

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

Periodo di riferimento: Novembre 2018 ÷ Ottobre 2019

Allegato Z

**Esito analisi statistica applicata ai risultati analisi monitoraggio sedimenti
(novembre 2015 ÷ ottobre 2019)**

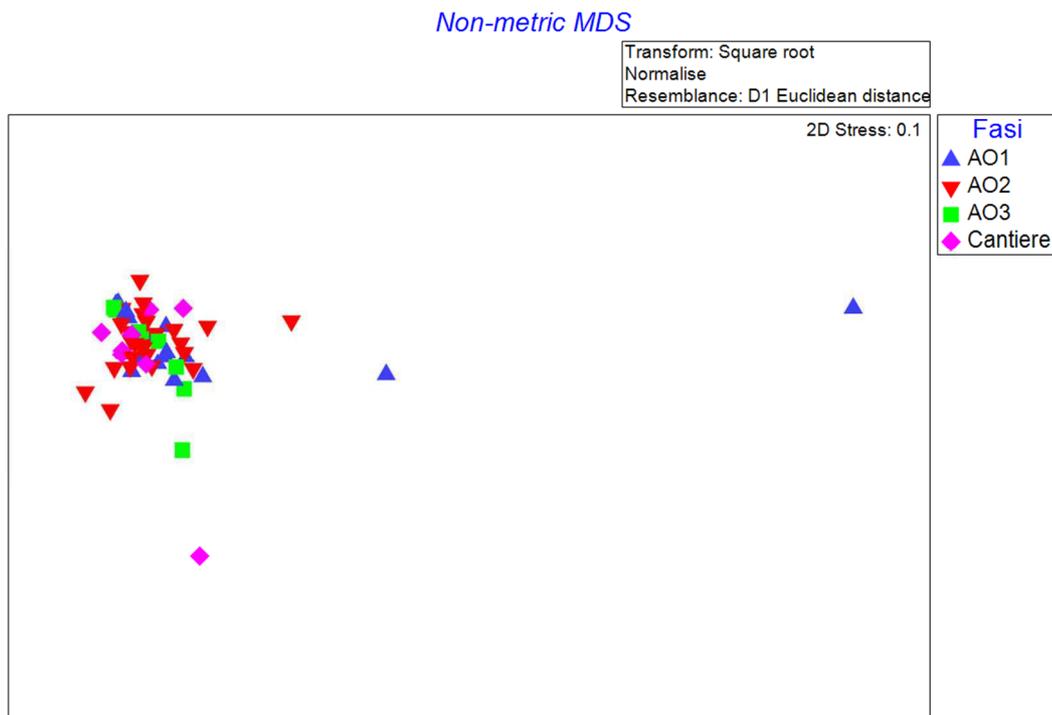
Tabella 1 - Eigenvectors della PCA relativi ai primi tre assi.

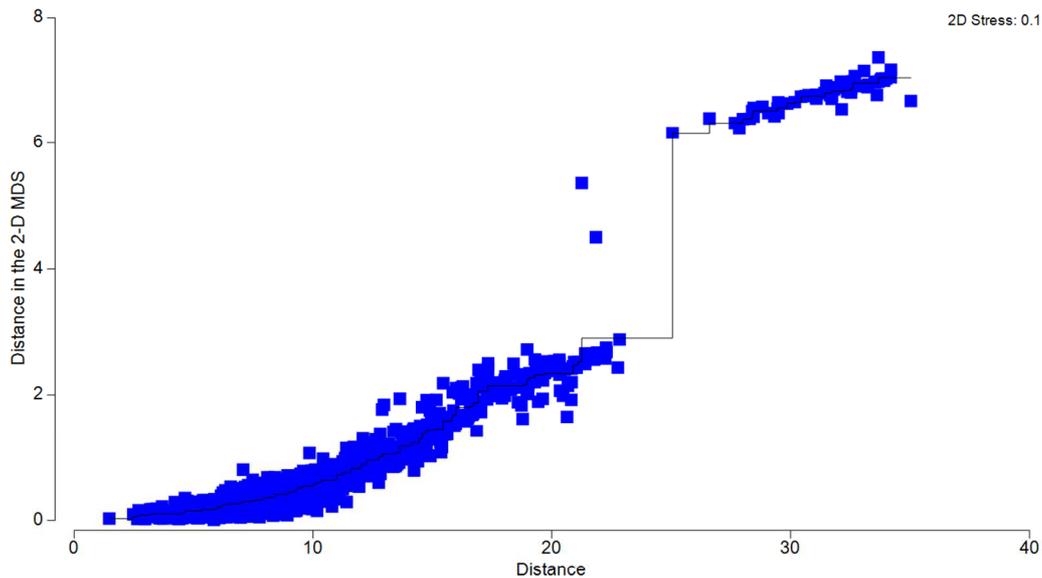
Variabile	PC1	PC2	PC3
Residuo Secco a 105°C	-0,055	0,104	-0,244
Umidità Naturale	0,060	-0,120	0,223
Contenuto d'acqua	0,060	-0,120	0,223
Densità	-0,011	0,144	-0,031
Ghiaia (>2mm)	0,034	-0,037	-0,195
Sabbia (0,063mm ÷ 2mm)	-0,012	0,050	-0,274
PELITE - Silt (0,004mm ÷ 0,063mm)	0,022	-0,069	0,275
PELITE - Argilla (< 0,004mm)	-0,009	0,021	0,217
Frazione pelitica	0,010	-0,043	0,309
Idrocarburi C≤12	-0,004	0,027	0,058
Idrocarburi C>12	0,076	-0,119	0,042
Benzene	0,007	0,064	0,079
TOC	0,001	-0,076	-0,101
Alluminio	-0,001	-0,084	0,262
Arsenico	0,076	0,054	-0,052
Cadmio	-0,009	-0,092	0,046
Cromo	0,075	-0,073	0,240
Rame	0,076	-0,022	0,099
Ferro	0,026	-0,037	0,262
Mercurio	0,071	-0,145	-0,079
Nichel	0,054	-0,091	0,241
Piombo	0,067	-0,118	0,161
Zinco	0,156	-0,001	0,120
Vanadio	0,008	-0,096	0,162
Naftalene	0,165	0,073	0,017
Acenaftilene	0,113	-0,022	-0,011
Acenaftene	0,194	0,107	-0,066
Fluorene	0,184	0,126	-0,032
Fenantrene	0,202	0,102	-0,050
Antracene	0,206	0,089	-0,052
Fluorantene	0,209	0,089	-0,036
Pirene	0,208	0,087	-0,018
Benzo (a) Antracene	0,210	0,085	-0,017
Crisene	0,210	0,075	-0,023
Benzo (b) Fluorantene	0,210	0,077	-0,008
Benzo (k+j) Fluorantene	0,029	-0,080	0,002
Benzo (a) Pirene	0,211	0,071	-0,018
Benzo (e) Pirene	0,210	0,074	-0,008
Indeno (1.2.3) Pirene	0,192	0,035	0,023
Dibenzo (a.h) antracene	0,193	0,106	-0,001
Benzo (g.h.i) Perilene	0,210	0,072	0,009
Dibenzo (a.e) Pirene	0,200	0,086	0,060
Dibenzo (a.h) Pirene	0,181	0,096	0,066
Dibenzo (a.i) Pirene	0,193	0,088	0,028
Dibenzo (a.l) Pirene	0,197	0,084	0,055
Sommatoria IPA	0,201	0,082	-0,012
PCB 28	0,108	-0,154	-0,027
PCB 52	0,116	-0,218	-0,084
PCB 77	0,038	-0,160	0,080
PCB 81	0,001	-0,015	0,116

Variabile	PC1	PC2	PC3
PCB 101	0,103	-0,263	-0,109
PCB 118	0,115	-0,226	-0,062
PCB 126	0,070	-0,165	0,010
PCB 128	0,099	-0,230	-0,133
PCB 138	0,105	-0,274	-0,098
PCB 153	0,103	-0,278	-0,102
PCB 156	0,107	-0,257	-0,109
PCB 169	0,003	-0,053	-0,077
PCB 180	0,084	-0,270	-0,107
PCB_totali	0,106	-0,276	-0,099

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 il relativo diagramma di Sheppard associato. Nella figura2 si riportano le rappresentazioni dei fattori "fase" e "stazione" associati.

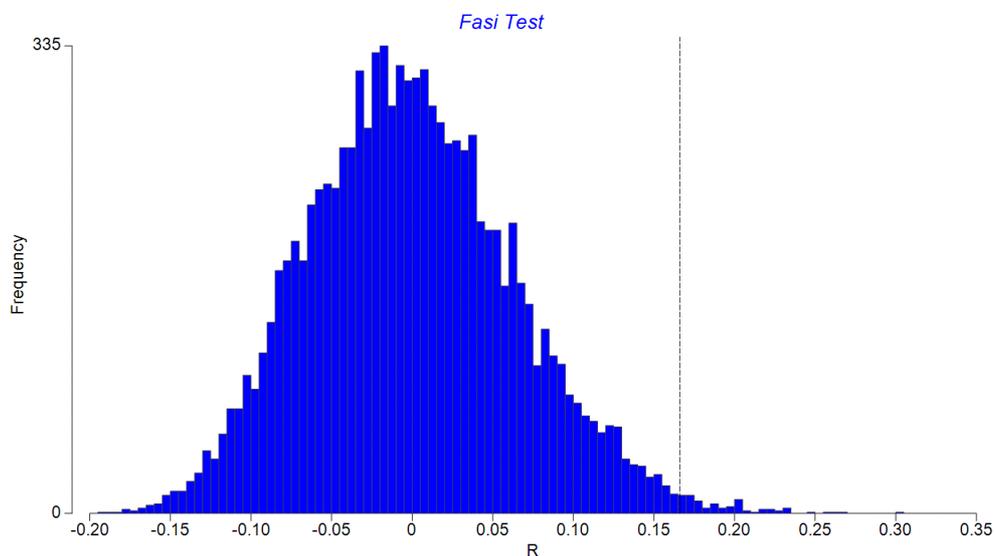
Figura 2 - nMDS con evidenza del fattore "fase", in blu il diagramma di Sheppard associato alla proiezione bidimensionale.





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 $R = 0.166$ con un livello di significatività del valore statistico $p = 0,8\%$ e un numero di statistiche permutate maggiore o uguale a R pari a 81.

Figura 3 - 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 Statistica	p %	Possibili permutazioni	Testate	# >=
AO1, AO2	0,143	2,8	Very large	9999	274
AO1, AO3	0,011	41,1	735471	9999	4112
AO1, Cantiere	0,136	9,8	735471	9999	980
AO2, AO3	0,122	16,9	76904685	9999	1685
AO2, Cantiere	0,262	2,7	76904685	9999	267
AO3, Cantiere	0,233	0,4	6435	6435	27

Si riscontra una elevata significatività della differenza tra stazioni di campionamento come riportato in Figura 4 e Tabella 3.

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

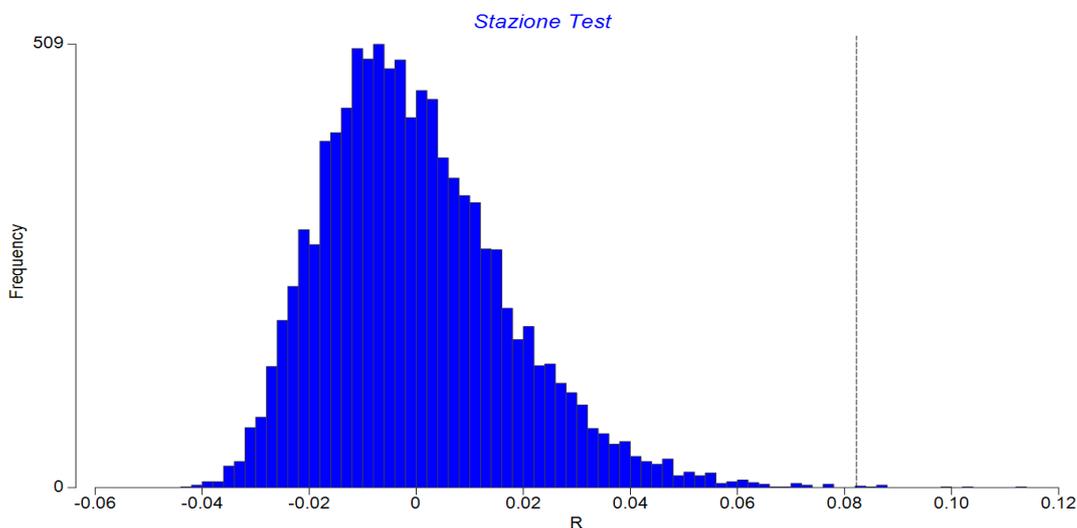
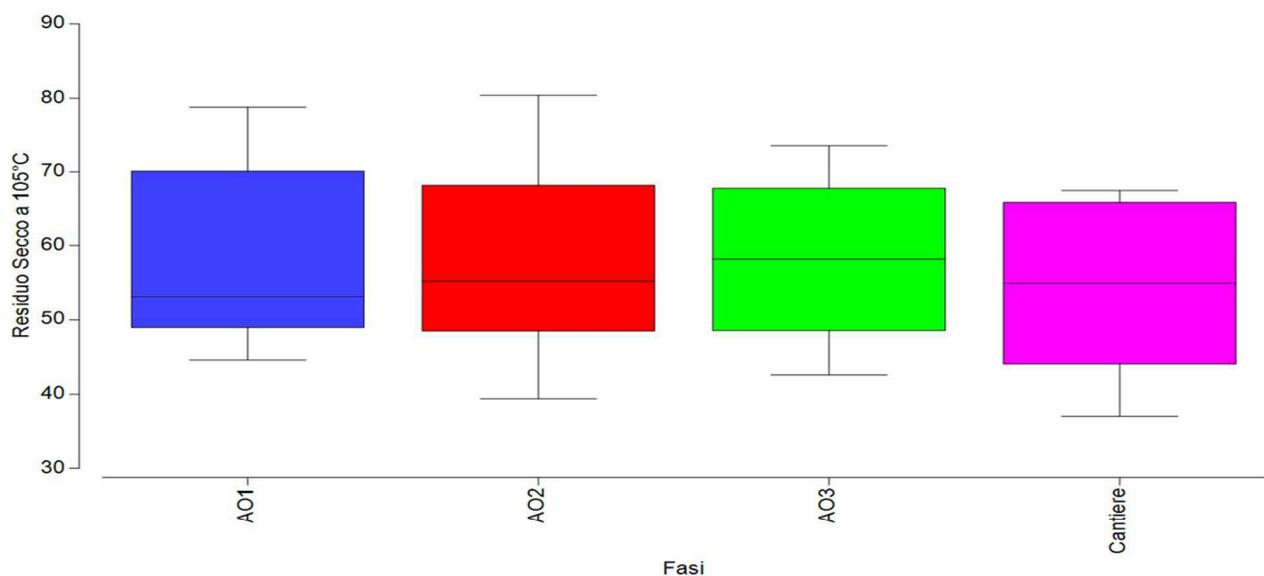


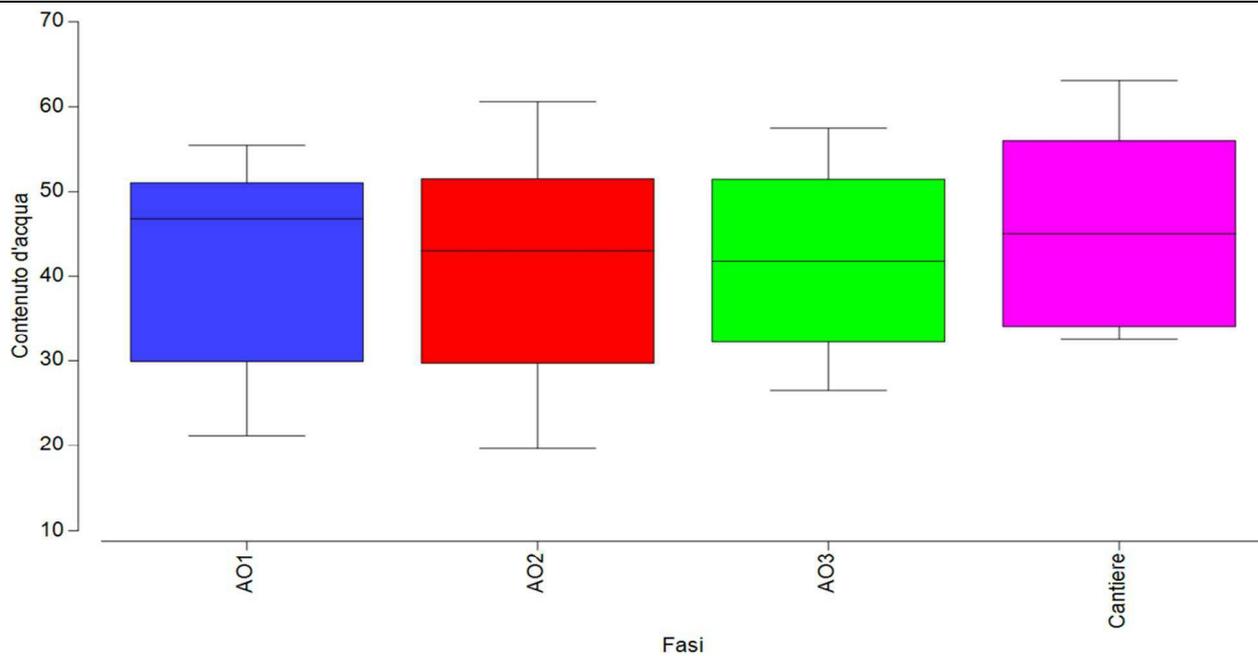
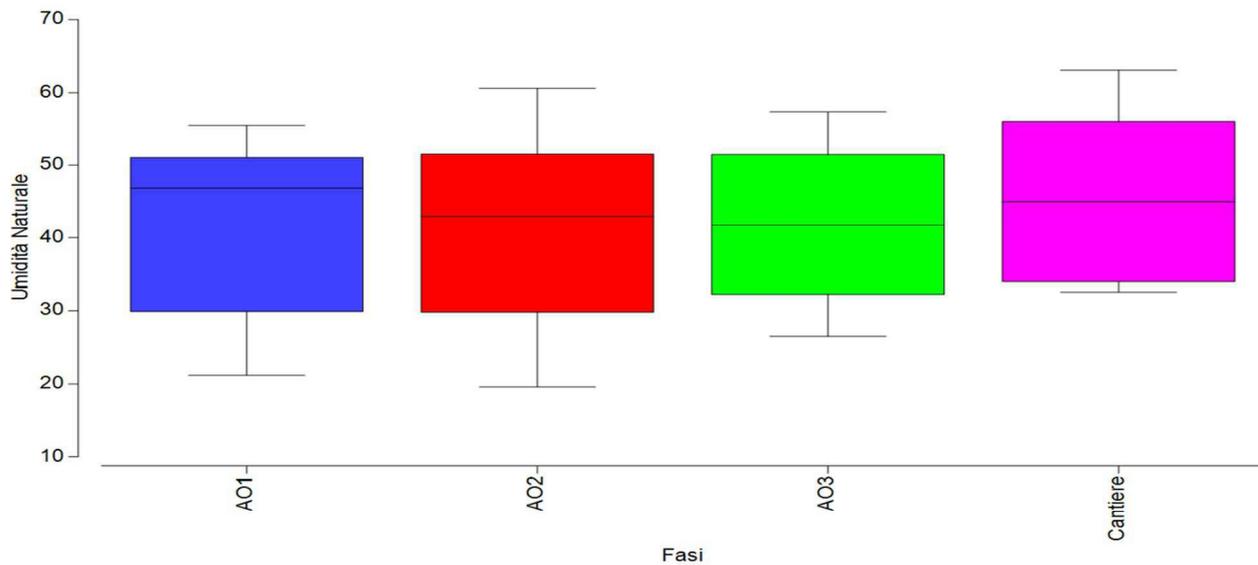
Tabella 3 - Risultati ottenuti dal Pairwise Tests condotto rispetto al fattore "stazione".

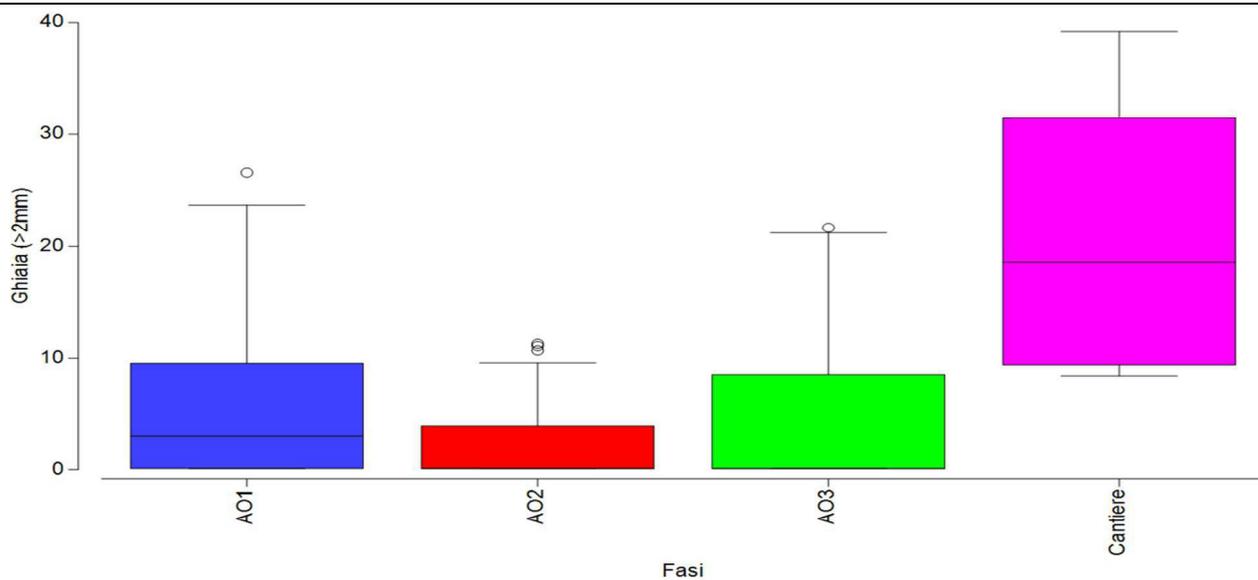
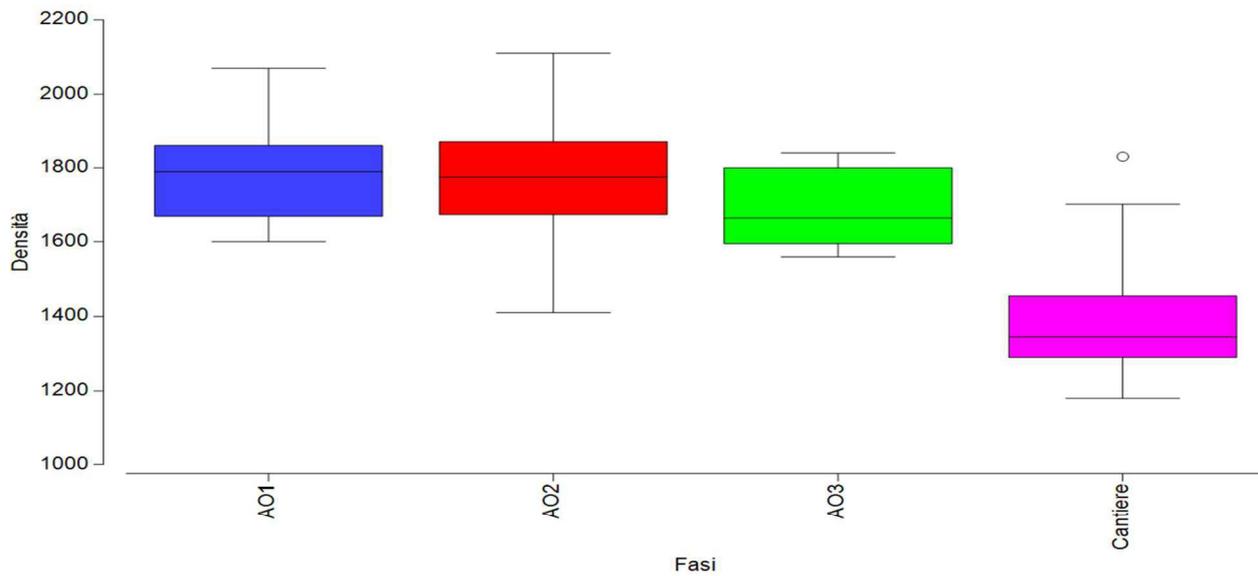
Global Test Sample statistic (R): 0,082 Significance level of sample statistic: 0,09% Number of permuted statistics greater than or equal to R: 8					
Gruppi	R Statistica	p %	Possibili permutazioni	Testate	# >=
ST02, ST04	-0,015	65,4	300540195	9999	6542
ST02, ST06	0,109	0,6	300540195	9999	54
ST02, ST08	0,196	0,1	300540195	9999	12
ST04, ST06	0,059	4,1	300540195	9999	404
ST04, ST08	0,128	0,5	300540195	9999	46
ST06, ST08	0,019	20,9	300540195	9999	2089

