

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

Periodo di riferimento: Novembre 2019 ÷ Ottobre 2020

Allegato W

**Esito analisi statistica applicata ai risultati analisi monitoraggio sedimenti
(novembre 2015 ÷ ottobre 2020)**

ESITO ANALISI STATISTICA APPLICATA AI RISULTATI ANALISI MONIOTRAGGIO SEDIMENTI (NOVEMBRE 2015 ÷ OTTOBRE 2020)

Analisi chimico-fisica standard (crf. Allegato V)

Relativamente alla statistica multivariata condotta sulle variabili la Principal Component Analyses (PCA) è riportata nella Figura 1. La PCA ha evidenziato una percentuale di varianza cumulativa spiegata dai primi tre assi del 62,5% distribuita per il 35,1% al primo asse, per il 15,5% al secondo asse e per il 12,0% al terzo asse. La rappresentazione bidimensionale approssima, pertanto, circa il 50% della variabilità complessiva del sistema considerato (50,5%). I coefficienti nelle combinazioni lineari delle variabili che compongono i PC (*Eigenvectors*) sono riportati in Tabella 1.

Figura 1 - 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".

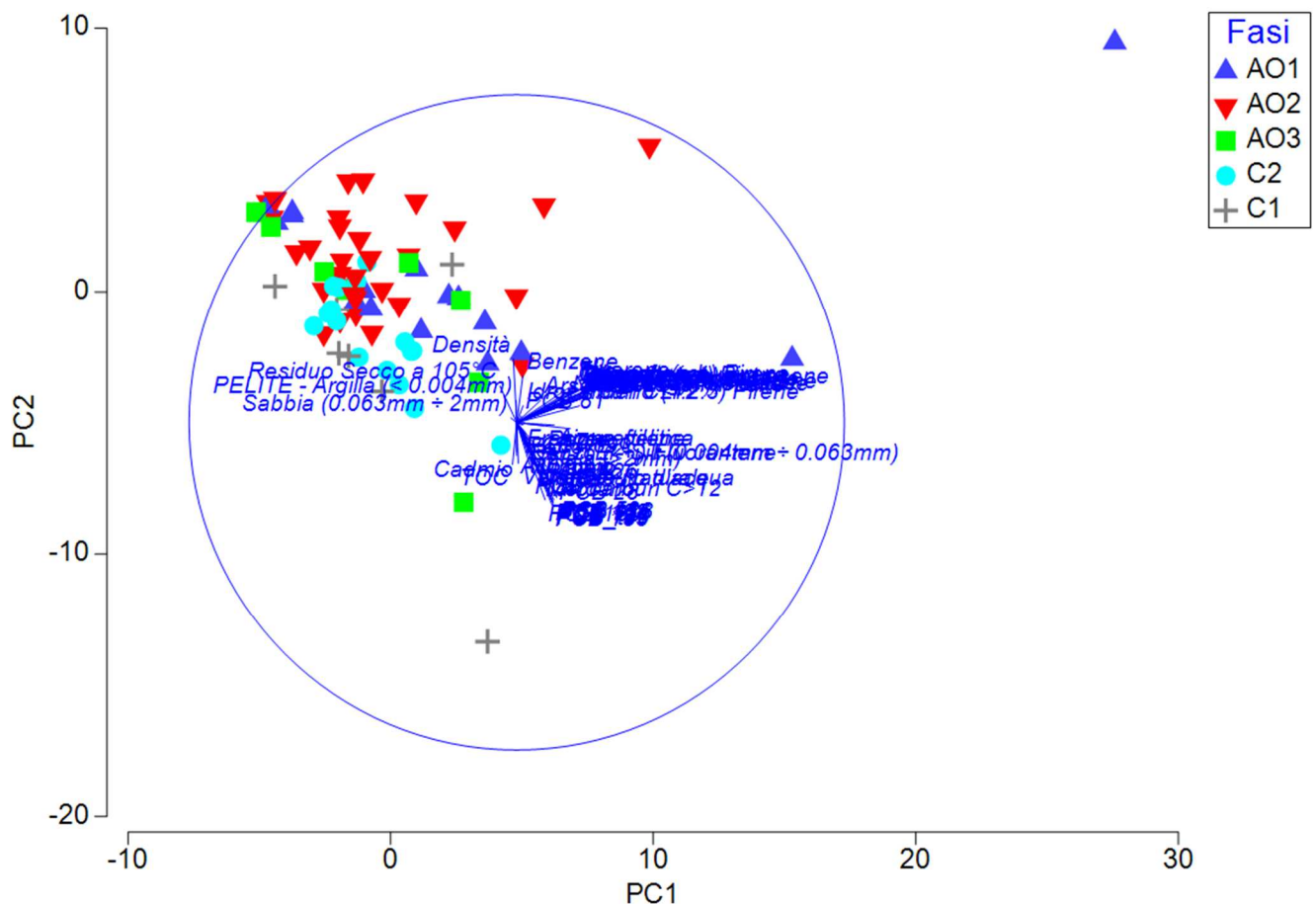


Tabella 1 - Eigenvectors della PCA relativi ai primi tre assi.

Variabile	PC1	PC2	PC3
Residuo Secco a 105°C	-0,052	0,112	-0,230
Umidità Naturale	0,056	-0,128	0,206
Contenuto d'acqua	0,056	-0,128	0,206
Densità	-0,010	0,194	-0,021
Ghiaia (>2mm)	0,026	-0,070	-0,186
Sabbia (0,063mm ÷ 2mm)	-0,018	0,014	-0,261
PELITE - Silt (0,004mm ÷ 0,063mm)	0,029	-0,051	0,261
PELITE - Argilla (< 0,004mm)	-0,002	0,067	0,221
Frazione pelitica	0,019	-0,007	0,303
Idrocarburi C≤12	0,019	0,051	0,105
Idrocarburi C>12	0,090	-0,162	0,010
Benzene	0,019	0,143	0,138
TOC	-0,013	-0,128	-0,159
Alluminio	0,001	-0,090	0,264
Arsenico	0,073	0,068	0,002
Cadmio	0,000	-0,101	0,051
Cromo	0,080	-0,096	0,257
Rame	0,082	-0,009	0,115
Ferro	0,028	-0,033	0,252
Mercurio	0,078	-0,161	-0,068
Nichel	0,053	-0,116	0,256
Piombo	0,075	-0,111	0,183
Zinco	0,164	-0,019	0,117
Vanadio	0,005	-0,124	0,186
Naftalene	0,158	0,072	-0,005
Acenaftilene	0,114	-0,008	-0,018
Acenaftene	0,189	0,104	-0,069
Fluorene	0,178	0,118	-0,043
Fenantrene	0,197	0,101	-0,057
Antracene	0,201	0,094	-0,054
Fluorantene	0,205	0,093	-0,044
Pirene	0,205	0,089	-0,027
Benzo (a) Antracene	0,207	0,092	-0,024
Crisene	0,207	0,082	-0,030
Benzo (b) Fluorantene	0,207	0,085	-0,012
Benzo (k+j) Fluorantene	0,032	-0,050	0,016
Benzo (a) Pirene	0,208	0,078	-0,025
Benzo (e) Pirene	0,208	0,078	-0,018
Indeno (1,2,3) Pirene	0,192	0,051	0,013
Dibenzo (a,h) antracene	0,189	0,098	-0,008
Benzo (g,h,i) Perilene	0,208	0,077	-0,003
Dibenzo (a,e) Pirene	0,199	0,081	0,050
Dibenzo (a,h) Pirene	0,180	0,106	0,059
Dibenzo (a,i) Pirene	0,191	0,072	0,009

Sito: Raffineria ENI di Taranto

Comm.: ENI S.p.A.

 Oggetto: **ALLEGATO W - REVISIONE DEL REPORT ANNUALE DESCRITTIVO DELLE ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO ON-SHORE E OFF-SHORE** Periodo di riferimento: Novembre 2019 ÷ Ottobre 2020 – RT n. B3-6601/19.13

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

Variabile	PC1	PC2	PC3
Dibenzo (a,l) Pirene	0,196	0,103	0,057
Sommatoria IPA	0,198	0,088	-0,018
PCB 28	0,117	-0,173	-0,038
PCB 52	0,123	-0,225	-0,080
PCB 77	0,047	-0,152	0,077
PCB 81	0,015	0,020	0,139
PCB 101	0,111	-0,241	-0,089
PCB 118	0,123	-0,228	-0,058
PCB 126	0,075	-0,108	0,035
PCB 128	0,105	-0,234	-0,124
PCB 138	0,112	-0,243	-0,081
PCB 153	0,108	-0,251	-0,087
PCB 156	0,113	-0,236	-0,093
PCB 169	0,016	-0,030	-0,036
PCB 180	0,087	-0,236	-0,090
PCB_totali	0,112	-0,248	-0,083

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 2 come multiplot 2D e con la rappresentazione del fattore "fase". Si riporta in Figura 3 il diagramma di Sheppard relativo alla rappresentazione nMDS.

Figura 2 - nMDS con evidenza del fattore "fase".

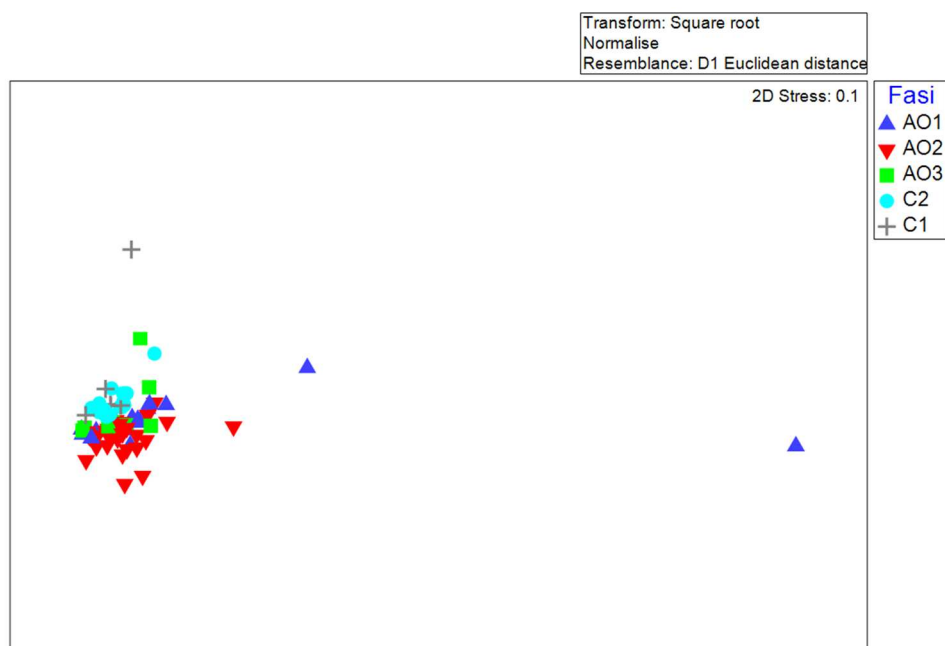
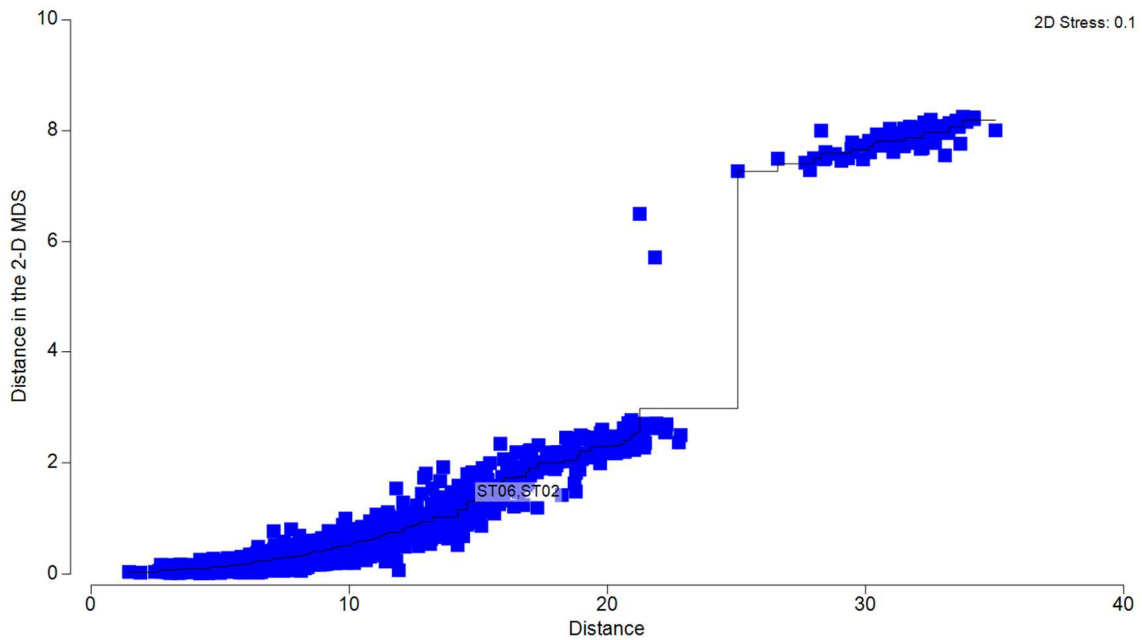
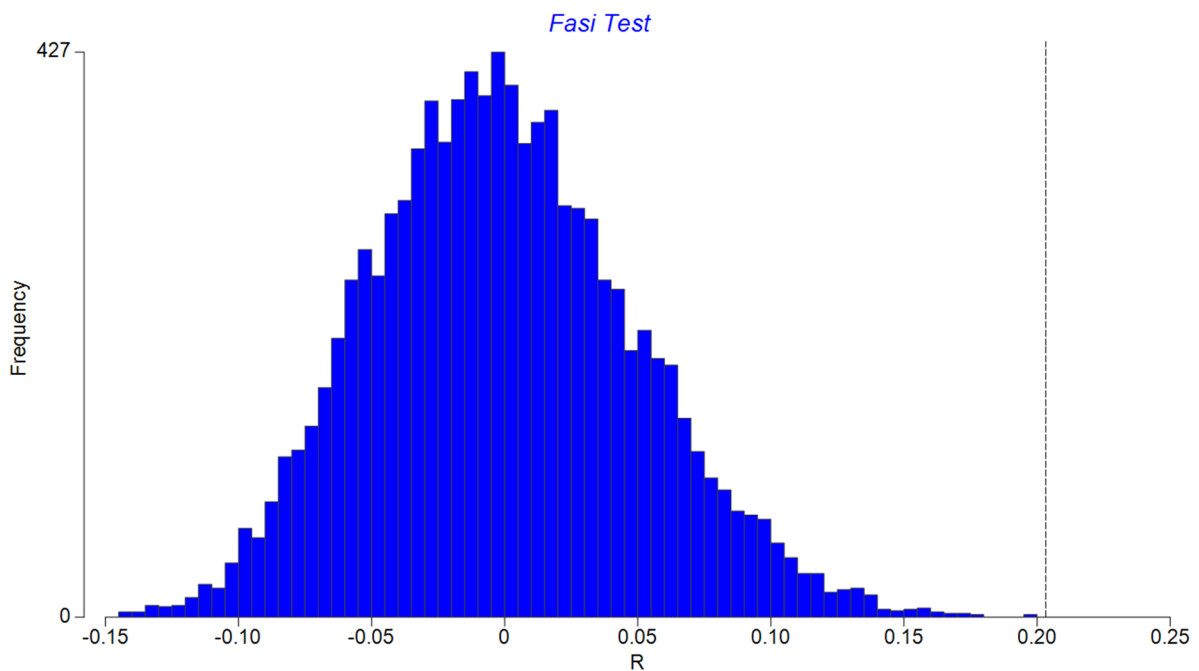


Figura 3 – Diagramma di Sheppard.



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 teoriche. In questo caso il test ha evidenziato un valore di $R = 0.203$ con un livello di significatività del valore statistico $p = 0,01\%$ e un numero di statistiche permutate maggiore o uguale a R pari a 0.

Figura 4 - Anosim test con evidenza del fattore "fase".



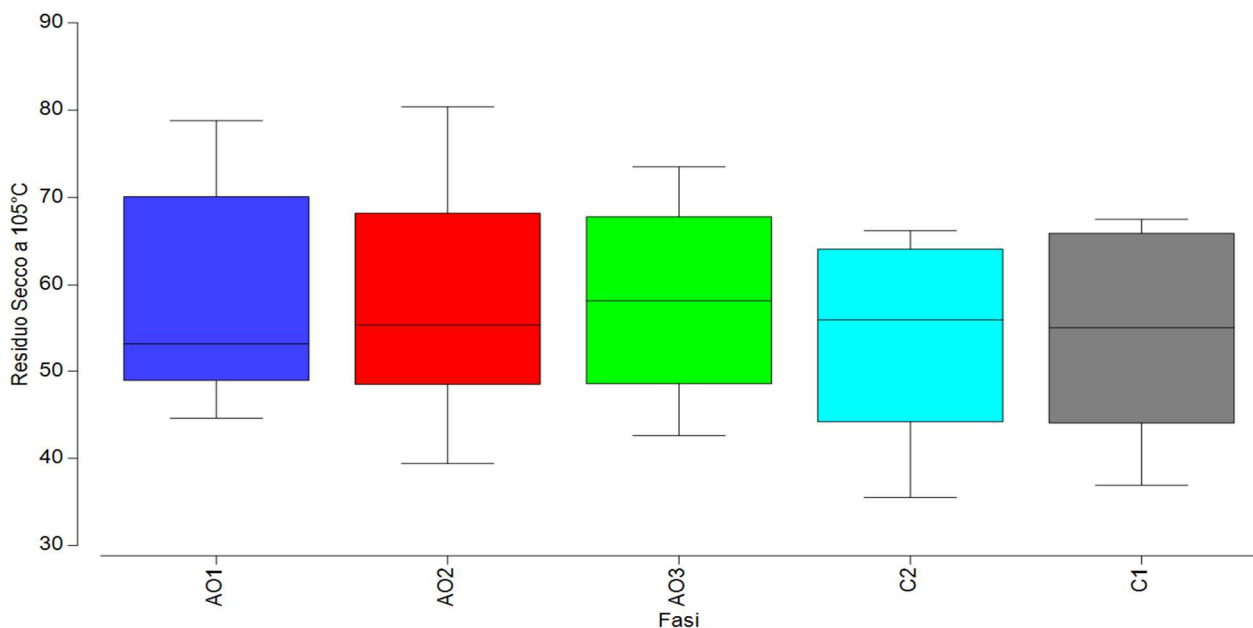
Il *Pairwise Tests* condotto per evidenziare le differenze significative tra le coppie di fasi testate, è riportato in Tabella 2.

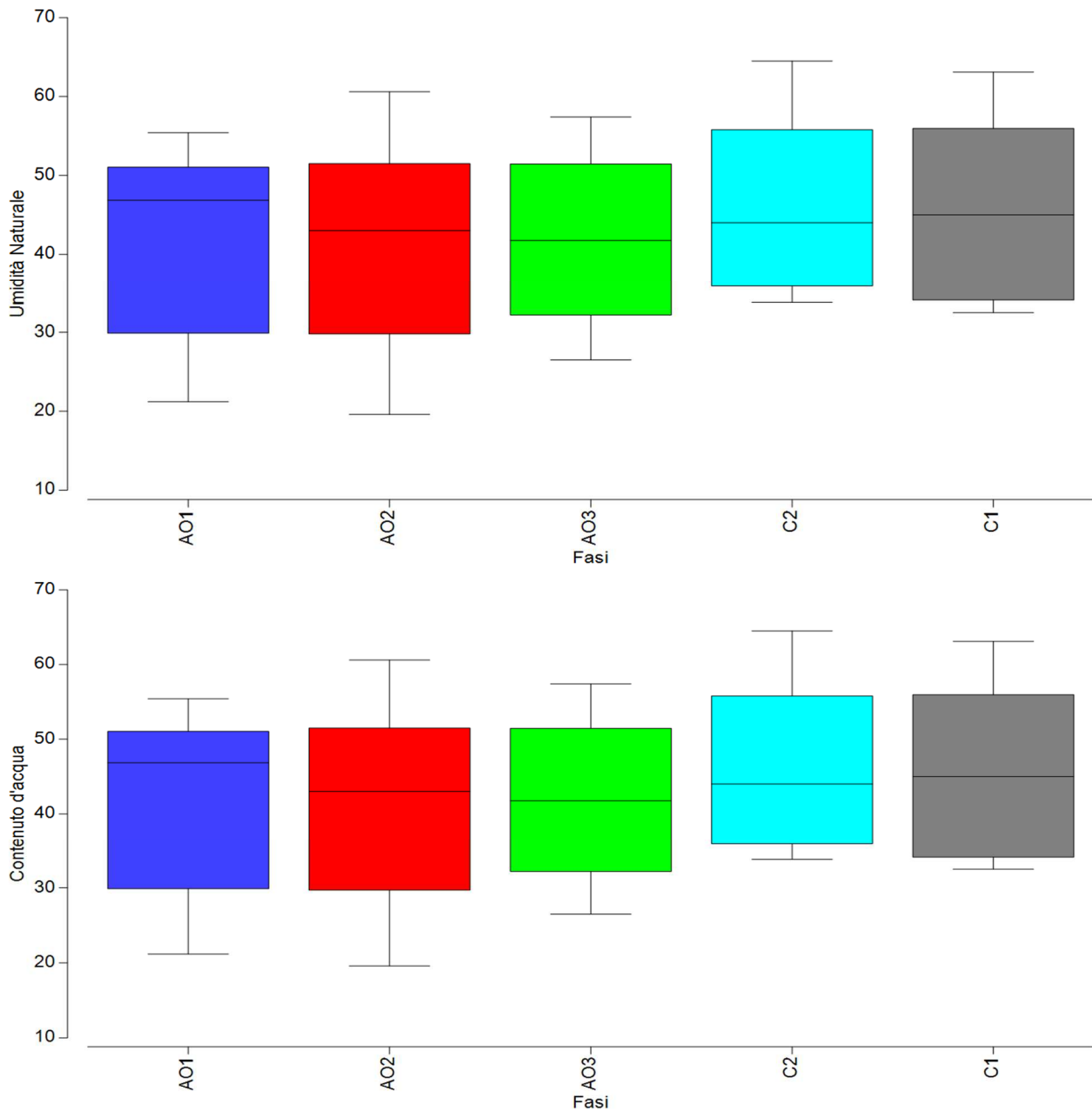
Tabella 2 - Risultati ottenuti dal *Pairwise Tests* condotto rispetto al fattore "fase".

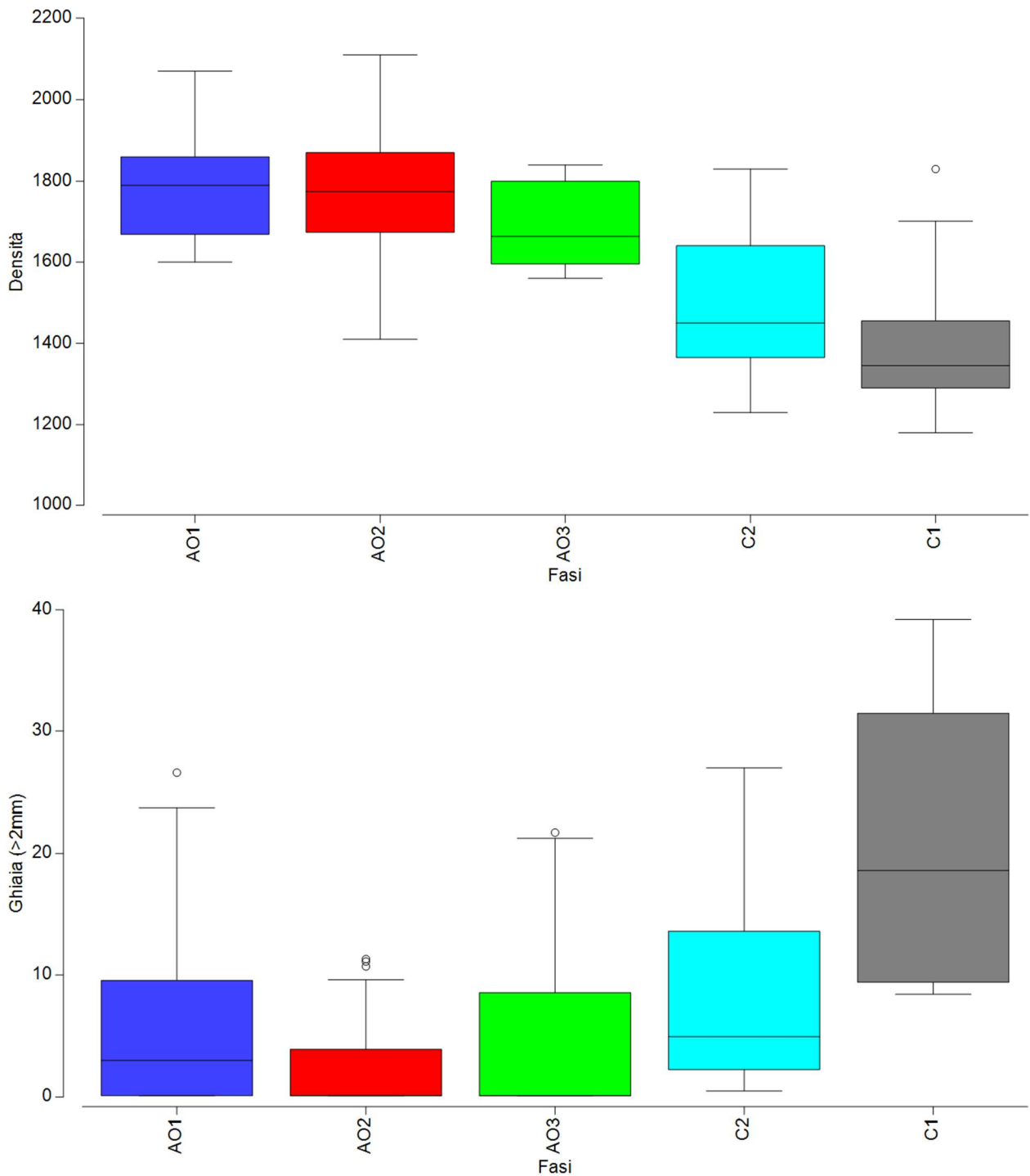
Gruppi	R	p %	Possibili permutazioni	Testate	# >=
	Statistica				
AO1, AO2	0.143	2.7	Very large	9999	265
AO1, AO3	0.011	40.9	735471	9999	4092
AO1, C1	0.136	10.5	735471	9999	1048
AO1, C2	0.33	0.01	300540195	9999	0
AO2, AO3	0.122	16	76904685	9999	1600
AO2, C1	0.262	2.7	76904685	9999	272
AO2, C2	0.269	0.03	Very large	9999	2
AO3, C1	0.233	0.4	6435	6435	27
AO3, C2	0.451	0.02	735471	9999	1
C1, C2	0.039	32.5	735471	9999	3247

