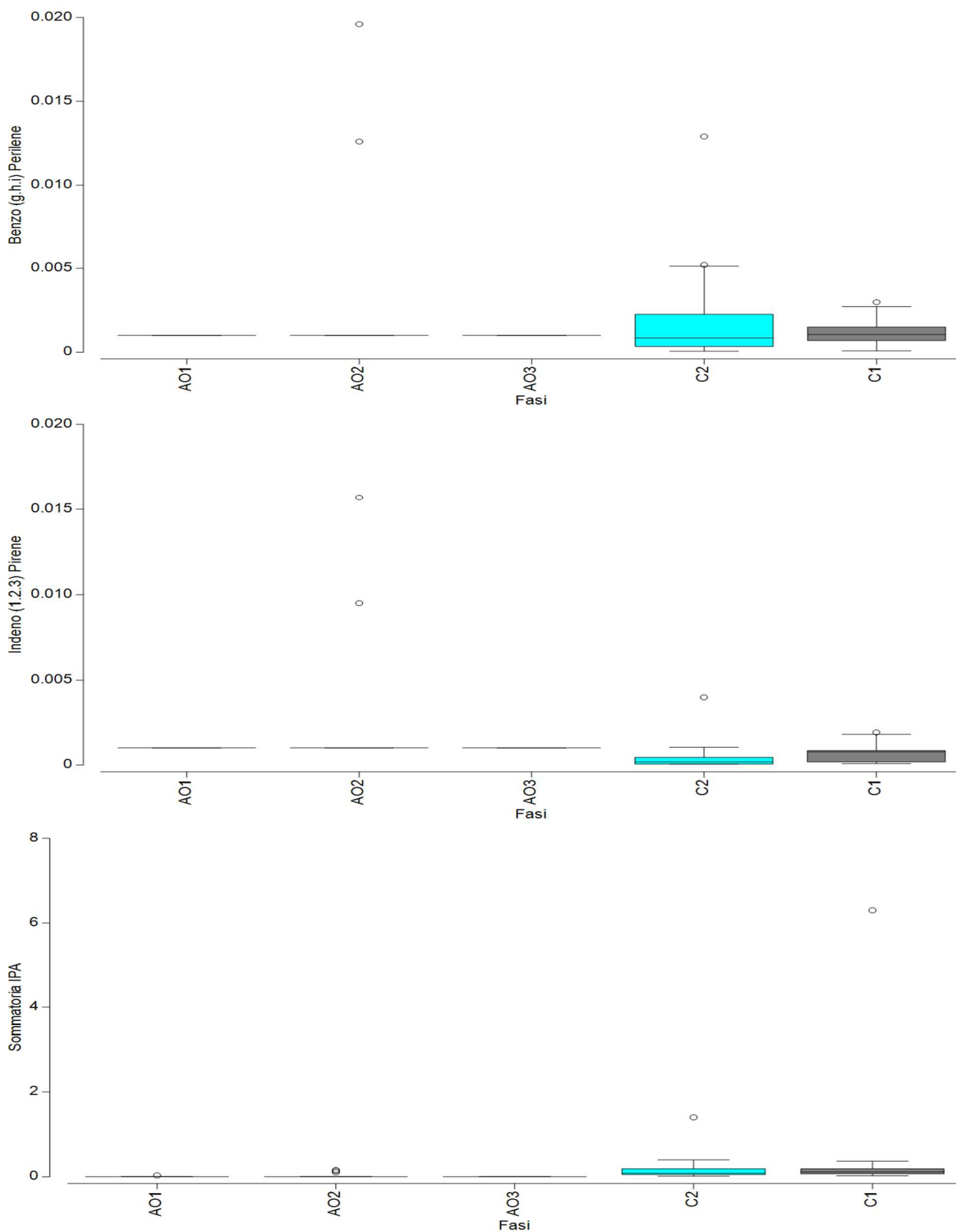






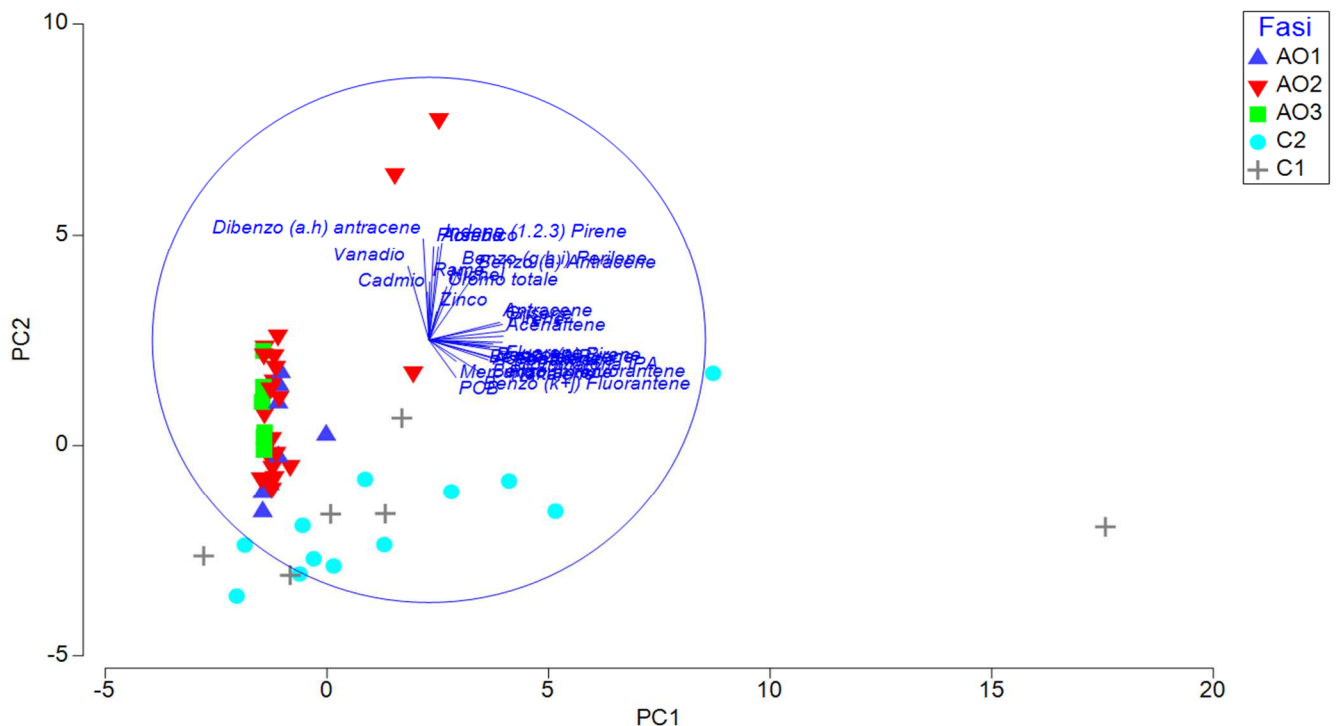






Relativamente alla statistica multivariata condotta sulle variabili, la Principal component analyses (PCA) è riportata in **Figura 11**. La PCA ha evidenziato una percentuale di varianza cumulativa spiegata dai primi tre assi del 61,6% distribuita per il 35,4% al primo asse, per il 16,6% al secondo asse e per il 9,6% al terzo asse. La