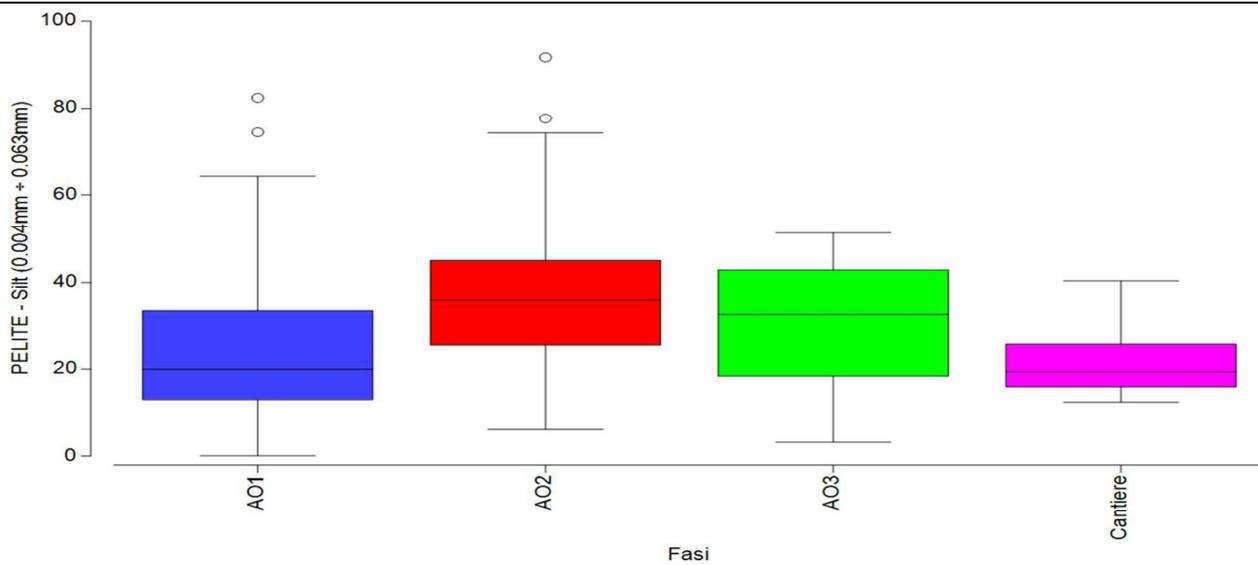
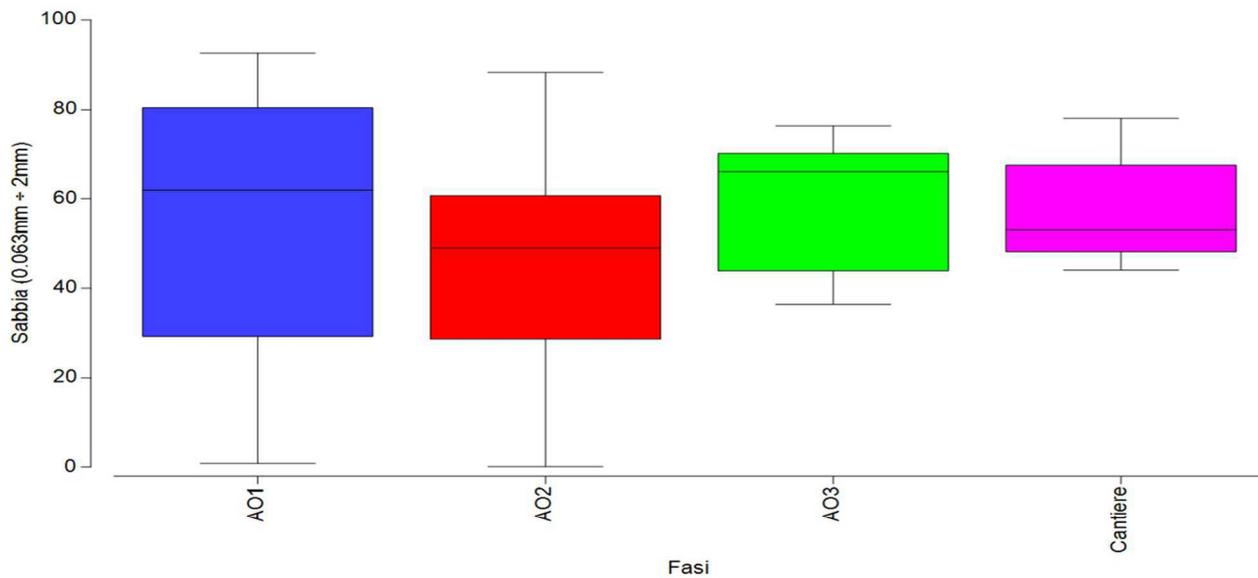
Si riportano nella seguente Figura 5 le rappresentazioni Box-Whiskers relativi all'analisi statistica condotta rispetto al fattore "fase", le rappresentazioni sono state ottenute eliminando gli *outlayers* sporadici (ove presenti) che appiattivano eccessivamente la rappresentazione. Box-Whiskers relativi 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 viola la fase in itinere (Cantiere). Gli andamenti delle variabili (fluttuazioni rispetto all'asse y) sono espressi nella stessa unità di misura utilizzata per esprimere il risultato della variabile rappresentata.

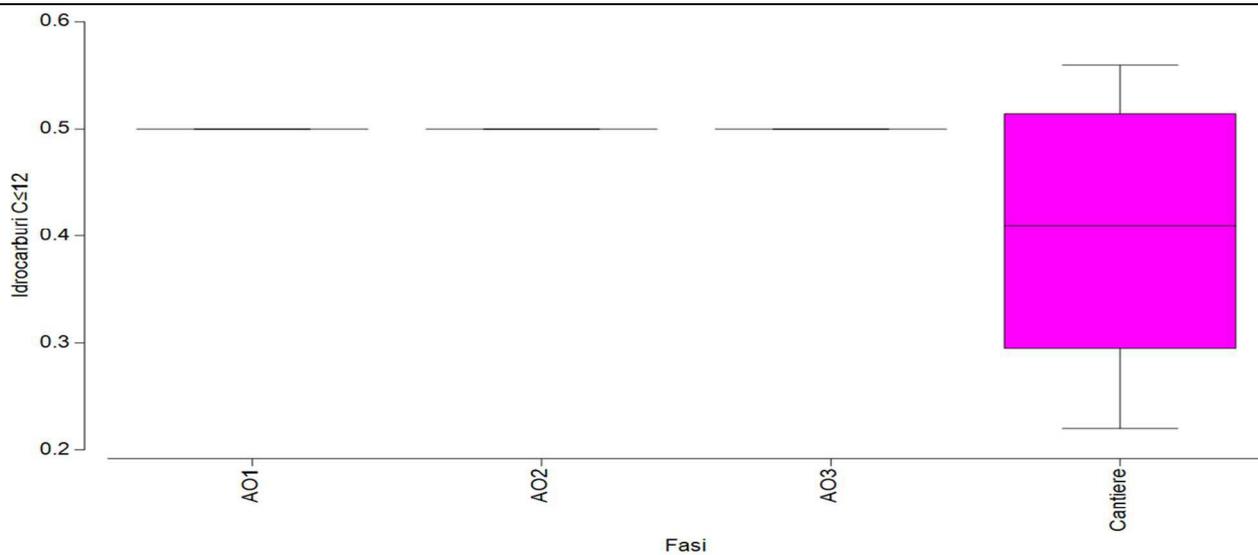
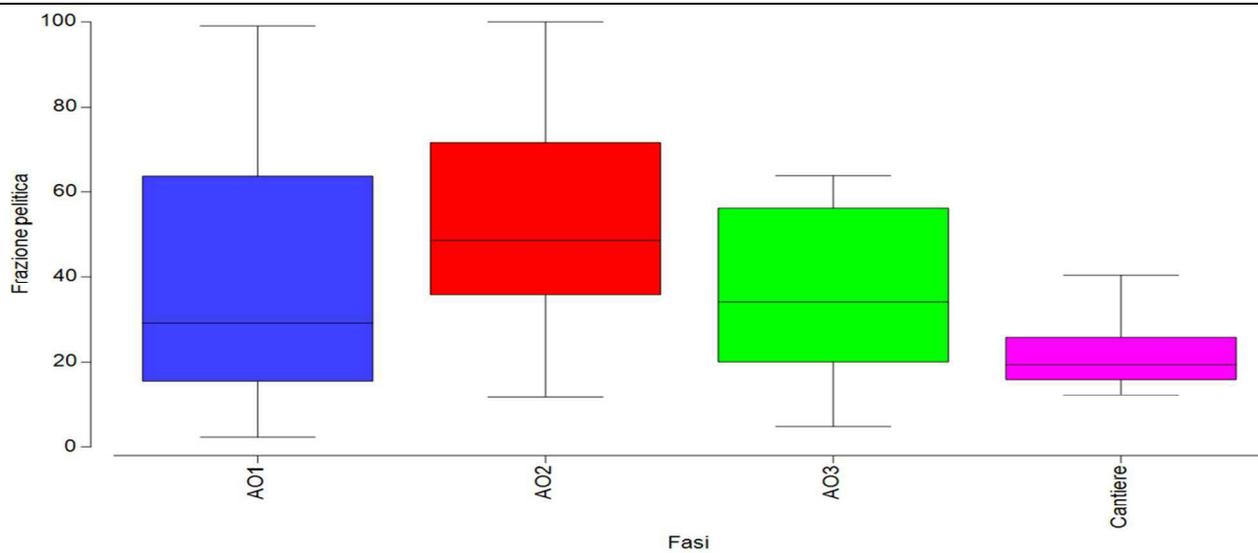
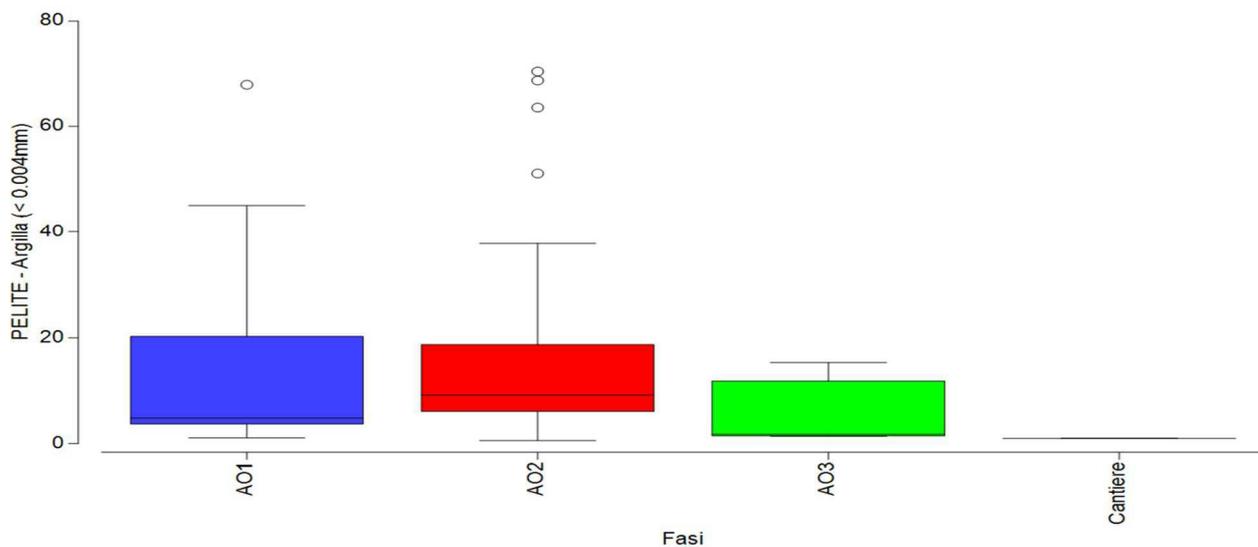
Figura 5 - Rappresentazioni Box-Whiskers relative alle variabili oggetto di indagine raggruppate rispetto al fattore "fase" del monitoraggio.

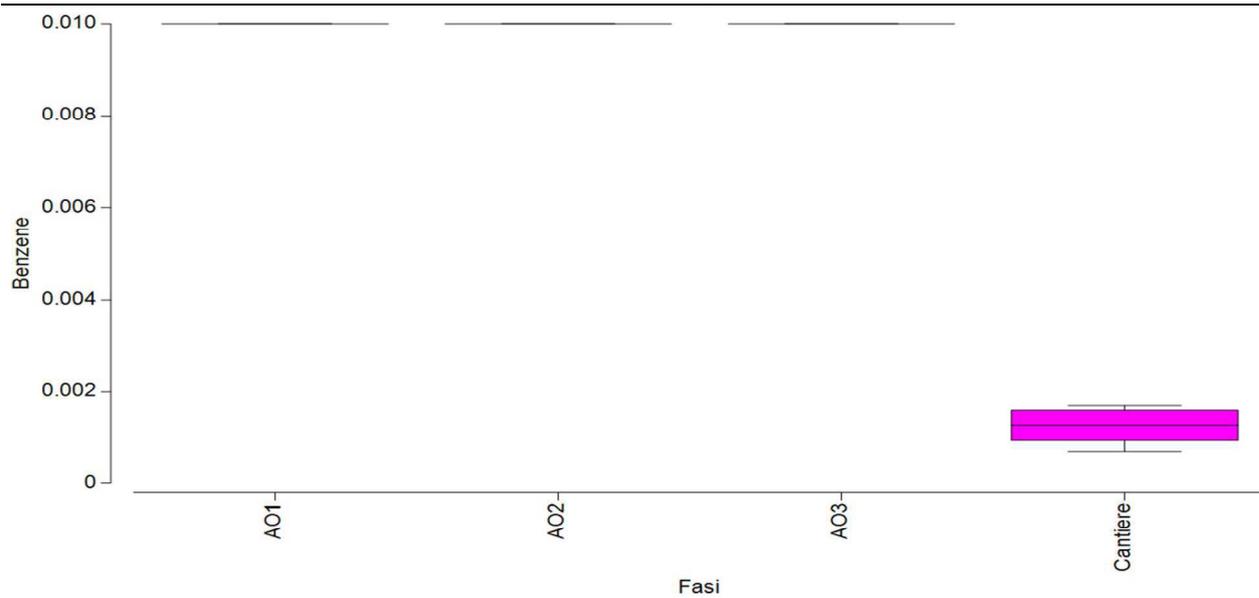
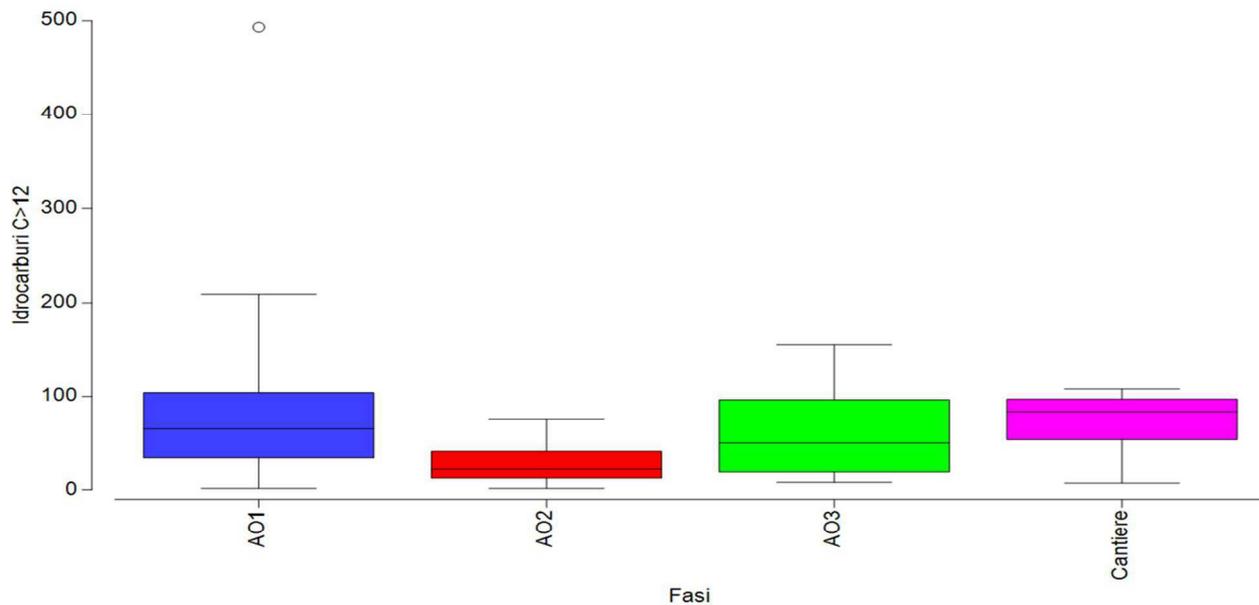


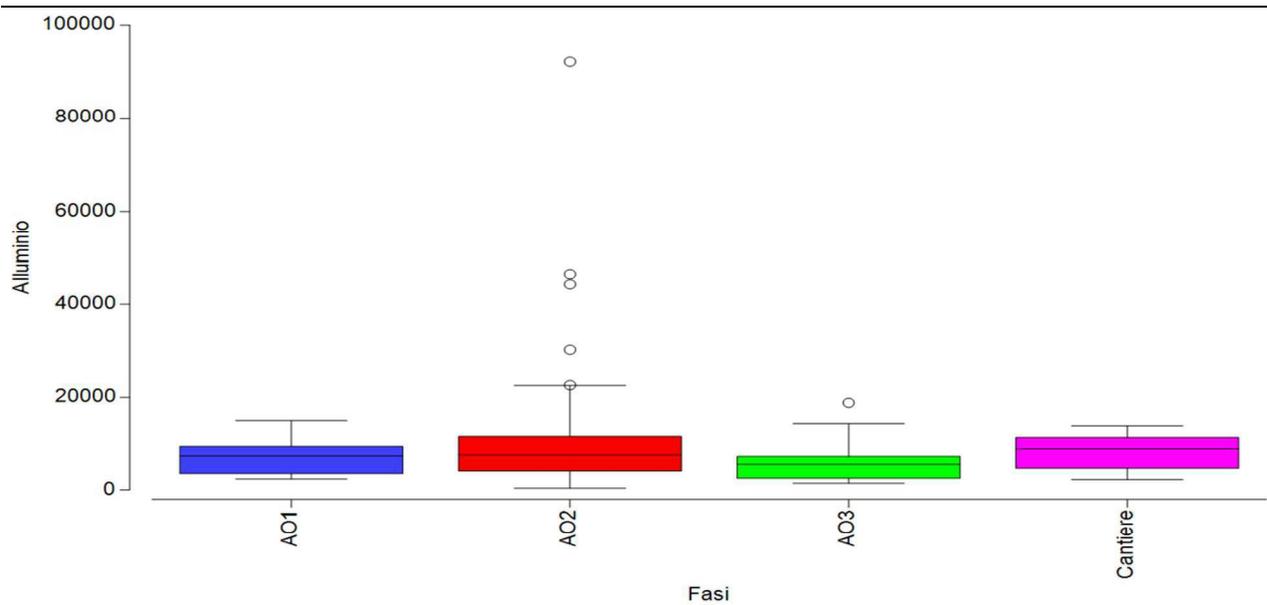
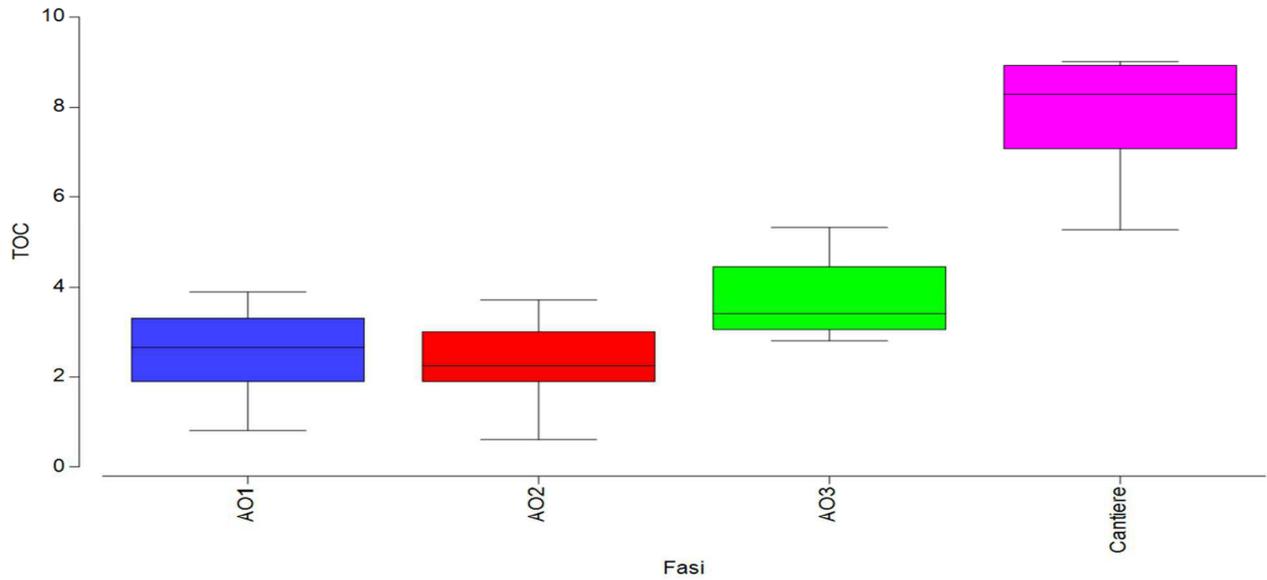


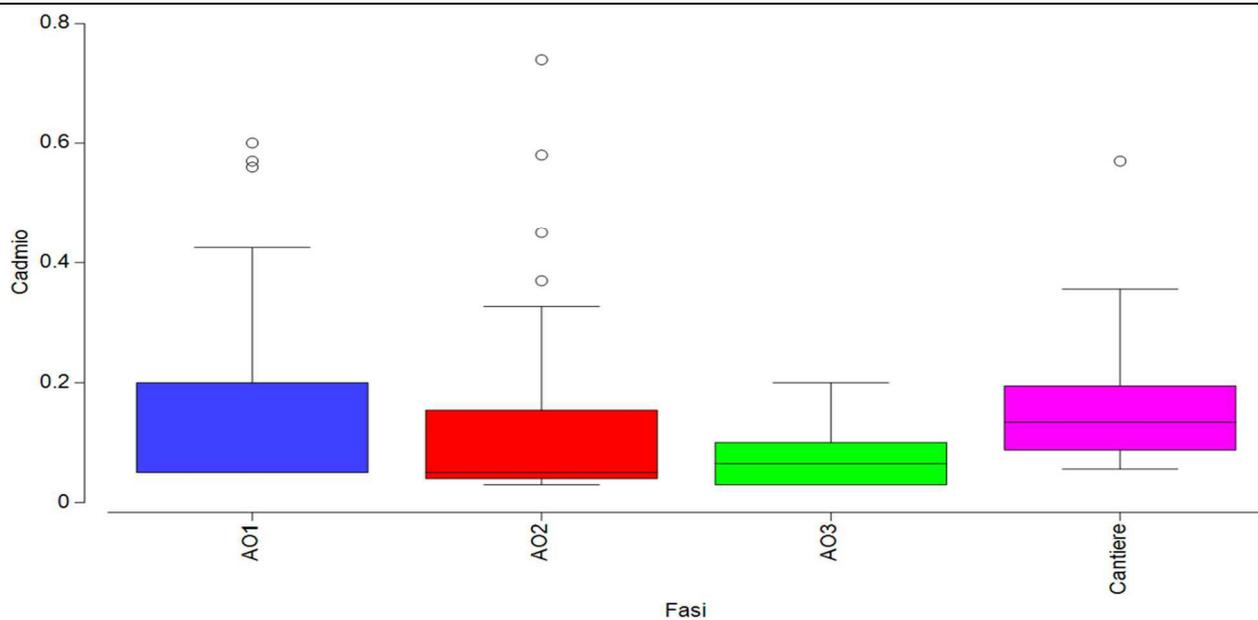
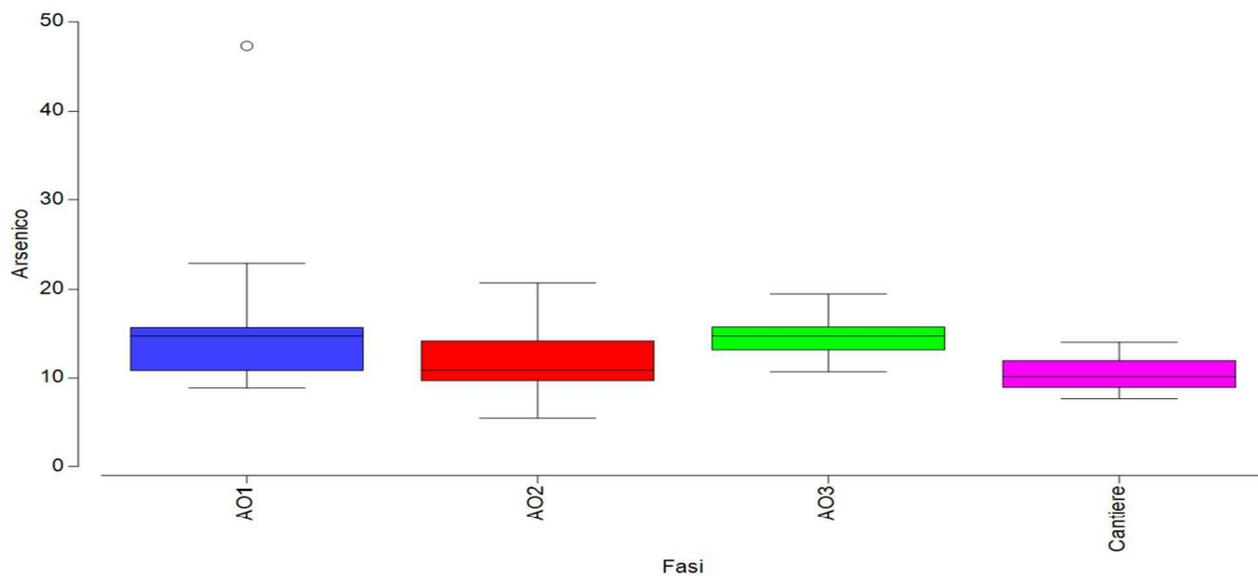