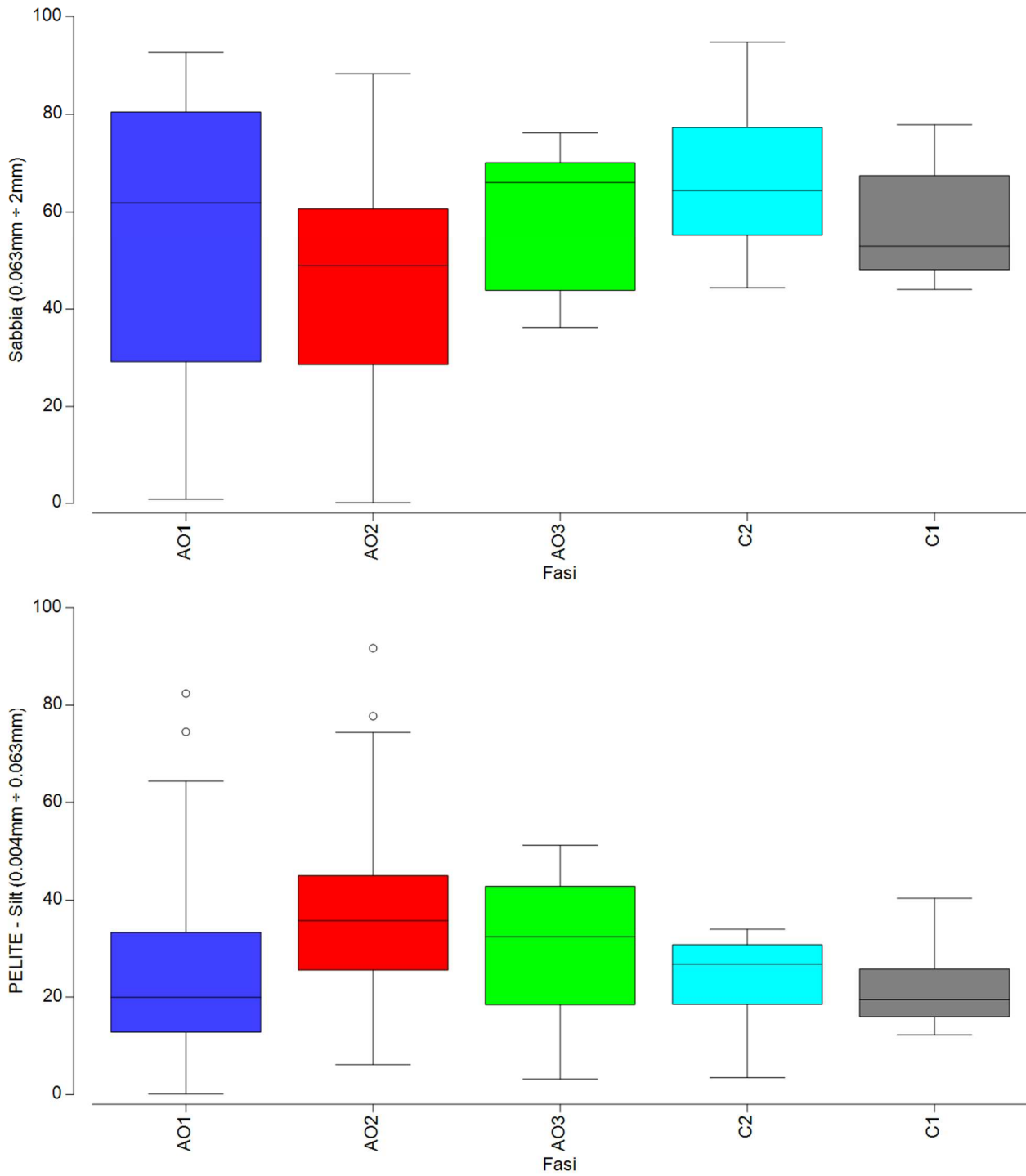
Si riportano nella seguente Figura 5 le rappresentazioni Box-Whiskers relativi all'analisi statistica condotta rispetto al fattore "fase", le rappresentazioni sono state ottenute eliminando gli *outlayers* sporadici (ove presenti) che appiattivano eccessivamente la rappresentazione. Box-Whiskers relativi alle variabili considerate sono 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 utilizzata per esprimere il risultato della variabile rappresentata.

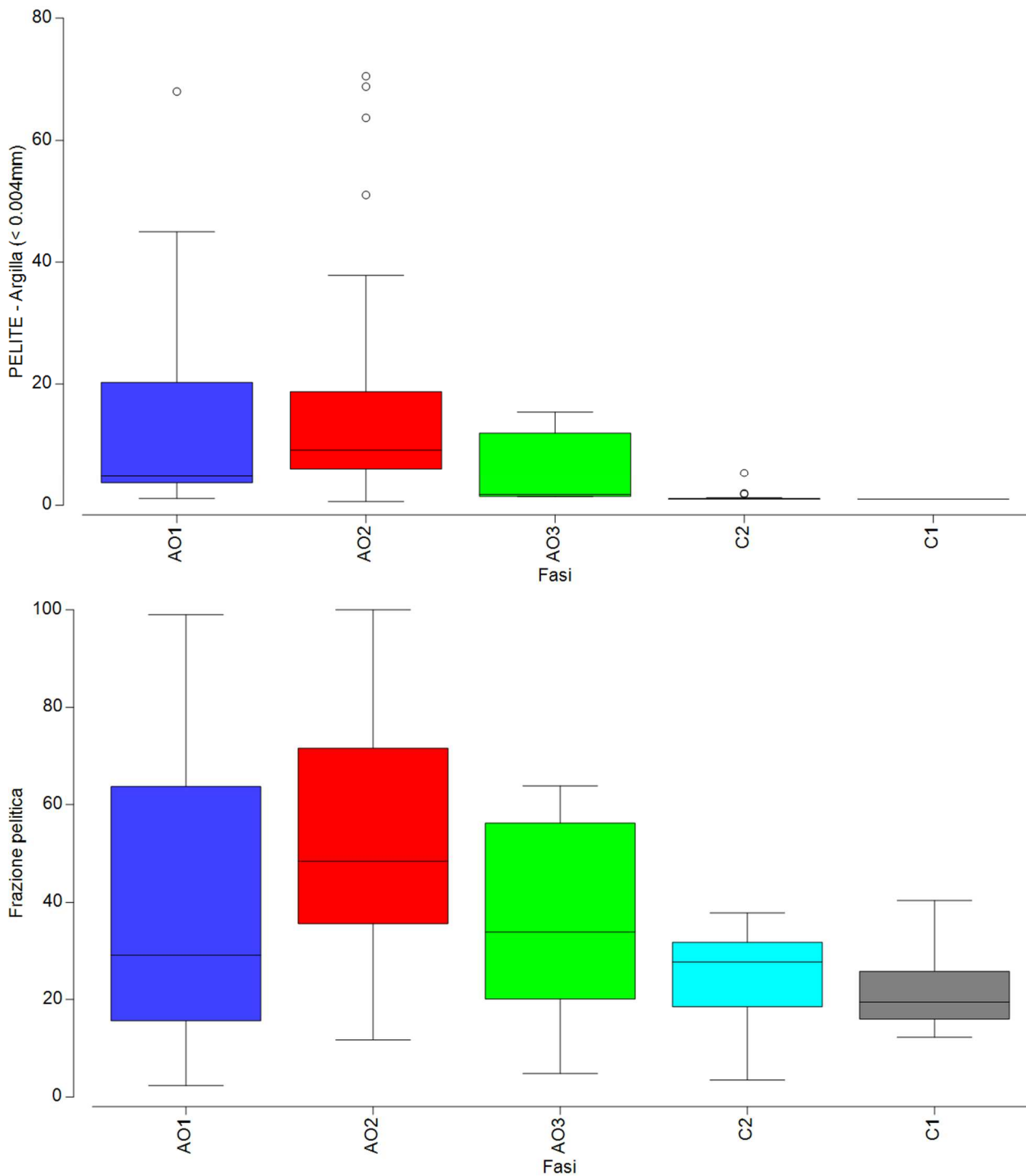
Figura 5 - Rappresentazioni Box-Whiskers relative alle variabili oggetto di indagine raggruppate rispetto al fattore "fase" del monitoraggio.

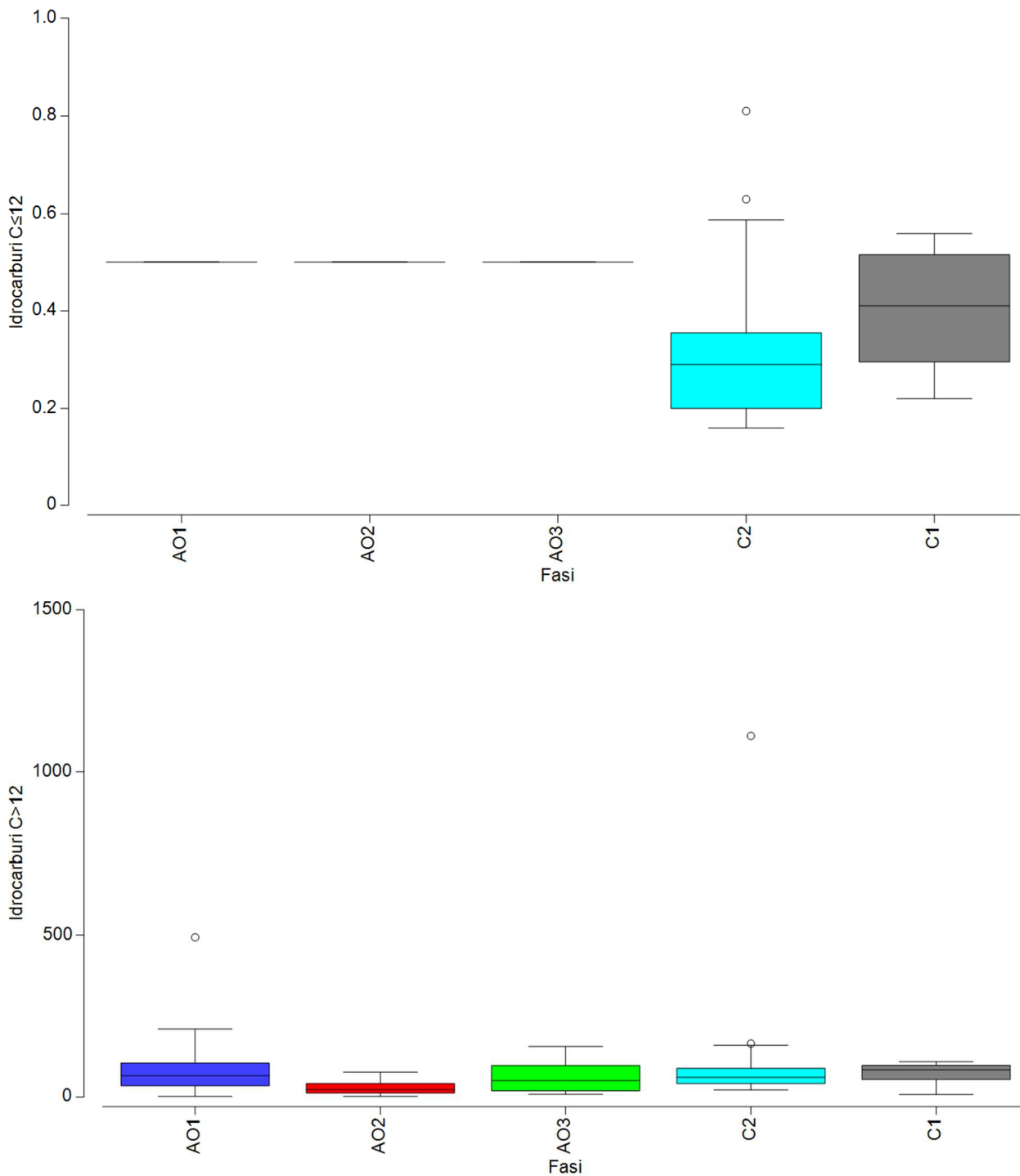


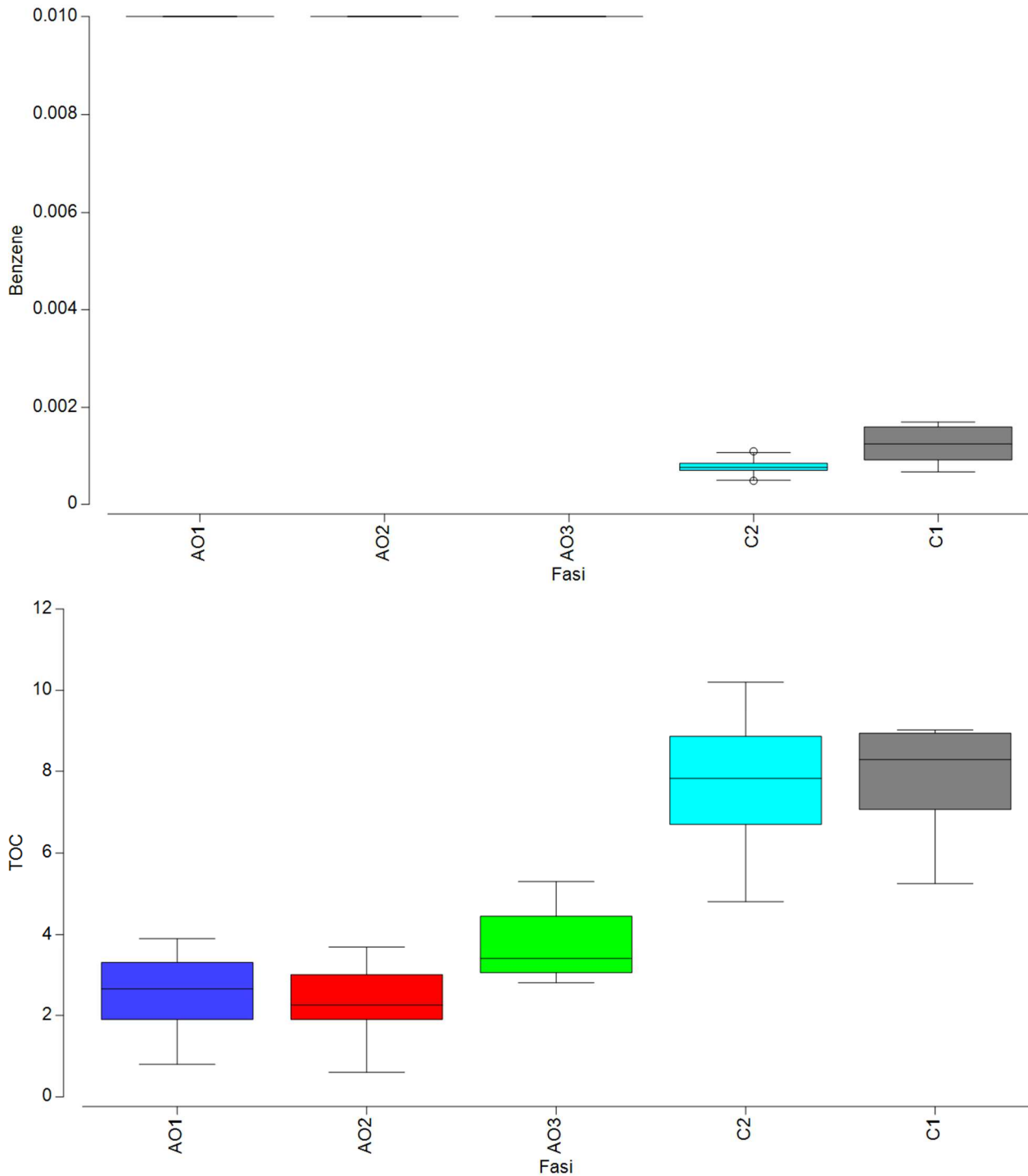


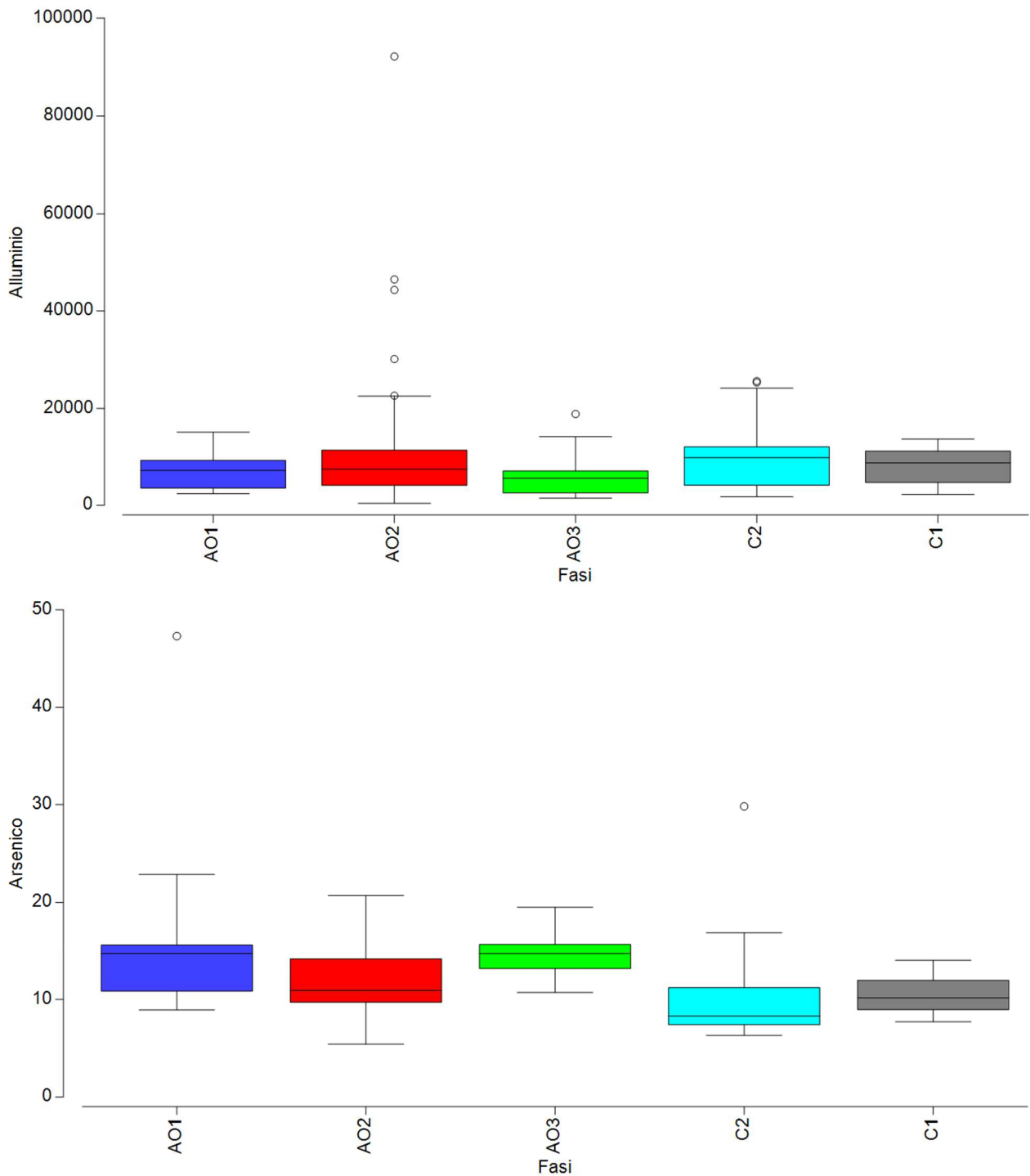


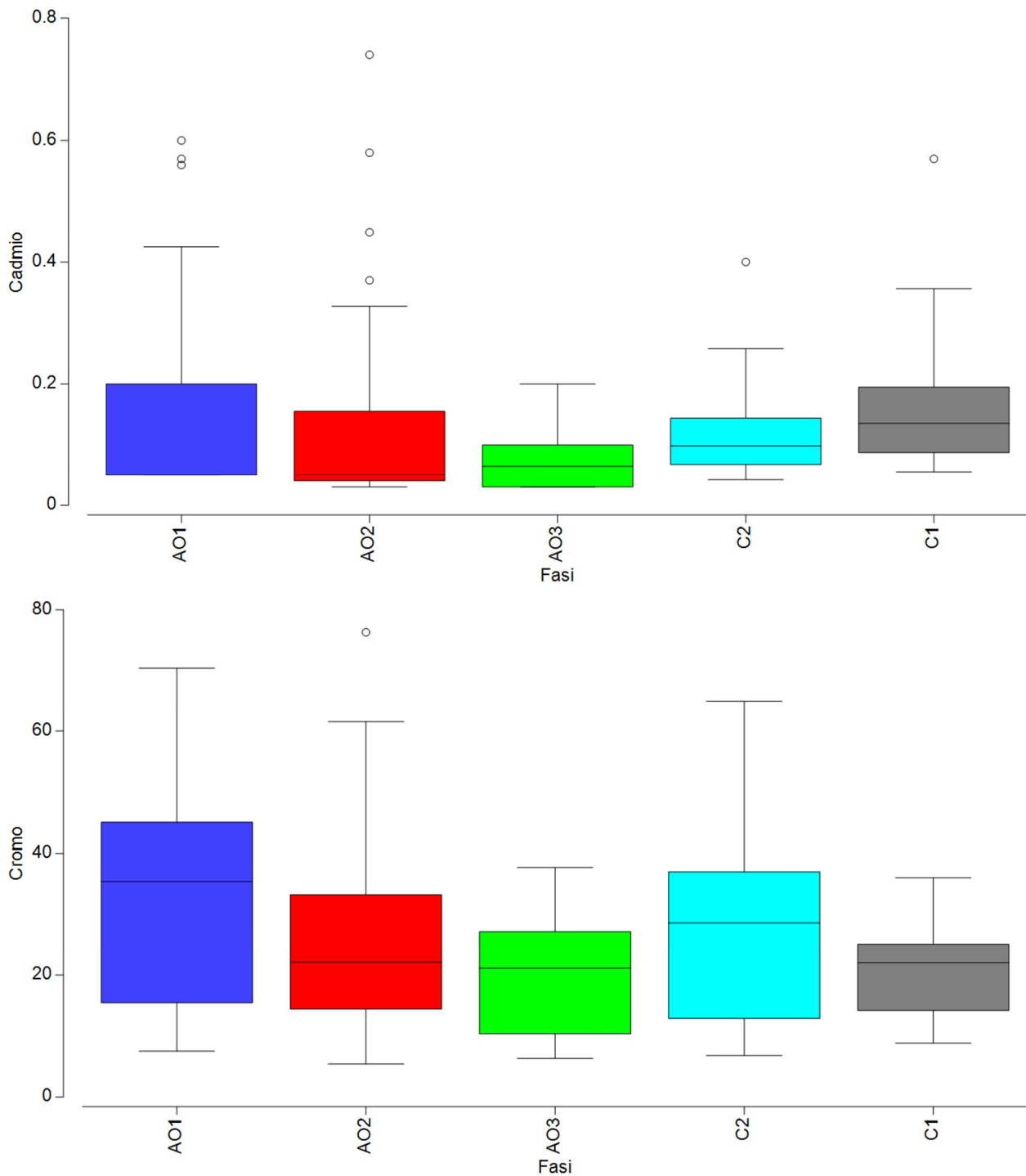


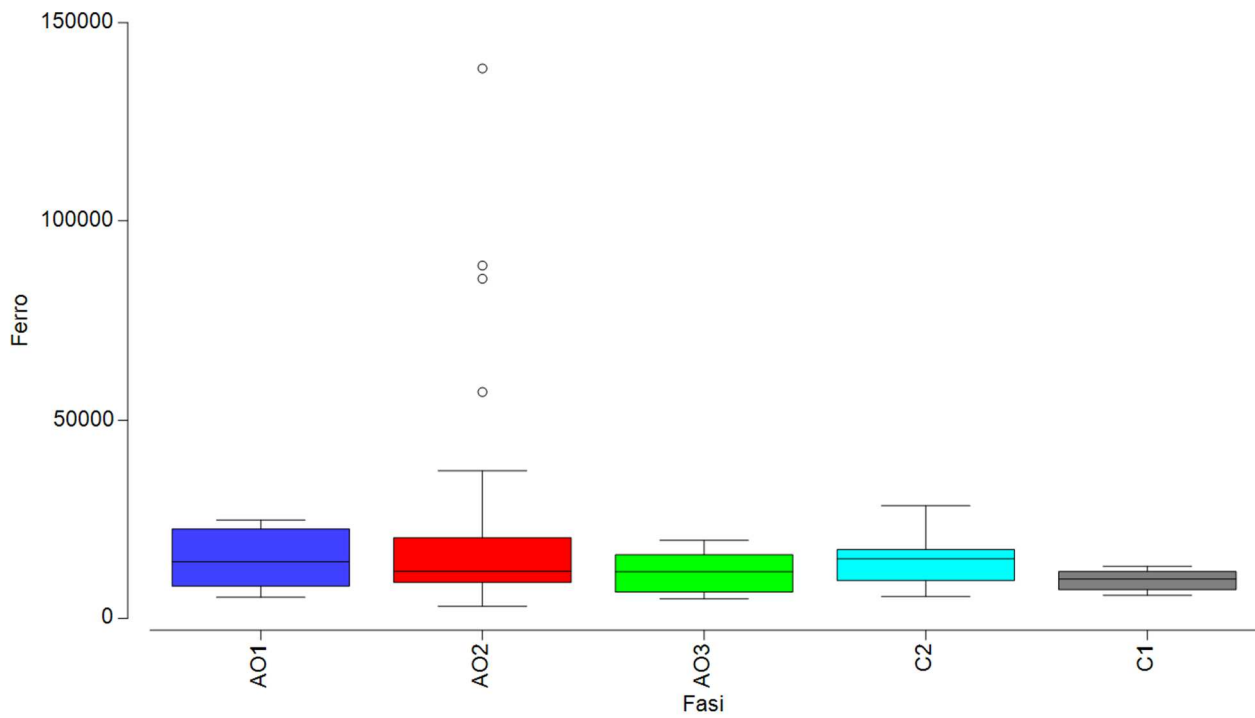
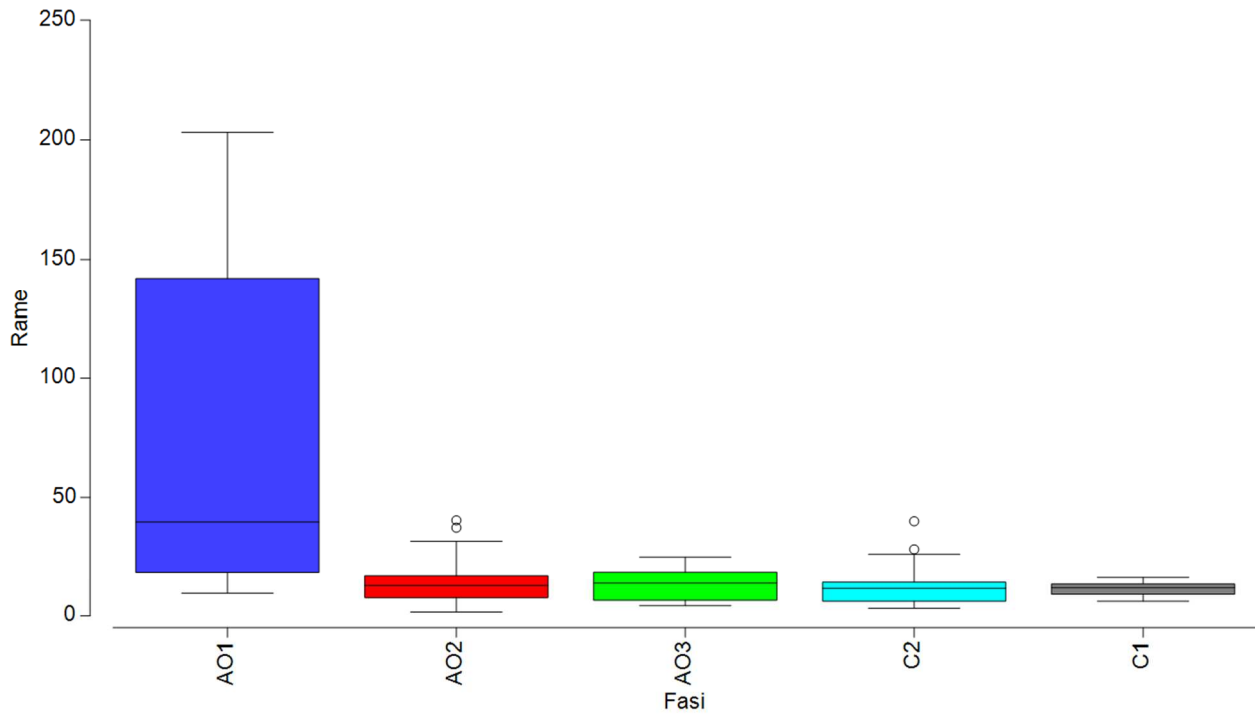