rappresentazione bidimensionale approssima, pertanto, oltre il 50% della variabilità complessiva del sistema considerato (52,0%). I coefficienti nelle combinazioni lineari delle variabili che compongono i PC (*Eigenvectors*) sono riportati in **Tabella 3**.

**Figura 11** - 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.



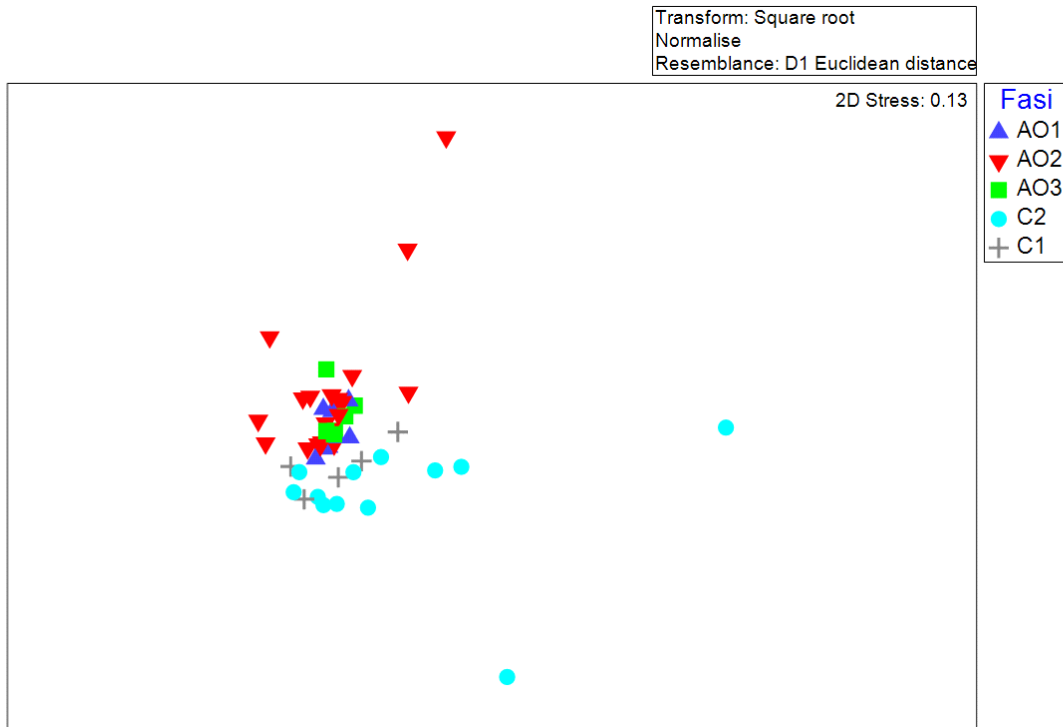
**Tabella 3 - Eigenvectors della PCA relativi ai primi tre assi.**