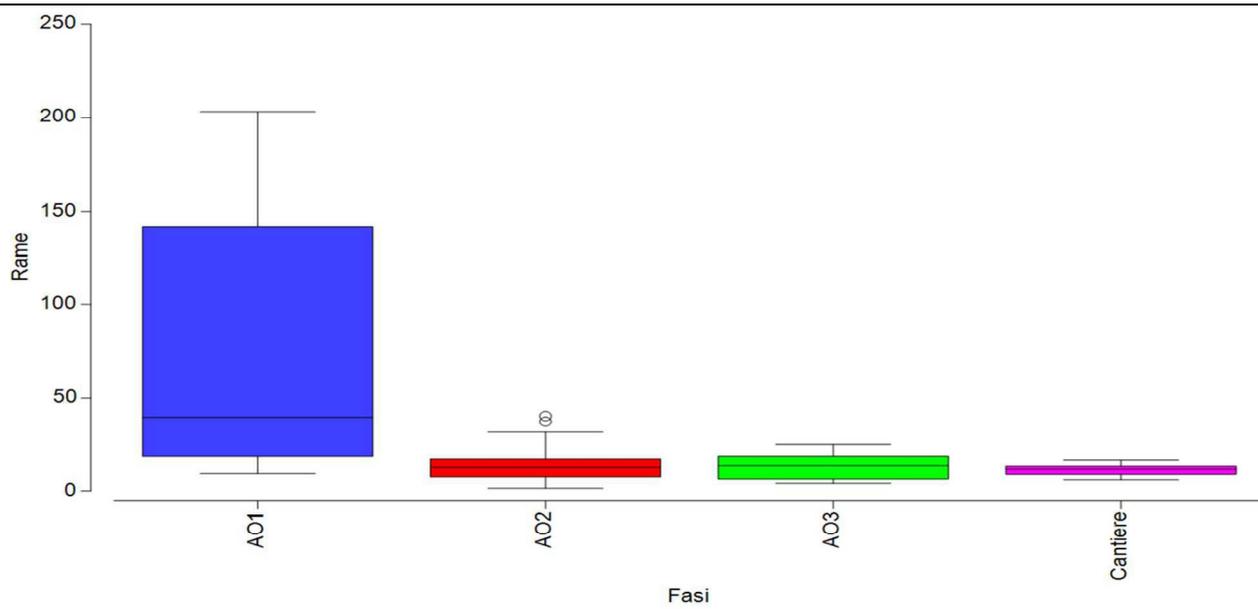
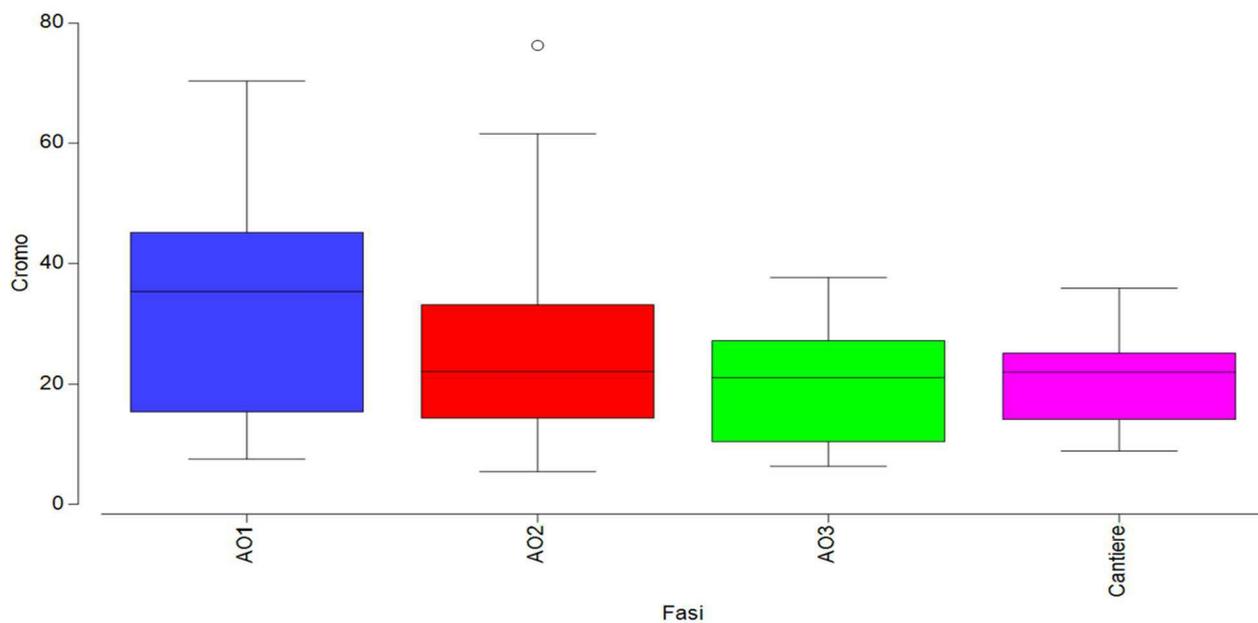


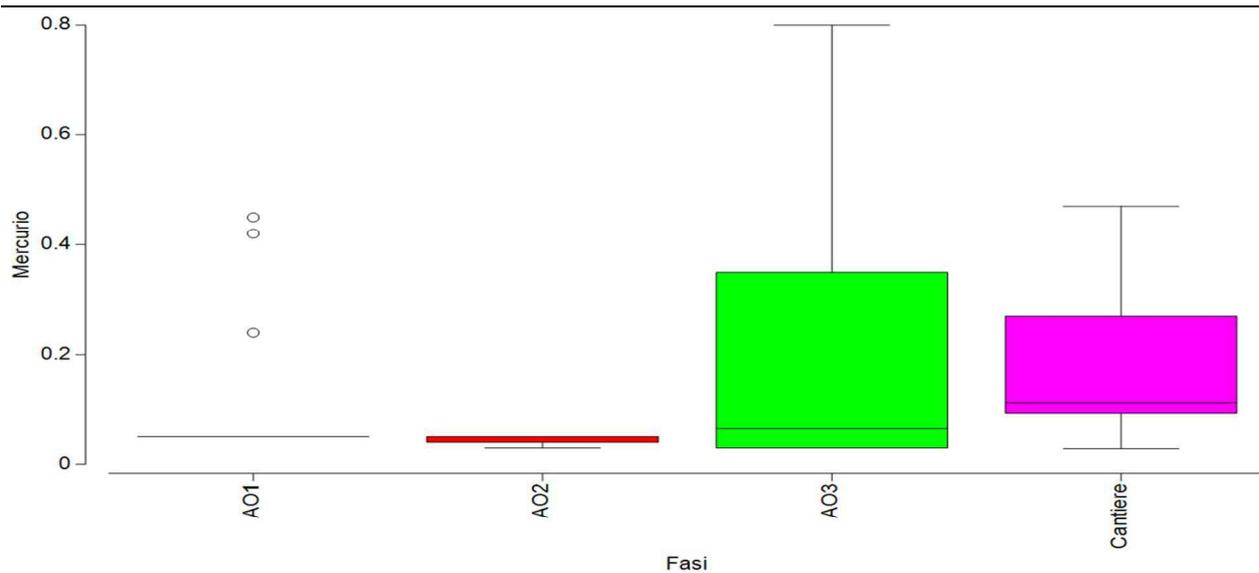
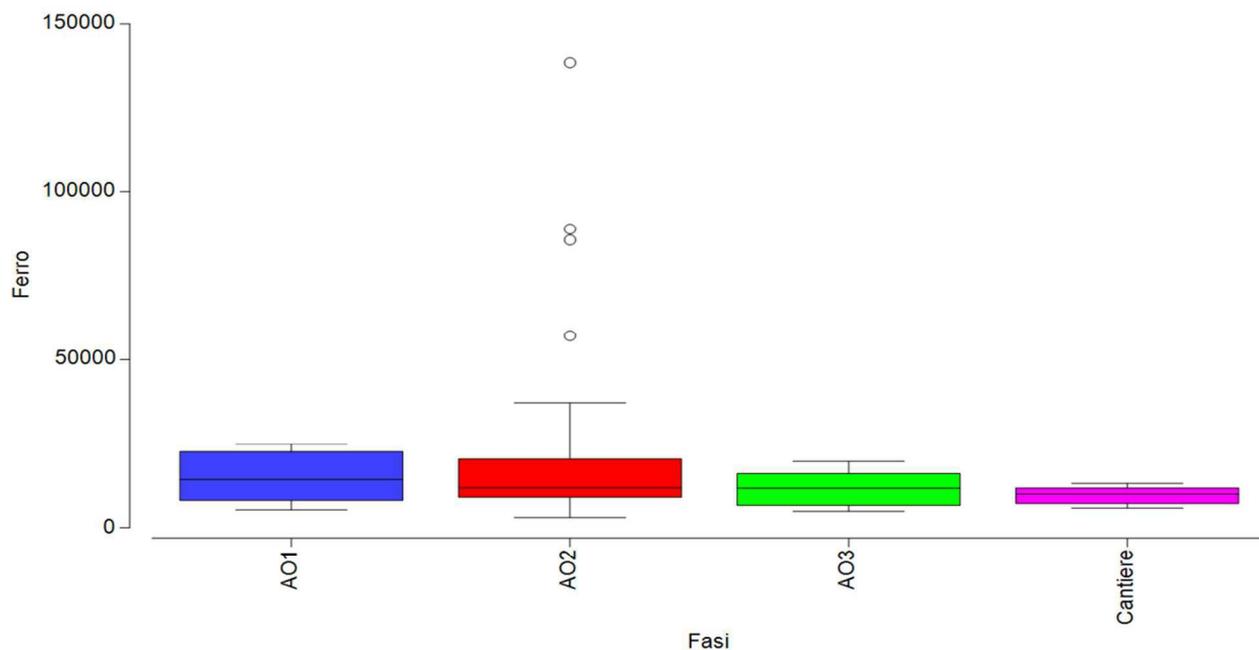


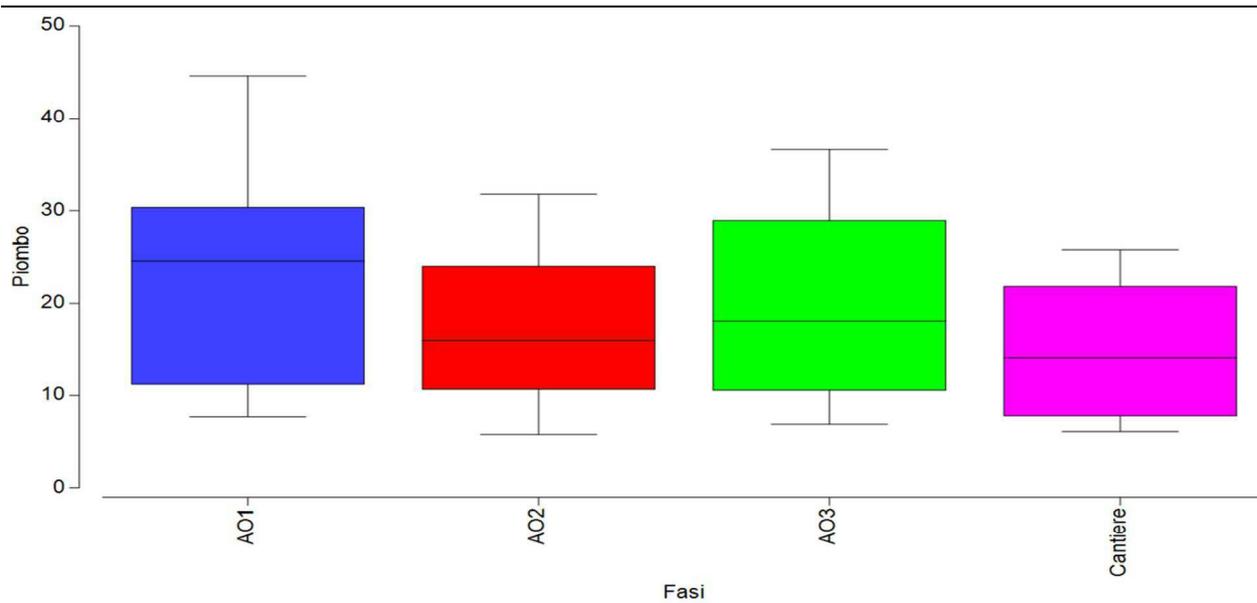
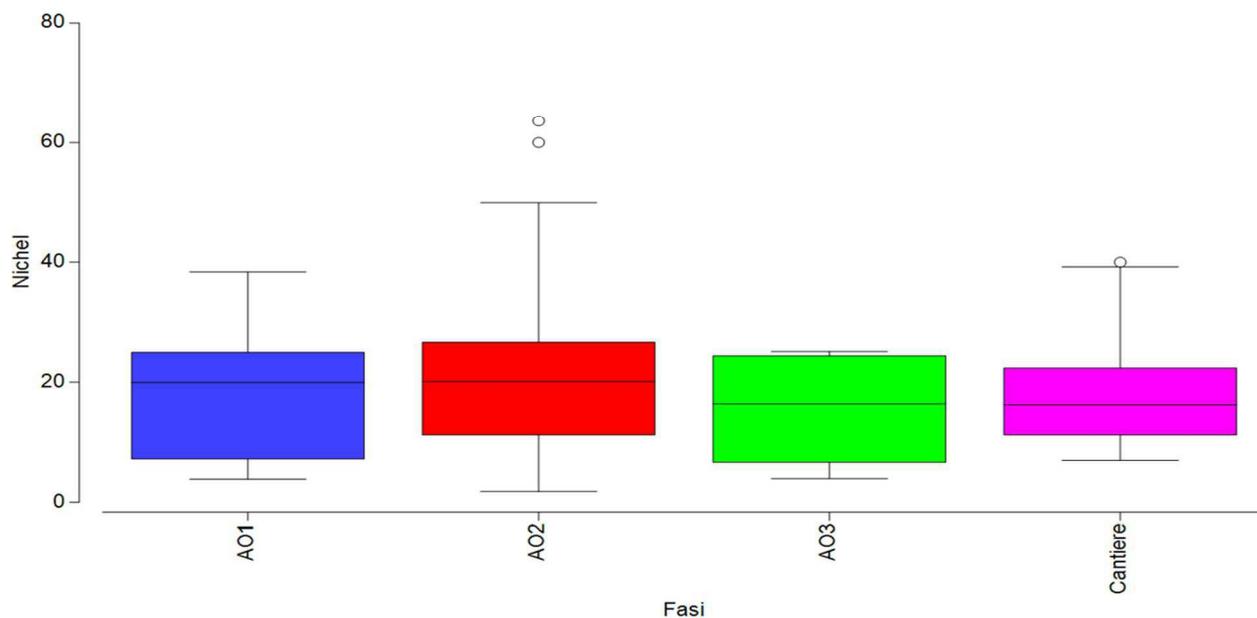


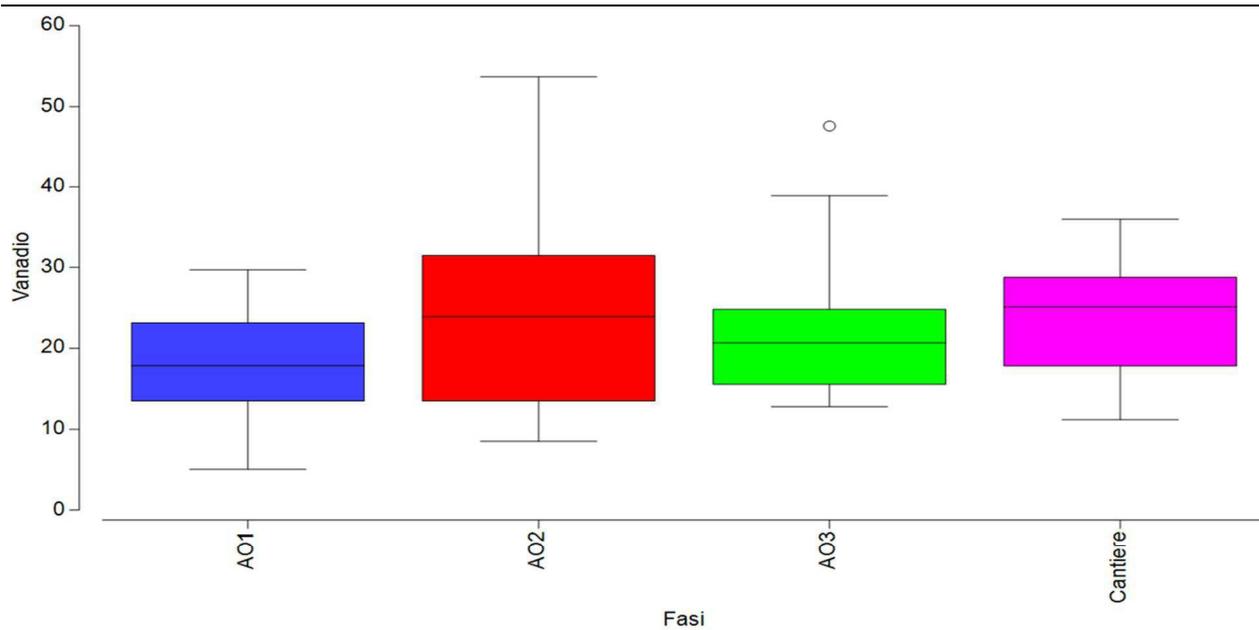
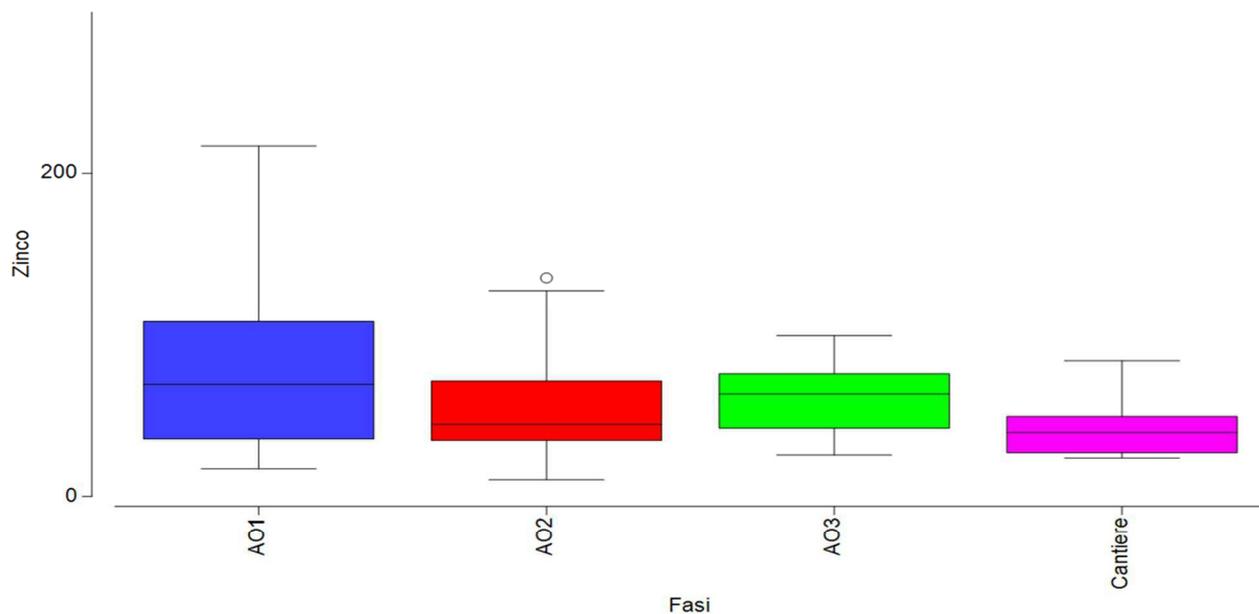


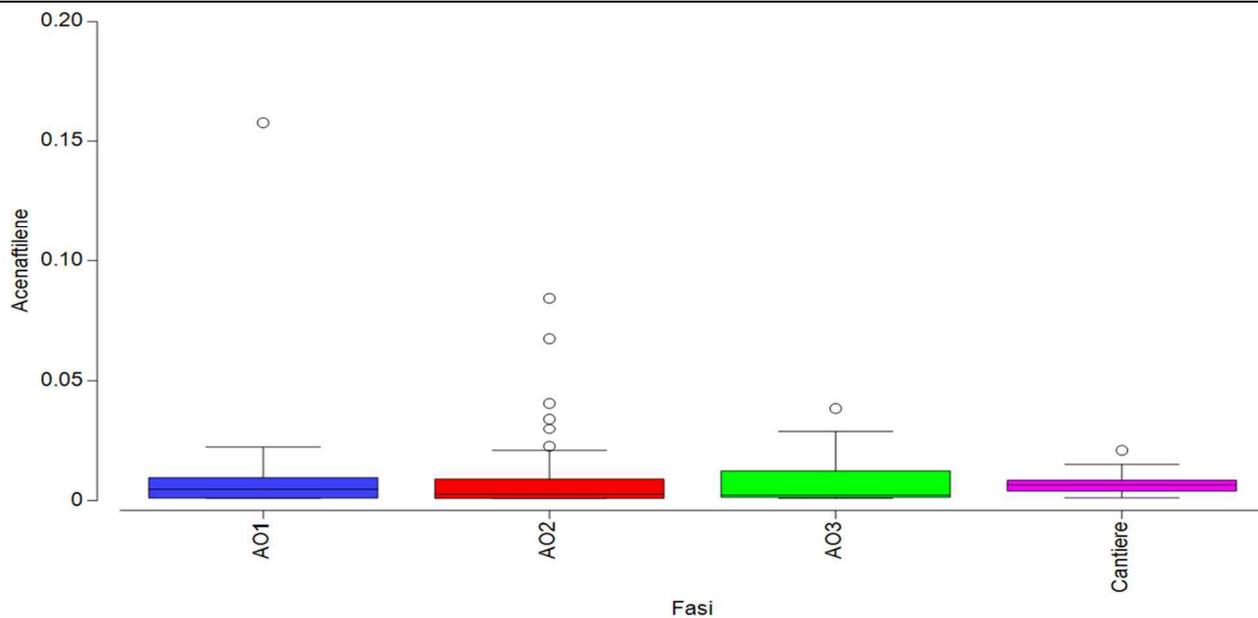
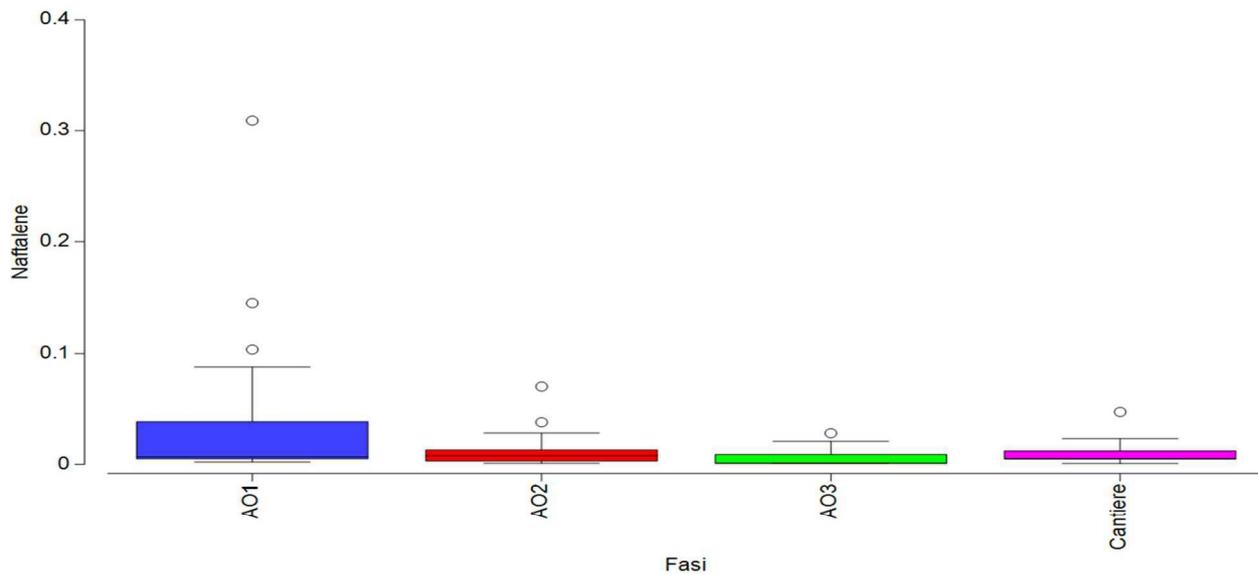


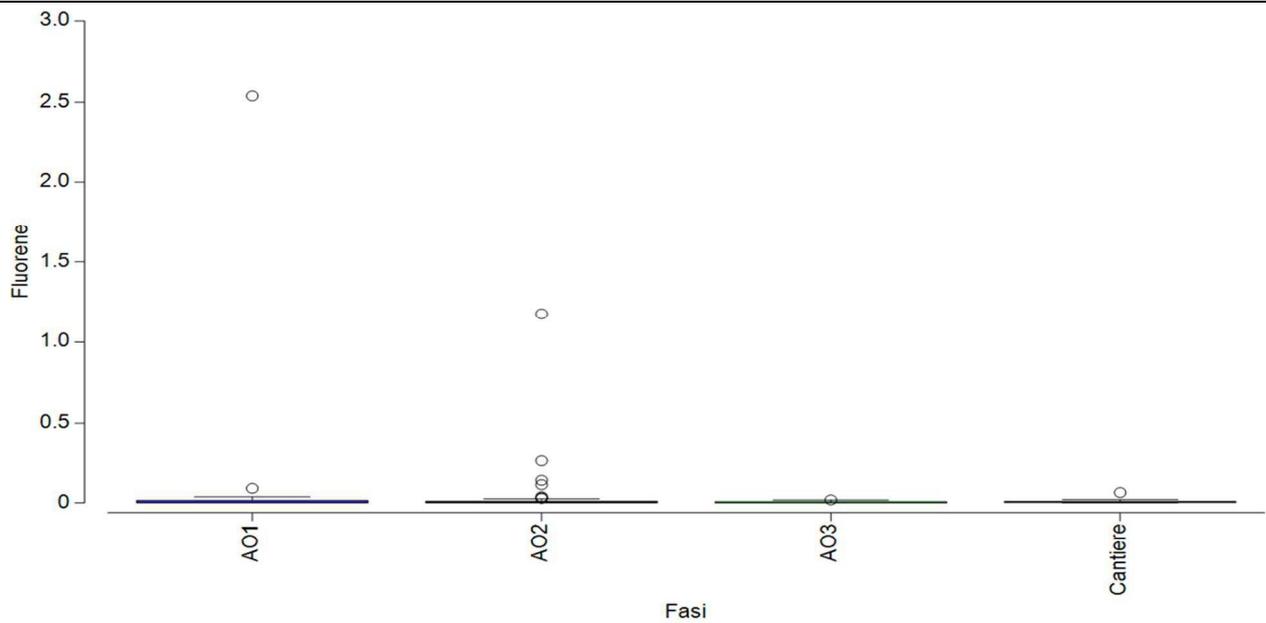
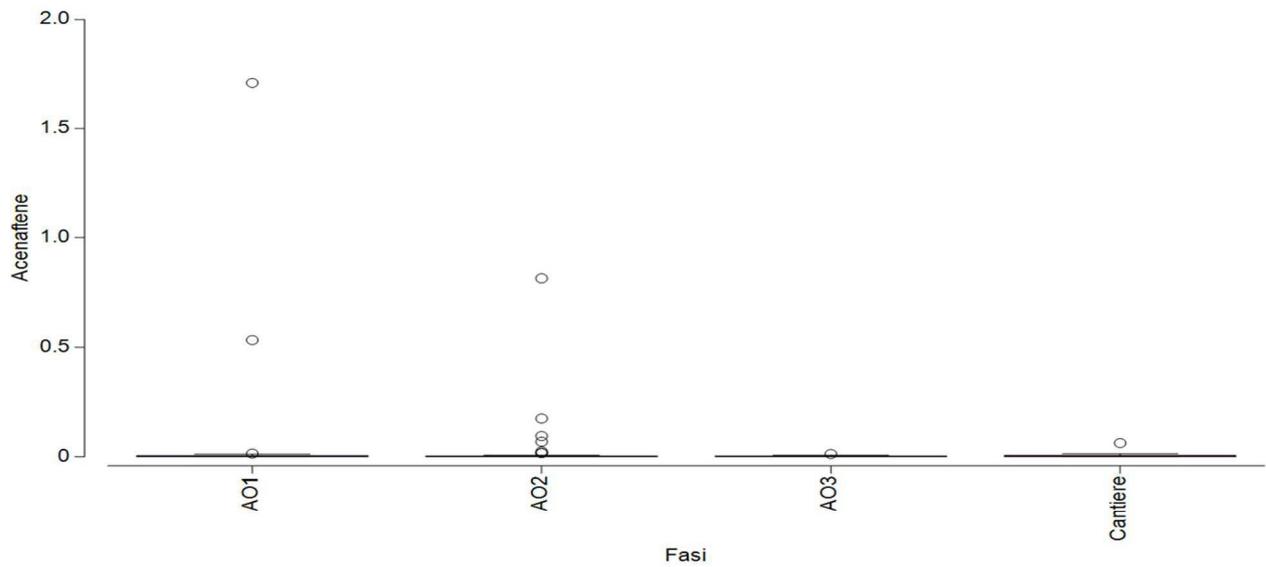