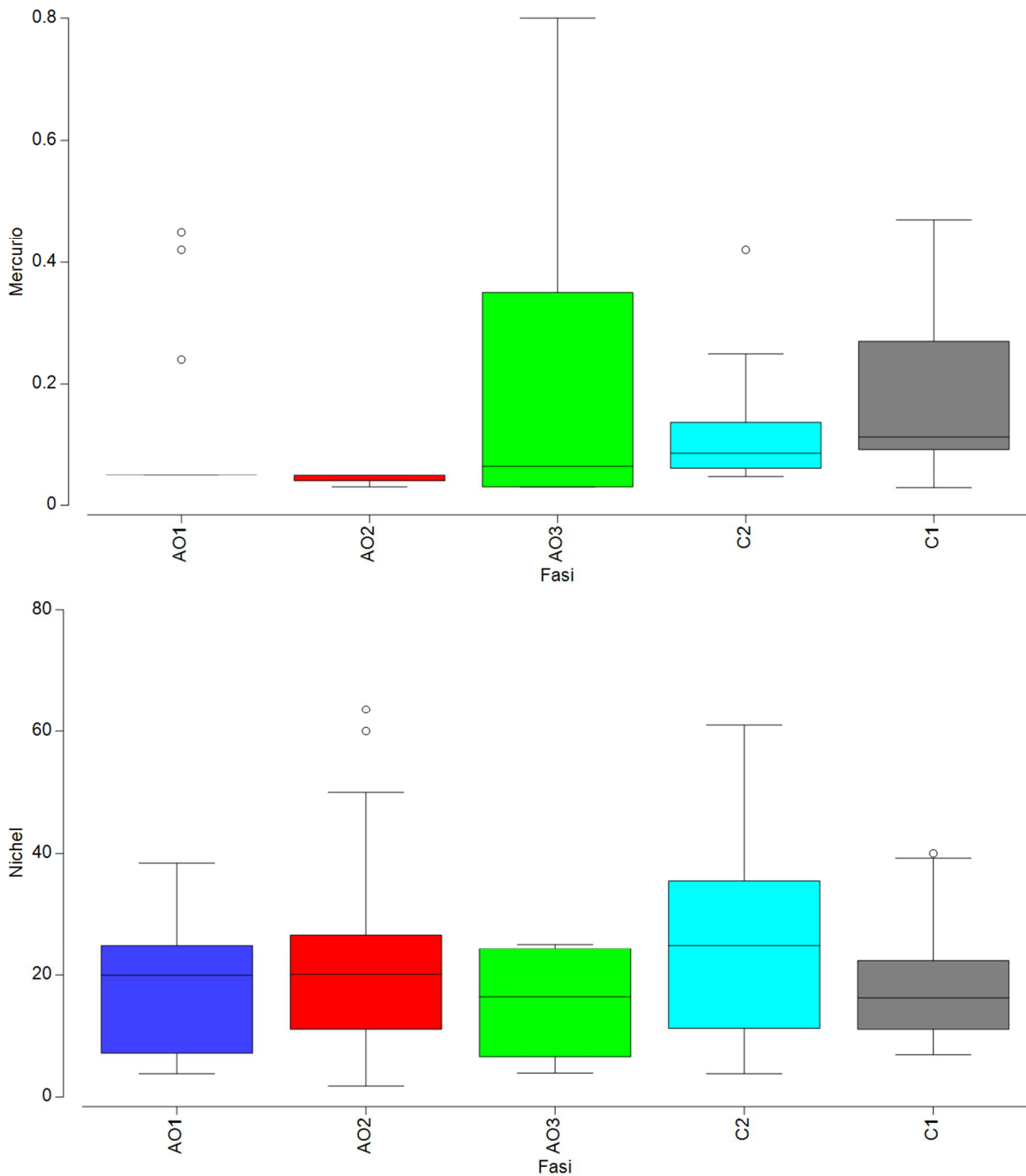


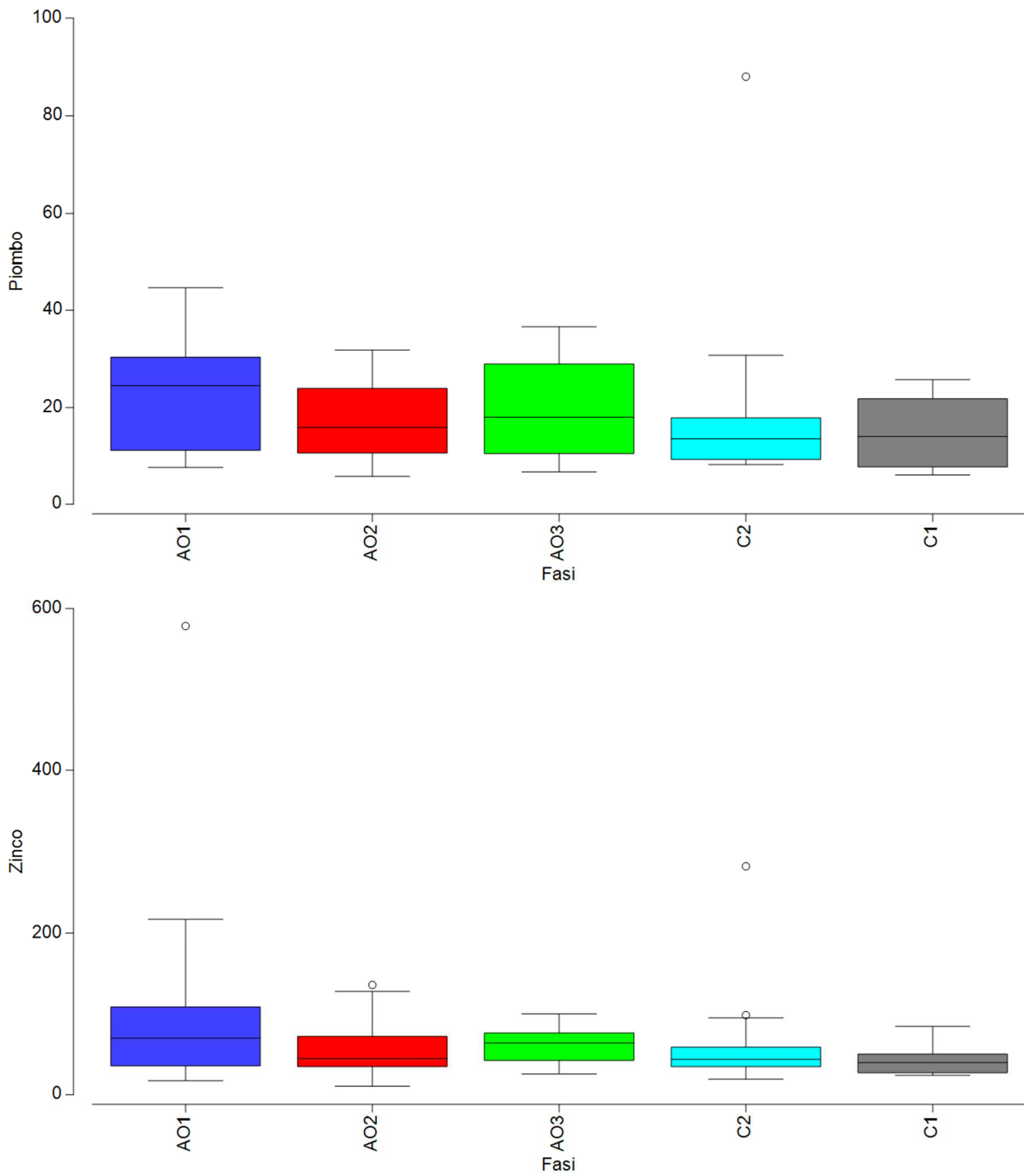


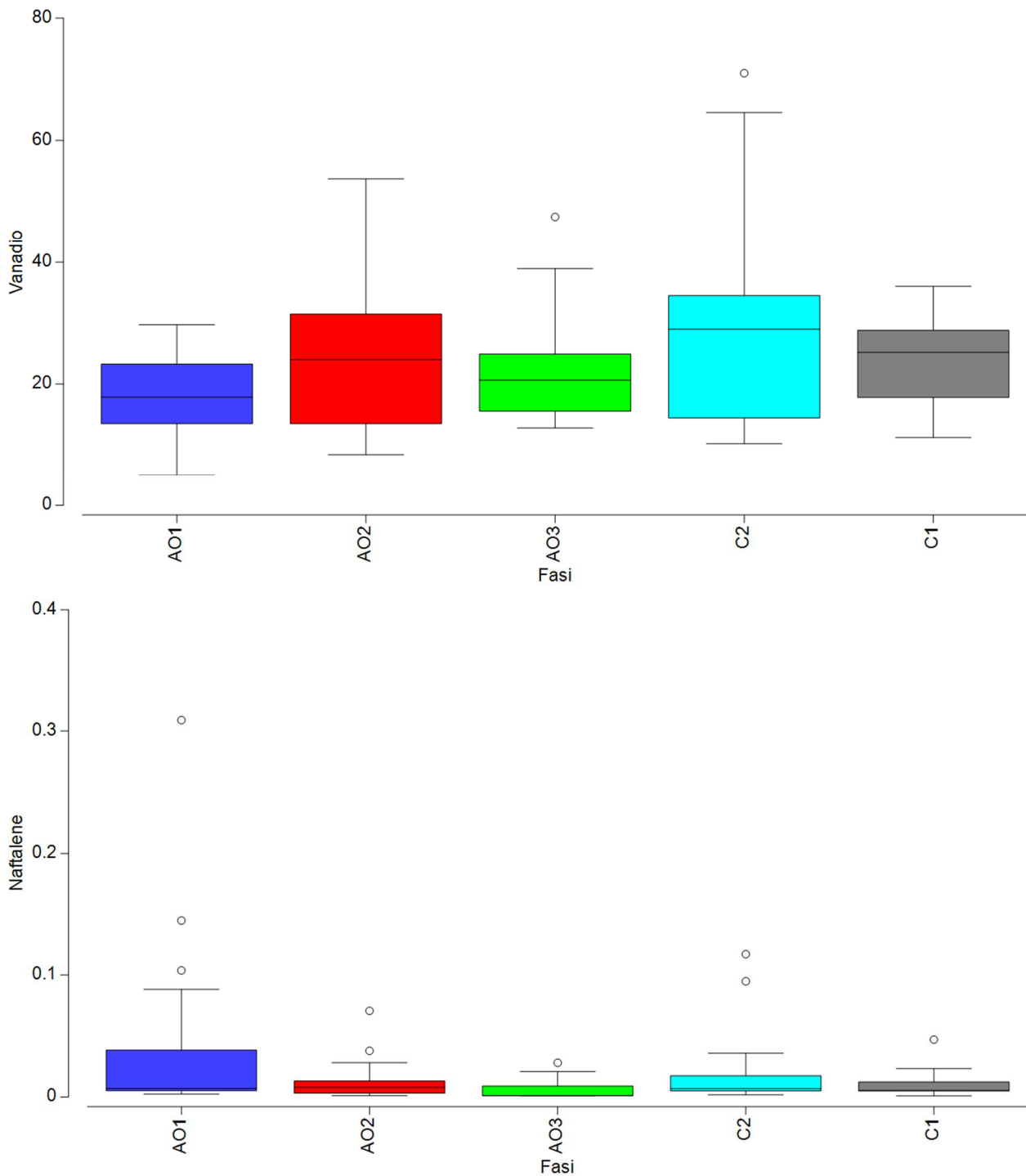


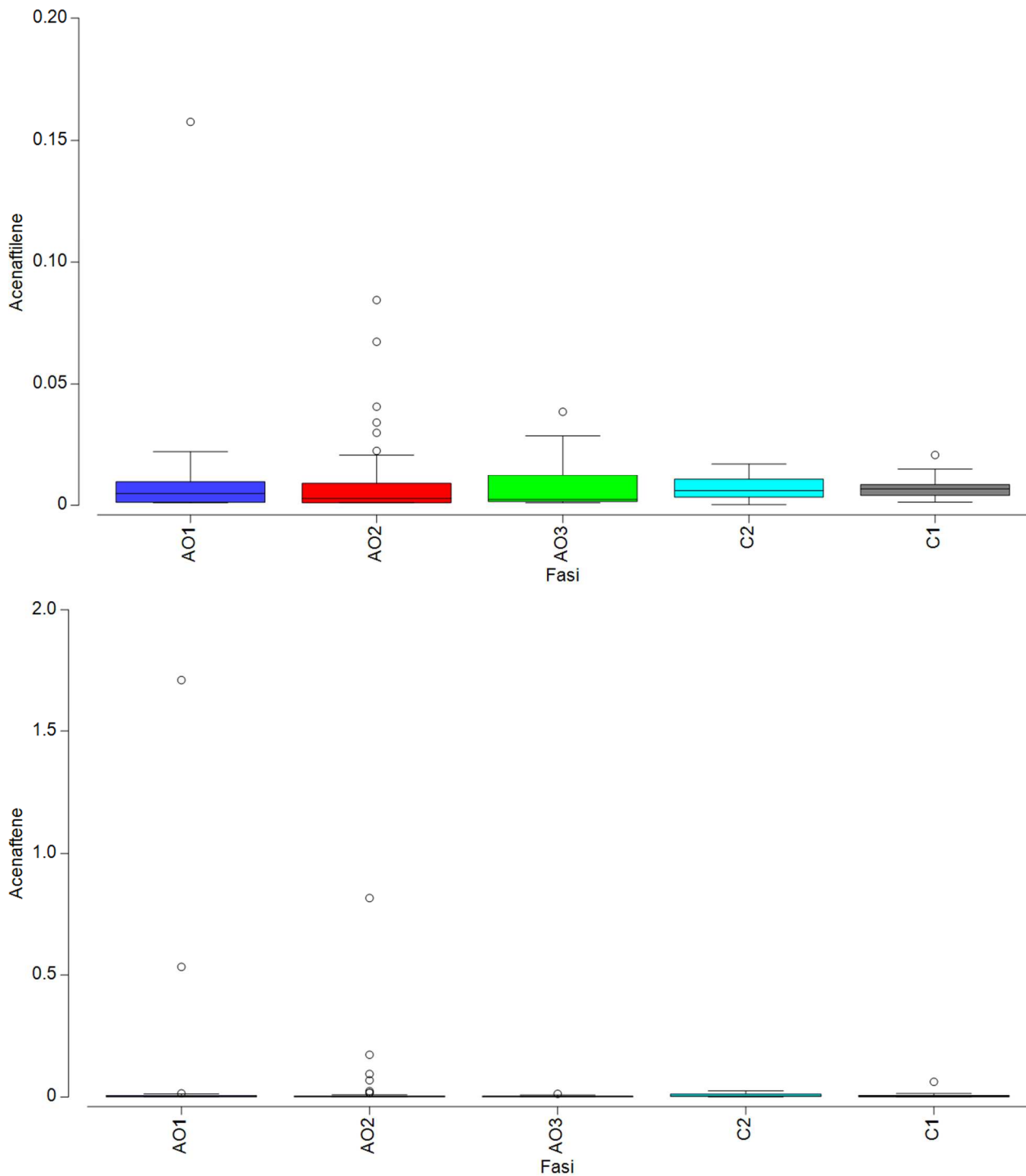


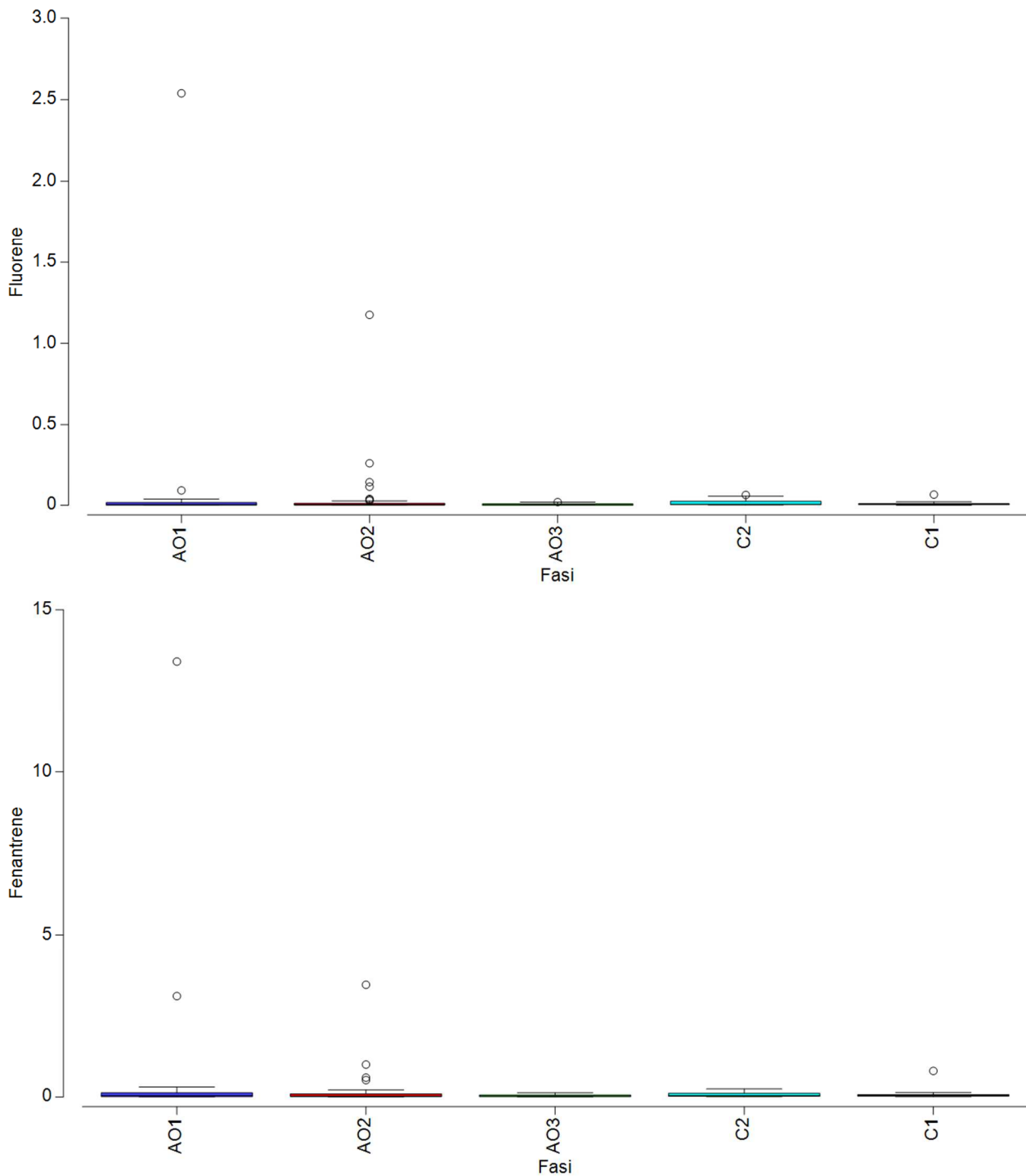


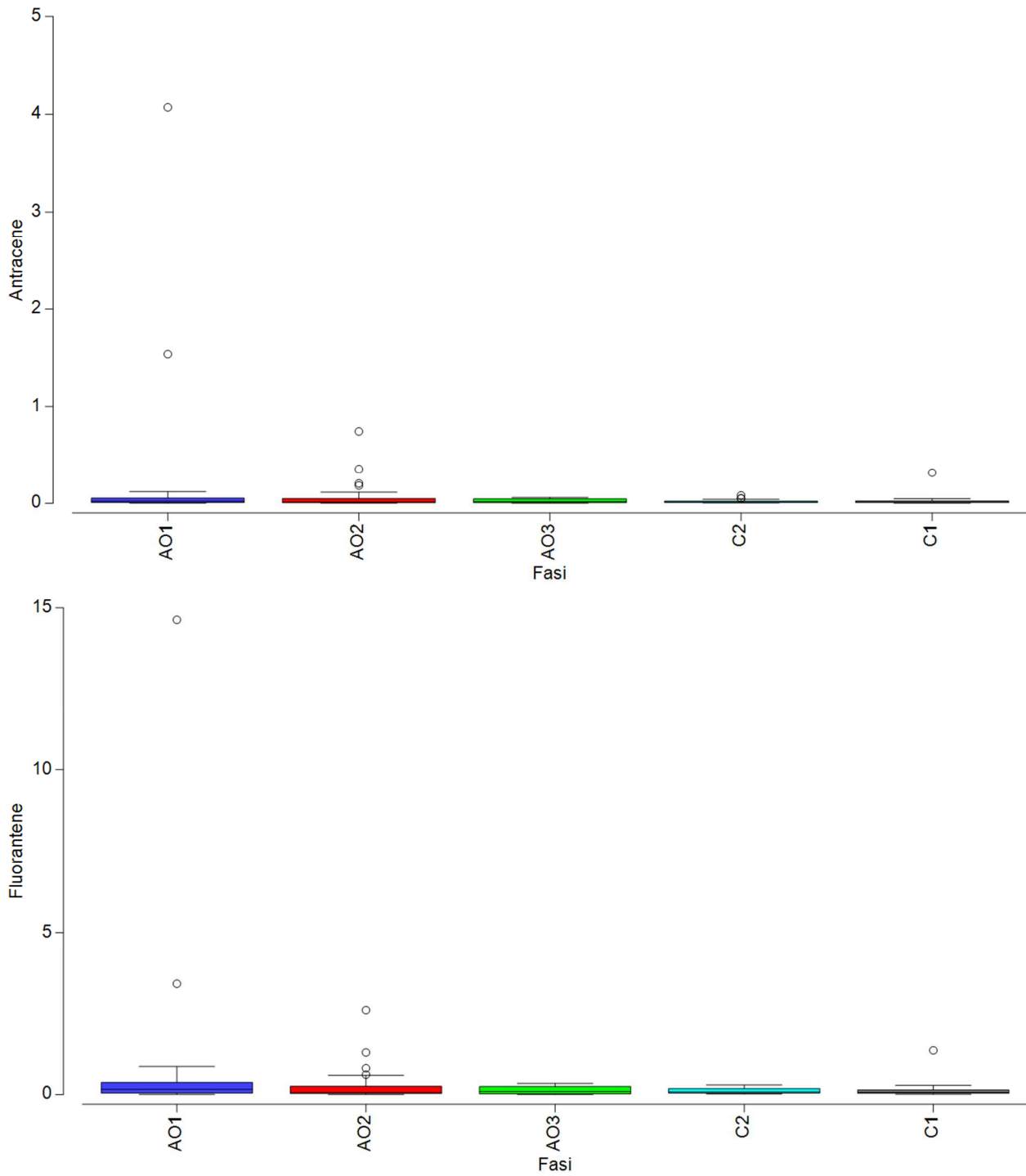


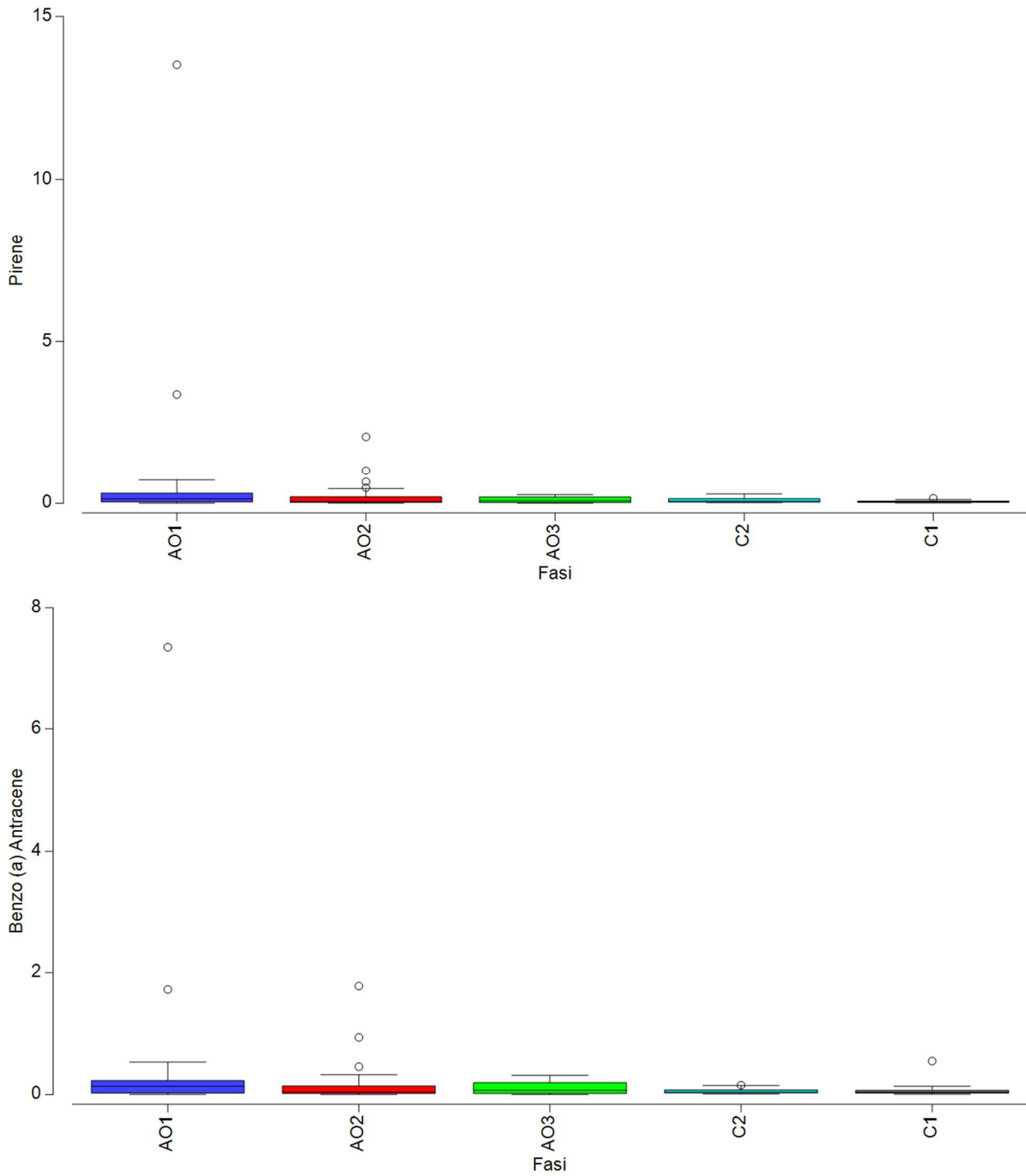