Variable	PC1	PC2	PC3
PCB	0,098	-0,142	0,099
Arsenico	0,034	0,357	-0,019
Cadmio	-0,005	0,182	-0,369
Cromo totale	0,056	0,185	-0,067
Mercurio	0,098	-0,081	-0,084
Nichel	0,065	0,202	-0,152
Piombo	0,017	0,358	-0,131
Rame	0,003	0,221	-0,094
Zinco	0,028	0,108	-0,427
Vanadio	-0,076	0,280	0,011
Acenaftene	0,269	0,014	-0,139
Acenaftilene	0,22	-0,029	-0,252
Naftalene	0,288	-0,087	-0,066
Fluorene	0,266	-0,009	-0,119
Fluorantene	0,275	-0,079	-0,043
Fenantrene	0,298	-0,032	-0,025
Antracene	0,257	0,067	-0,218
Pirene	0,277	0,034	-0,026
Benzo (a) Antracene	0,166	0,250	0,089
Crisene	0,266	0,059	0,0500
Benzo (b) Fluorantene	0,215	-0,076	0,206
Benzo (k+j) Fluorantene	0,185	-0,123	0,299
Benzo (a) Pirene	0,232	-0,015	0,192
Benzo (e) Pirene	0,204	-0,023	0,185
Dibenzo (a,h) antracene	-0,021	0,388	0,192
Benzo (g,h,i) Perilene	0,108	0,268	0,386
Indeno (1,2,3) Pirene	0,047	0,370	0,243
Sommatoria IPA	0,308	-0,049	-0,023

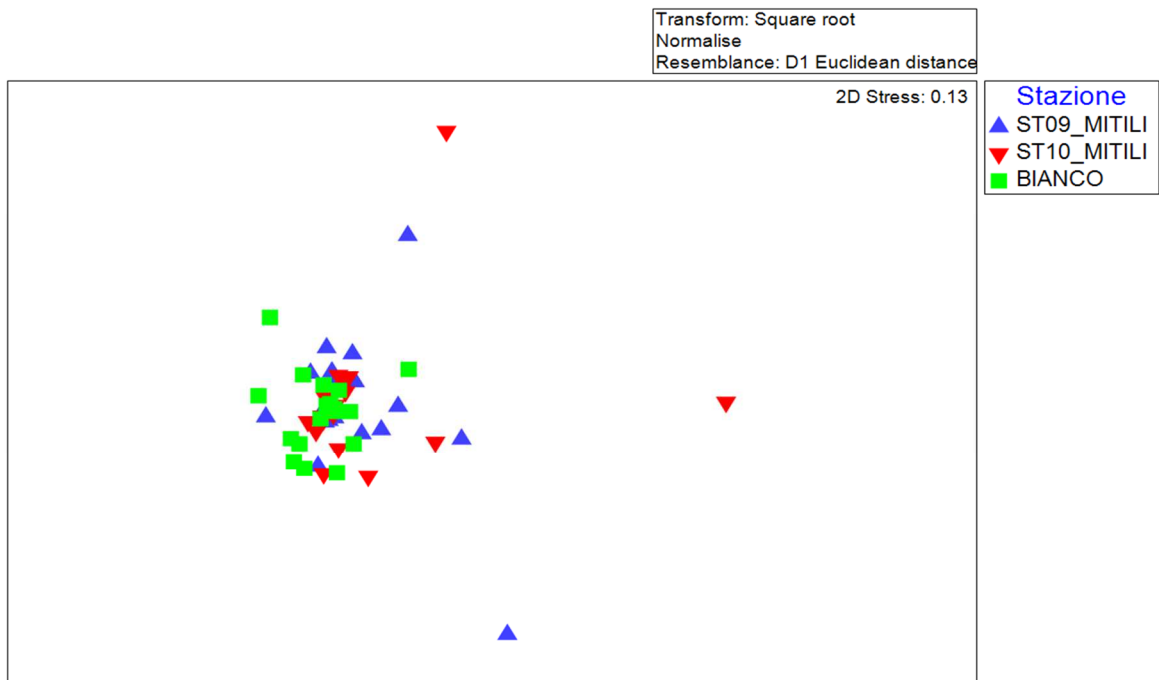
La matrice Euclidea delle distanze è stata utilizzata anche per la determinazione del non-metric multidimensional Scaling (nMDS). Questa tecnica permette di evidenziare meglio le dissimilarità rispetto alla PCA che è più performante nell'evidenziare le similitudini multivariate tra i records. L'nMDS 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 12** come multiplot 2D.

**Figura 12** - 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”. Proiezione ottenuta eliminando l’outlayer n. 32.

Non-metric MDS



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 (**Figura 13**).

In questo caso il test ha evidenziato un valore di  $R = 0.136$  con un livello di significatività del valore statistico  $p = 2,8\%$  e un numero di statistiche permutate maggiore o uguale a  $R$  pari a 281. 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 assenza di significatività.

**Figura 13** – Anosim test one-way rispetto al fattore Fase.