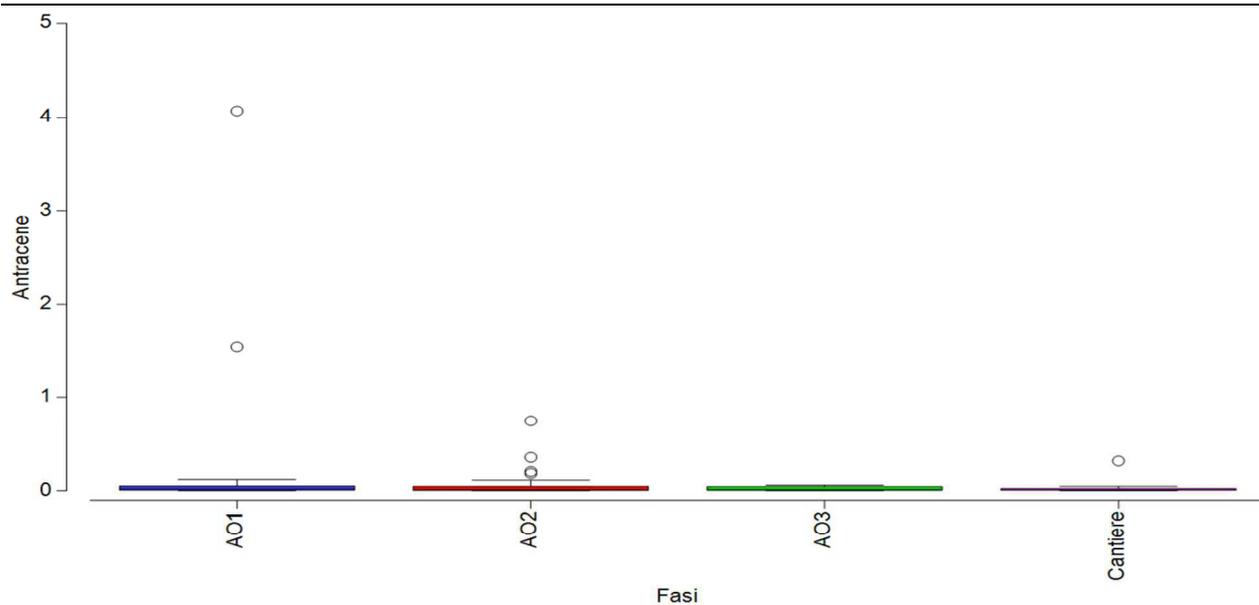
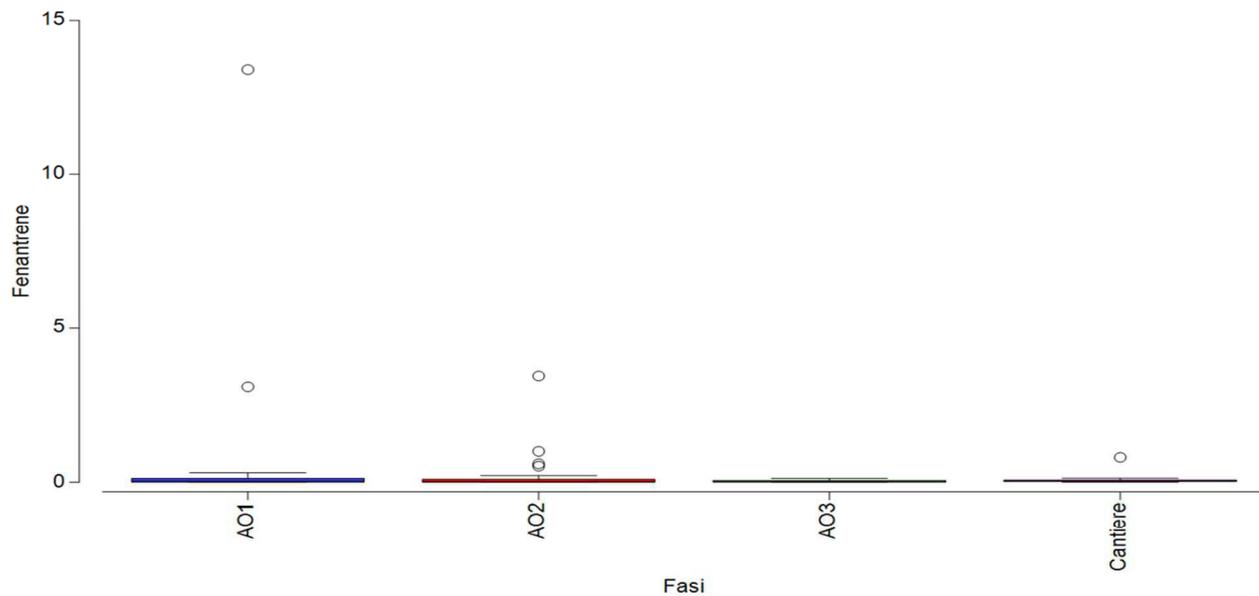


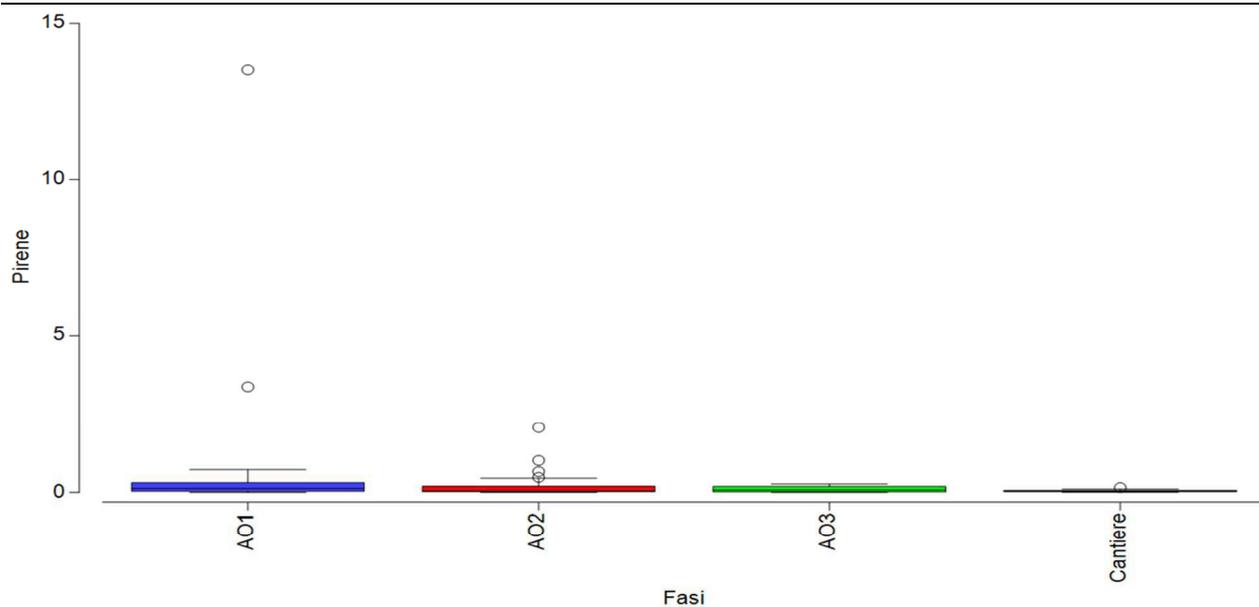
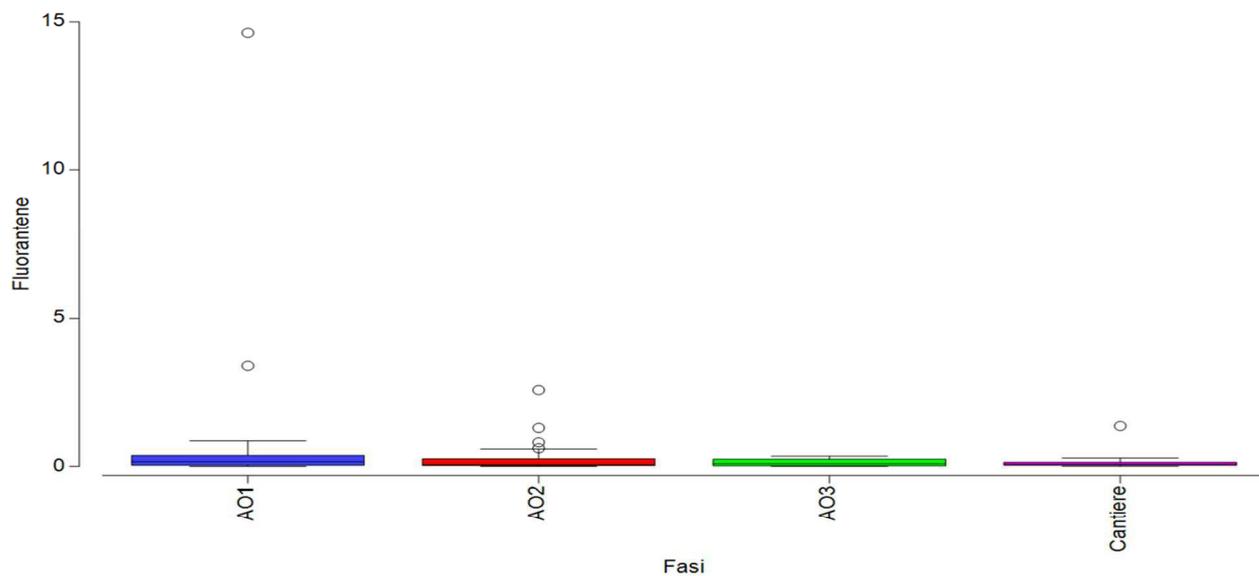


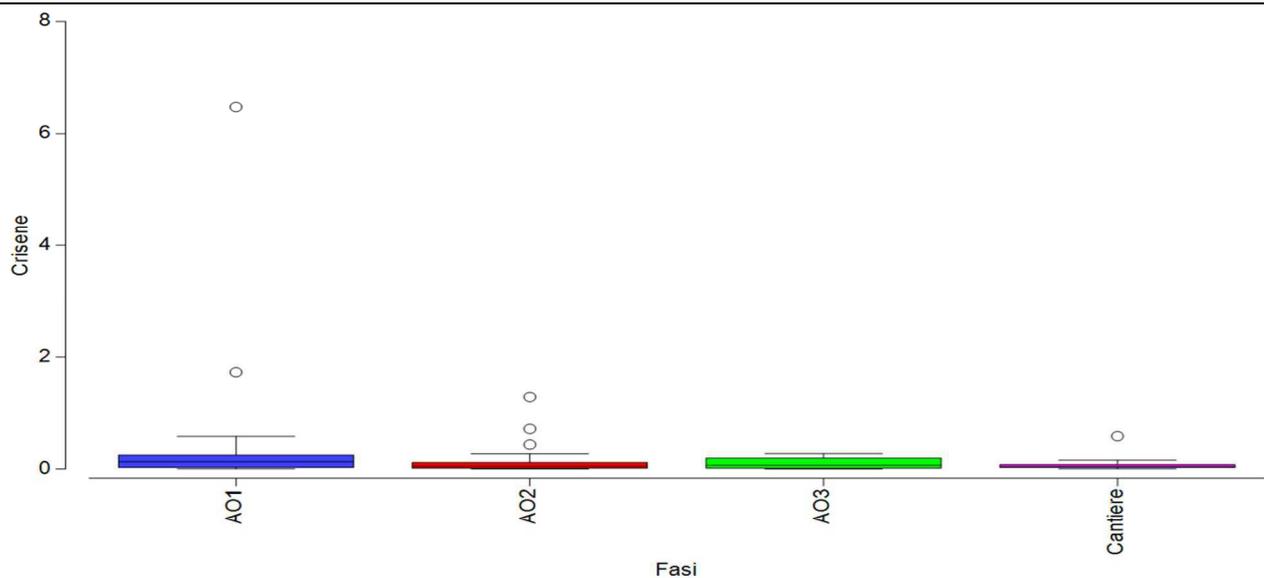
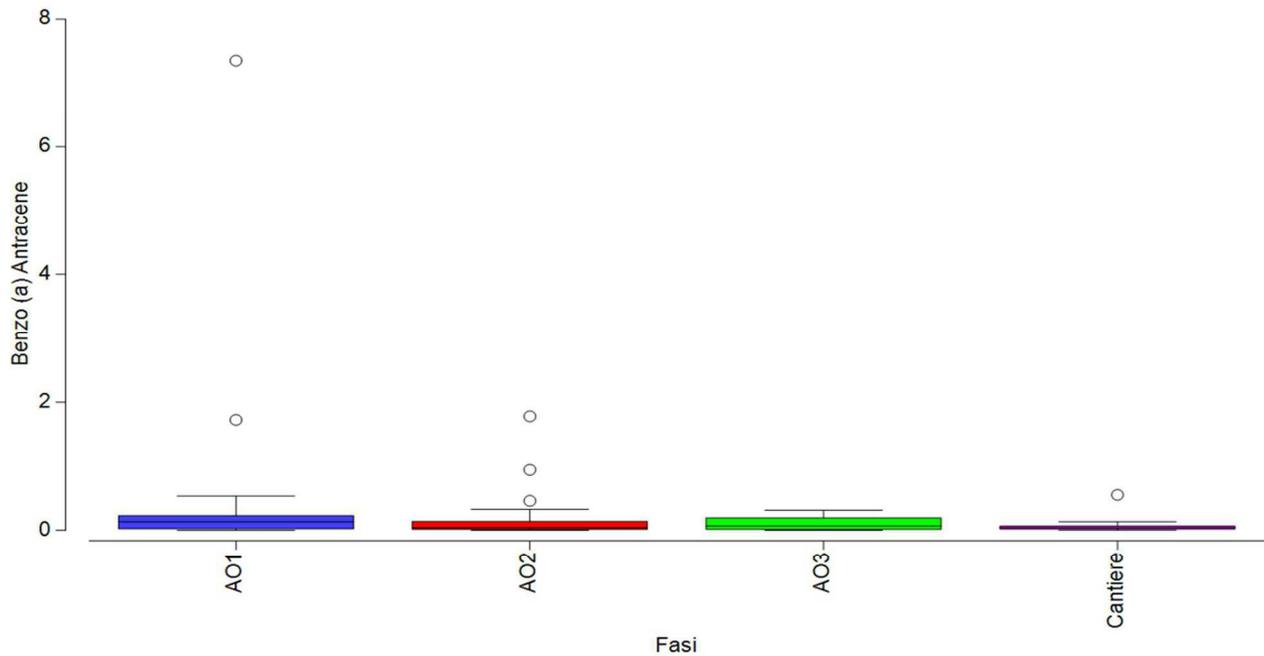


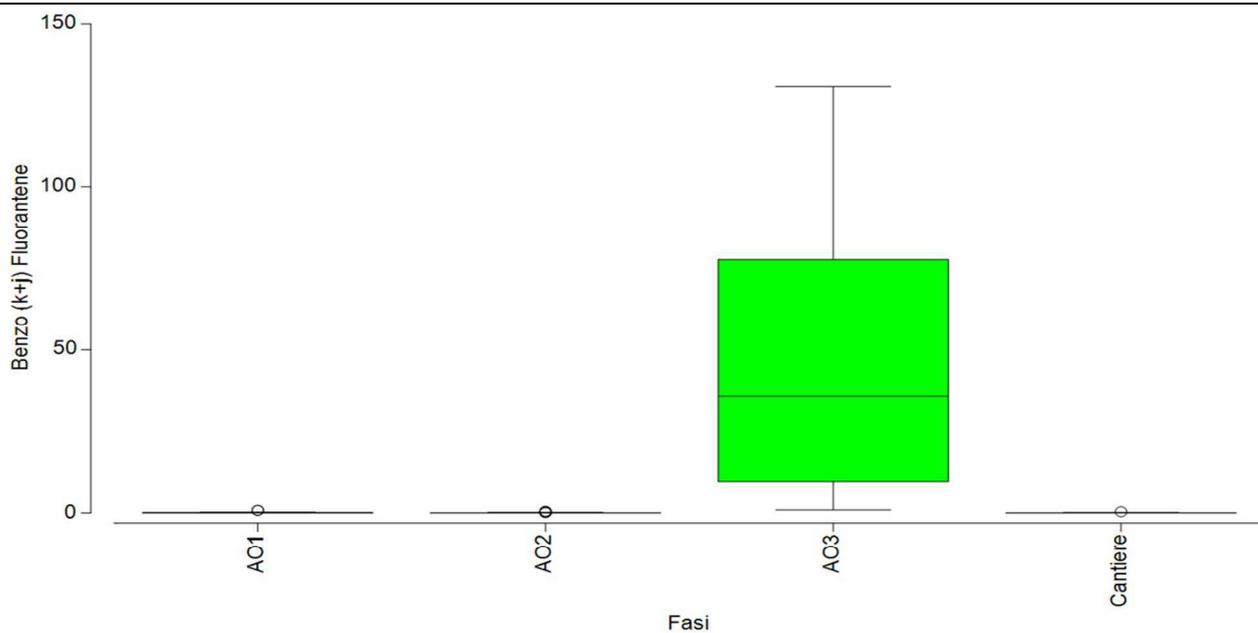
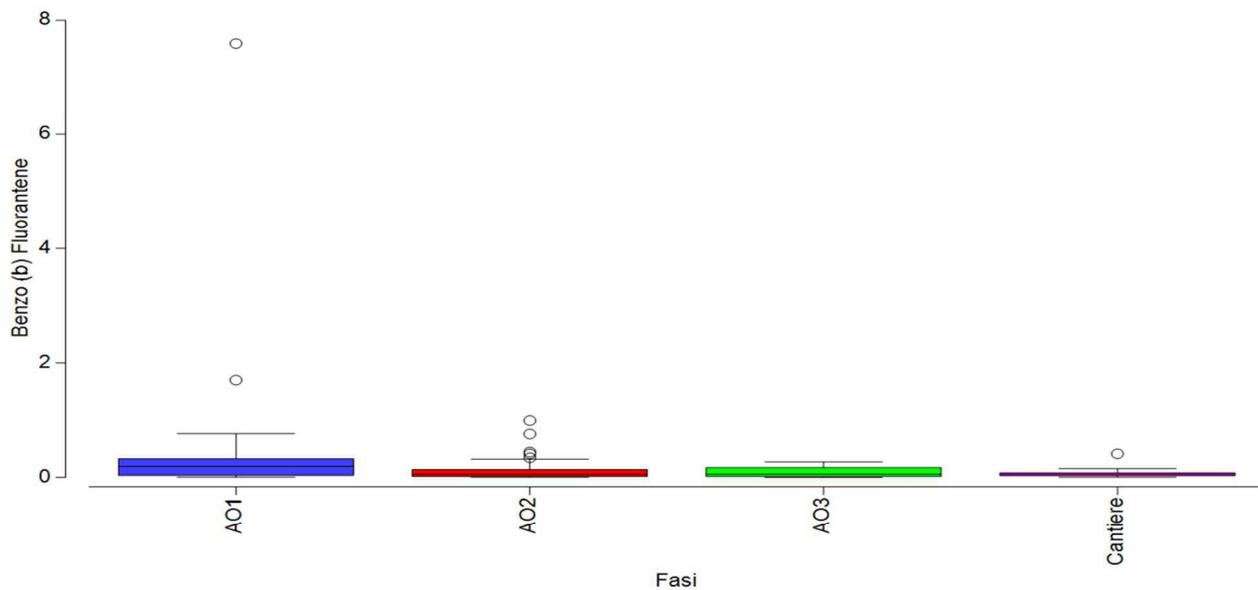


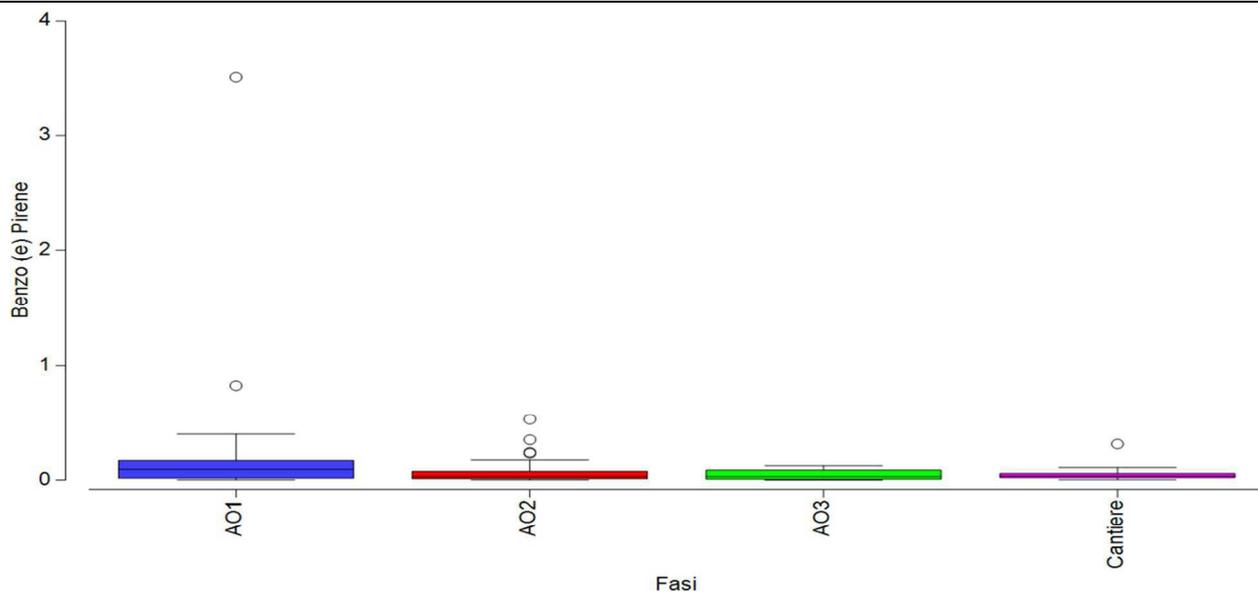
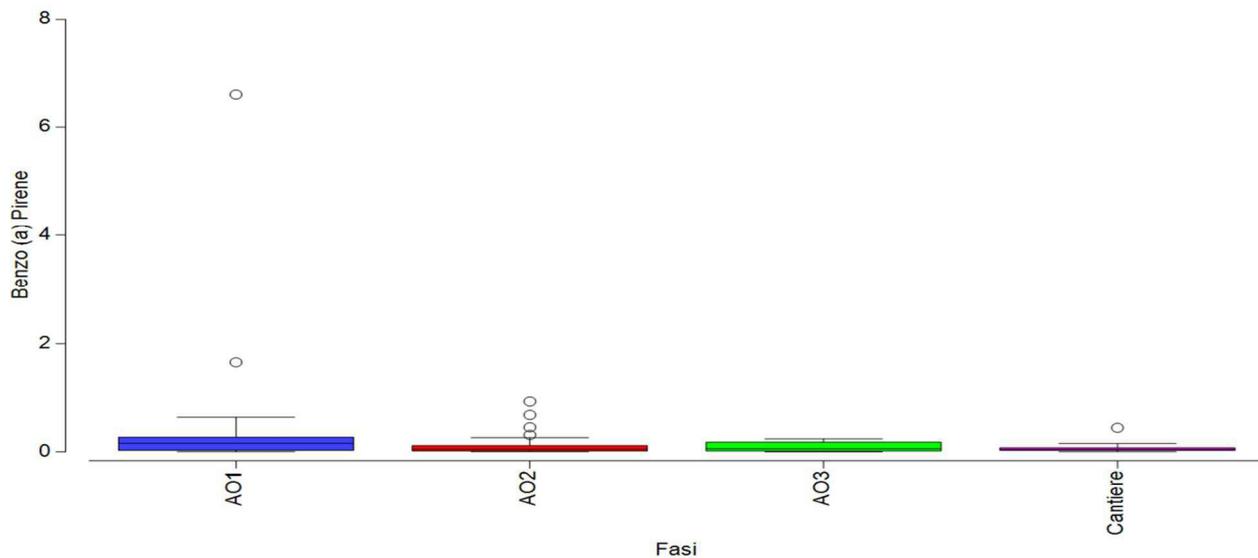