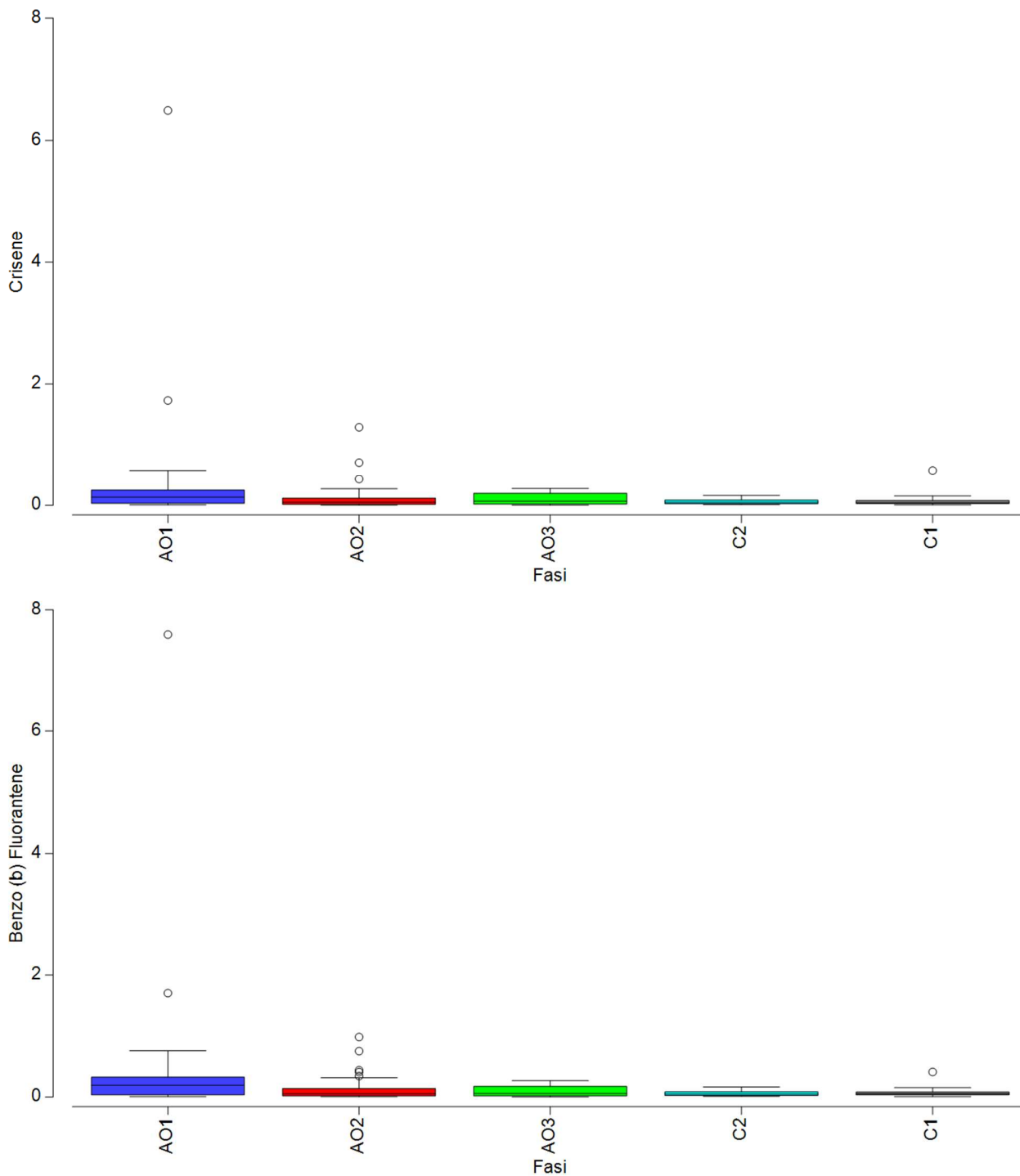


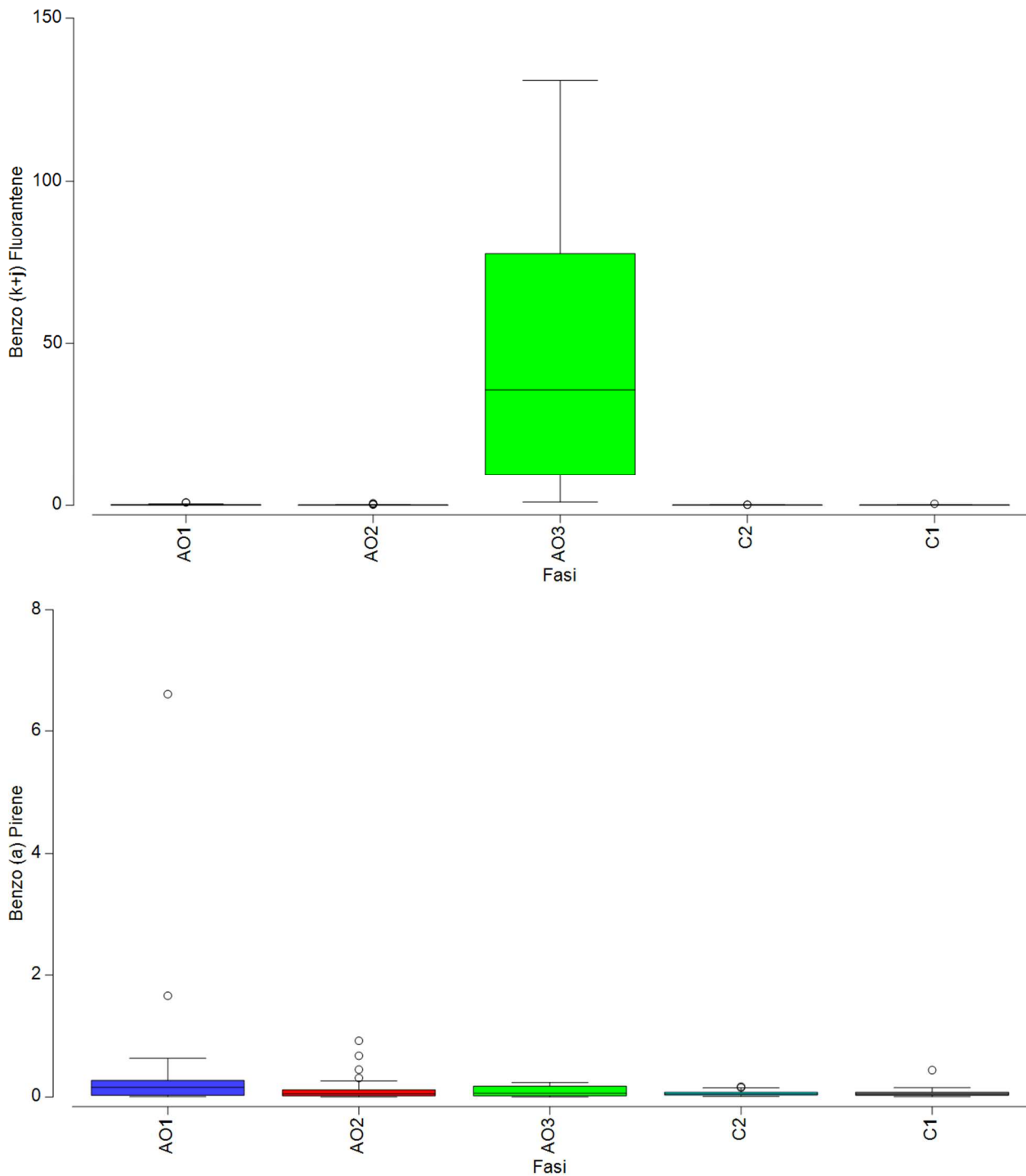


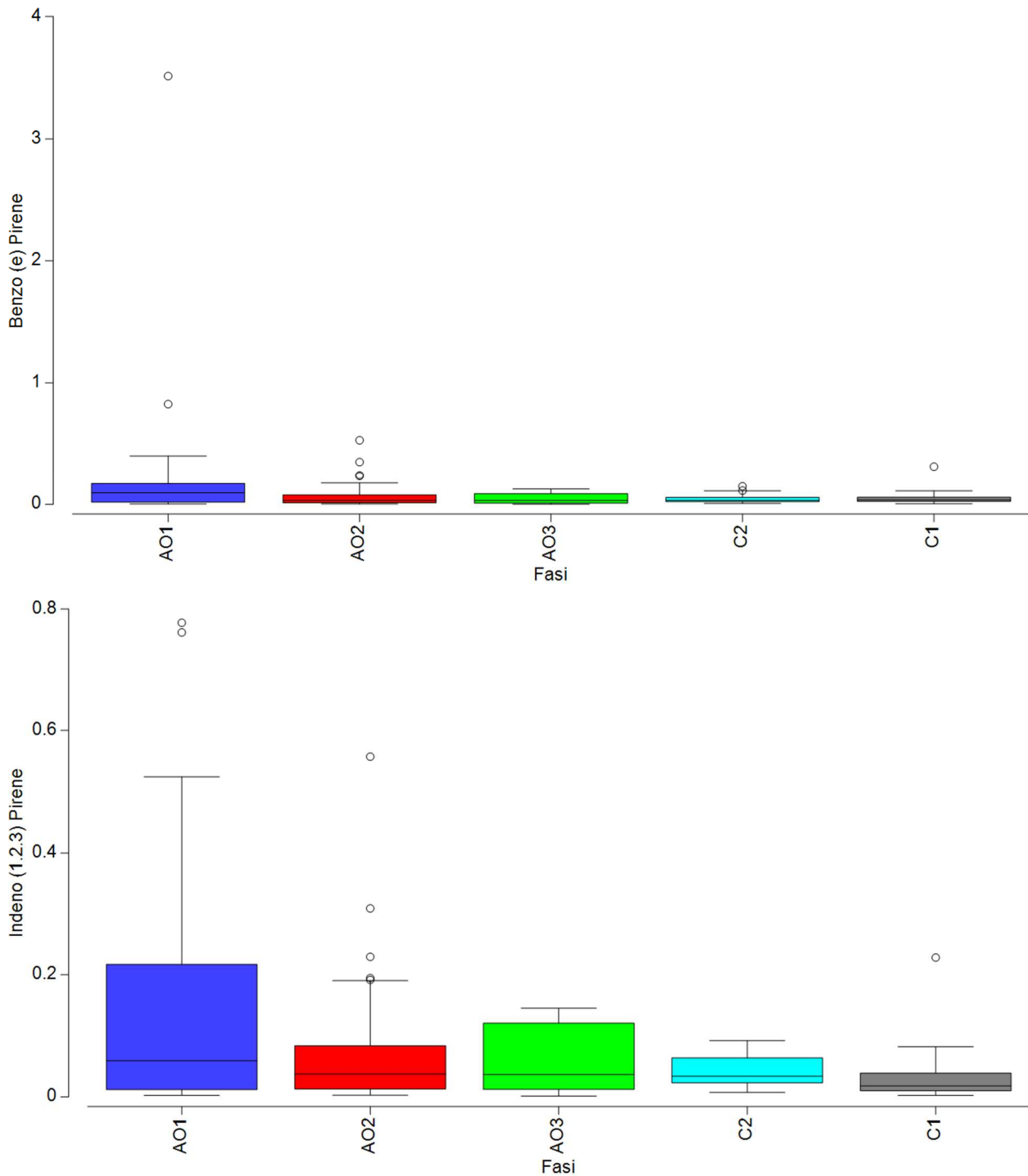


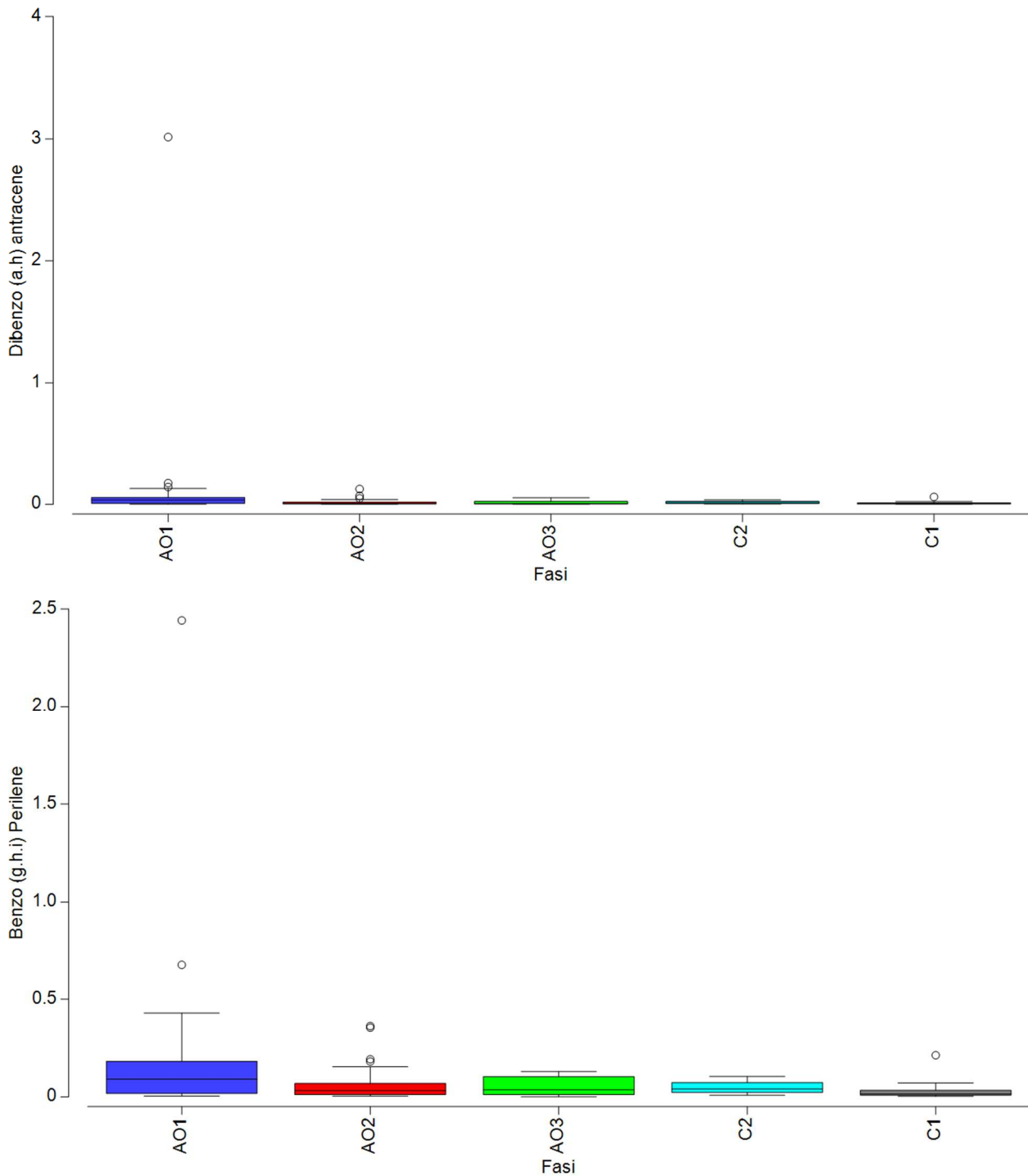


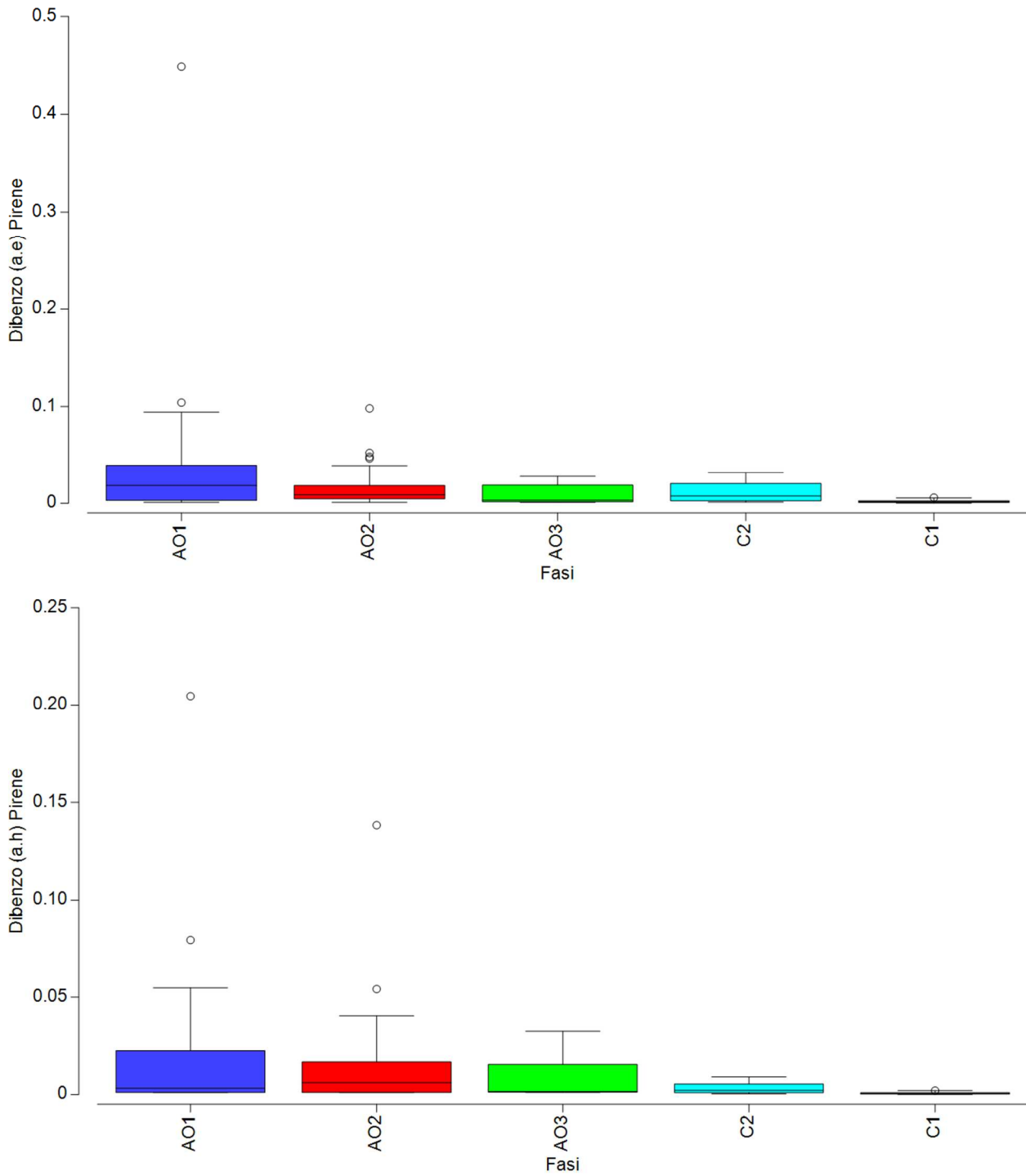


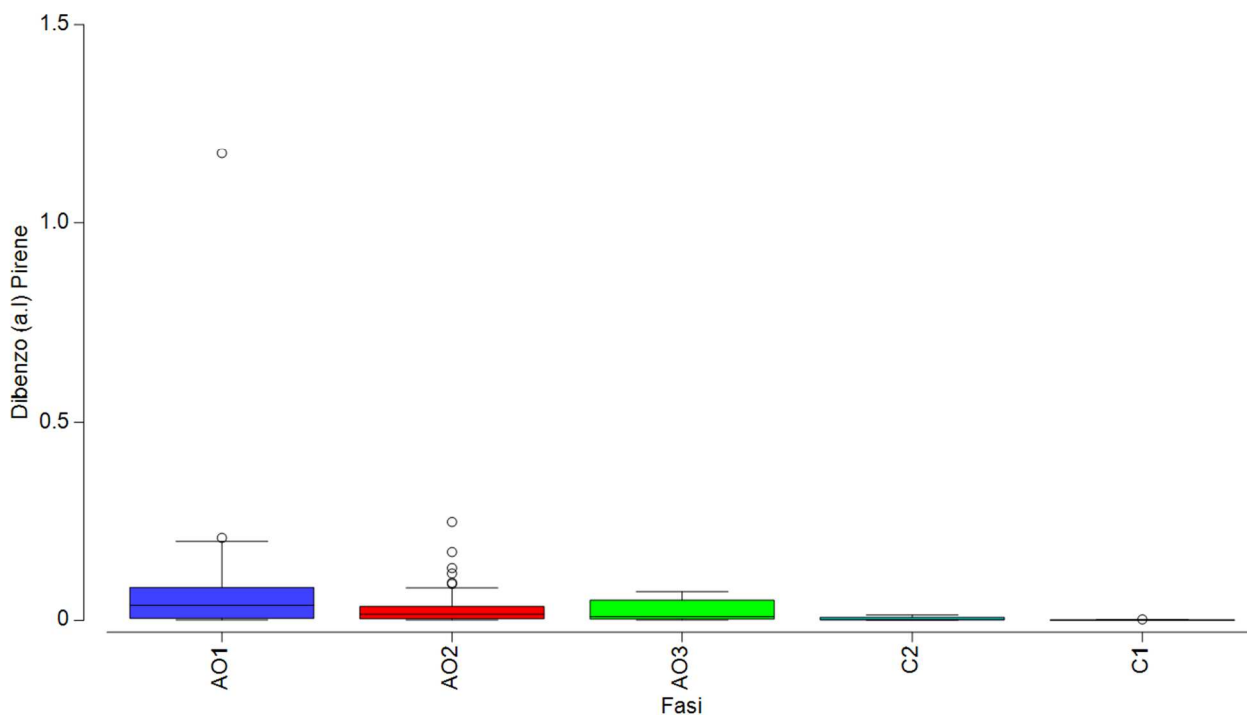
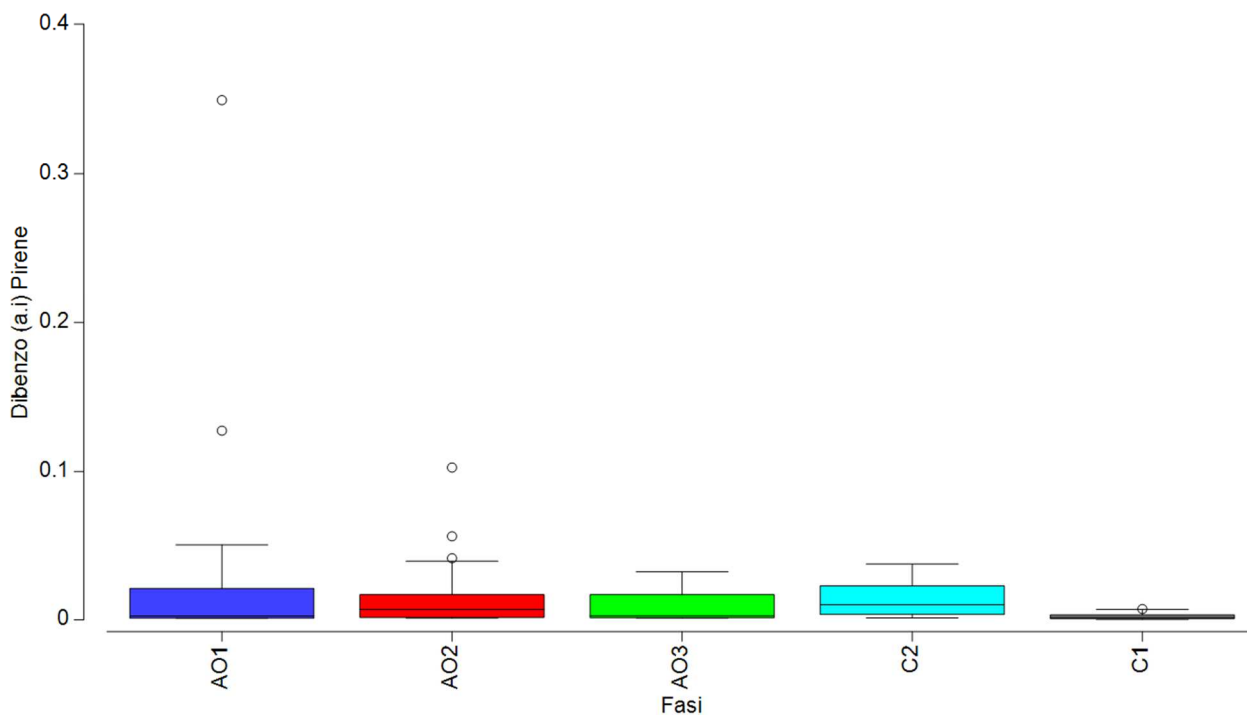


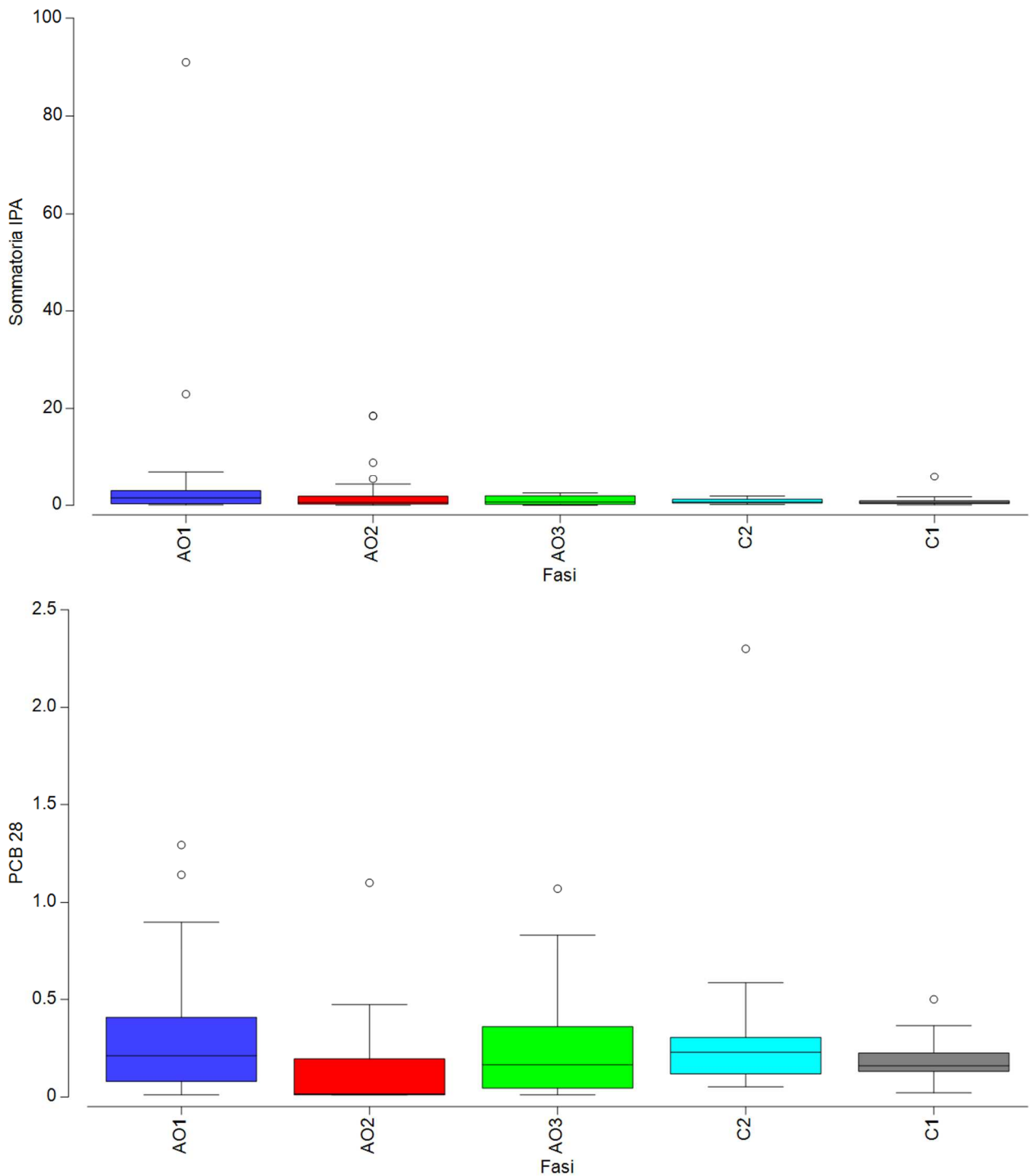


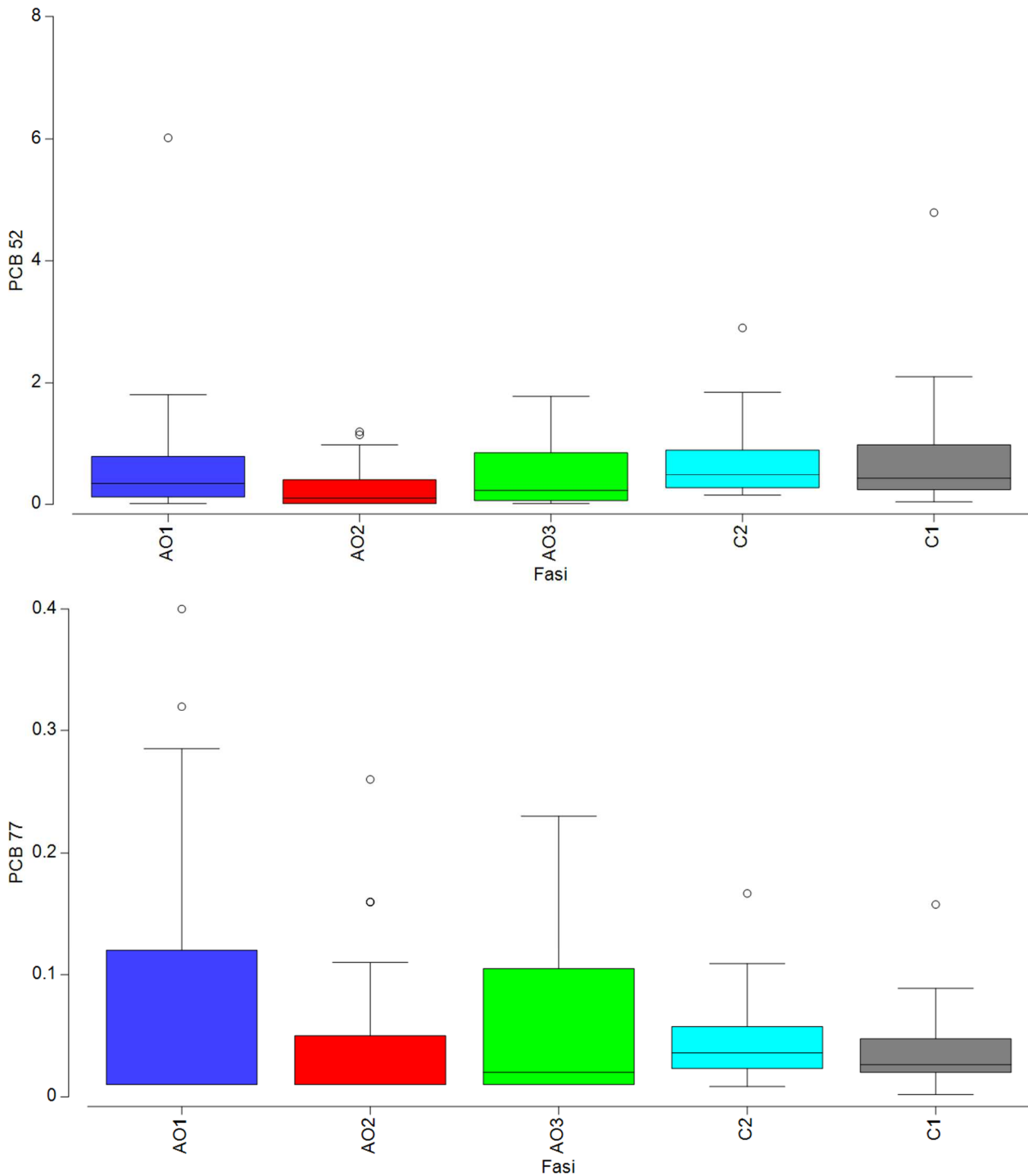


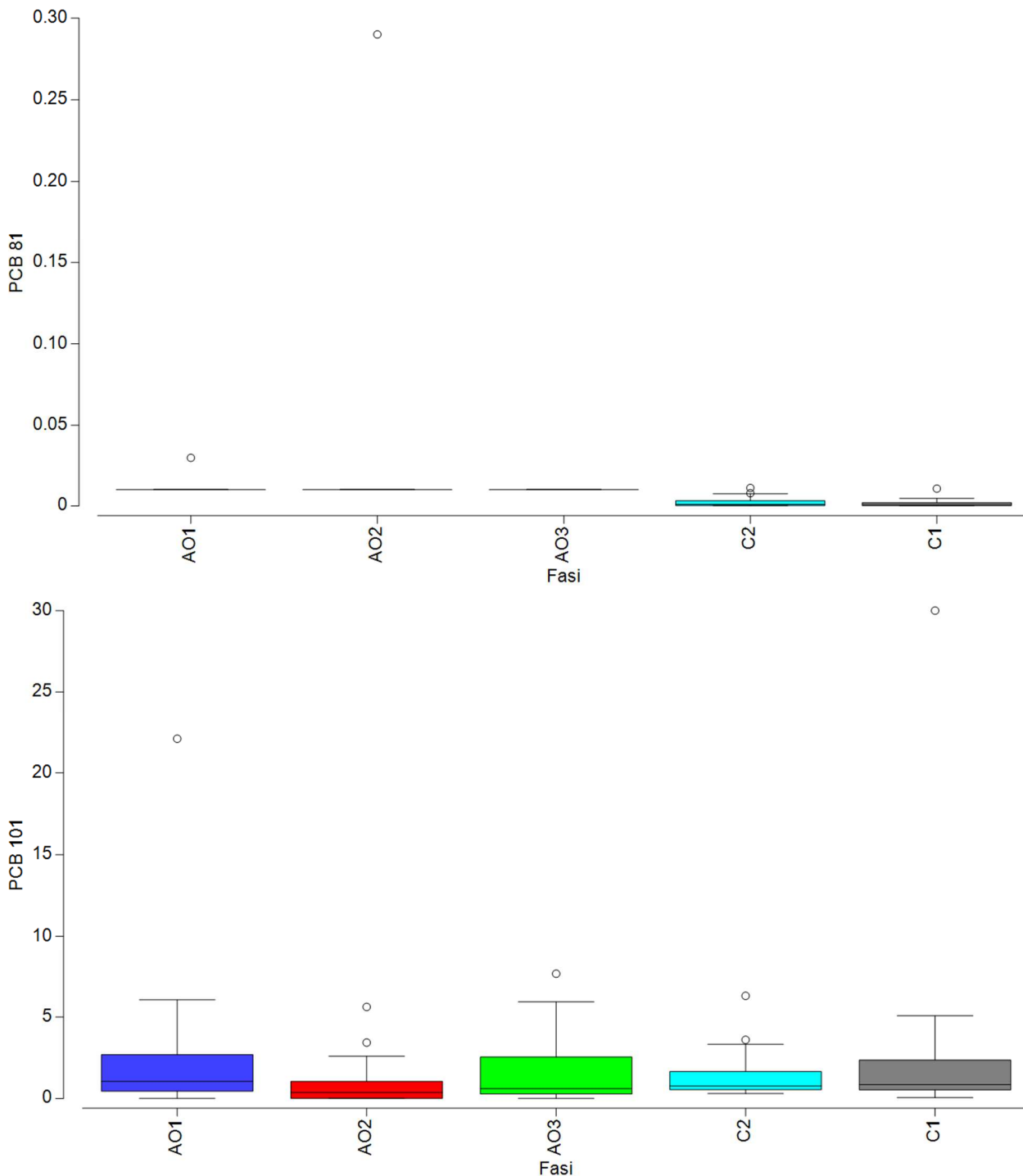


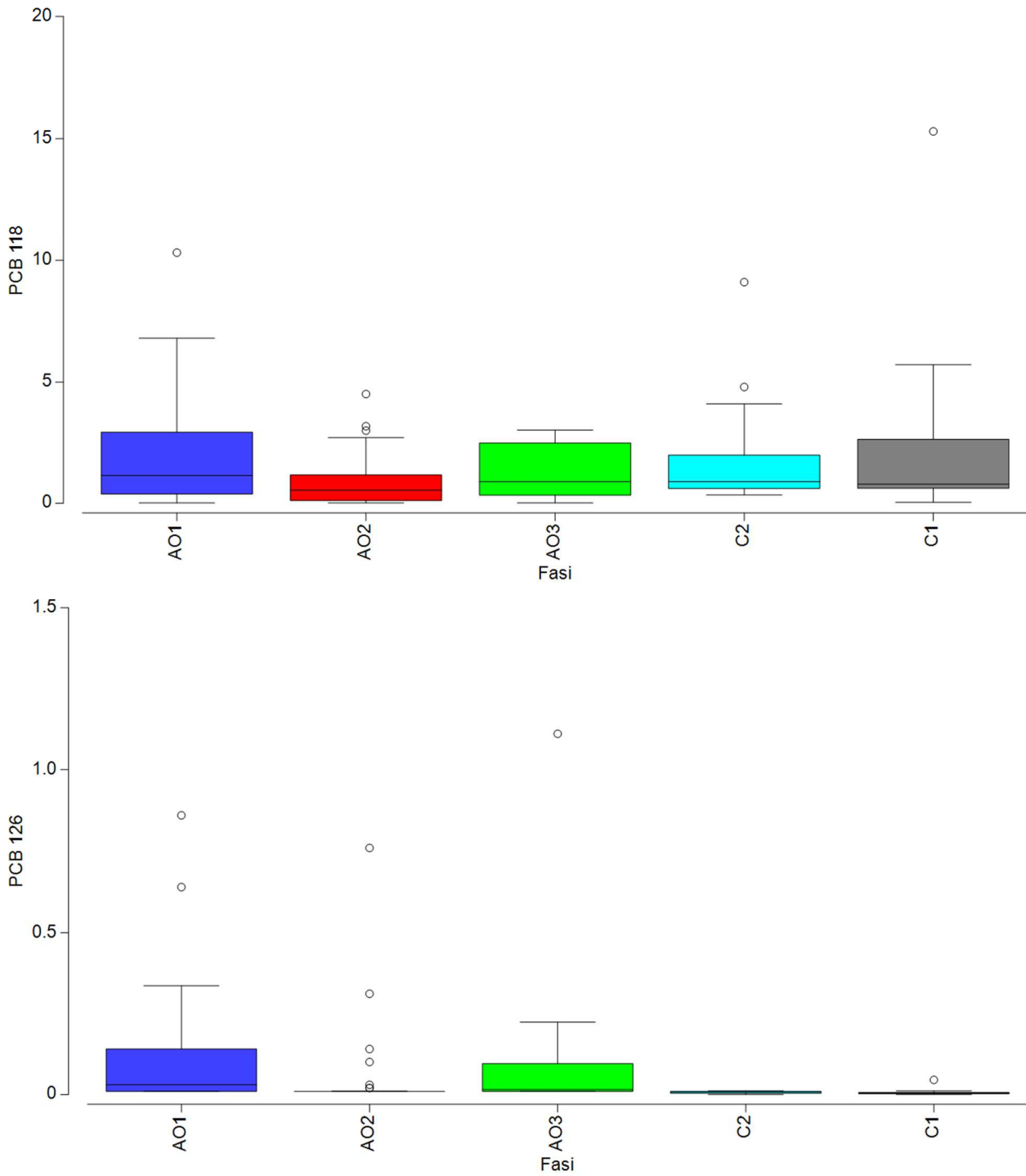


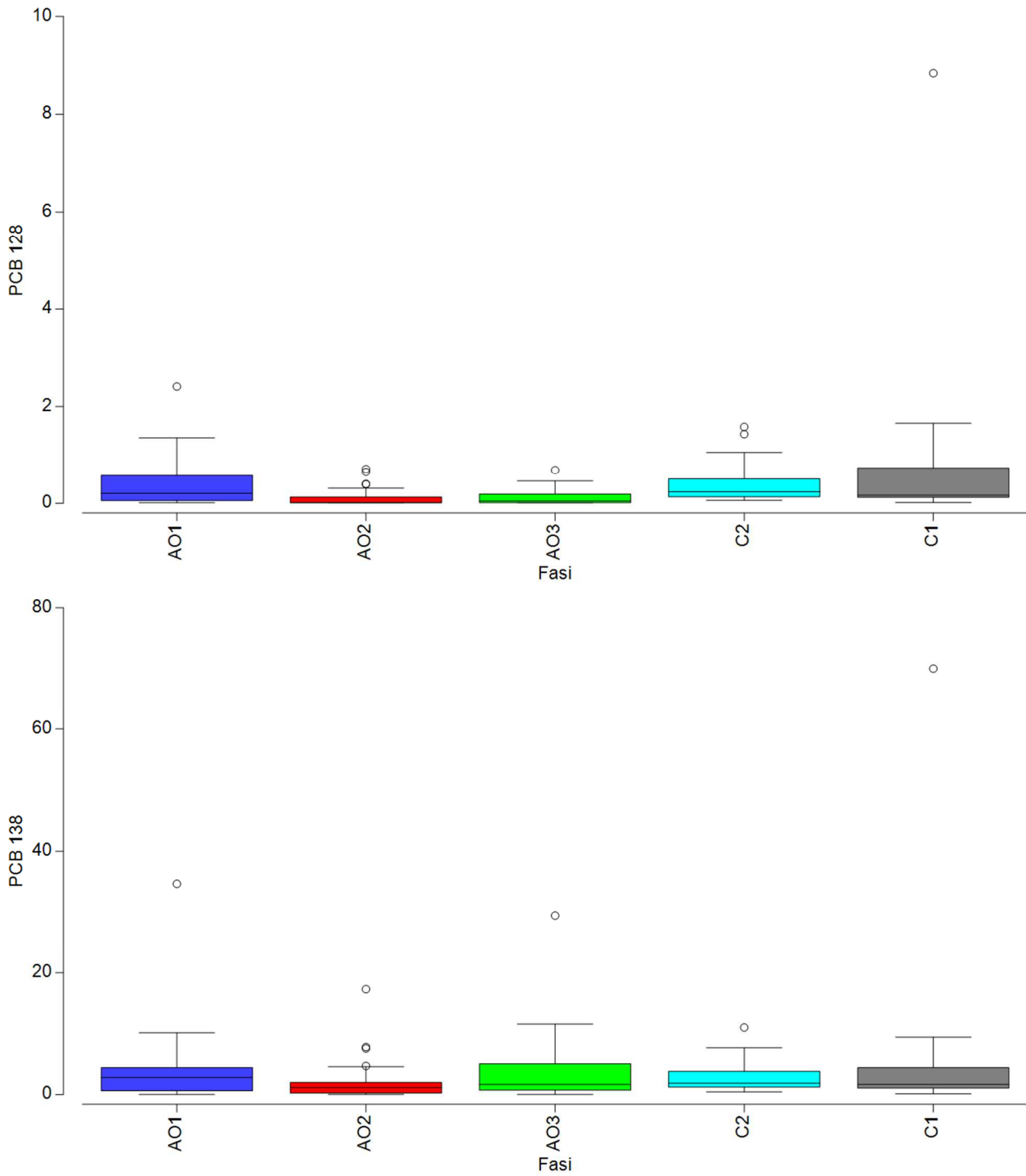


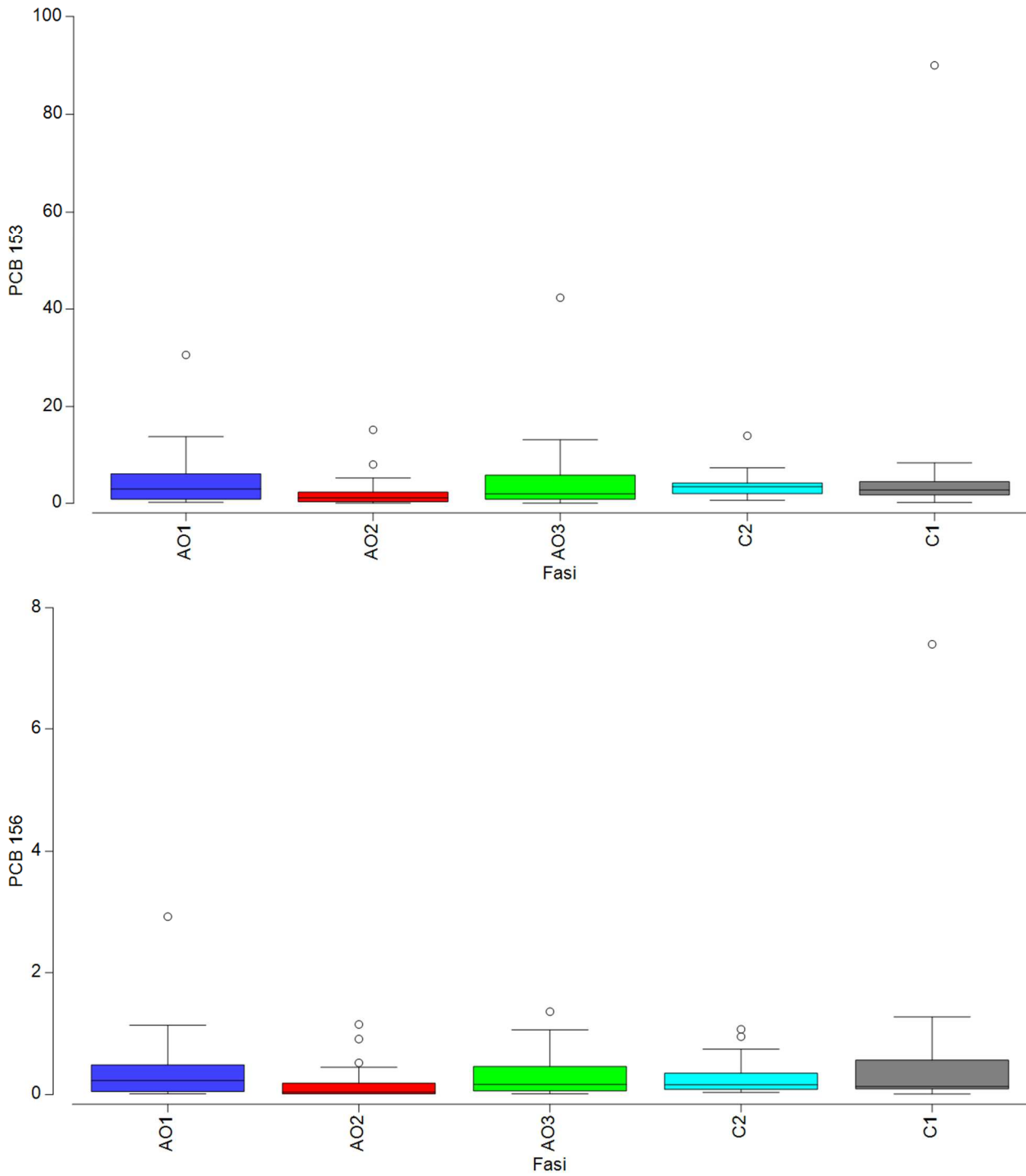


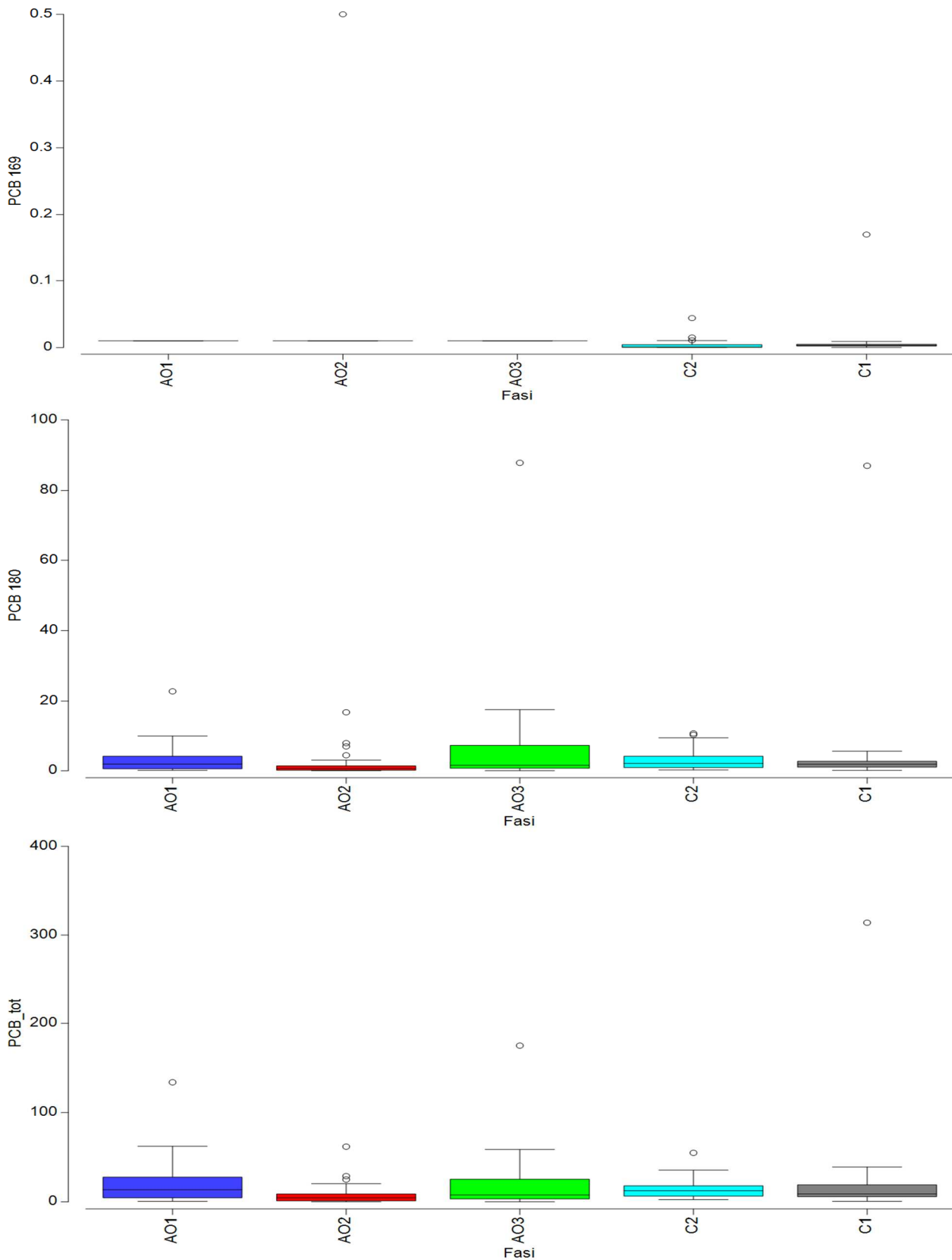












Analisi chimico-fisica su una percentuale di campioni totali (crf. Allegato V)

La statistica multivariata condotta sulle variabili la Principal component analyses (PCA) è riportata in Figura 6. La PCA ha evidenziato una percentuale di varianza cumulativa spiegata dai primi tre assi del 88,2% distribuita per l'51,3% al primo asse, per il 26,0% al secondo asse e per il 11,0% al terzo asse. La rappresentazione bidimensionale approssima, pertanto, la variabilità complessiva del sistema considerato (77,3%). La proiezione rappresentata, pertanto, coglie la quasi totalità della varianza complessiva del sistema considerato che mostra una componente non identificata residuale inferiore al 30%. I coefficienti nelle combinazioni lineari delle variabili che compongono i PC (*Eigenvectors*) sono riportati in Tabella 3.