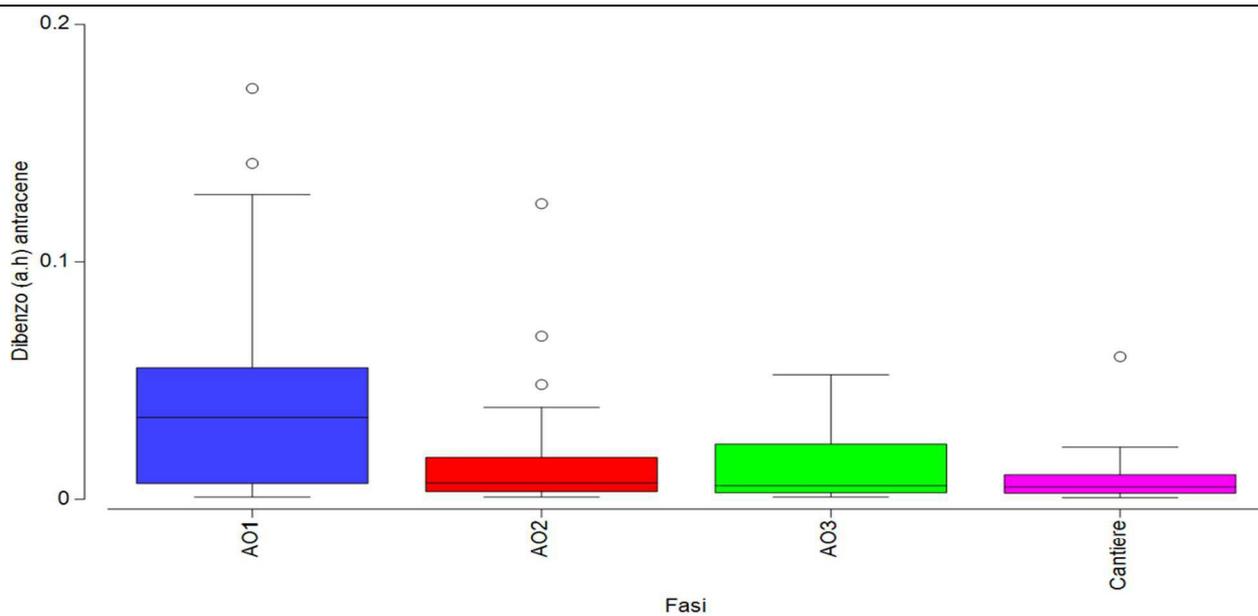
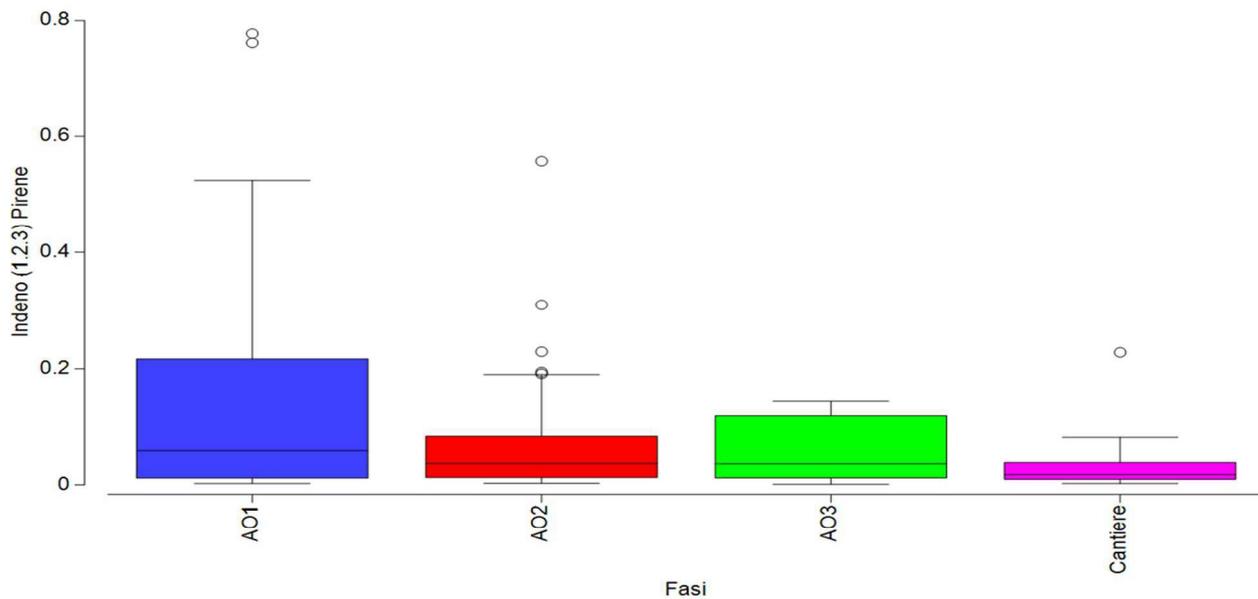


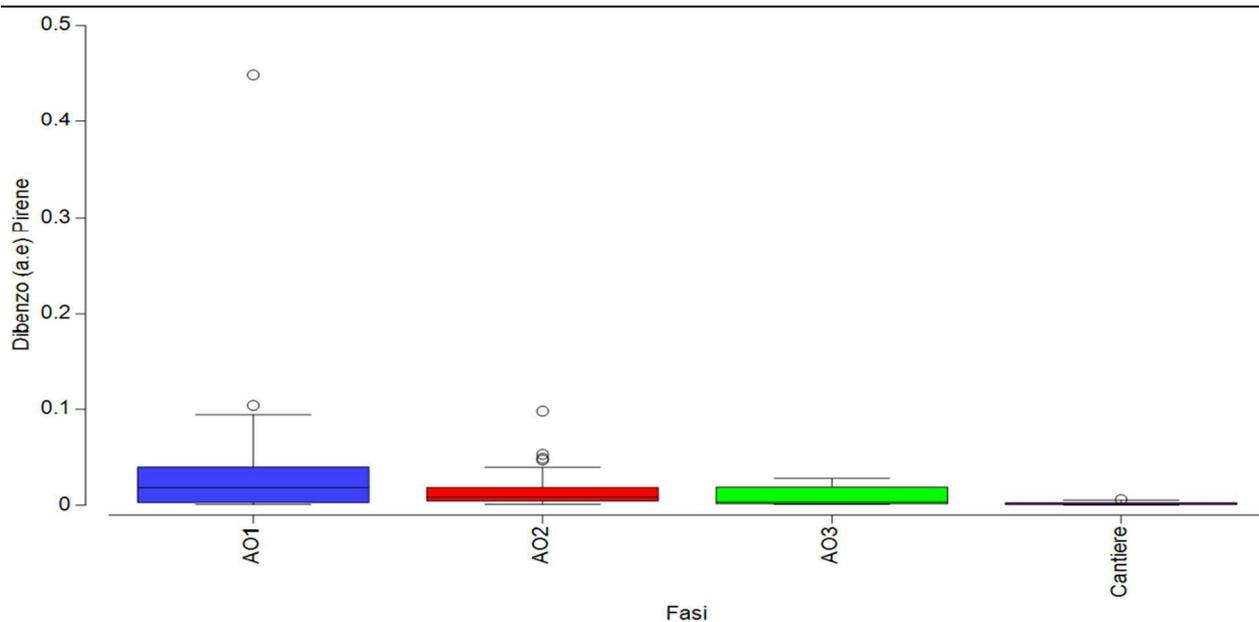
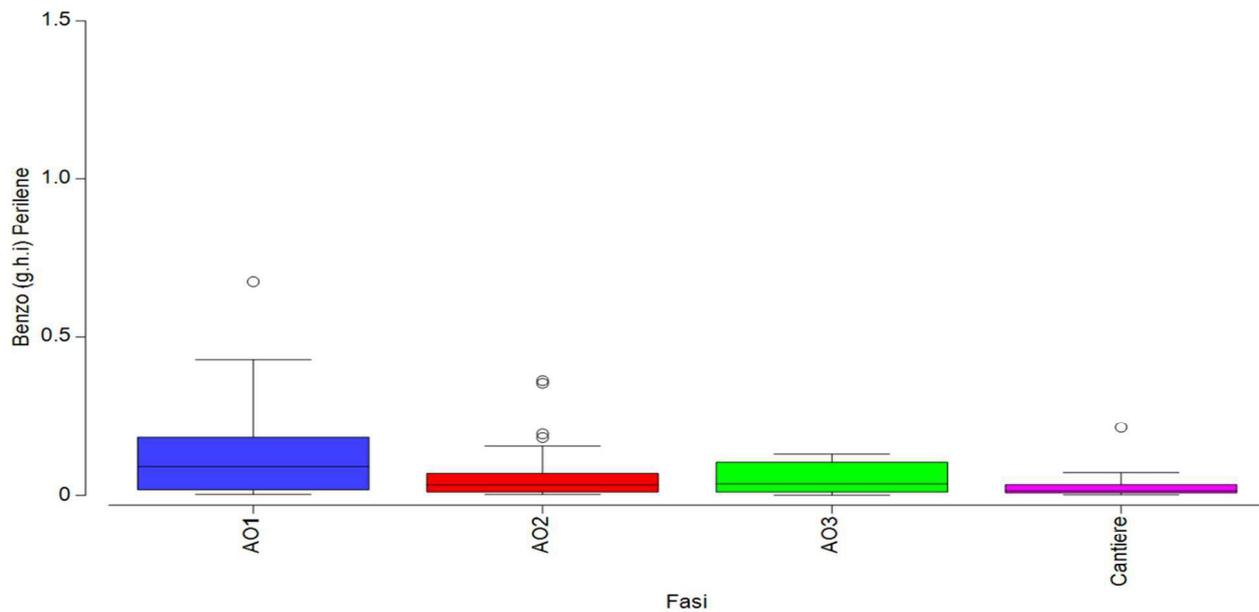


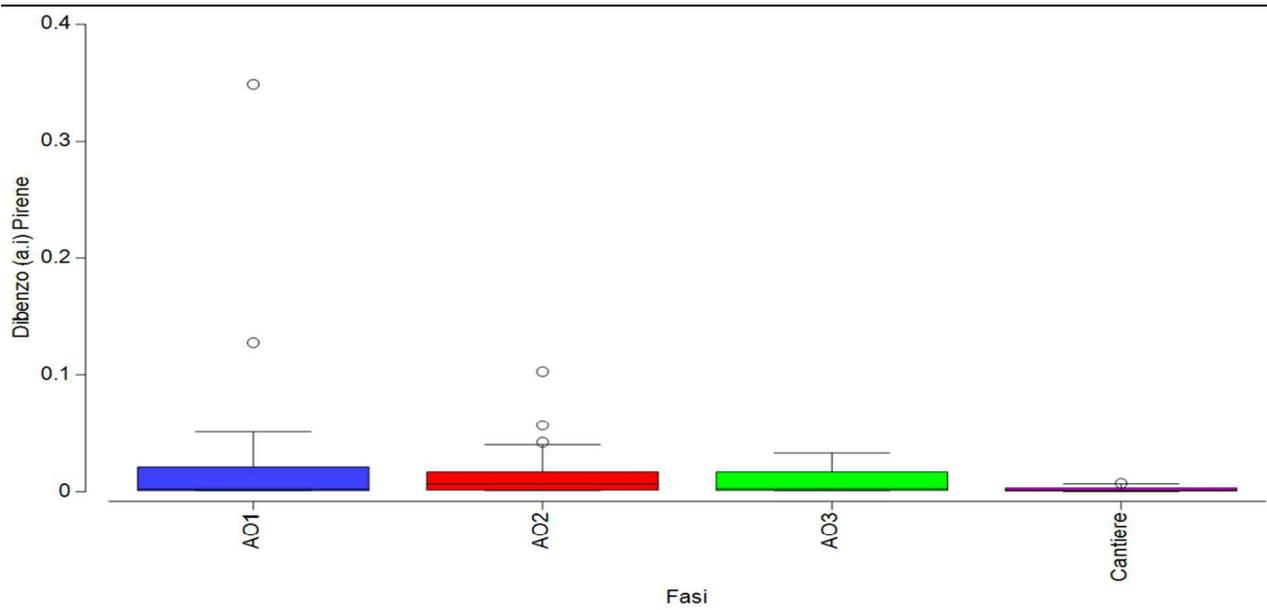
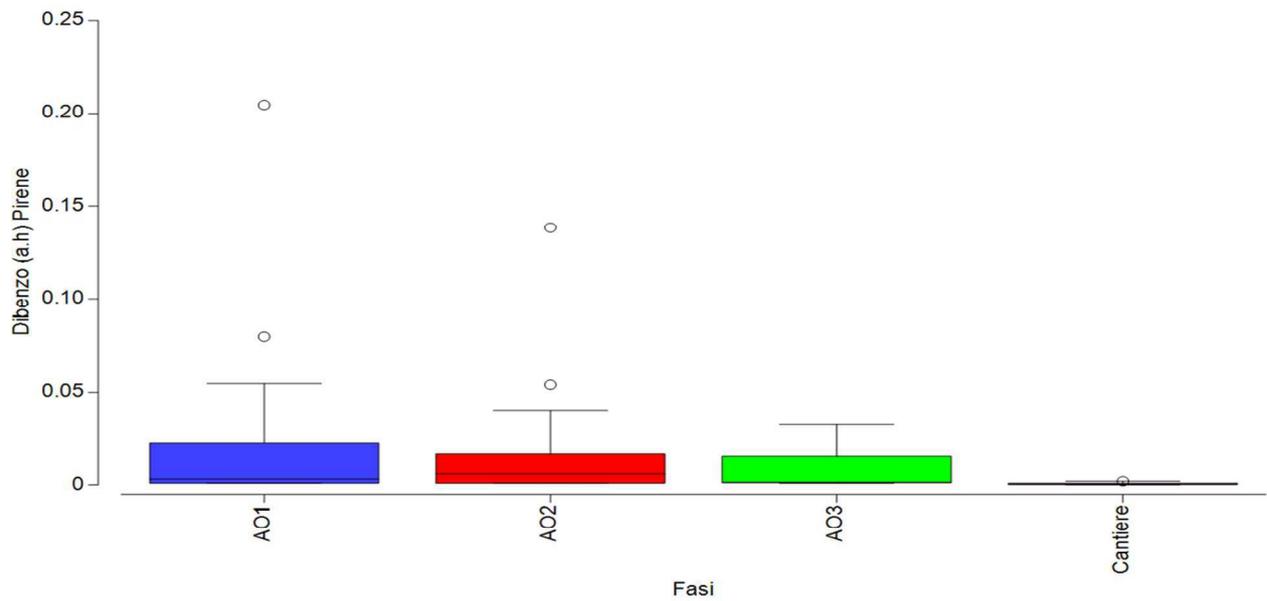


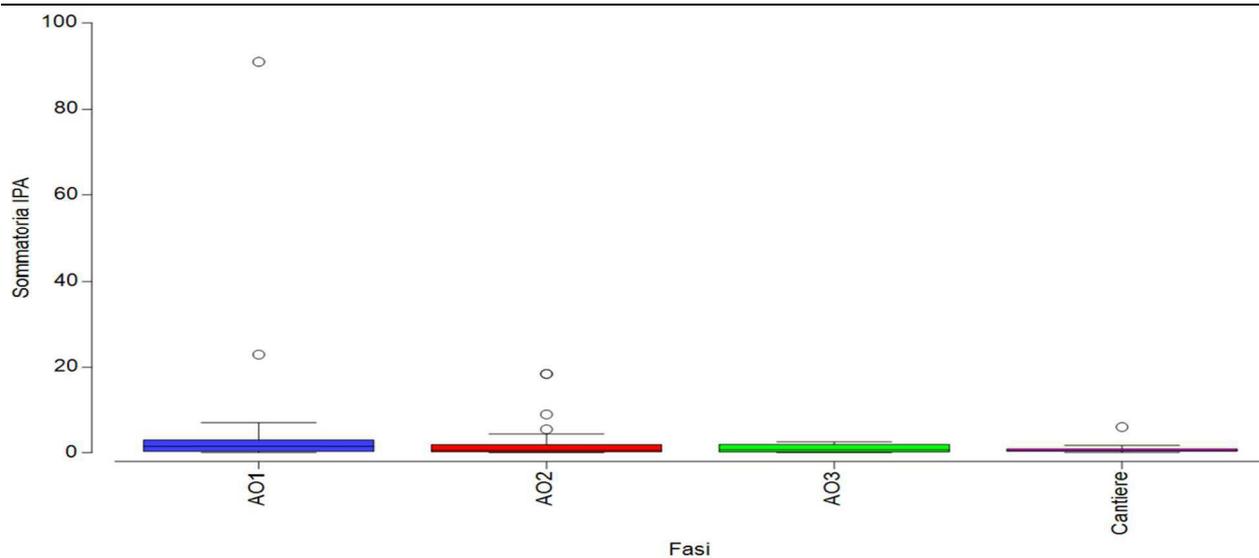
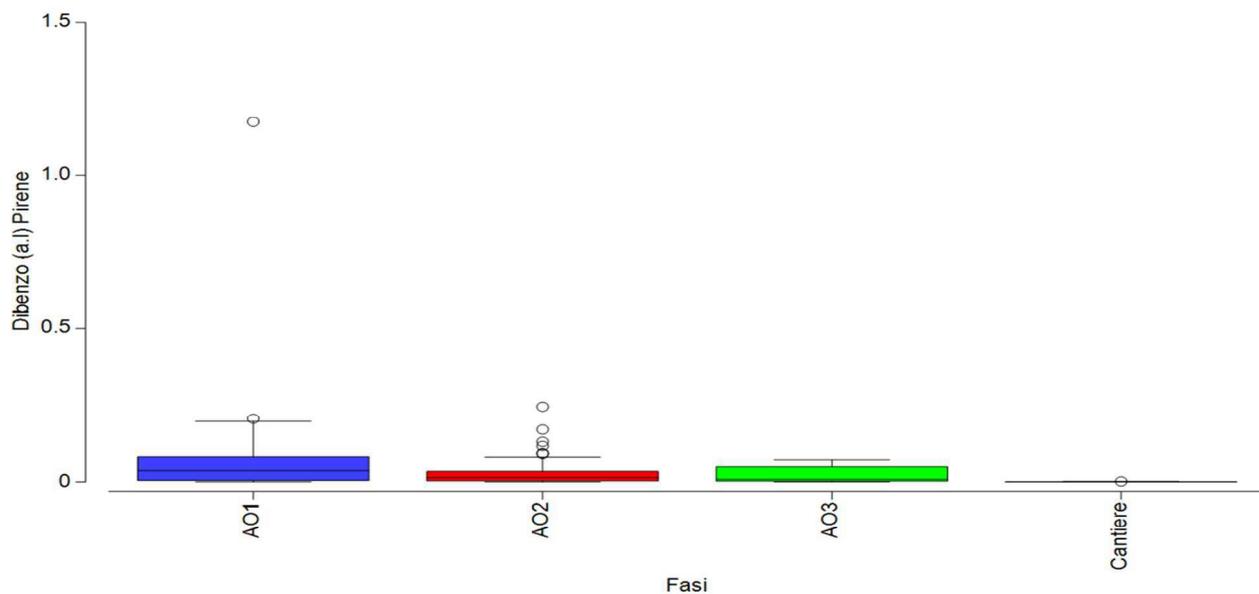


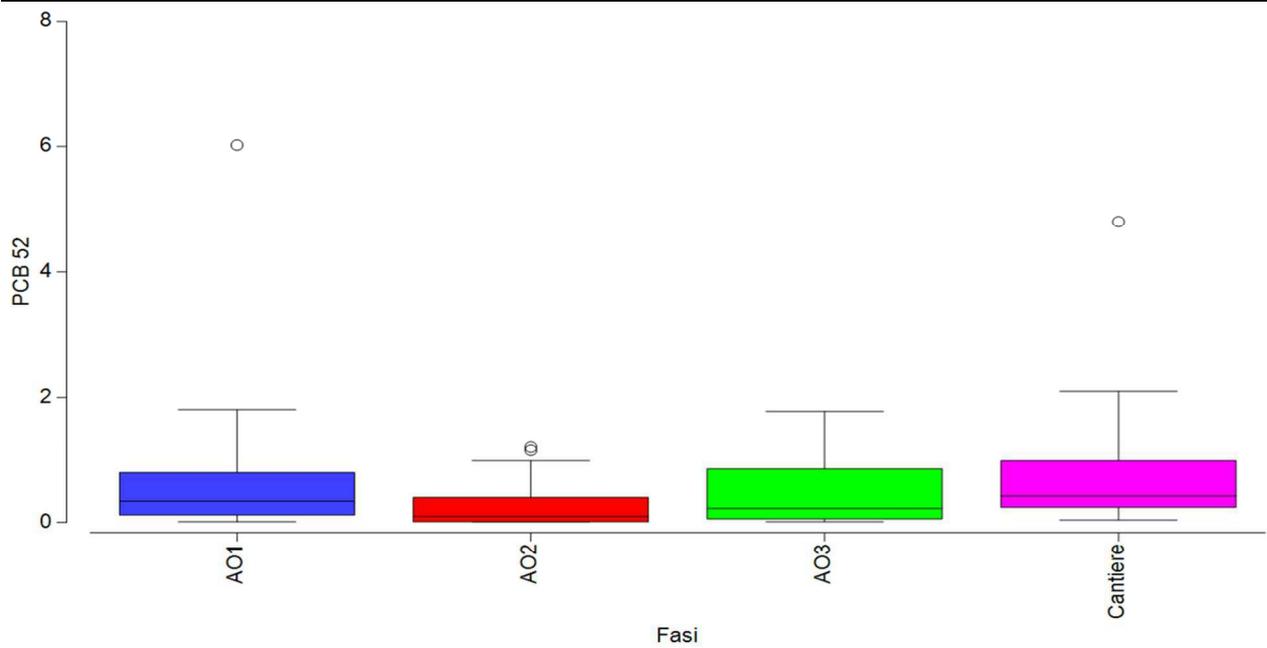
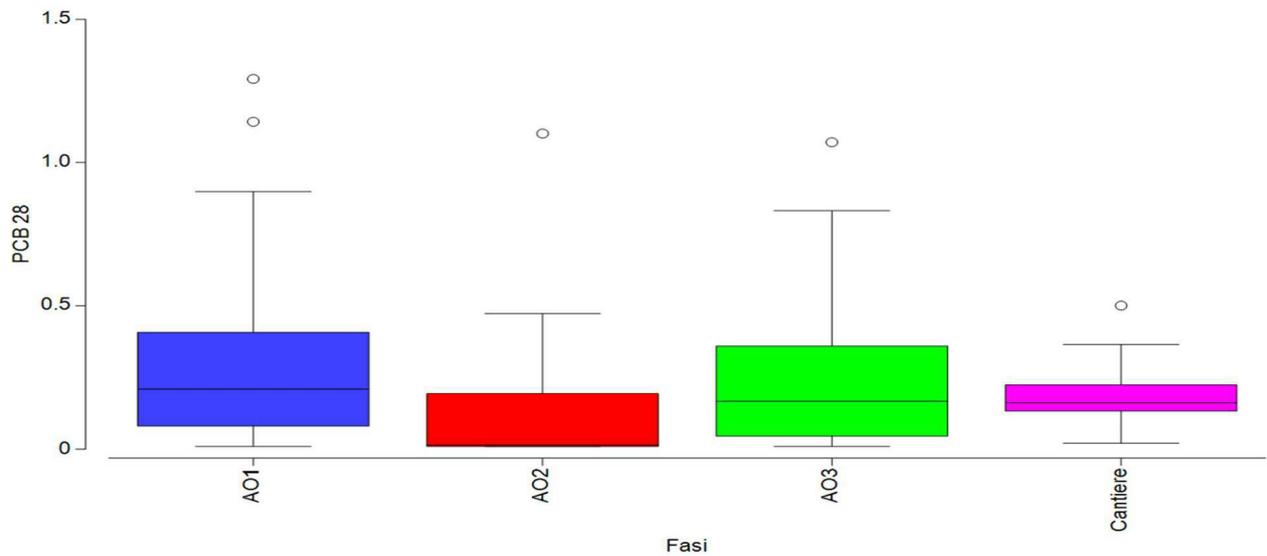