Figura 6 - 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.

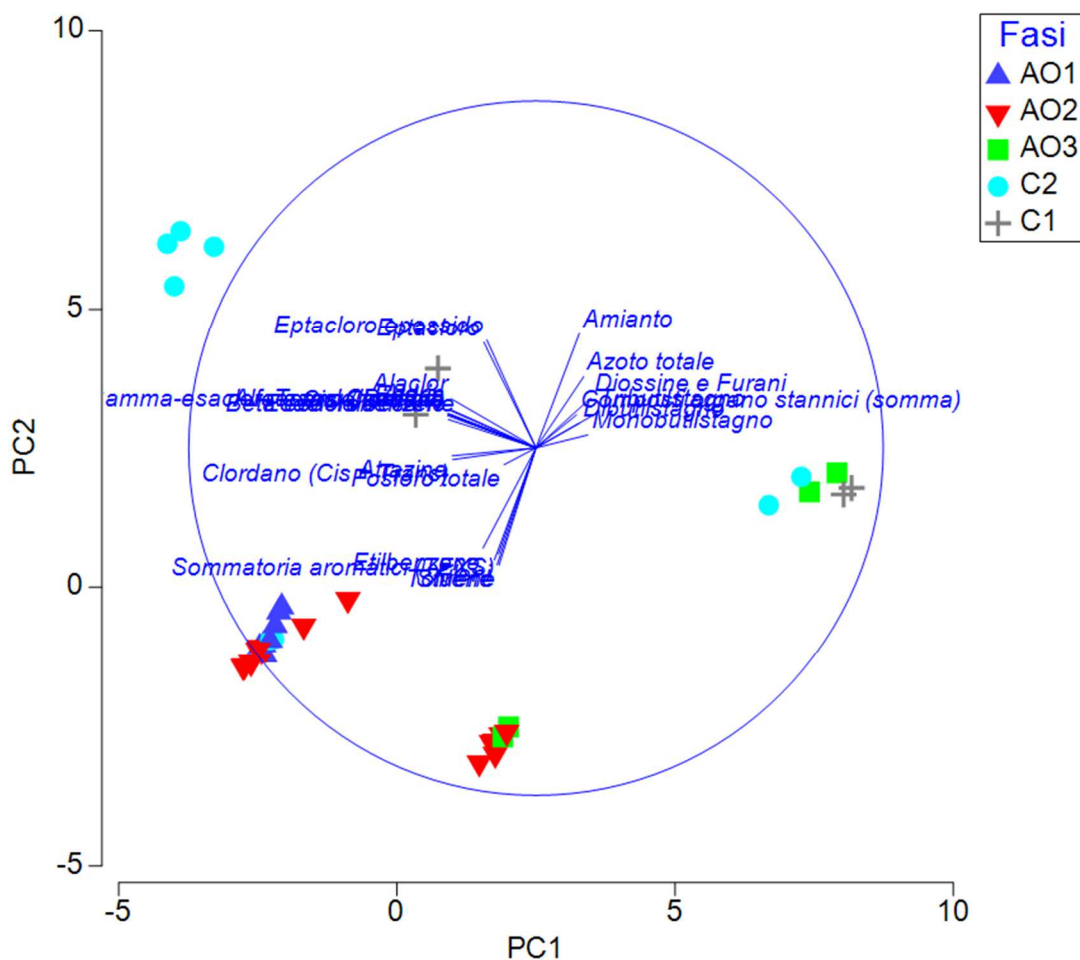
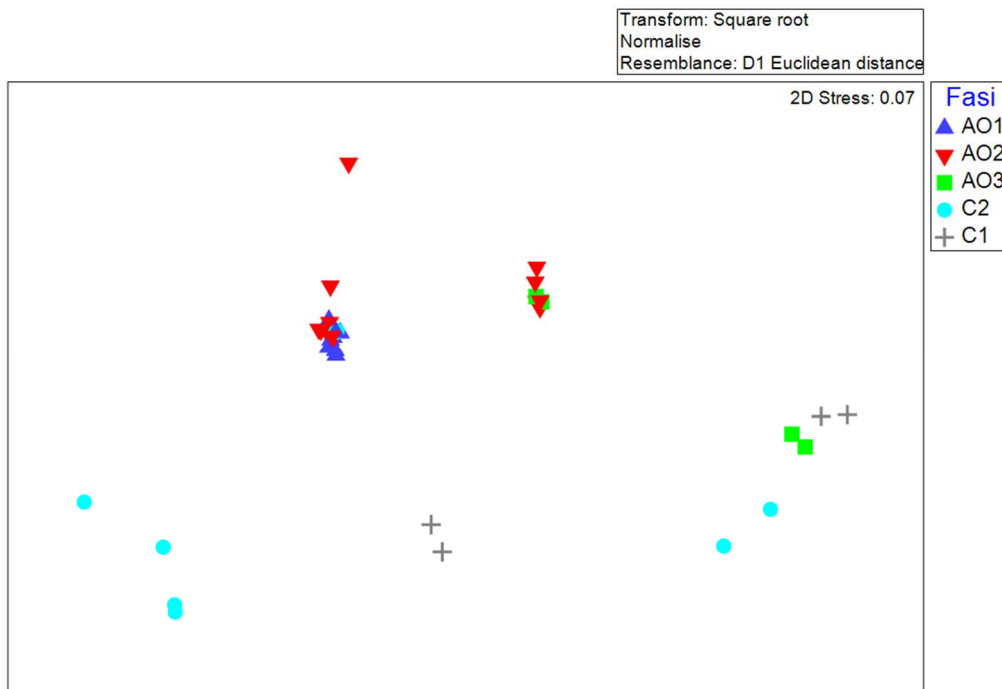


Tabella 3 - Eigenvectors della PCA relativi ai primi tre assi.

Variabile	PC1	PC2	PC3
Alaclor	-0,245	0,141	-0,083
Aldrin	-0,25	0,112	-0,1
Atrazina	-0,242	-0,023	0,113
Alfa-esacloroetano	-0,253	0,097	-0,107
Beta-esacloroetano	-0,253	0,082	-0,113
Gamma-esacloroetano (lindano)	-0,253	0,098	-0,103
Cis-Clordano	-0,254	0,093	-0,108
Trans-Clordano	-0,254	0,098	-0,105
Clordano (Cis + Trans)	-0,24	-0,034	0,091
Dieldrin	-0,249	0,097	-0,107
Endrin	-0,252	0,109	-0,098
Composti organo stannici (somma)	0,117	0,095	-0,448
Monobutilstagno	0,149	0,037	-0,45
Dibutilstagno	0,125	0,07	-0,444
Tributilstagno	0,171	0,097	-0,383
Eptacloro	-0,15	0,304	0,05
Eptacloro epossido	-0,142	0,31	0,057
Esaclorobenzene	-0,225	0,084	0,128
Azoto totale	0,137	0,205	0,06
Fosforo totale	-0,092	-0,048	-0,002
Etilbenzene	-0,153	-0,288	-0,062
Stirene	-0,112	-0,336	-0,078
Toluene	-0,107	-0,338	-0,092
Xileni	-0,12	-0,322	-0,094
Sommatoria aromatici (TEXS)	-0,108	-0,305	-0,027
Amianto	0,125	0,329	0,054
Diossine e Furani	0,157	0,143	0,281

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 7** come multiplot 2D. Nella figura si riportano le rappresentazioni del fattore "fase".

Figura 7 - nMDS con evidenza del fattore "fase" associato alla proiezione bidimensionale.



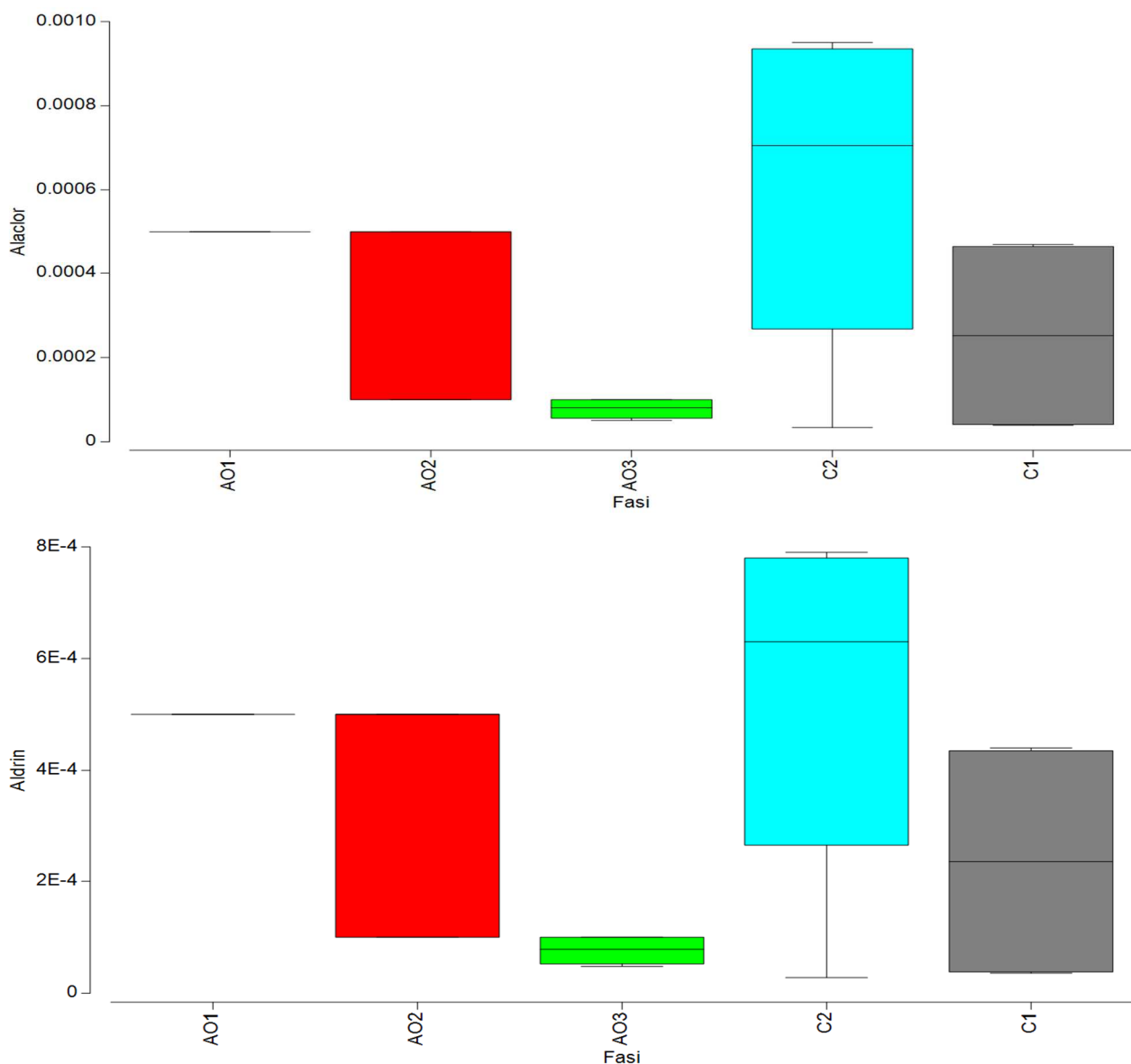
Complessivamente la statistica multivariata condotta ha evidenziato una elevata significatività delle differenze nella distribuzione multivariata rispetto al fattore "fase" pari a 0,01% ($R = 0,423$, $\#>R = 0$, permutazioni possibili 9999). Il peso relativo delle singole variabili nel determinare questo andamento multivariato è stato dettagliato in forma aggregata e tabellare anche dai risultati della PCA. I risultati del Pairwise test condotto a coppie per evidenziare le differenze significative tra "fasi" sono riportati in Tabella 4.

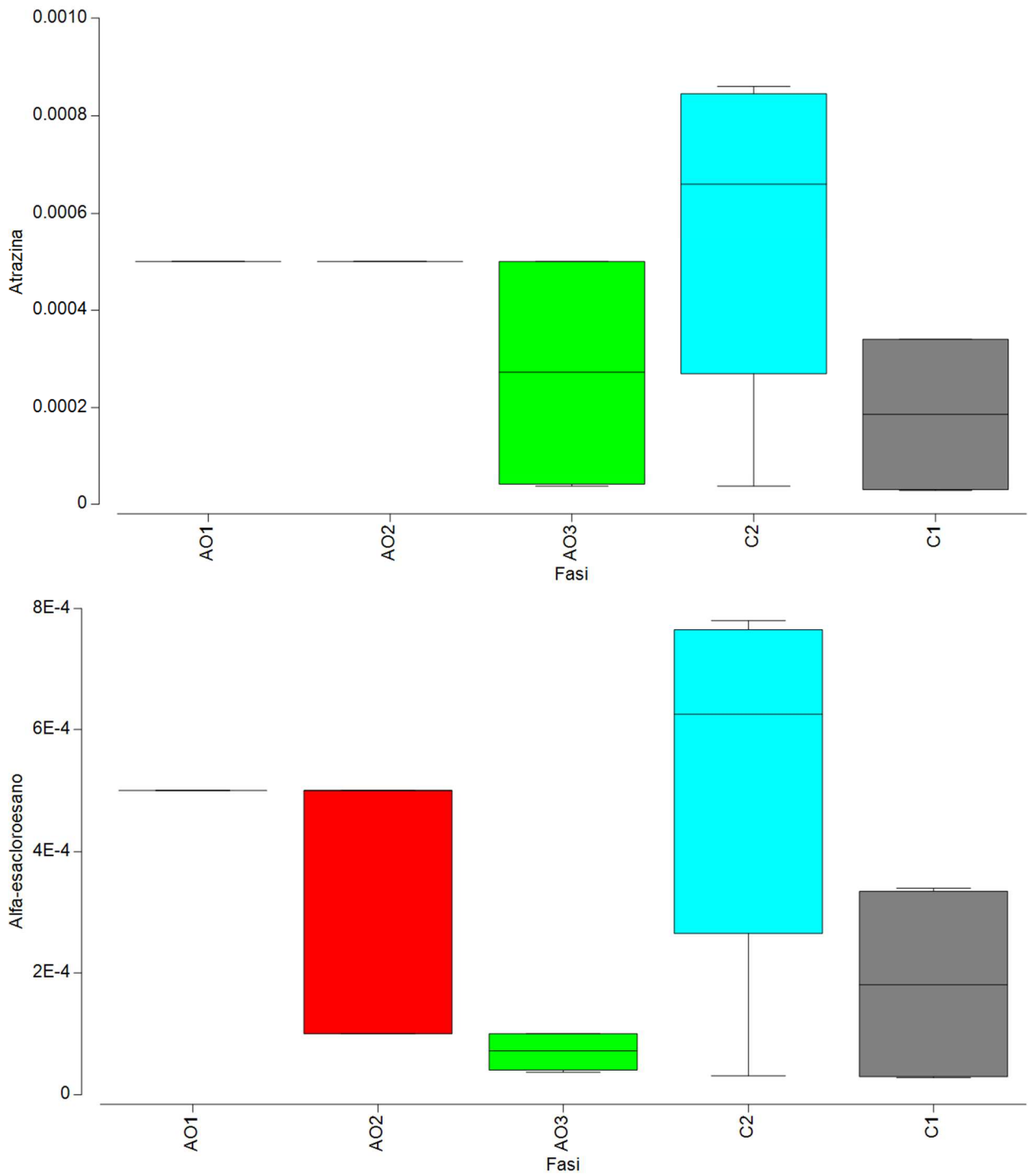
Tabella 4 - Pairwise test ottenuto testando le coppie di fattore "fase".

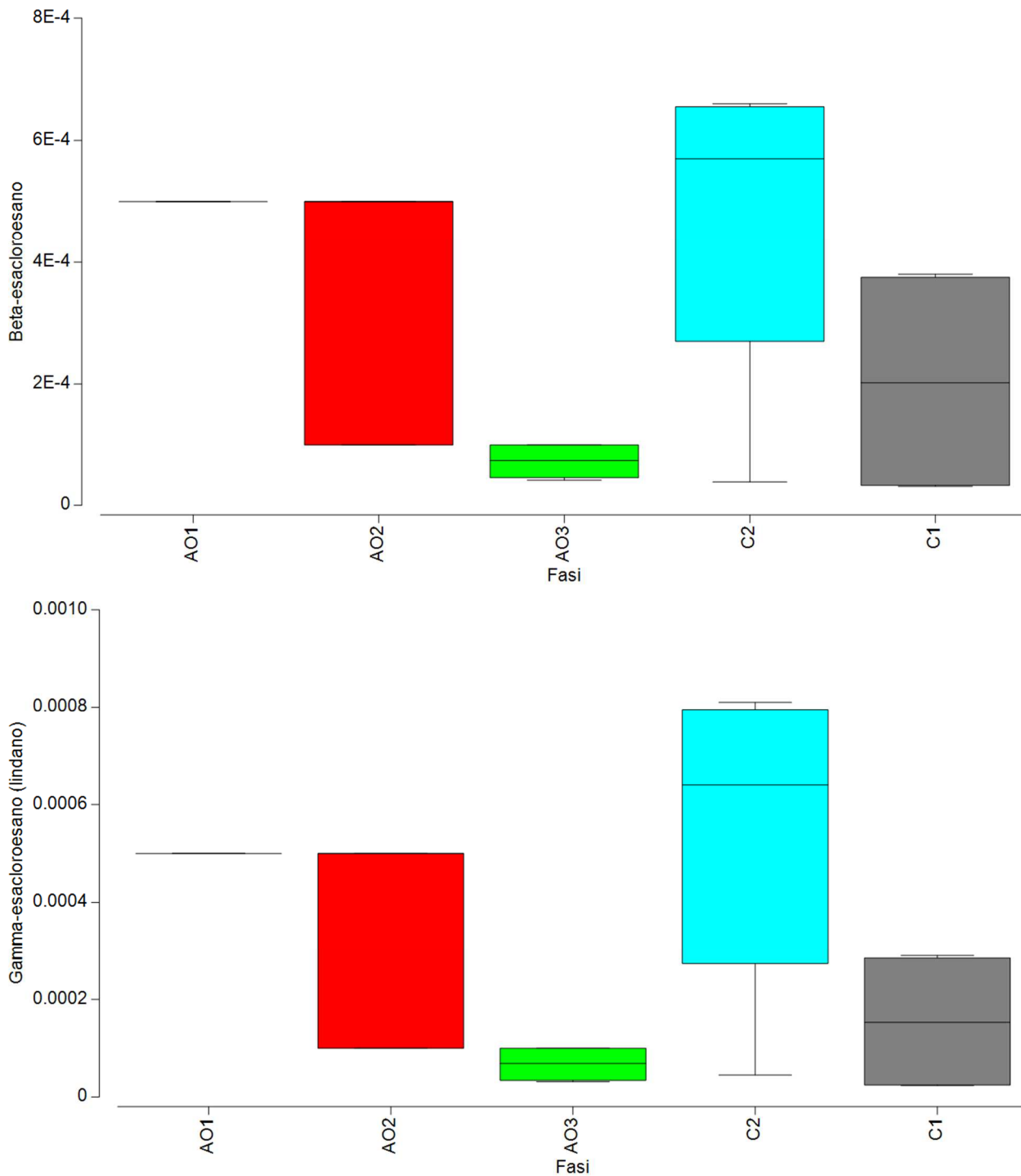
Gruppi	R	p %	Possibili permutazioni	Testate	# >=
	Statistica				
AO1, AO2	-0,031	57,9	735471	9999	5787
AO1, AO3	0,882	0,2	495	495	1
AO1, C1	0,882	0,2	495	495	1
AO1, C2	0,22	0,7	6435	6435	44
AO2, AO3	0,535	0,6	4845	4845	30
AO2, C1	0,896	0,02	4845	4845	1
AO2, C2	0,532	0,02	735471	9999	1
AO3, C1	0,01	45,7	35	35	16
AO3, C2	0,235	7,9	495	495	39
C1, C2	0,046	24	495	495	119

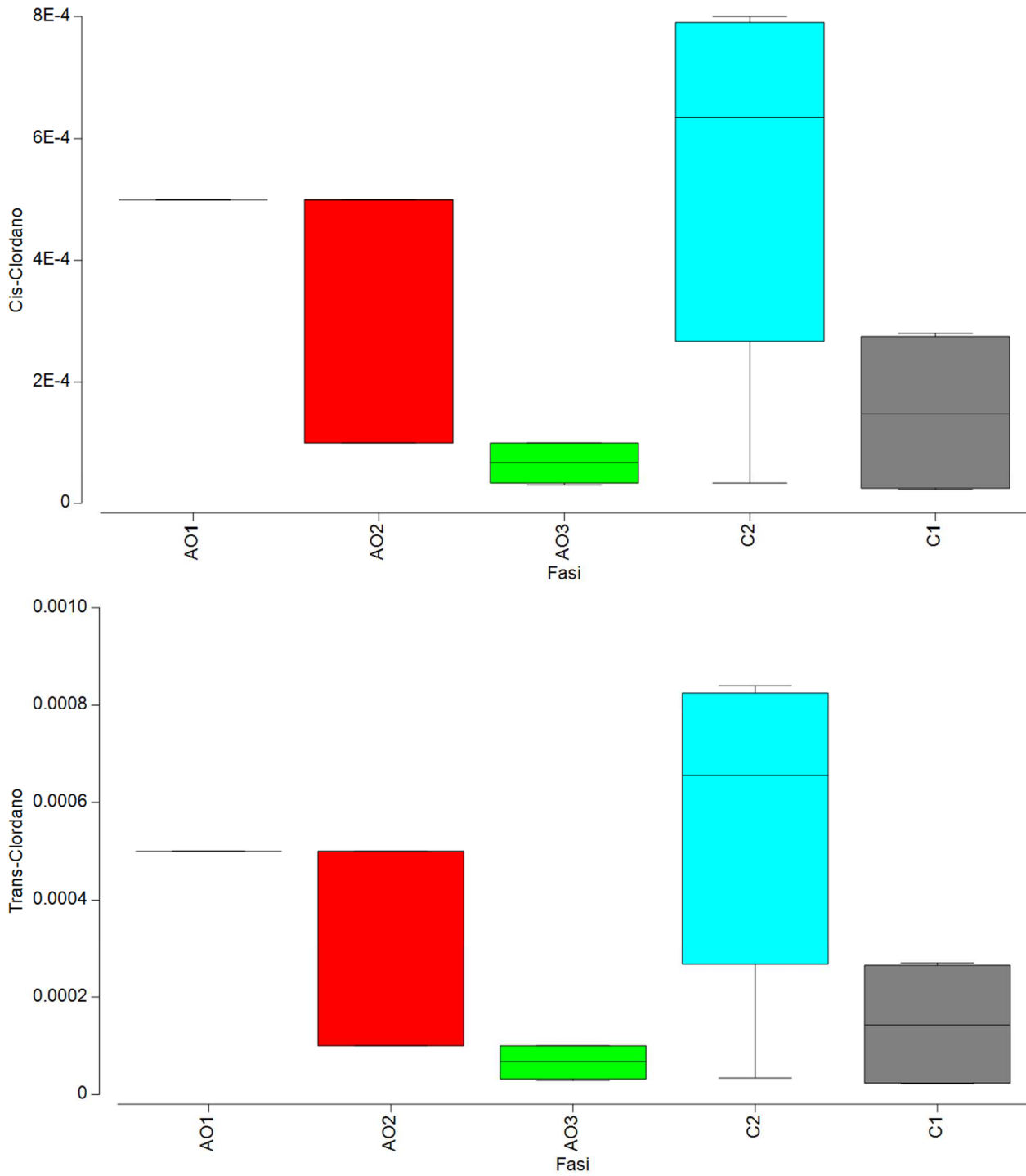
Si riportano a seguire nella Figura 8 le rappresentazioni Box-Whiskers relativi all'analisi statistica condotta rispetto al fattore "fase", le rappresentazioni sono state ottenute eliminando gli *outlayers* sporadici (ove presenti) che appiattivano eccessivamente la rappresentazione. Box-Whiskers relativi alle variabili considerate sono 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 V per la variabile rappresentata.

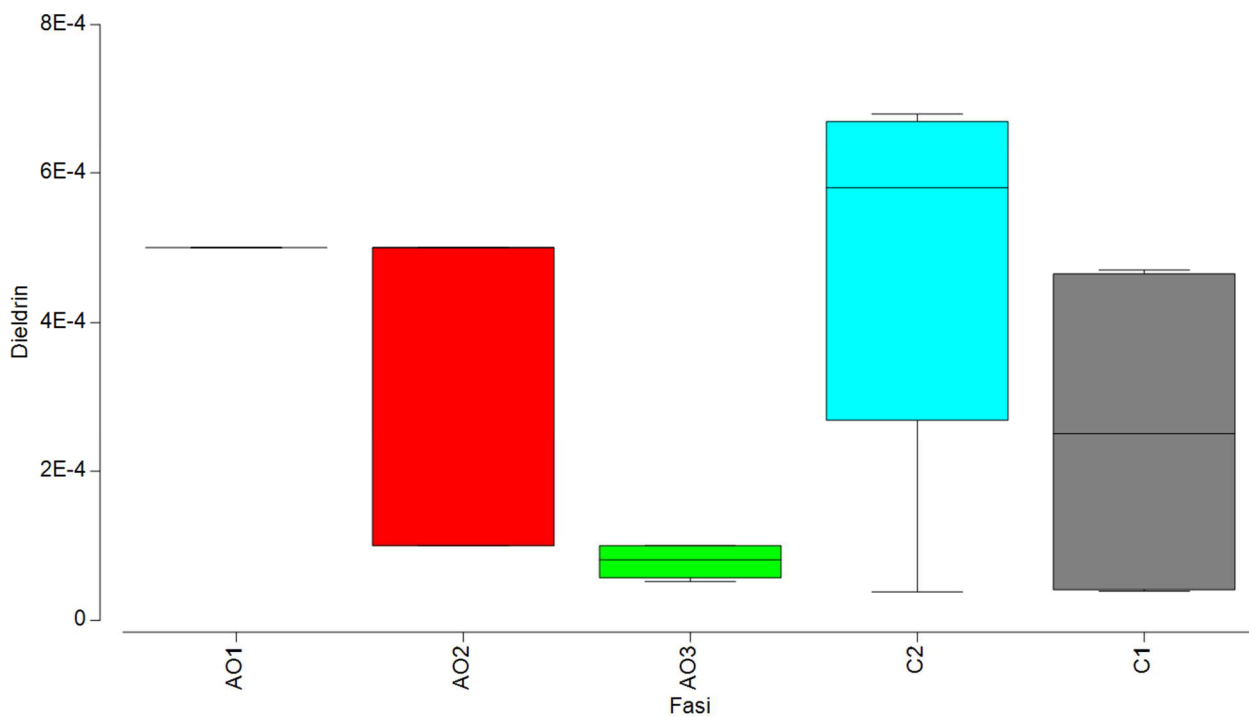
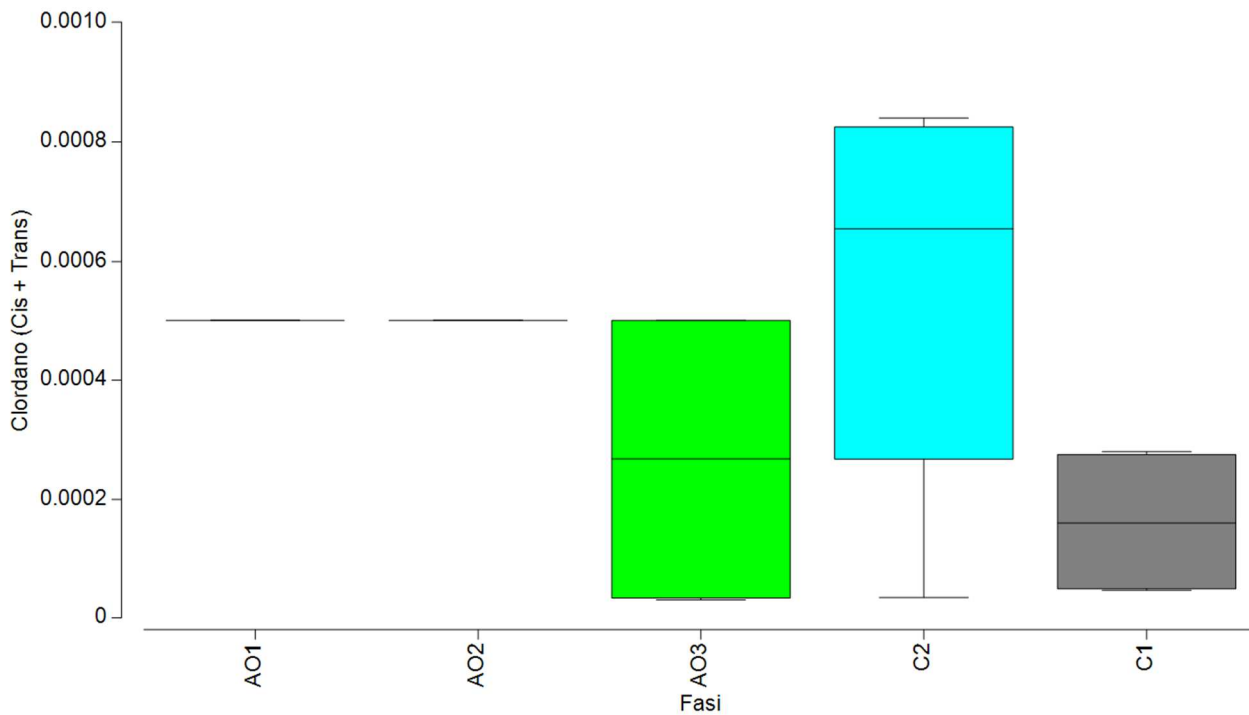
Figura 8 - Rappresentazioni Box-Whiskers relative alle variabili oggetto di indagine raggruppate rispetto al fattore "fase" del monitoraggio.