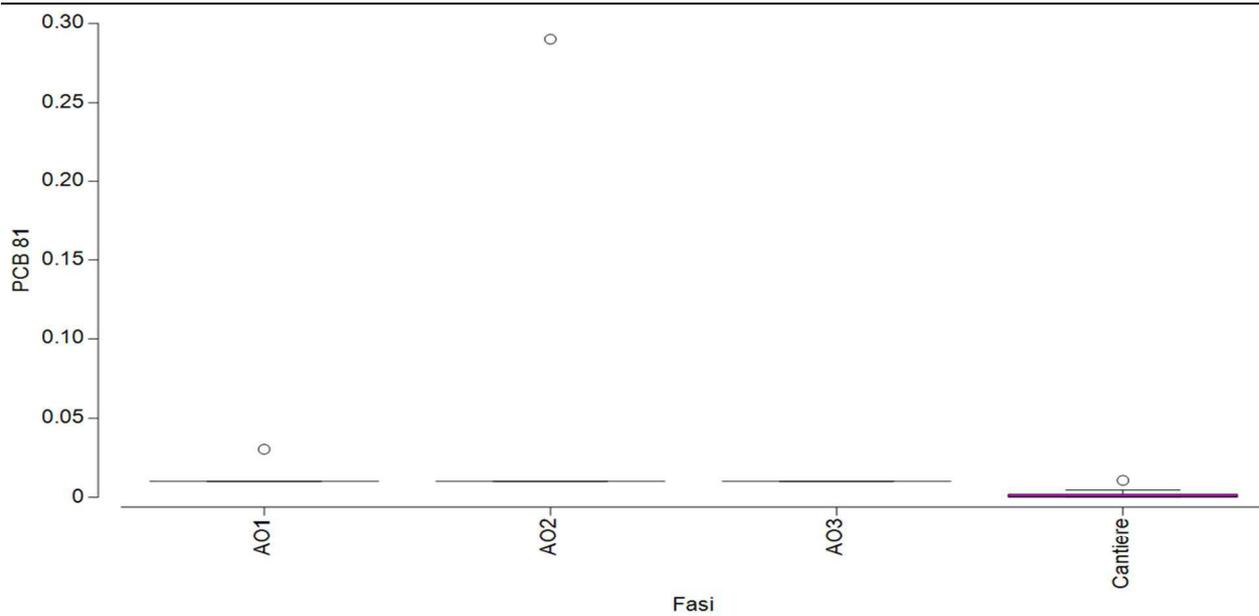
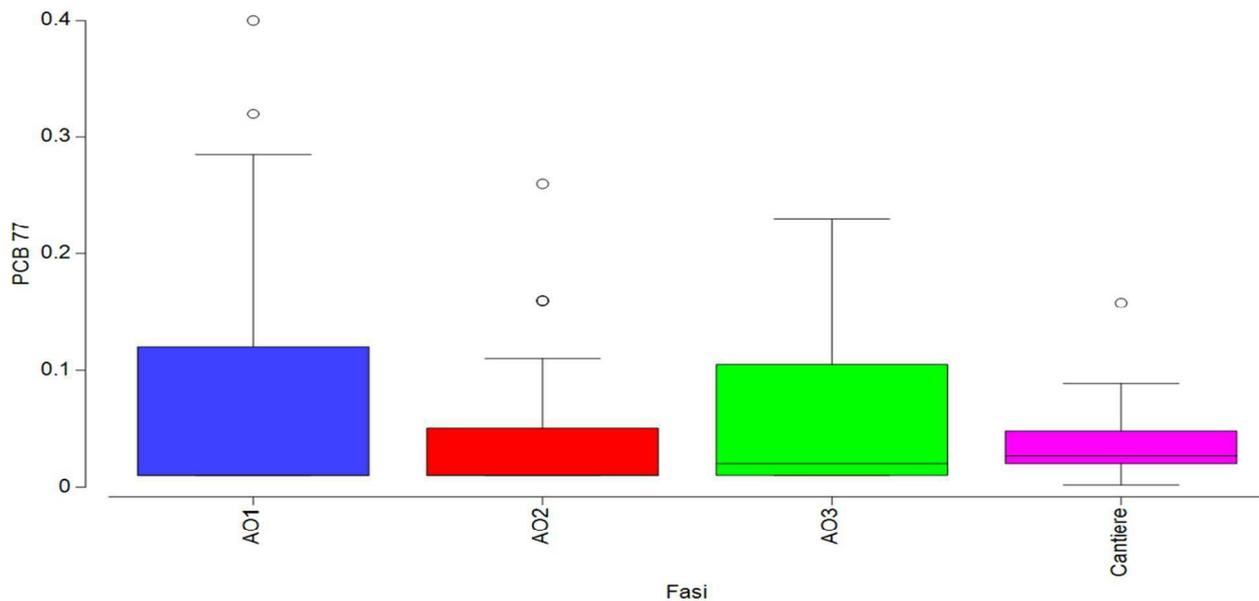


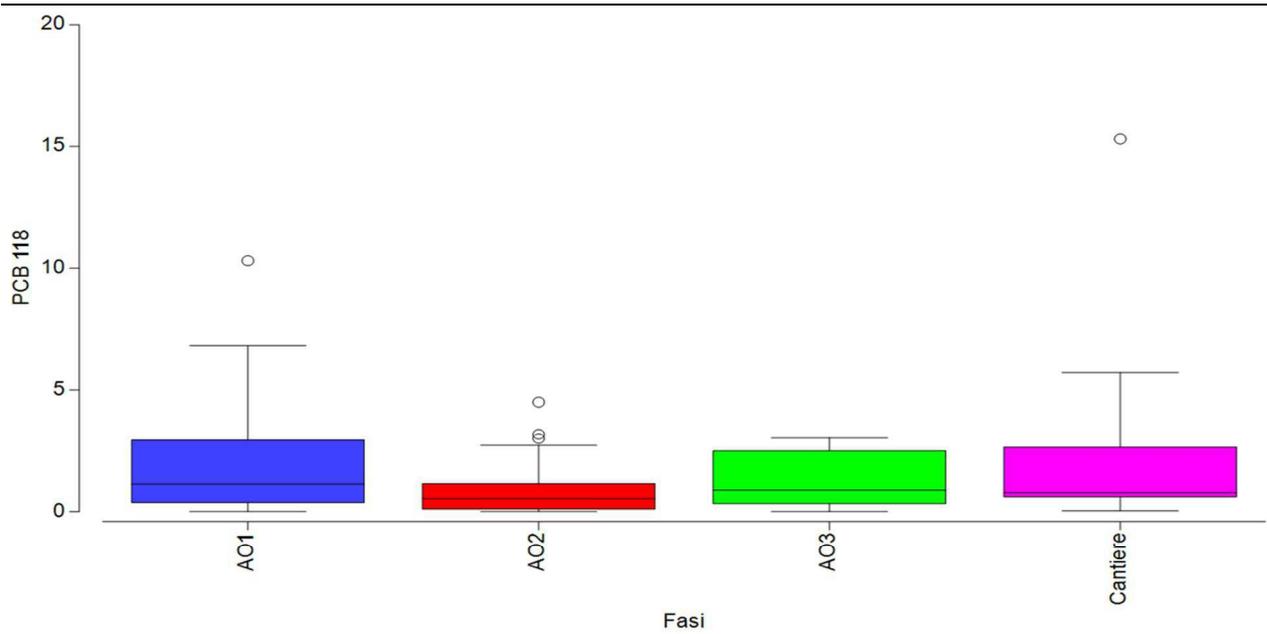
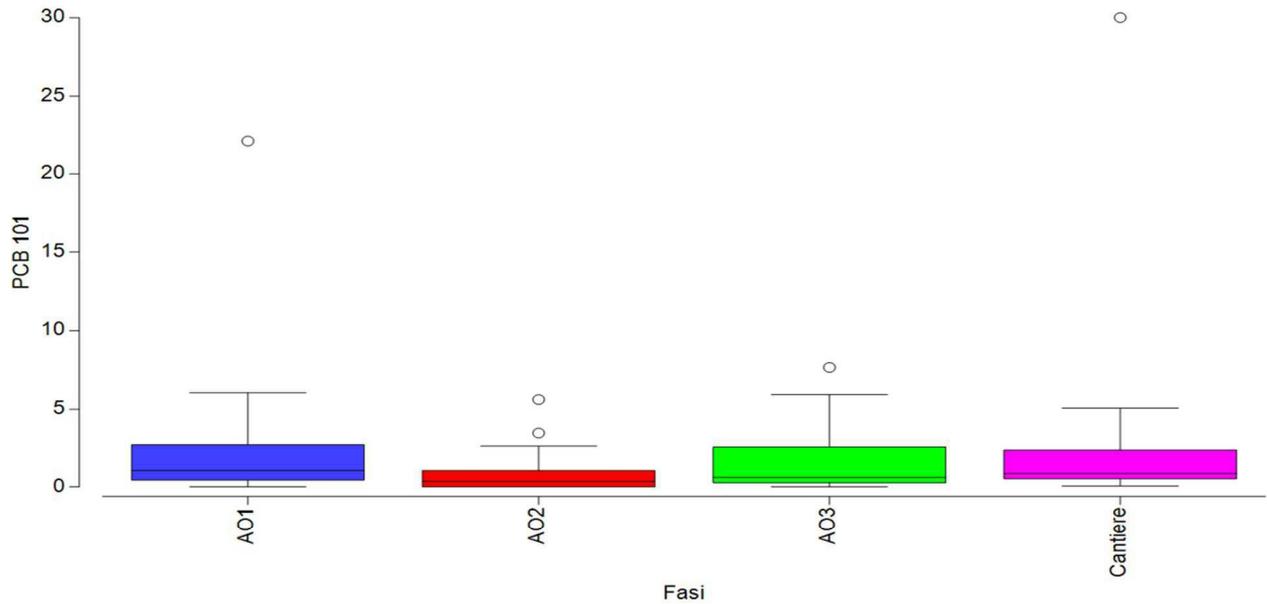


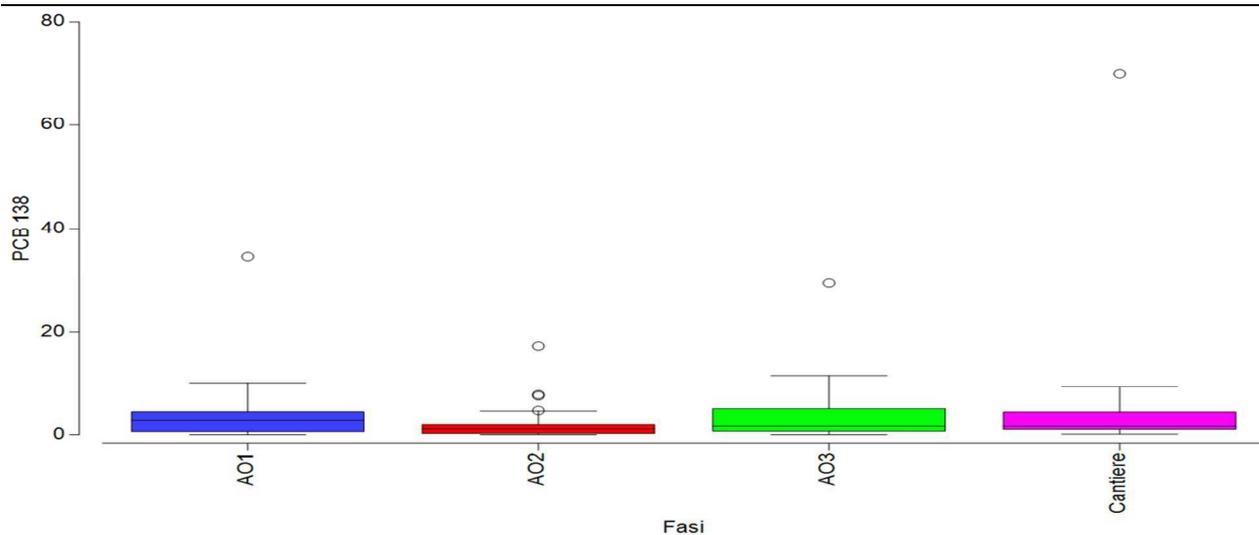
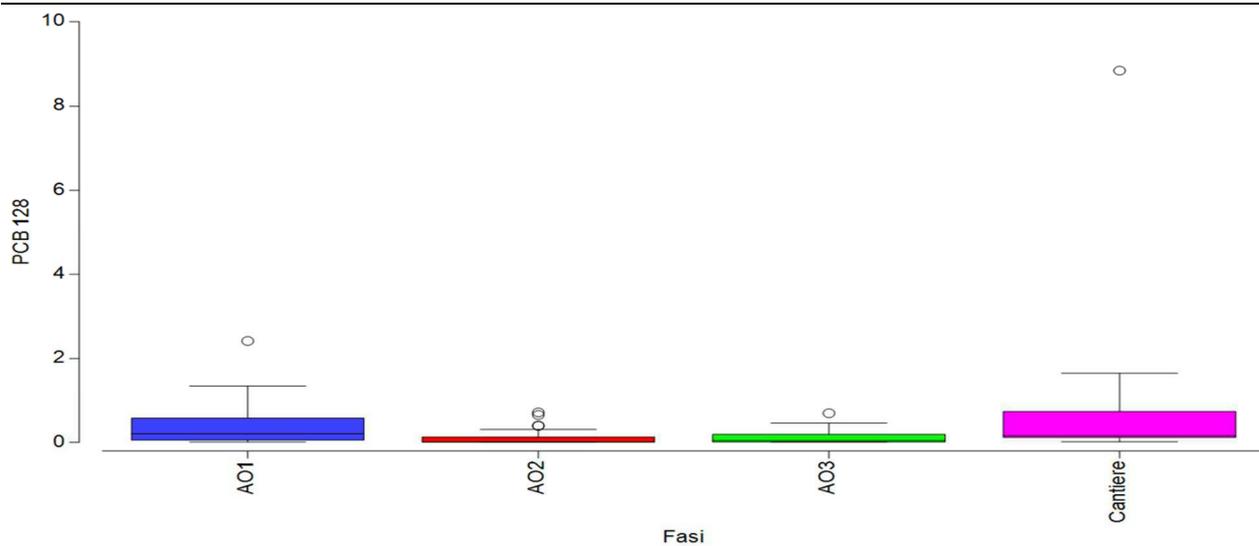
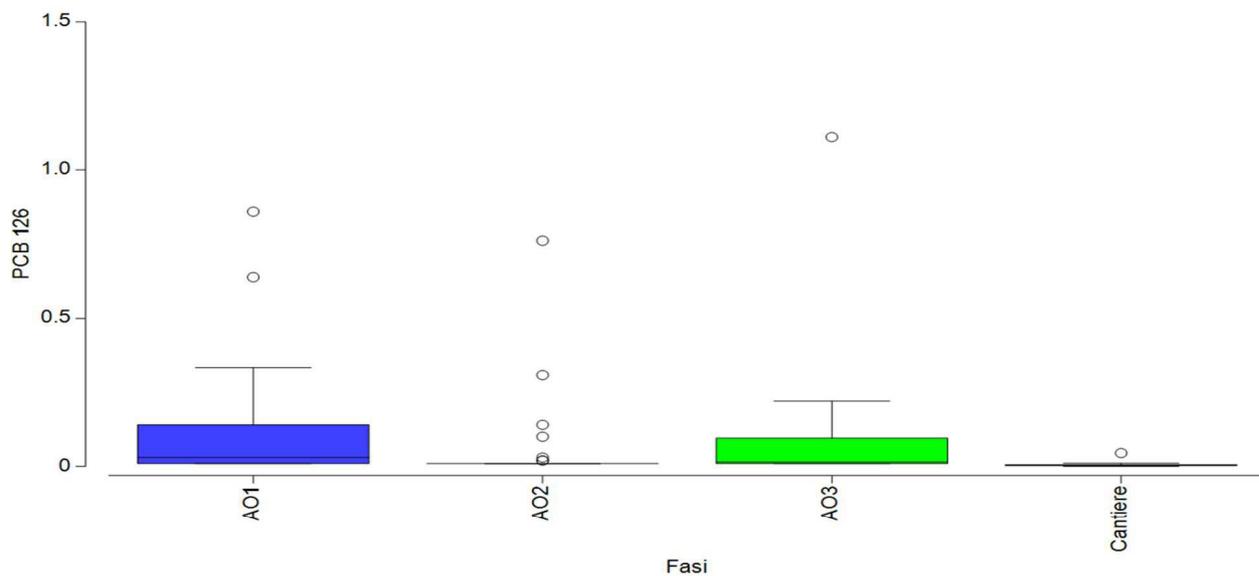


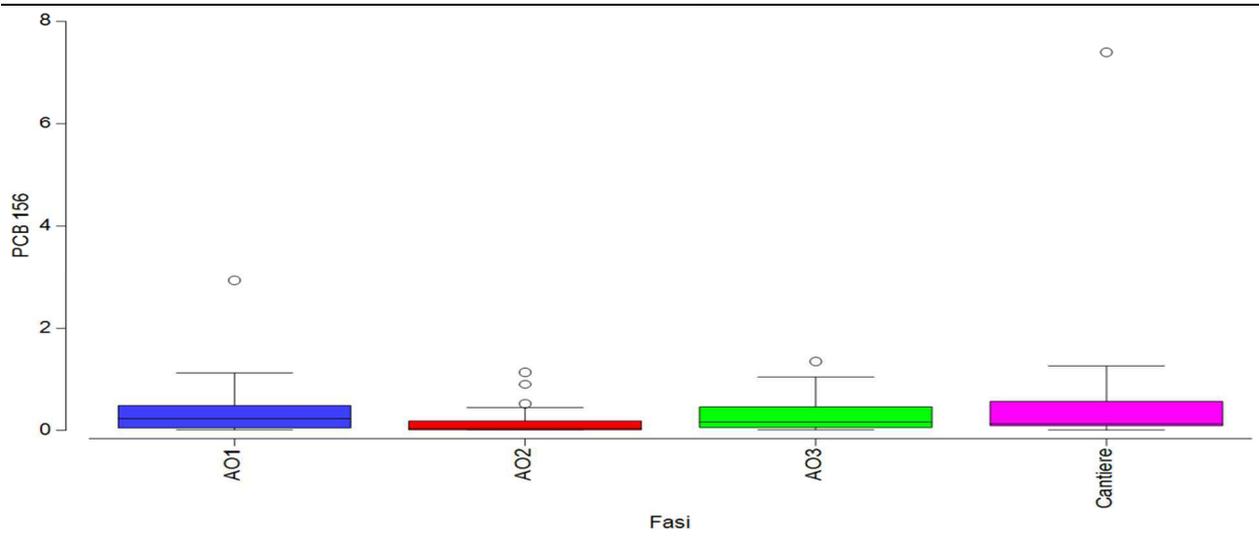
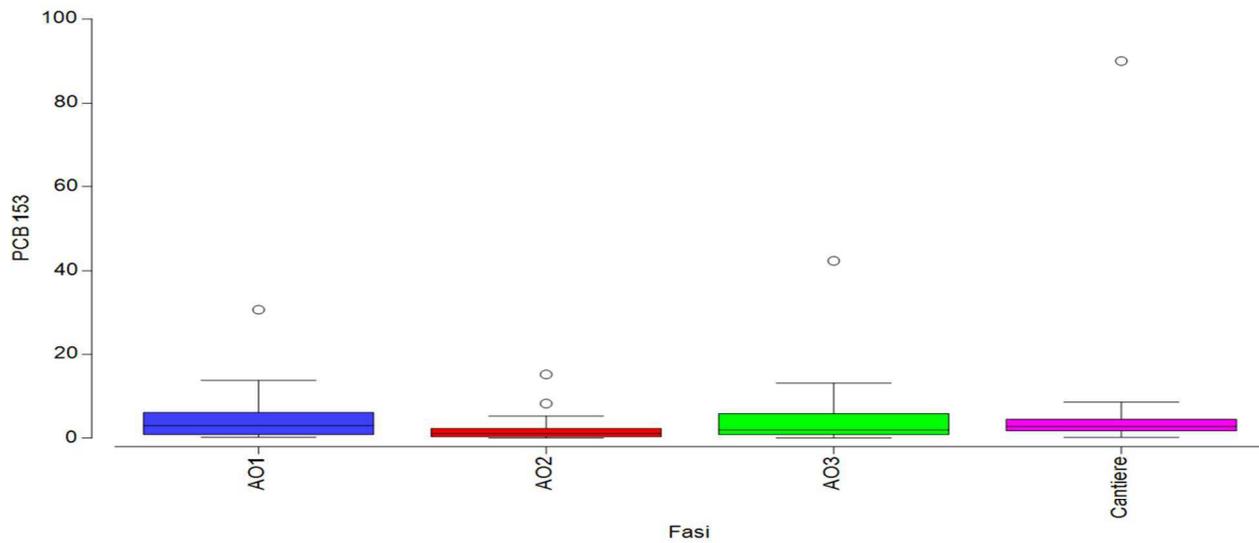


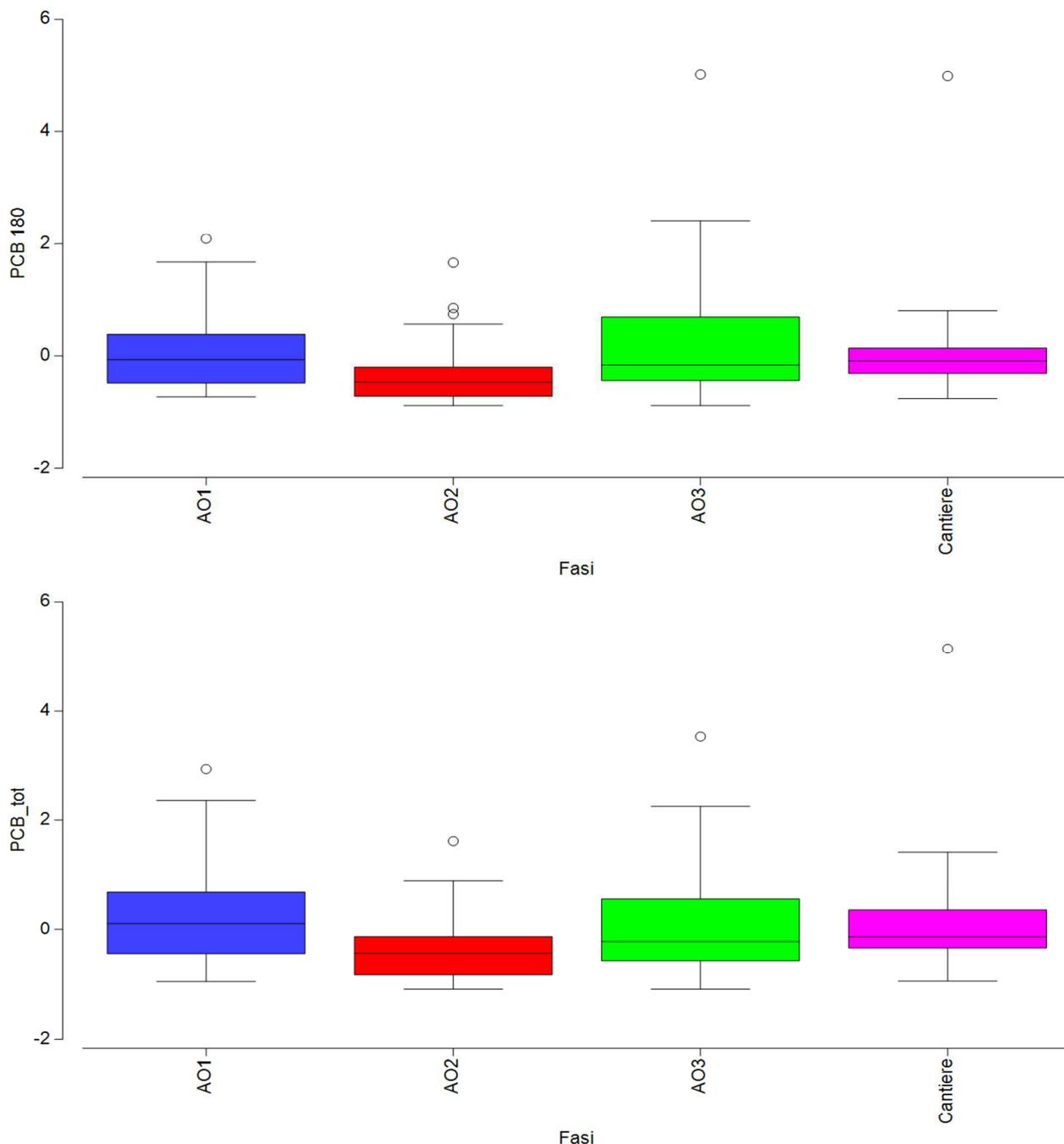












Analisi chimico-fisica su una percentuale di campioni totali (crf. Allegato Y)

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 91,5% distribuita per l'59,9% al primo asse, per il 21,3% al secondo asse e per il 10,2% al terzo asse. La rappresentazione bidimensionale approssima, pertanto, la variabilità complessiva del sistema considerato (81,2%).

La proiezione rappresentata, pertanto, coglie la quasi totalità della varianza complessiva del sistema

considerato che mostra una componente non identificata residuale inferiore al 20%. I coefficienti nelle combinazioni lineari delle variabili che compongono i PC (*Eigenvectors*) sono riportati in Tabella 4.

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.

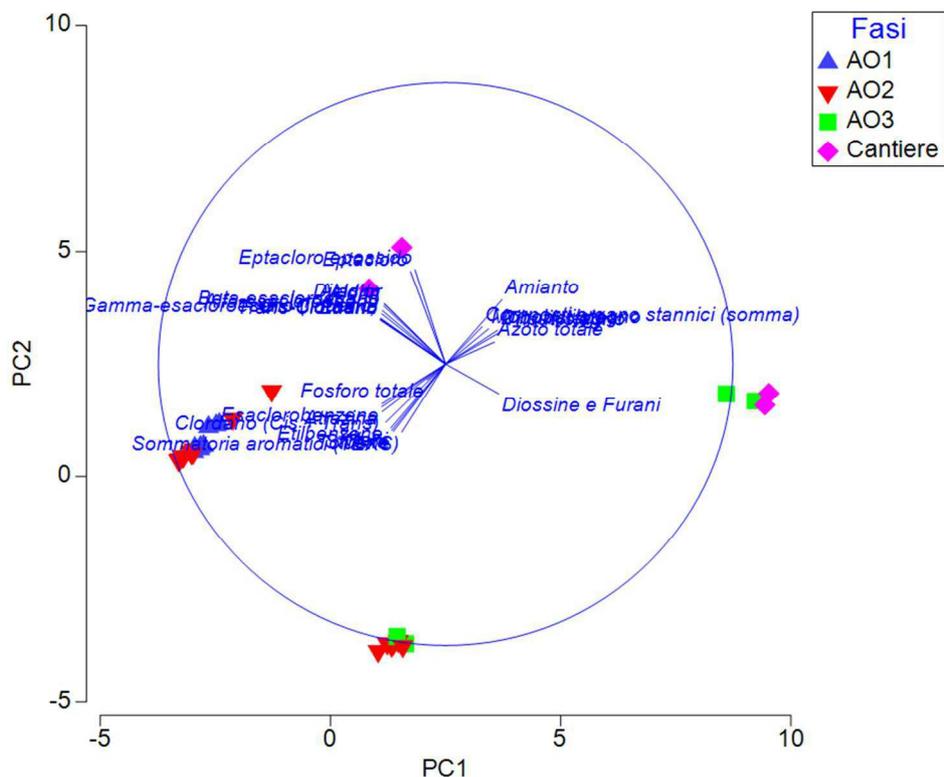
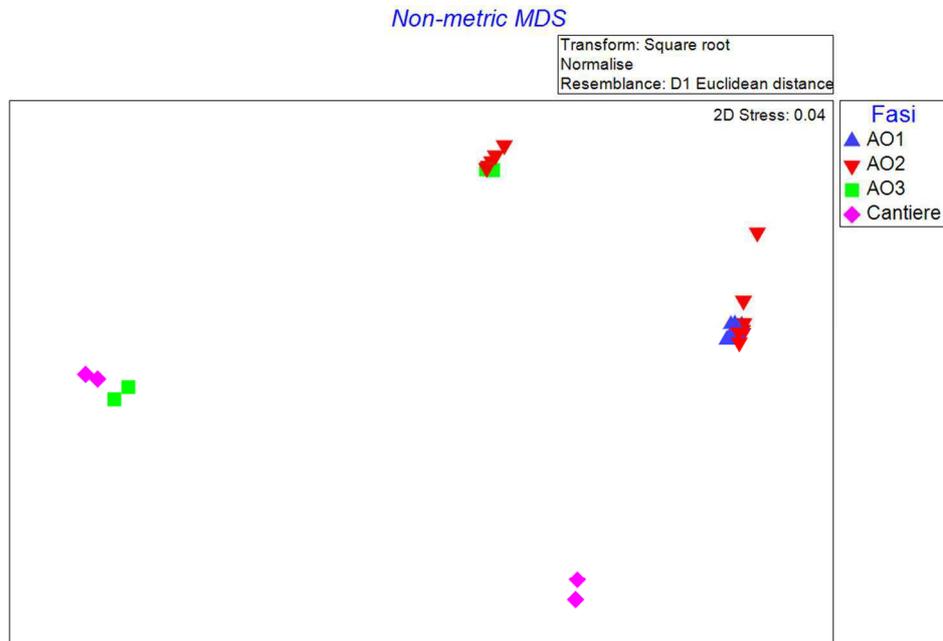


Tabella 4 - Eigenvectors della PCA relativi ai primi tre assi.