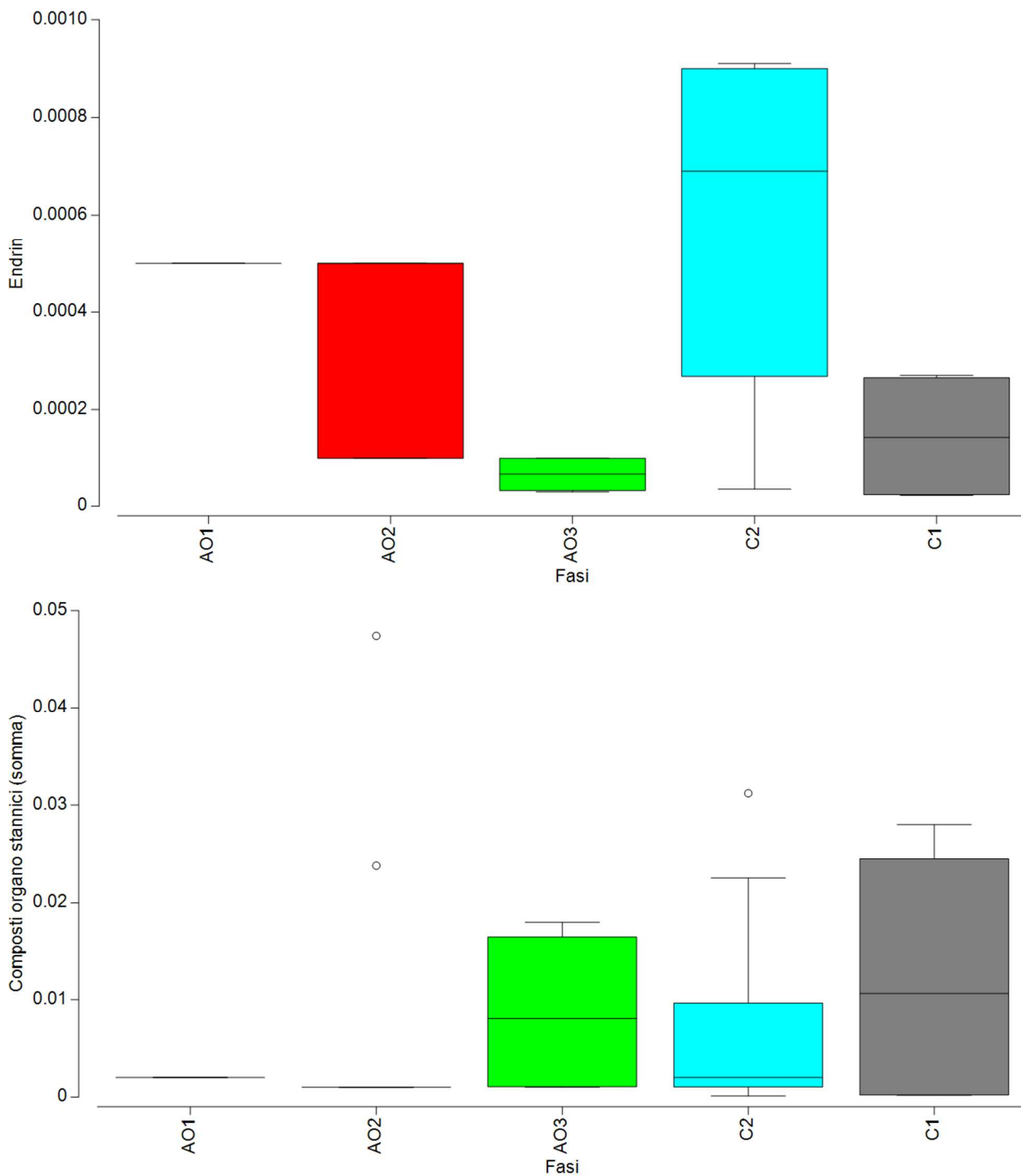


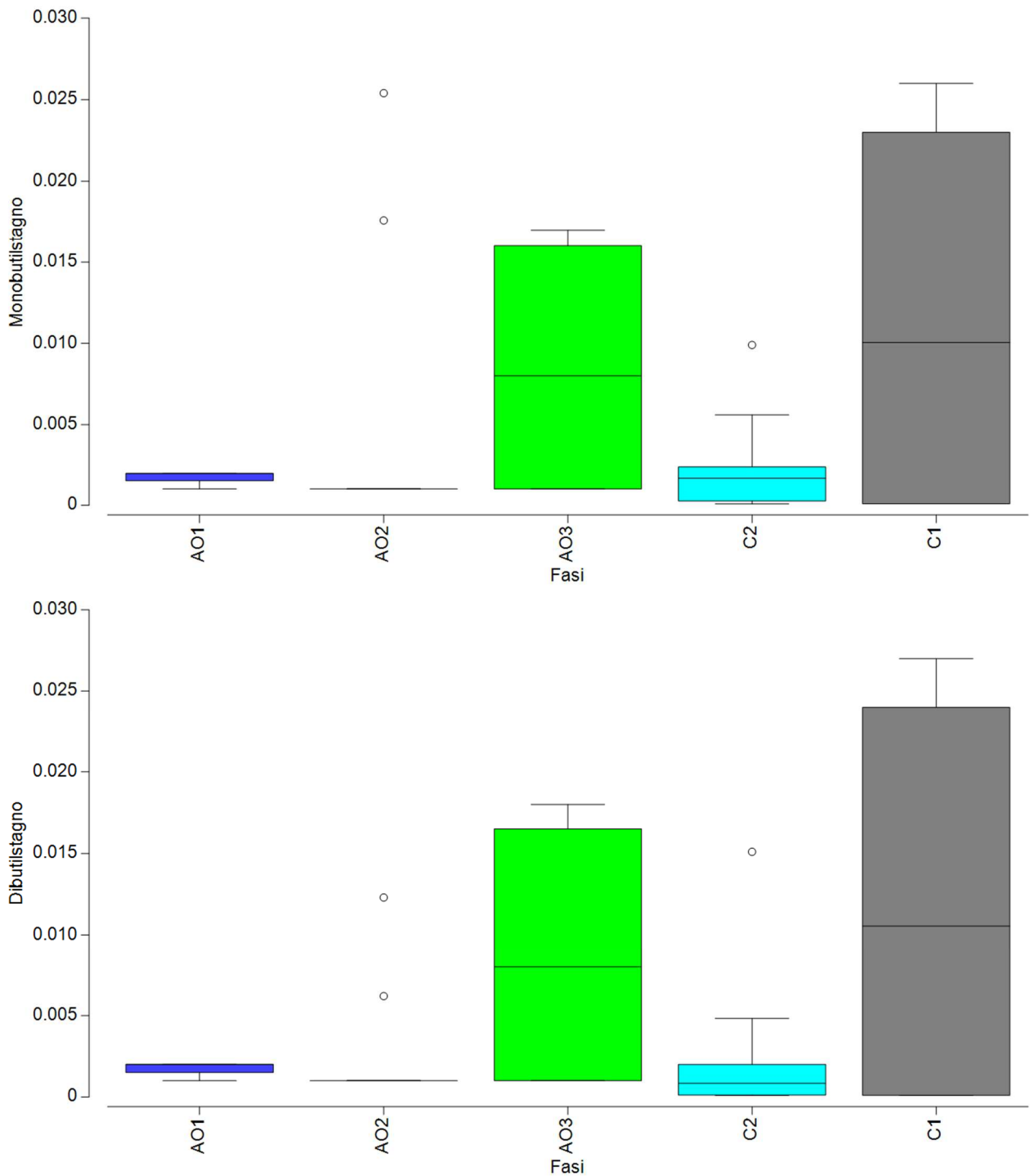


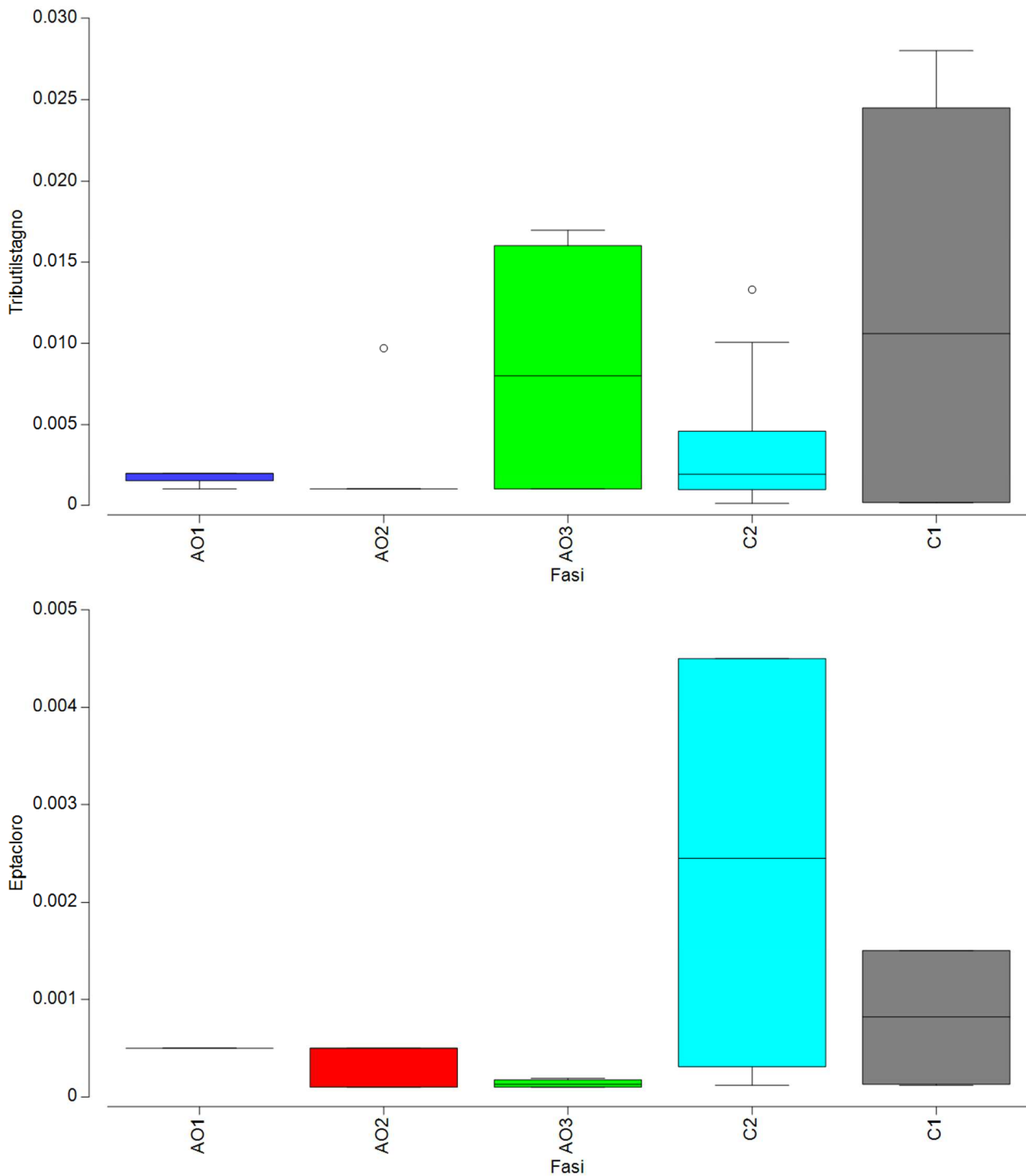


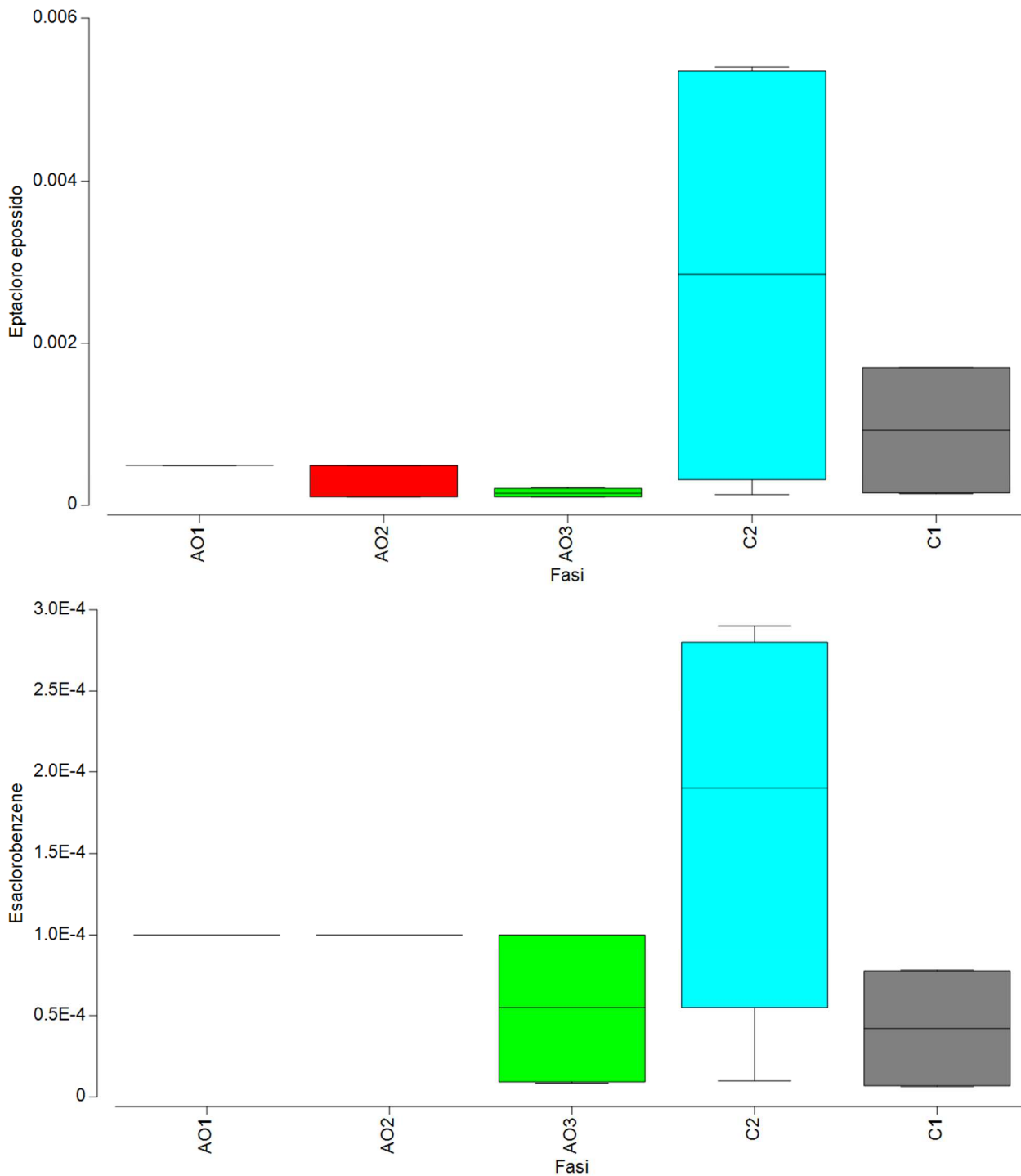


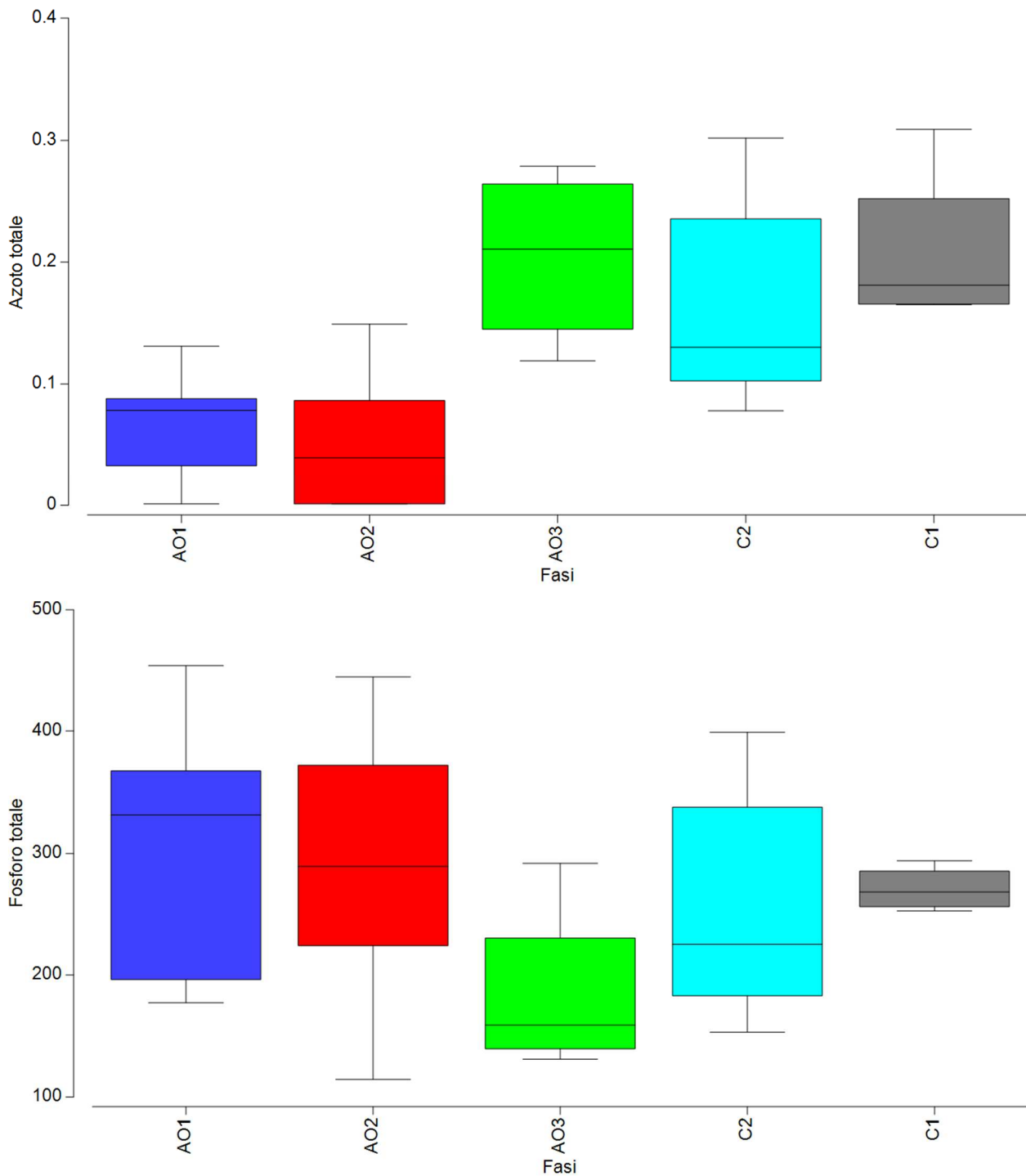


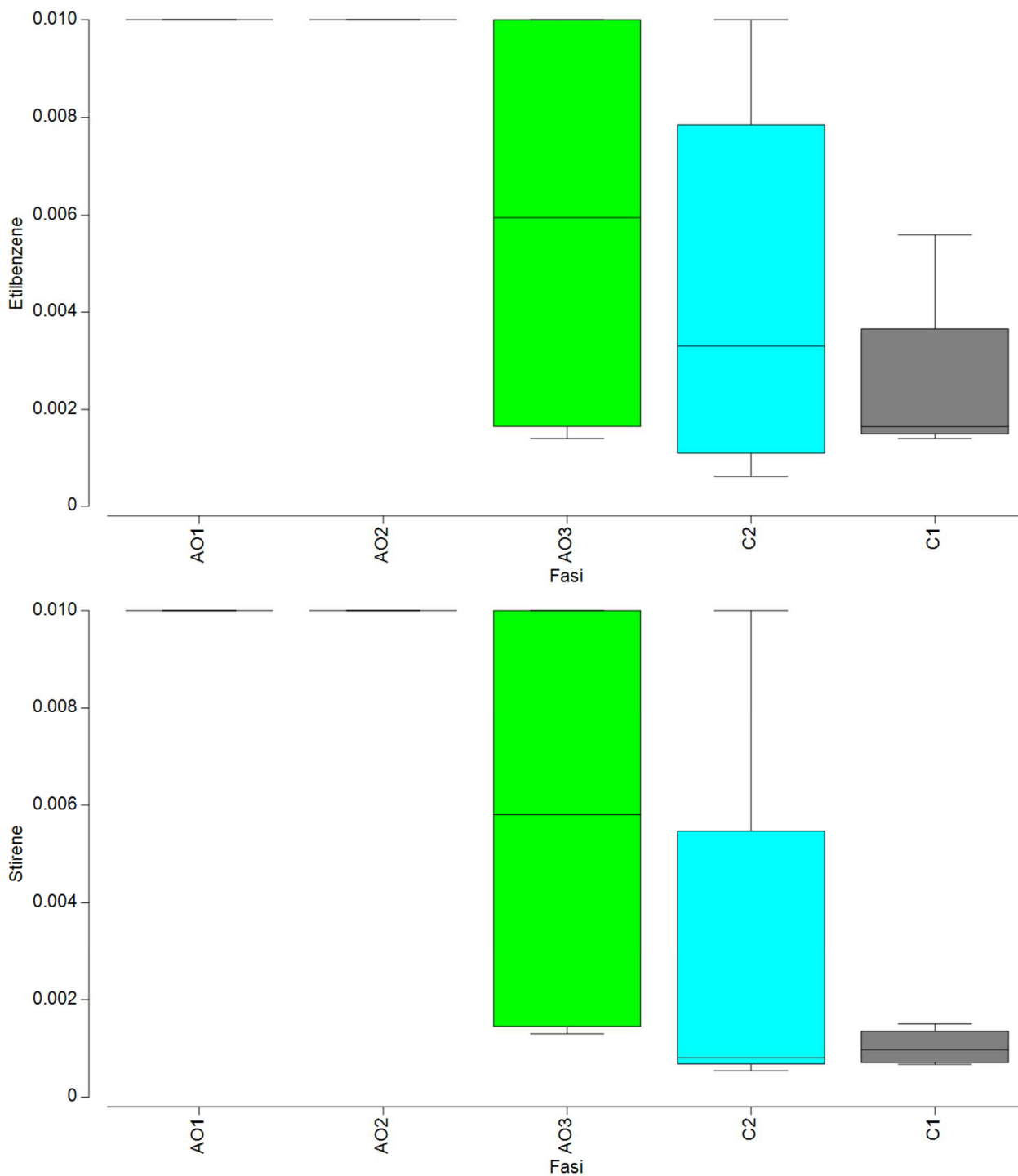


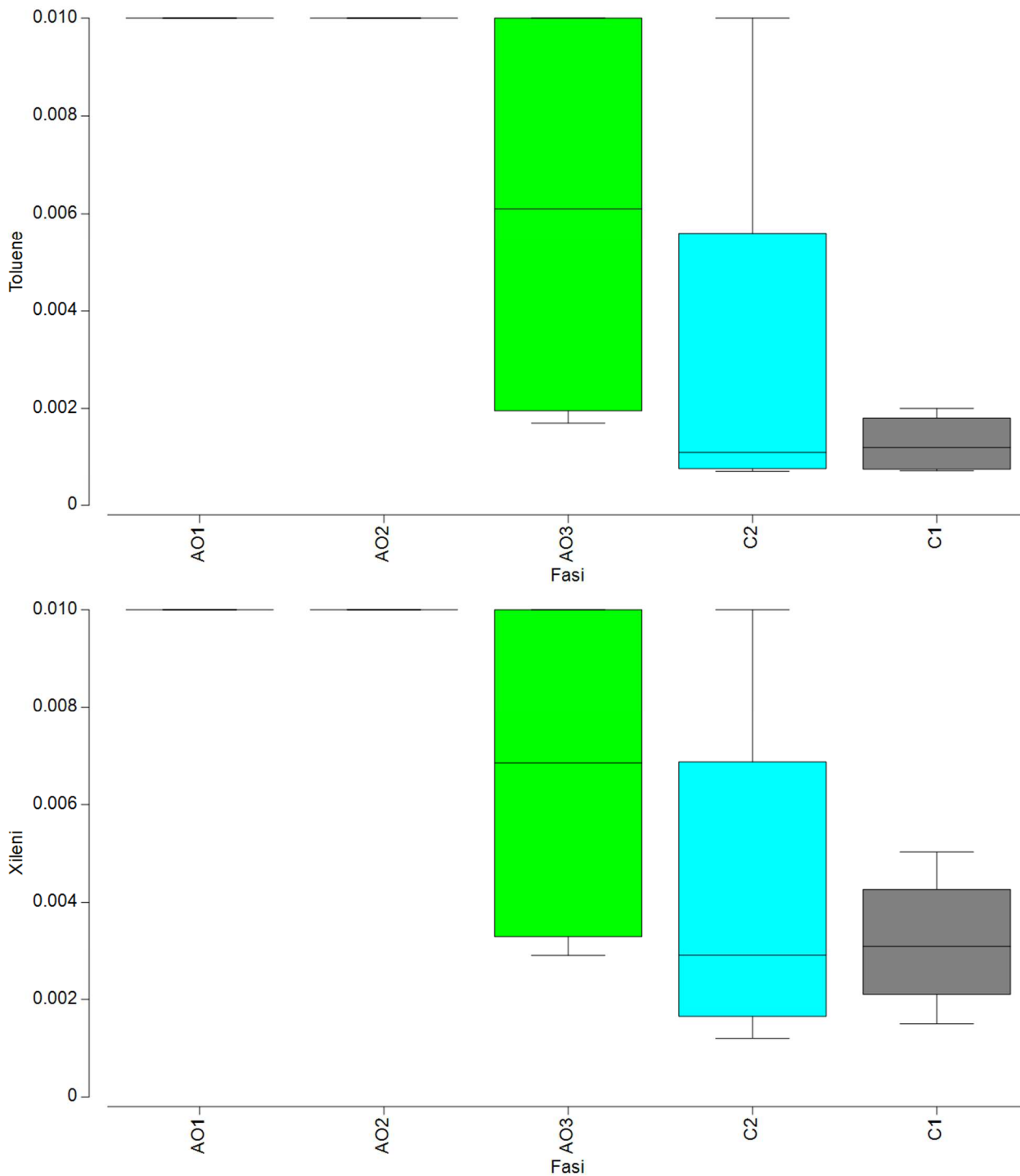


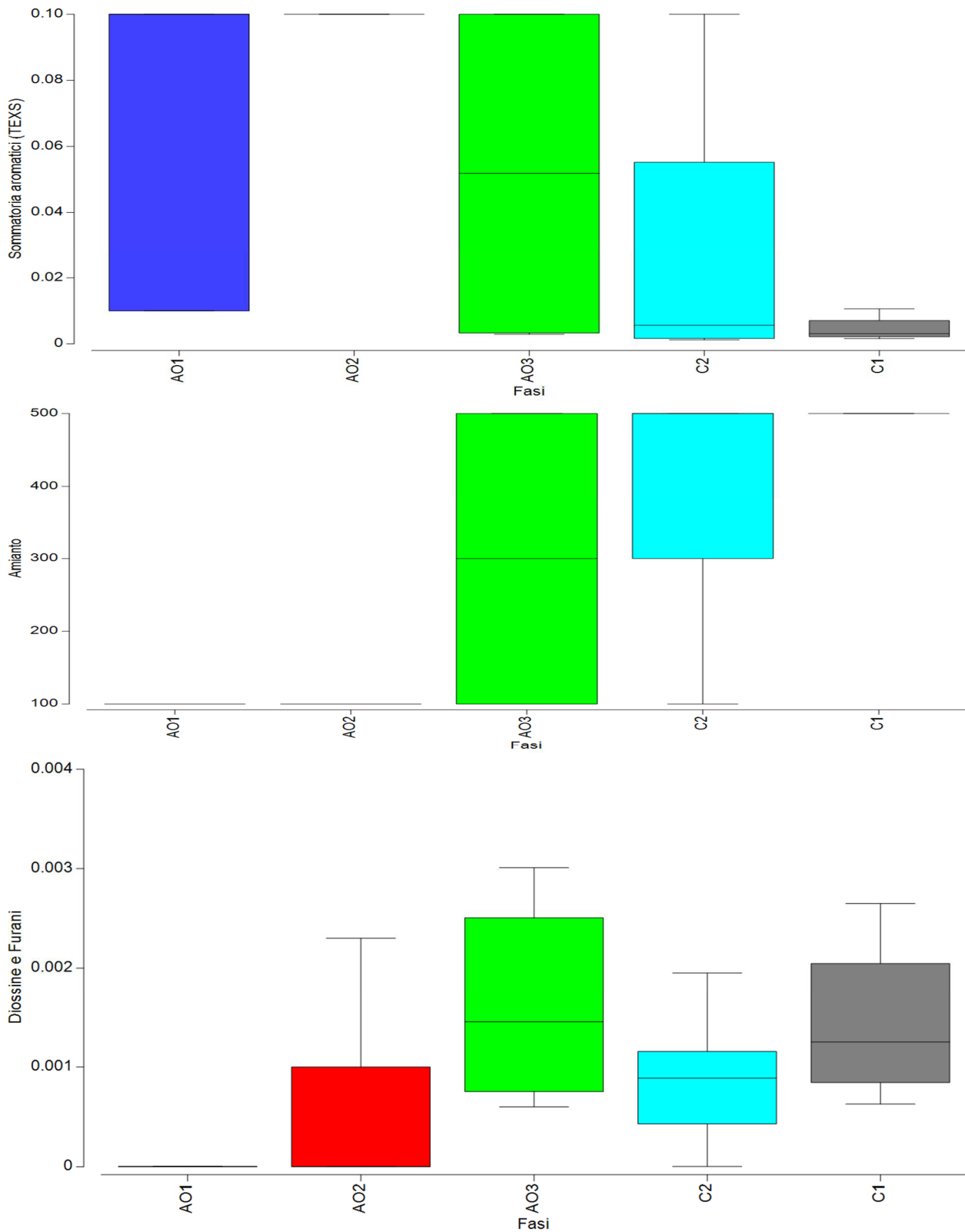








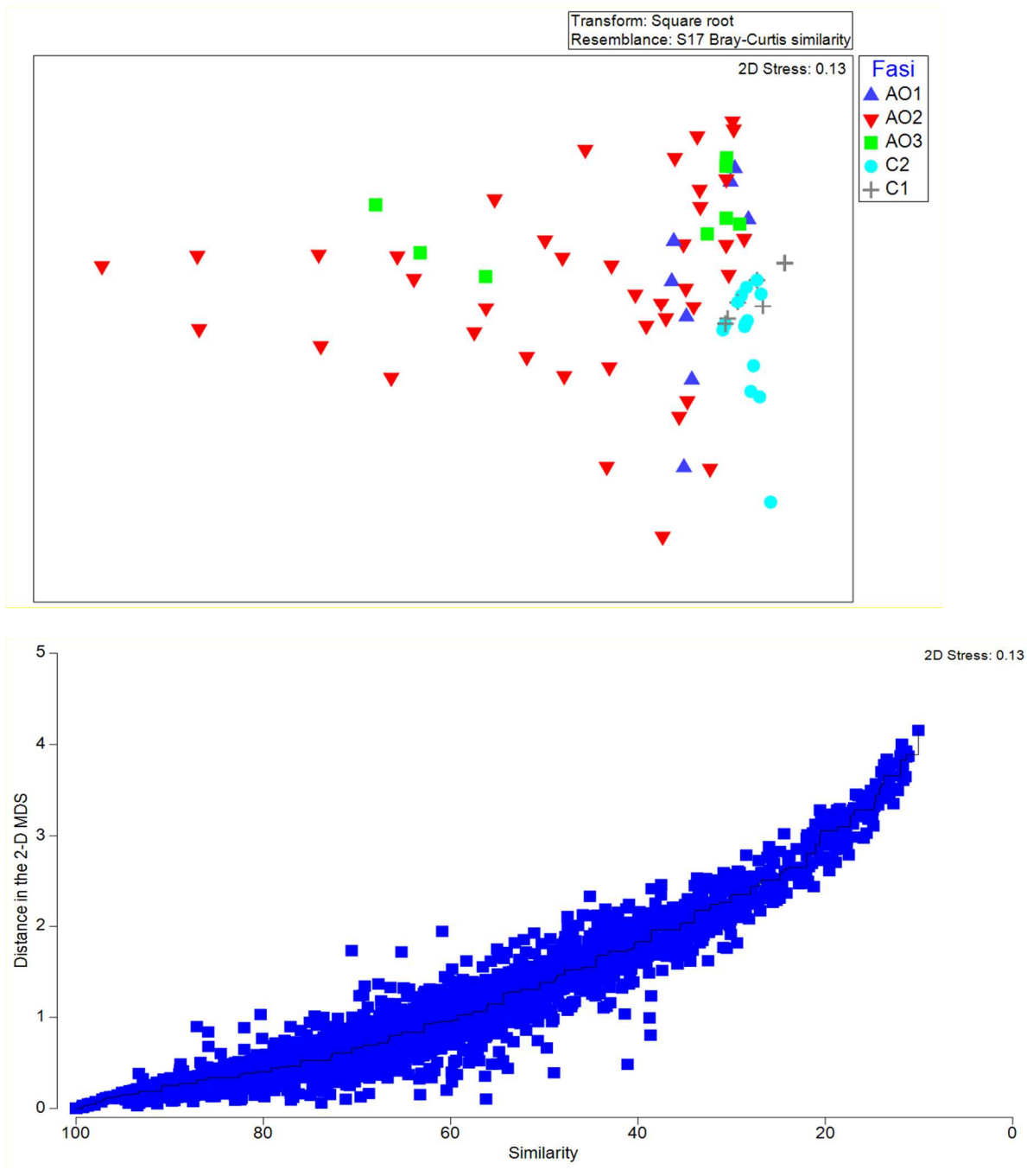




Analisi microbiologica (crf. Allegato V)

La matrice Bray-Curtis delle distanze è stata utilizzata anche per la determinazione del non-metric multidimensional Scaling (nMDS). 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 con evidenza della segregazione rispetto al fattore “fase”.

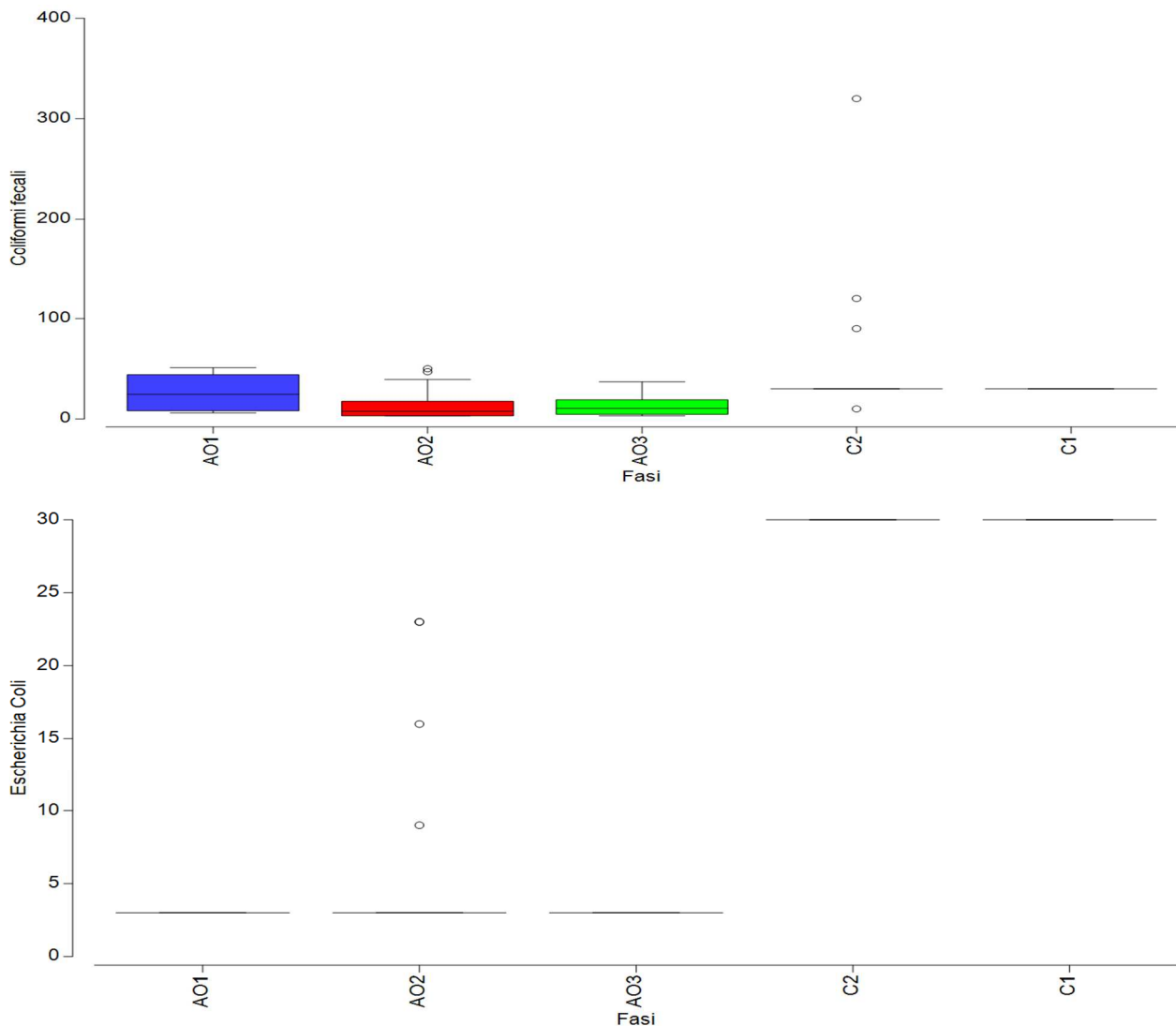
Figura 9 - nMDS con evidenza del fattore “fase”, in blu il diagramma di Sheppard associato alla proiezione bidimensionale.

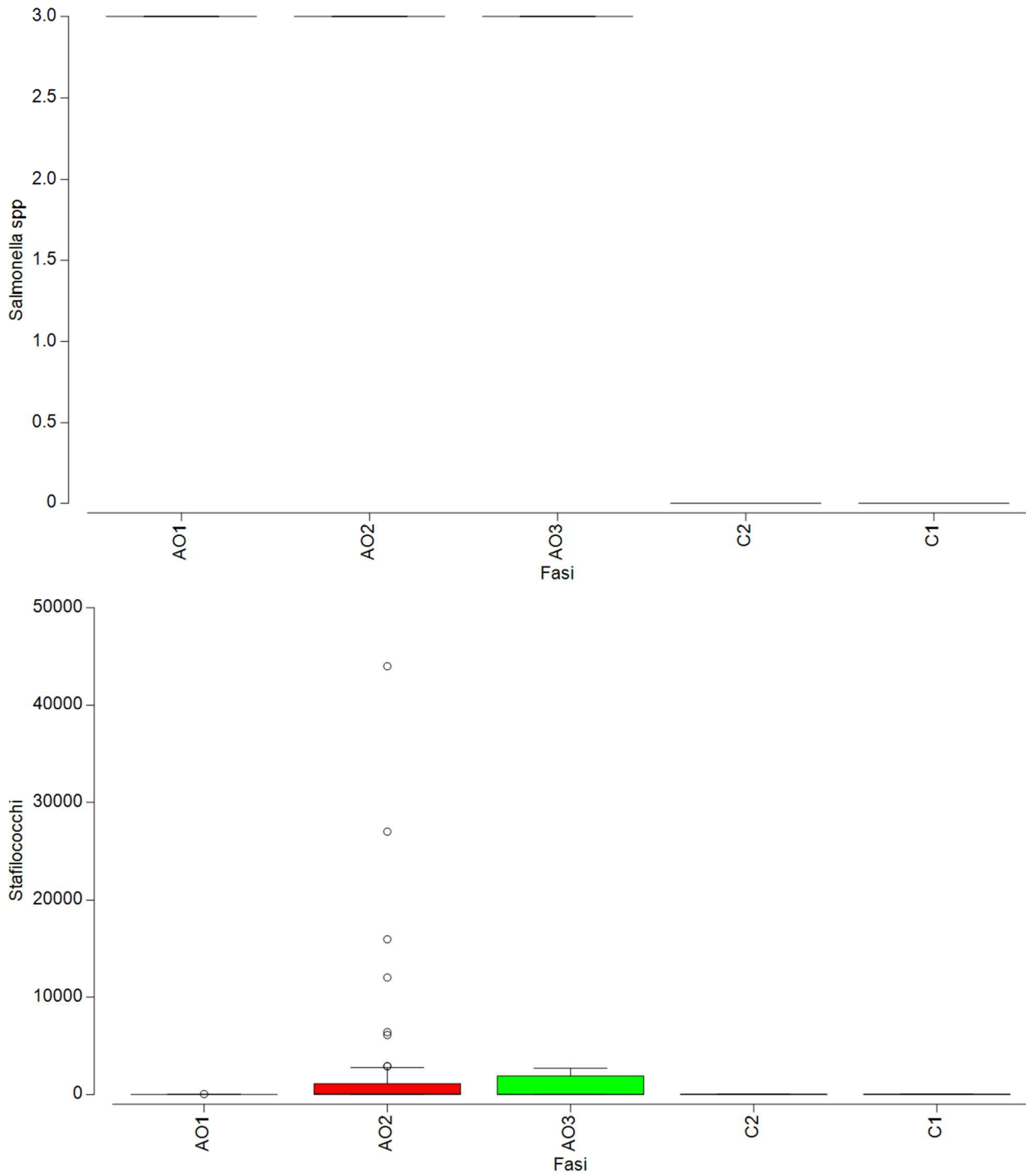


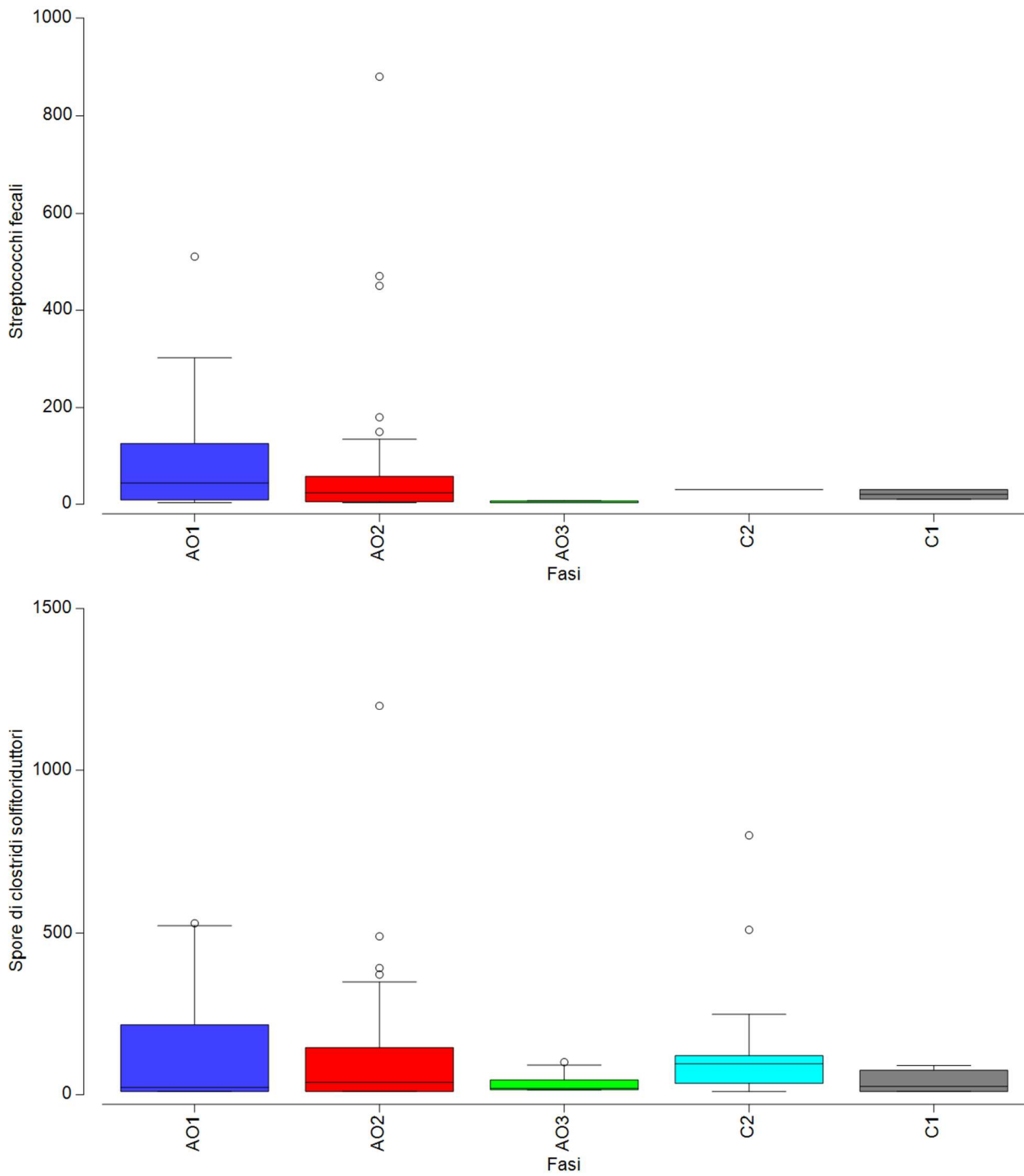
Le segregazioni osservate rispetto al fattore "fase" sono state testate mediante analisi statistica multivariata (test Anosim, Analysis of Similarities) mediante approccio one-way effettuando 9999 permutazioni stocastiche teoriche. In questo caso il test ha evidenziato un valore di $R = 0,015$ con un livello di significatività del valore statistico $p = 37,6\%$ e un numero di statistiche permutate maggiore o uguale a R pari a 3762 con assenza di significatività rispetto al fattore "fase".

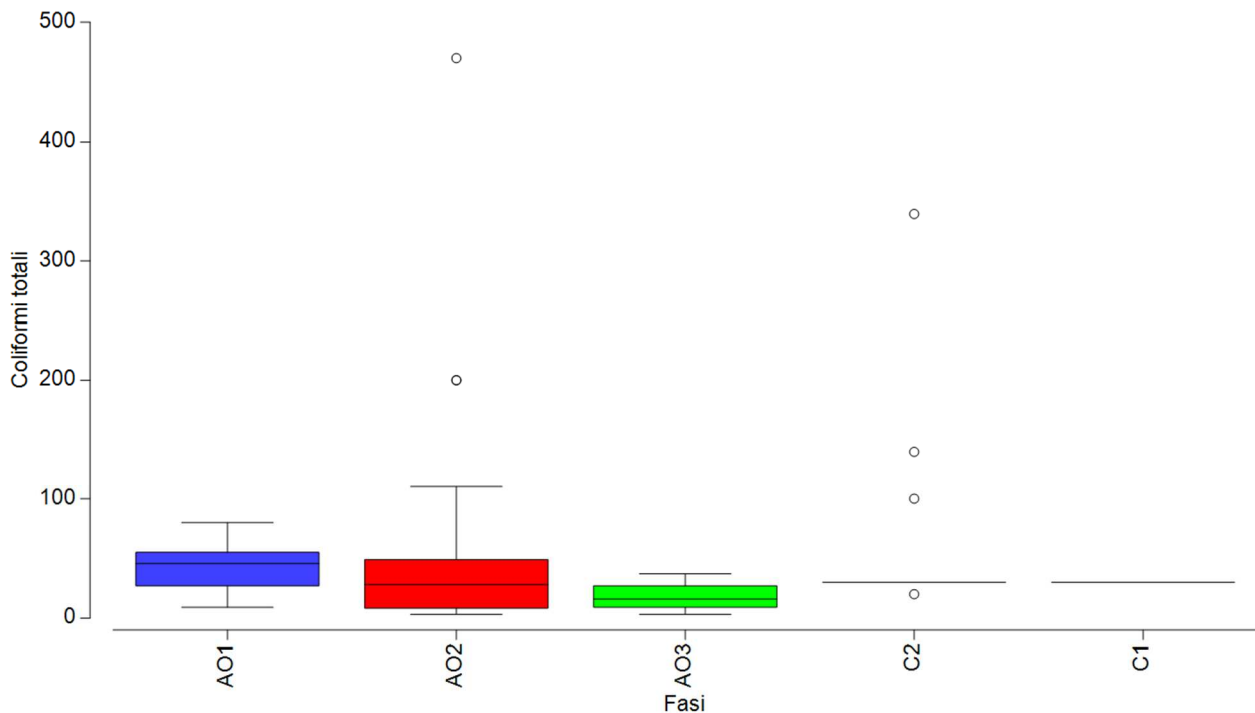
Si riportano a seguire nella Figura 10 le rappresentazioni Box-Whiskers relativi all'analisi statistica condotta rispetto al fattore "fase", le rappresentazioni sono state ottenute eliminando gli *outlayers* sporadici (ove presenti) che appiattivano eccessivamente la rappresentazione. Box-Whiskers relativi alle variabili considerate sono 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 V per la variabile rappresentata.

Figura 10 - Rappresentazioni Box-Whiskers relative alle variabili oggetto di indagine raggruppate rispetto al fattore "fase" del monitoraggio.









Analisi Ecotossicologica (crf. Allegato V)

Si riportano a seguire nella Figura 11 le rappresentazioni Box-Whiskers relativi all'analisi statistica condotta rispetto al fattore "fase", le rappresentazioni sono state ottenute eliminando gli *outlayers* sporadici (ove presenti) che appiattivano eccessivamente la rappresentazione. Box-Whiskers relativi alle variabili considerate sono elaborati in modo raggruppato rispetto al fattore "fase" monitoraggio. In blu è evidenziata la fase ante operam (AO2), in rosso la fase ante operam (AO3), in azzurro la fase ante operam (AO1). Gli andamenti delle variabili (fluttuazioni rispetto all'asse y) sono espressi nella stessa unità di misura riportata in Allegato V per la variabile rappresentata.

Figura 11 - Rappresentazioni Box-Whiskers relative alle variabili oggetto di indagine raggruppate rispetto al fattore "fase" del monitoraggio. Sono riportate solo le elaborazioni significative.