Variable	PC1	PC2	PC3
Alaclor	-0,213	0,214	-0,017
Aldrin	-0,216	0,206	-0,027
Atrazina	-0,222	-0,153	0,083
Alfa-esacloroetano	-0,223	0,179	-0,063
Beta-esacloroetano	-0,220	0,190	-0,048
Gamma-esacloroetano (lindano)	-0,226	0,162	-0,082
Cis-Clordano	-0,226	0,160	-0,087
Trans-Clordano	-0,227	0,156	-0,091
Clordano (Cis + Trans)	-0,221	-0,170	0,036
Dieldrin	-0,213	0,214	-0,017
Endrin	-0,227	0,156	-0,091
Composti organo stannici (somma)	0,127	0,133	-0,428
Monobutilstagno	0,150	0,125	-0,420
Dibutilstagno	0,181	0,120	-0,371
Tributilstagno	0,192	0,114	-0,320
Eptacloro	-0,122	0,329	0,202
Eptacloro epossido	-0,107	0,336	0,223
Esaclorobenzene	-0,222	-0,142	0,107
Azoto totale	0,171	0,078	0,075
Fosforo totale	-0,064	-0,056	0,093
Etilbenzene	-0,208	-0,208	-0,074
Stirene	-0,188	-0,237	-0,187
Toluene	-0,182	-0,241	-0,208
Xileni	-0,191	-0,229	-0,158
Sommatoria aromatici (TEXS)	-0,153	-0,244	-0,100
Amianto	0,197	0,229	0,148
Diossine e Furani	0,185	-0,106	0,311

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 0,03% ($R = 0,459$, $\#>R = 2$, permutazioni possibili 9999).

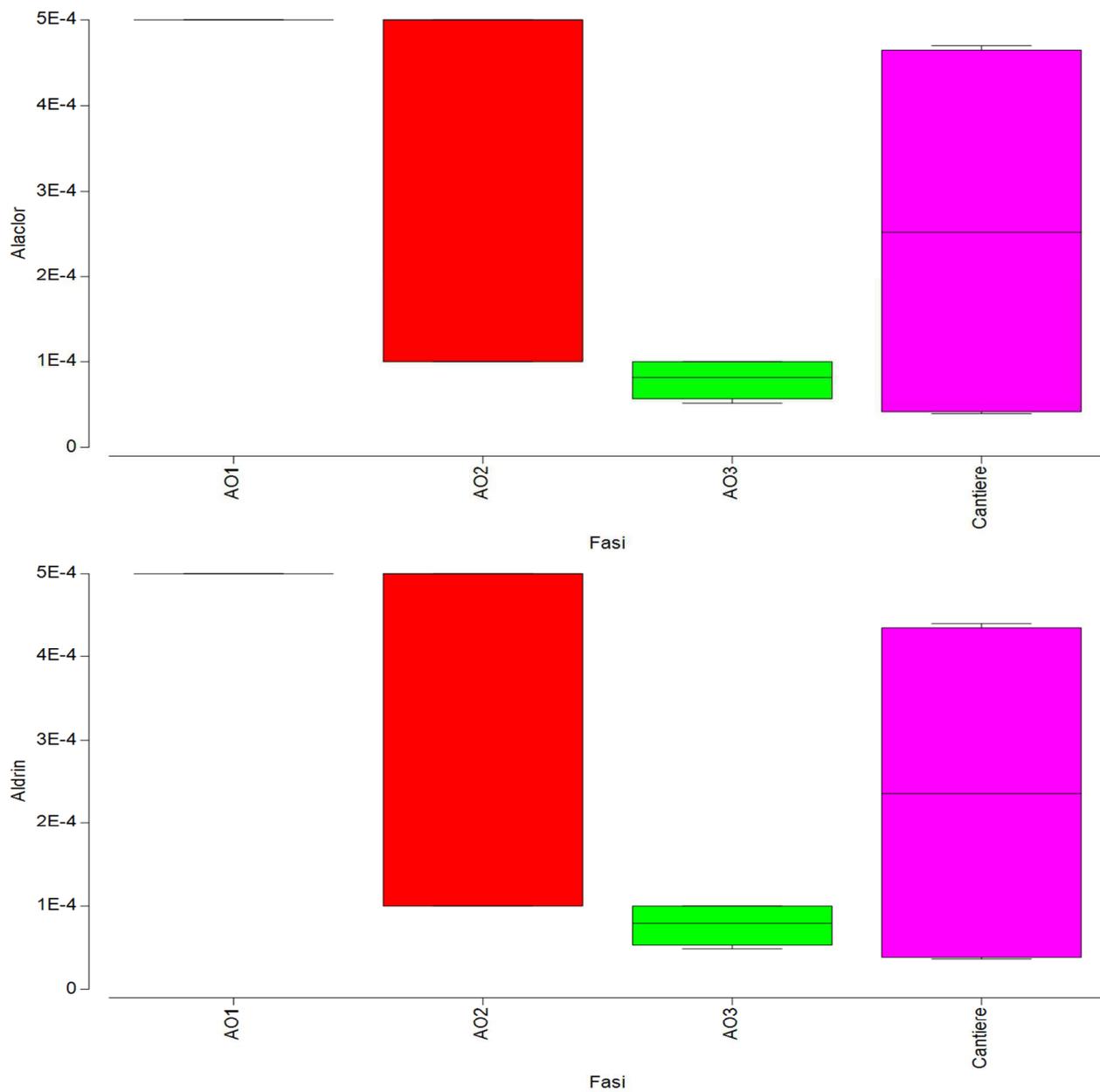
Il peso relativo delle singole variabili nel determinare questo andamento multivariato è stato dettagliato in forma aggregata e tabellare anche dai risultati della PCA. I risultati del Pairwise test condotto a coppie per evidenziare le differenze significative tra "fasi" sono riportati in Tabella 5.

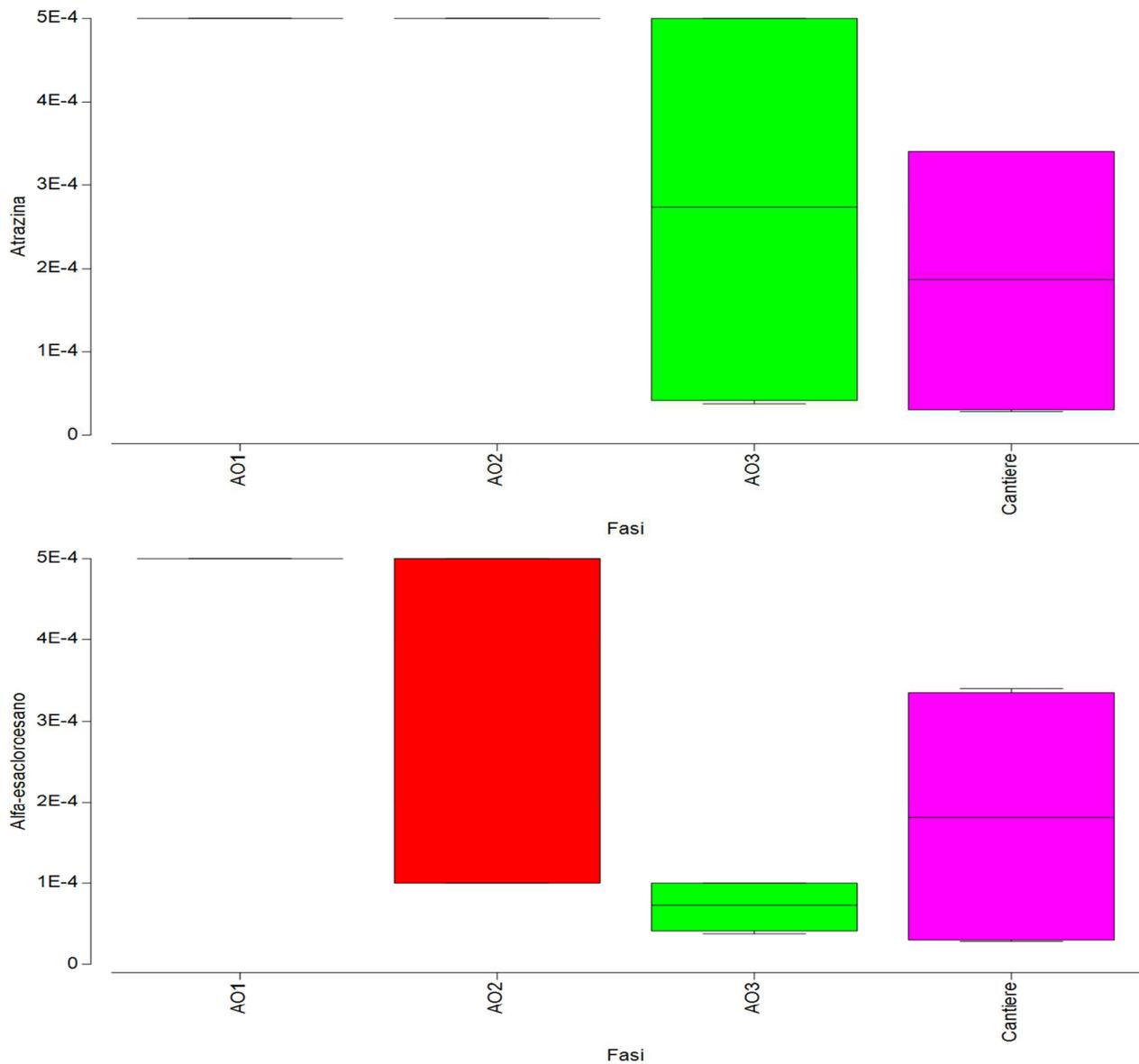
Tabella 5 - Pairwise test ottenuto testando le coppie di fattore "fase".

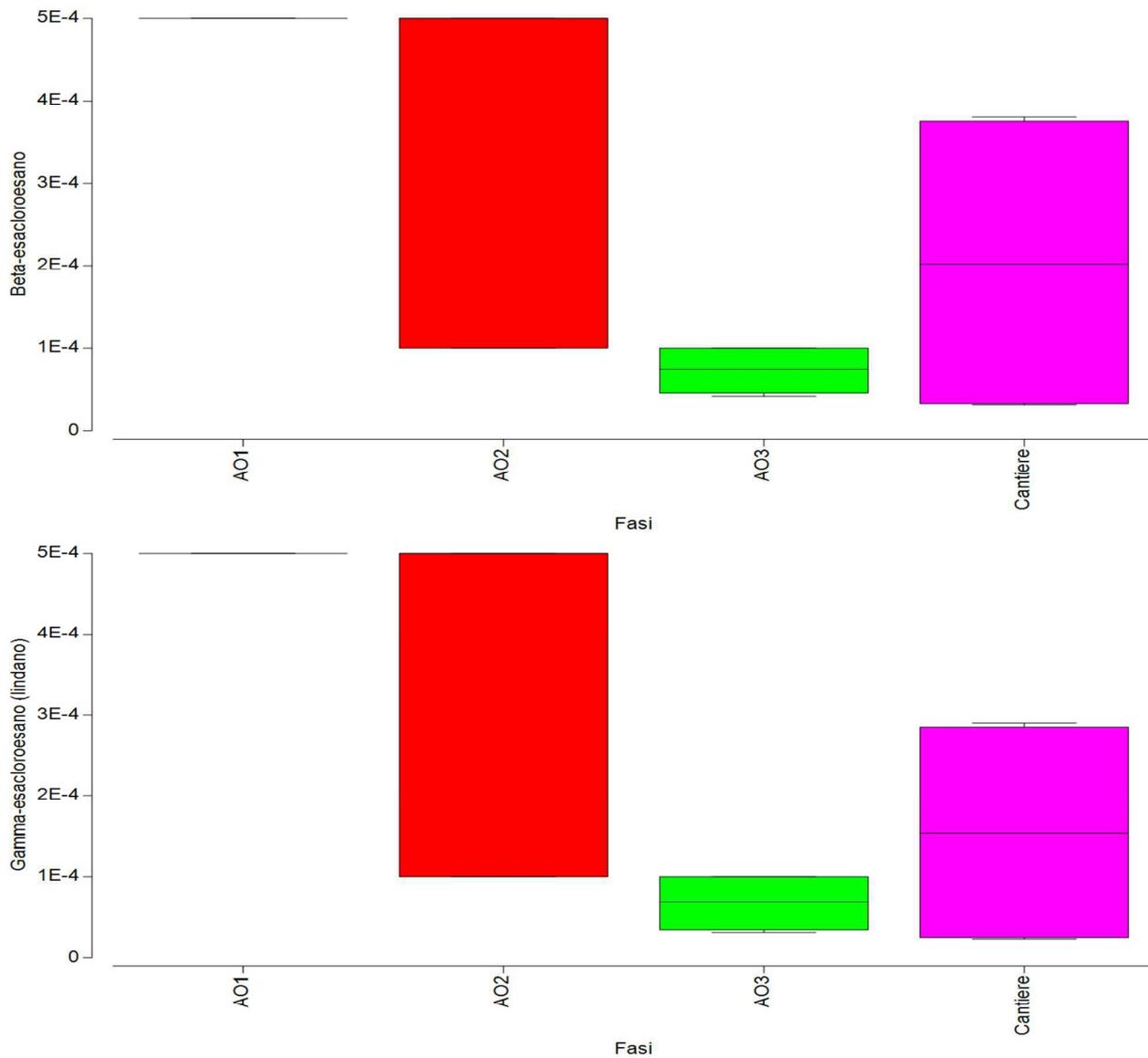
Gruppi	R Statistica	p %	Possibili permutazioni	Testate	# >=
AO1, AO2	-0,011	46,3	735471	9999	4627
AO1, AO3	0,882	0,2	495	495	1
AO1, Cantiere	0,882	0,2	495	495	1
AO2, AO3	0,550	0,5	4845	4845	23
AO2, Cantiere	0,939	0,0	4845	4845	1
AO3, Cantiere	0,063	42,9	35	35	15

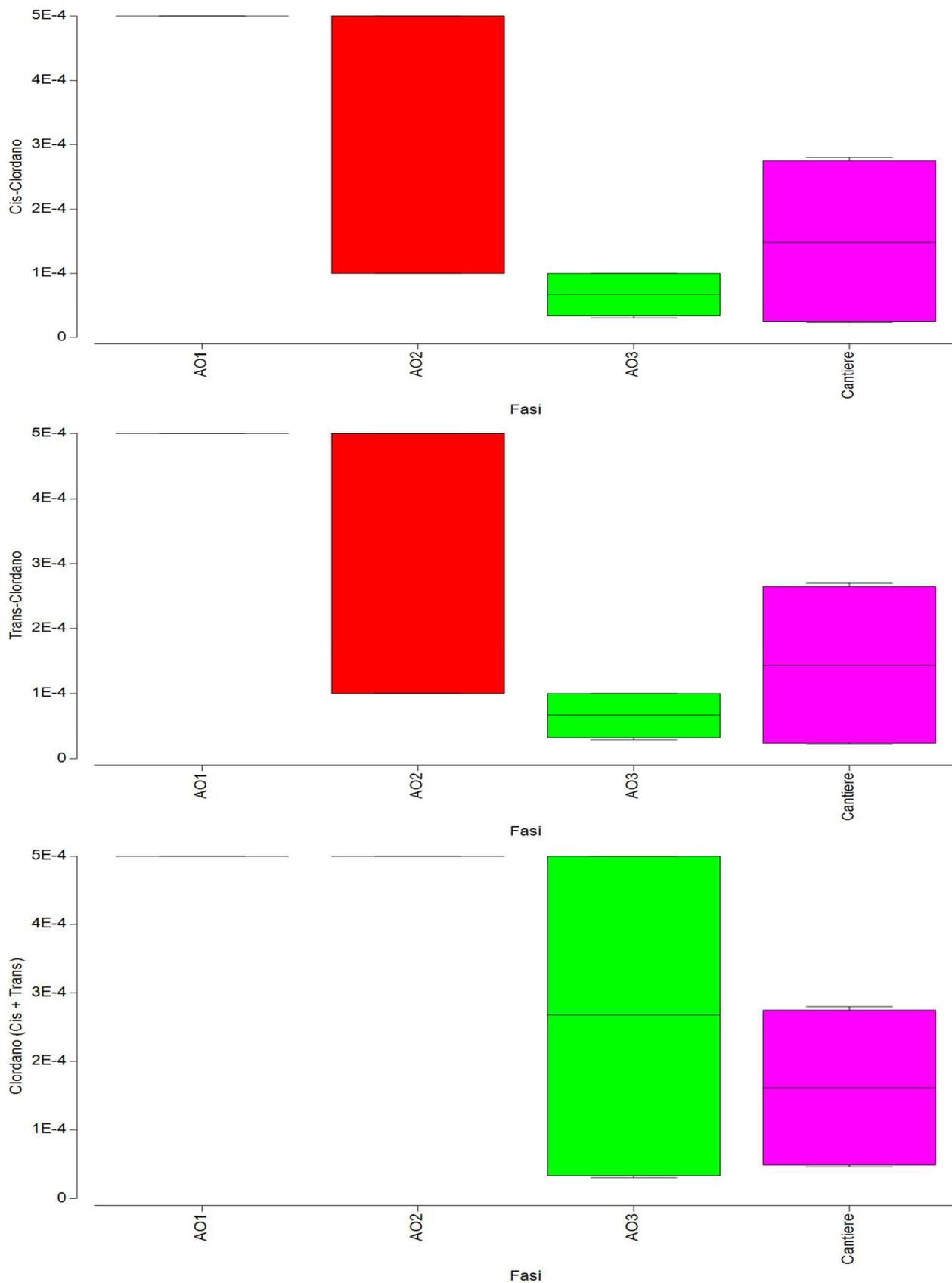
Si riportano a seguire nella Figura 8 le rappresentazioni Box-Whiskers relativi all'analisi statistica condotta rispetto al fattore "fase", le rappresentazioni sono state ottenute eliminando gli *outlayers* sporadici (ove presenti) che appiattivano eccessivamente la rappresentazione. Box-Whiskers relativi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

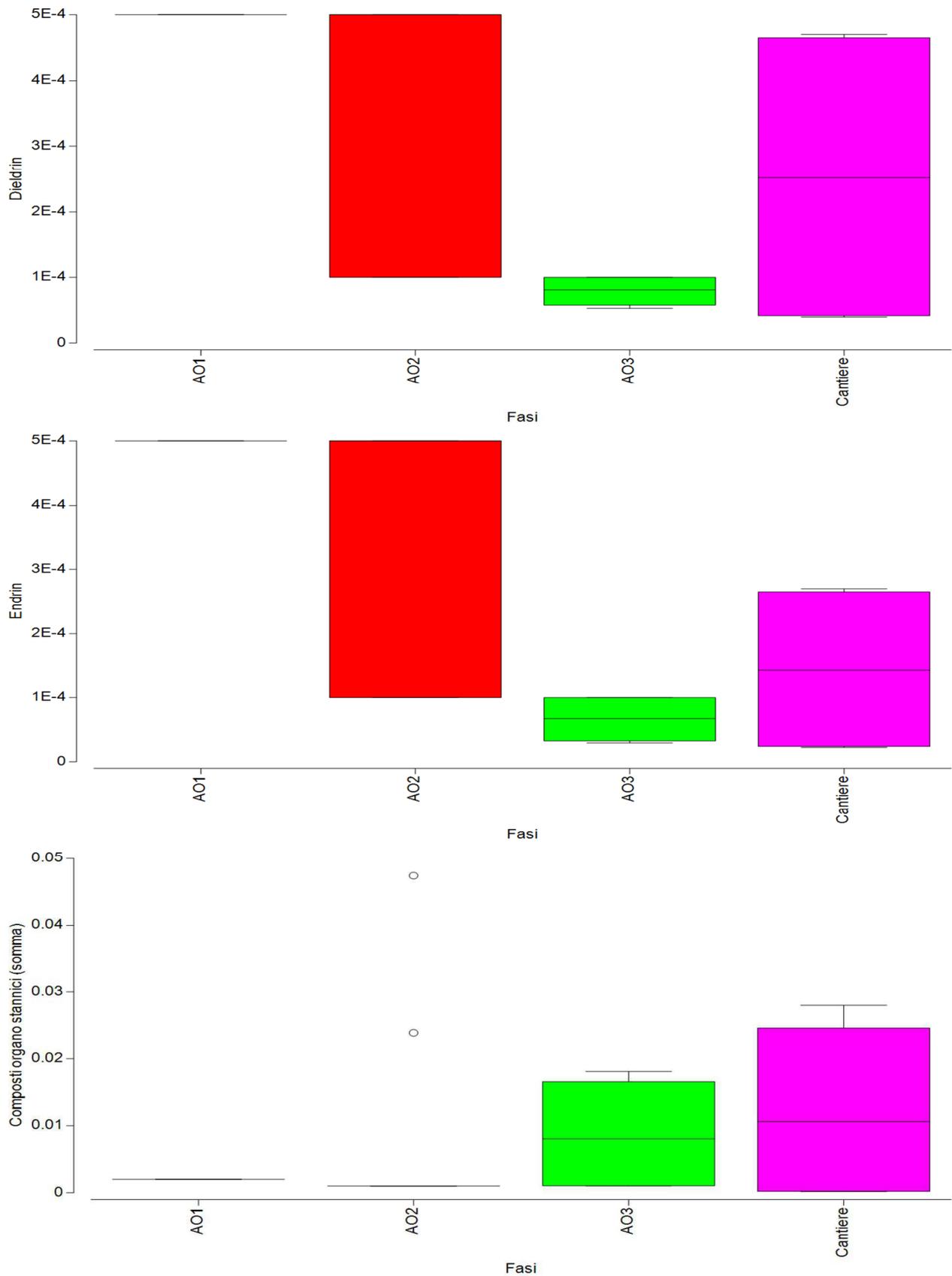
Figura 8 - Rappresentazioni Box-Whiskers relative alle variabili oggetto di indagine raggruppate rispetto al fattore "fase" del monitoraggio.

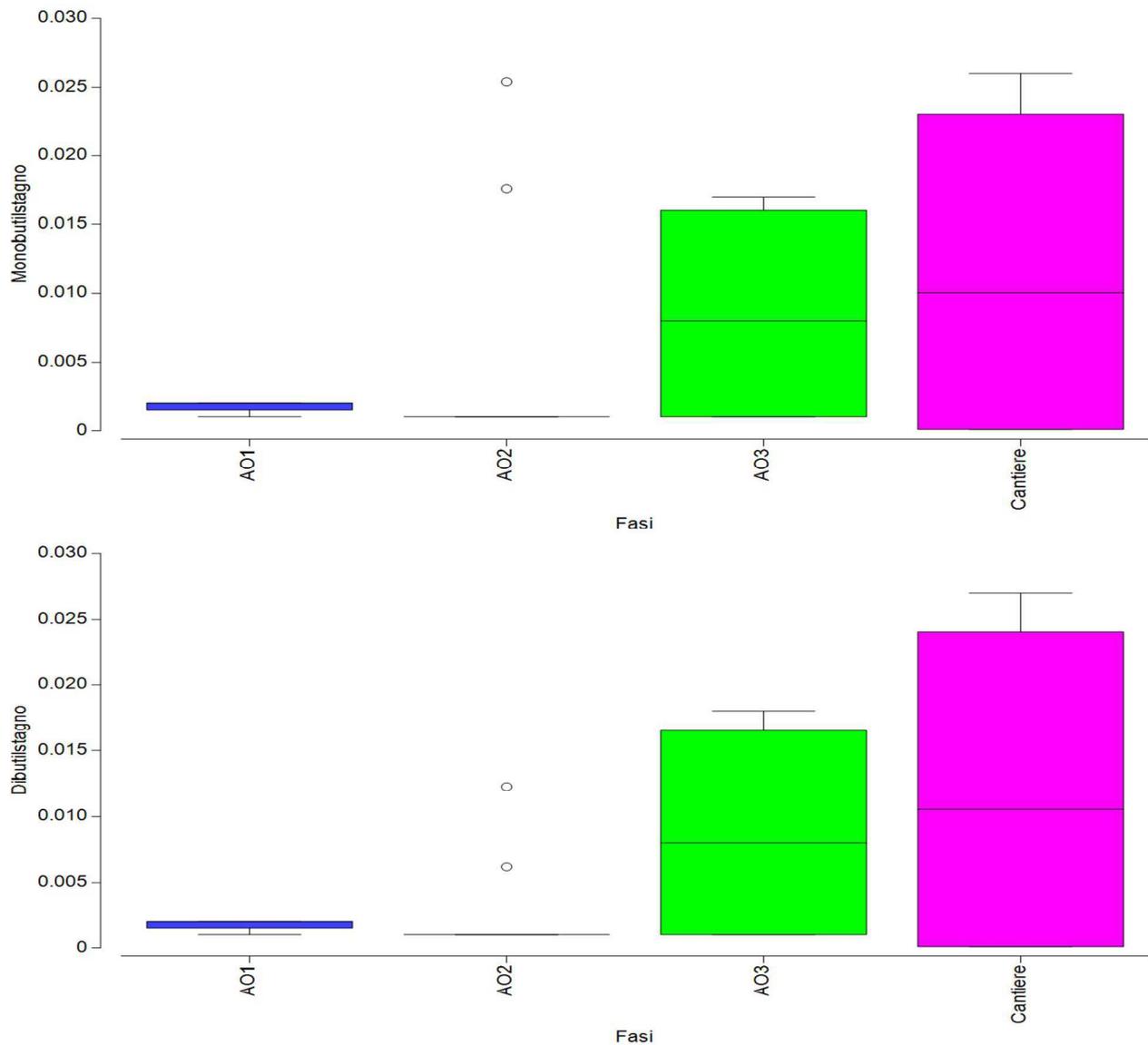


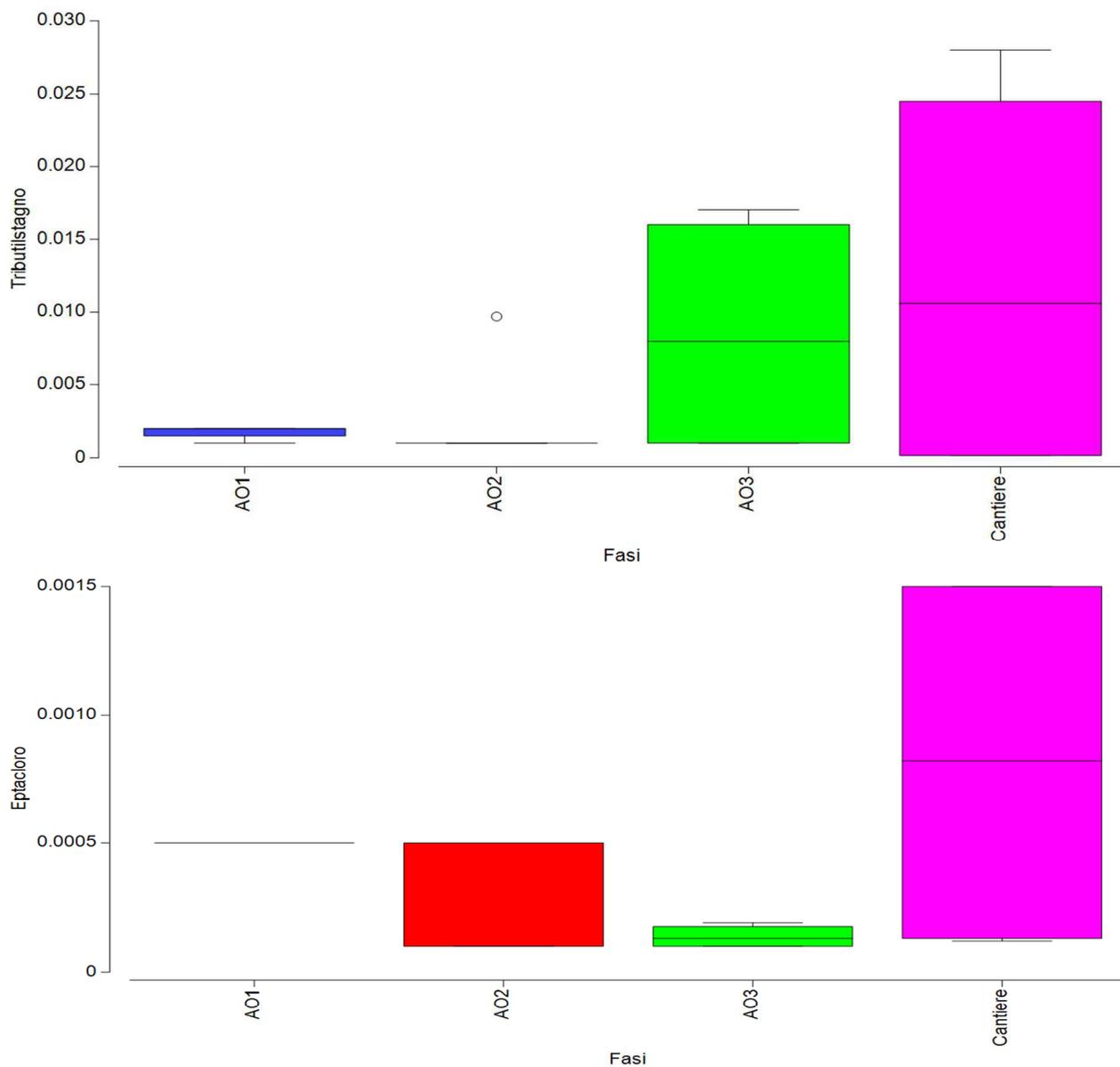


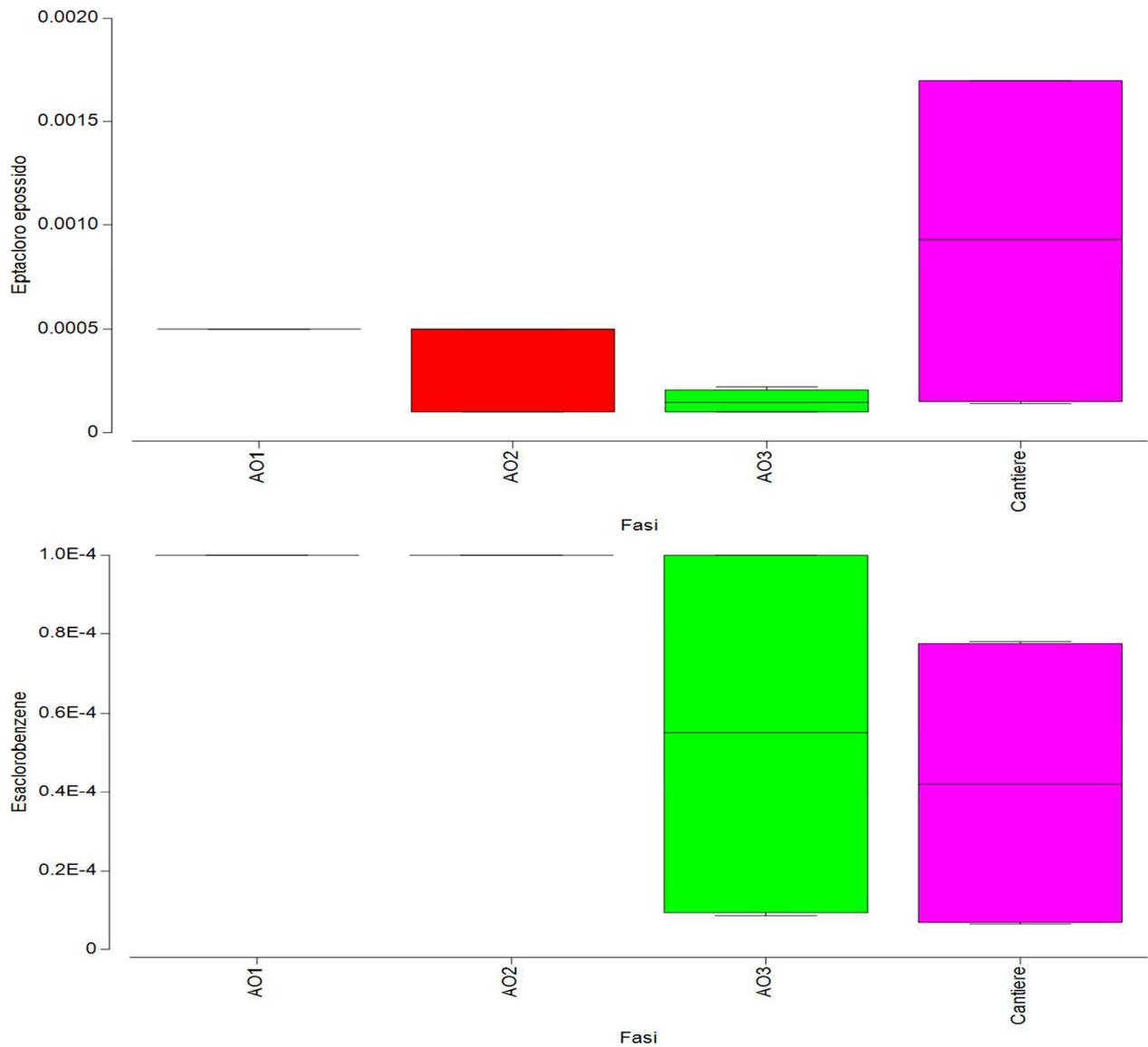


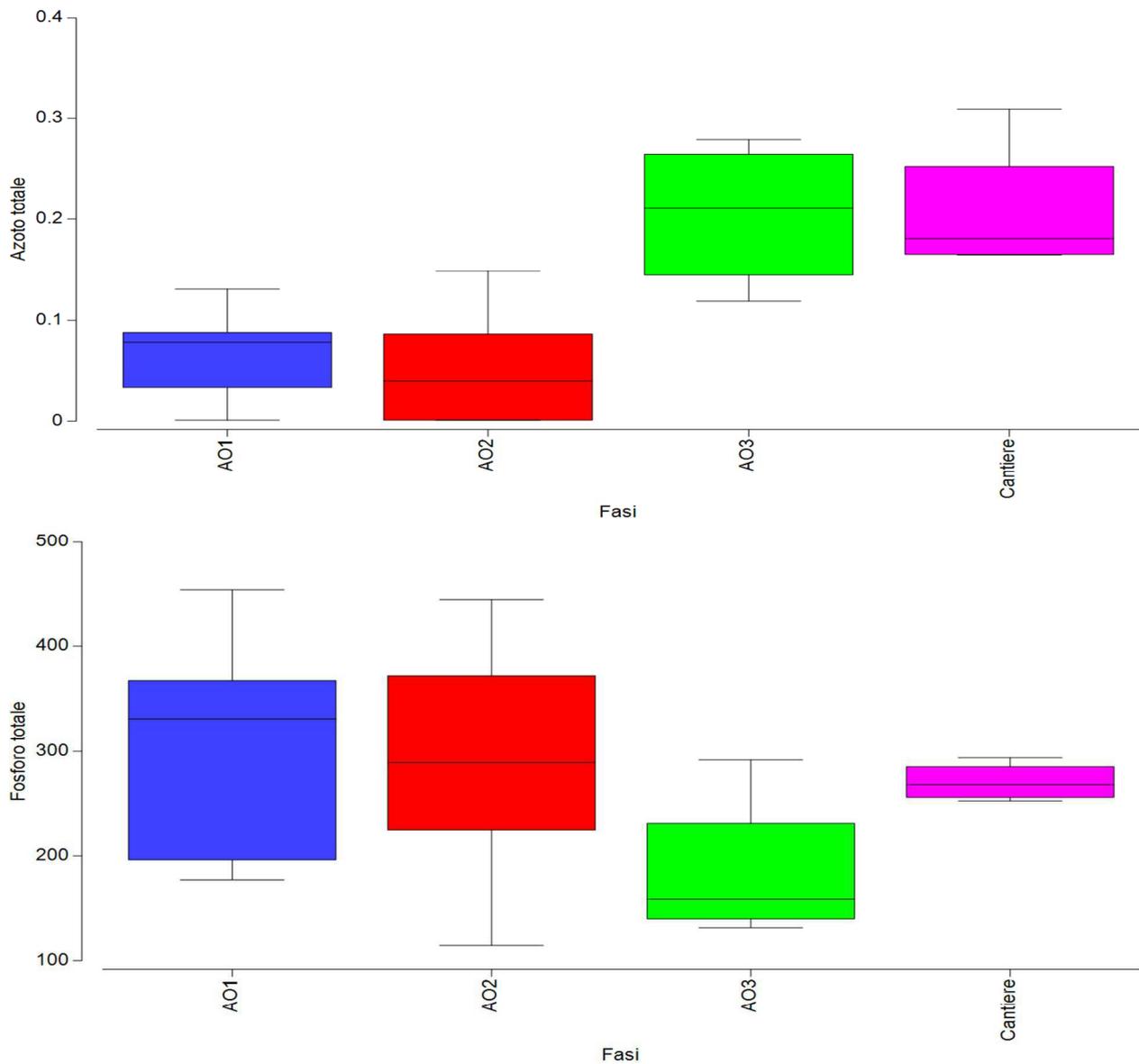


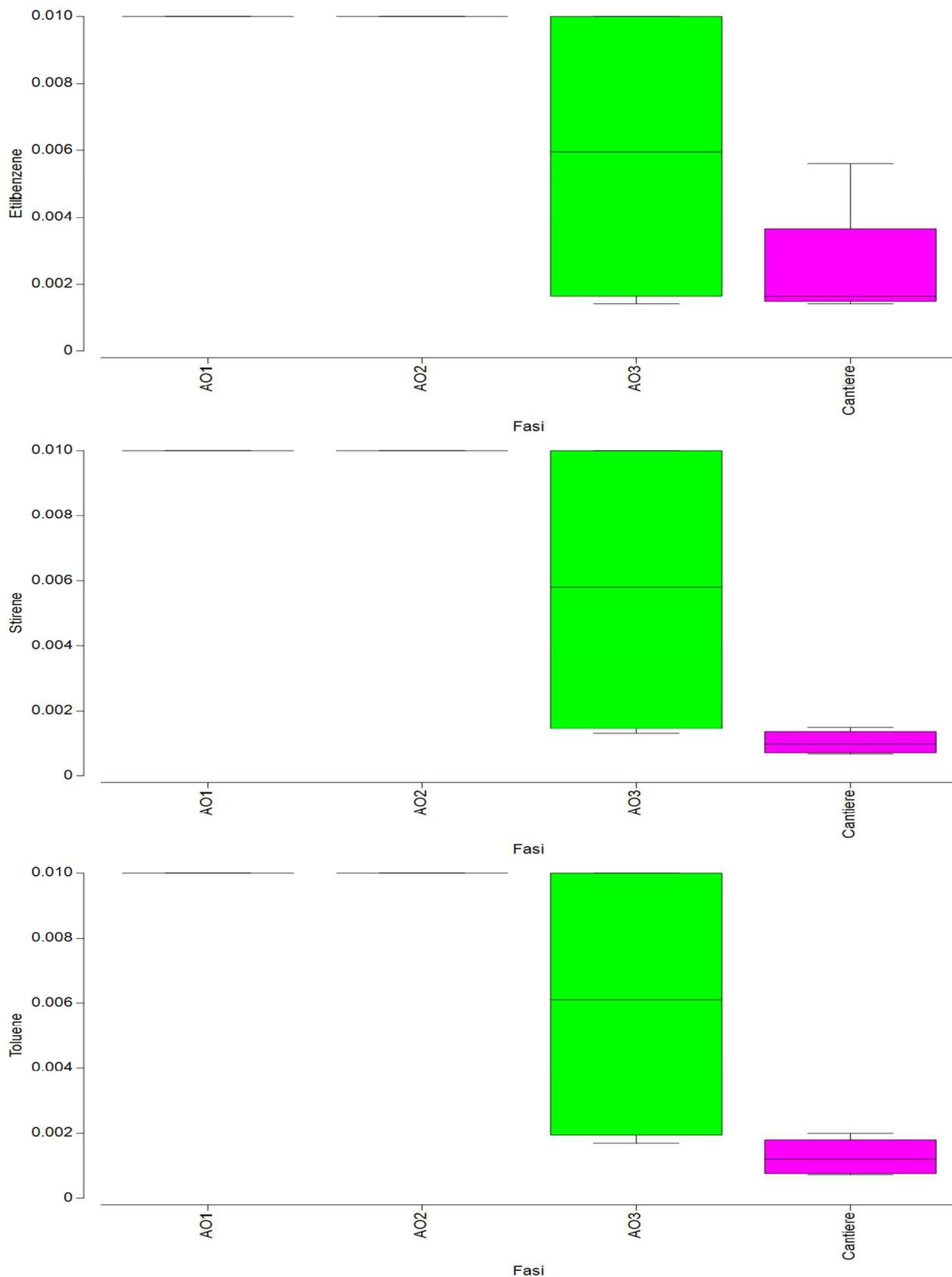


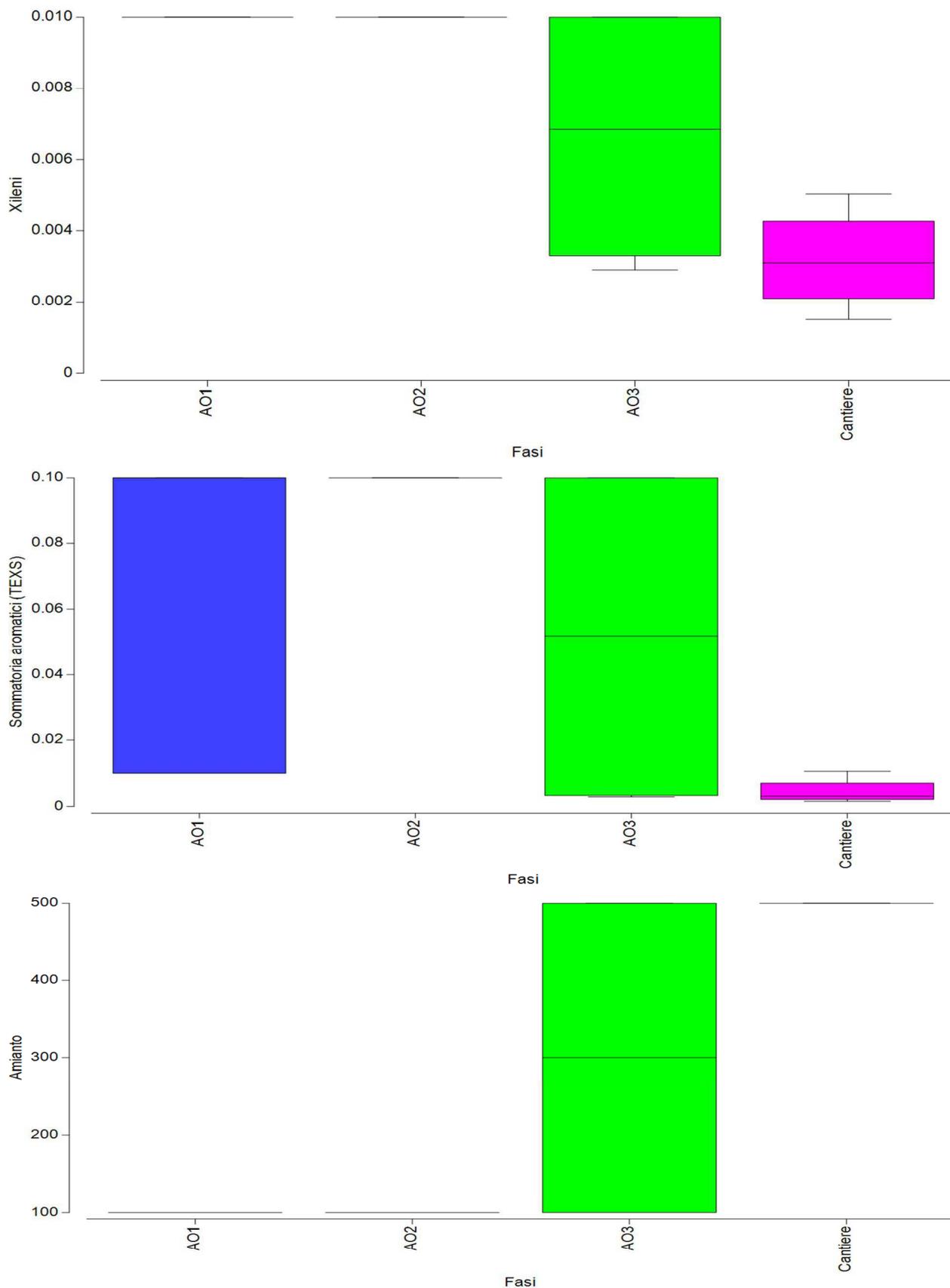


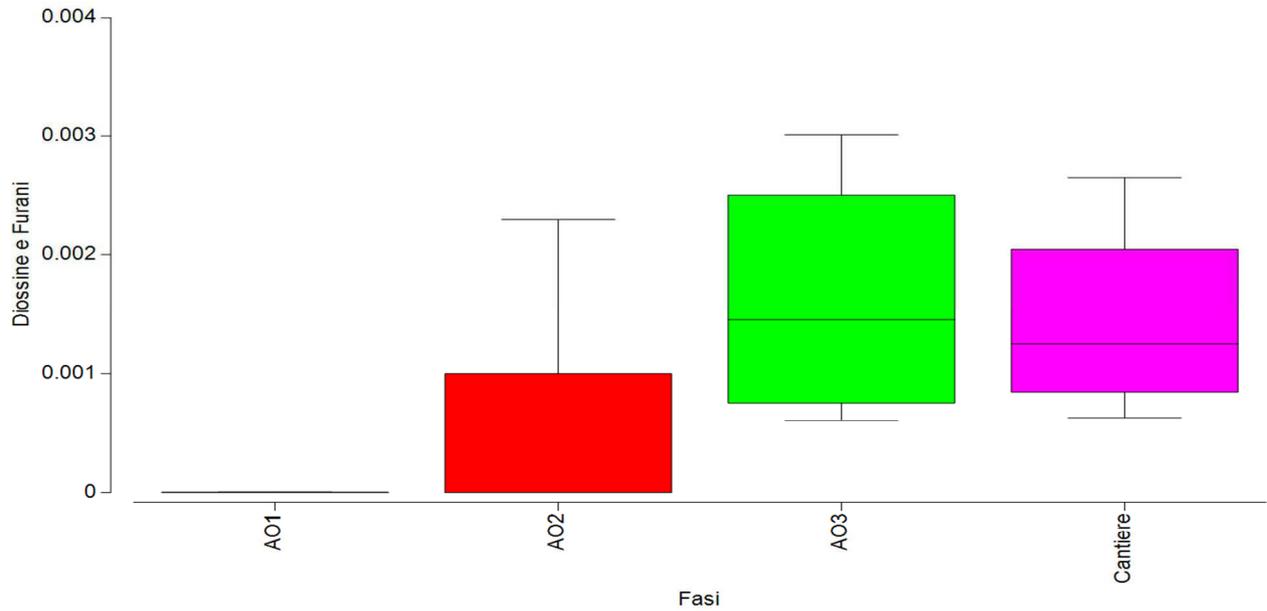








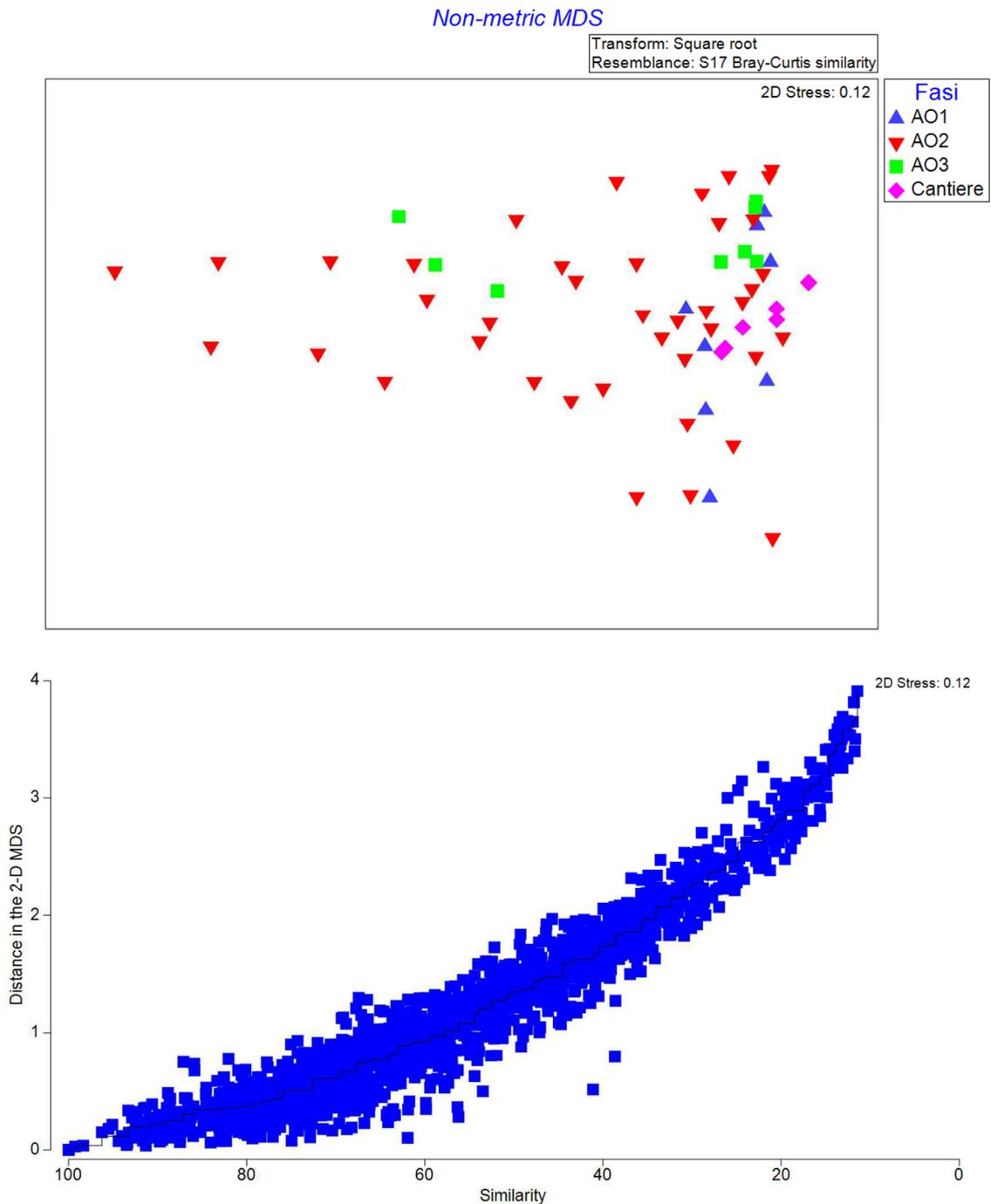




Analisi microbiologica (crf. Allegato Y)

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".

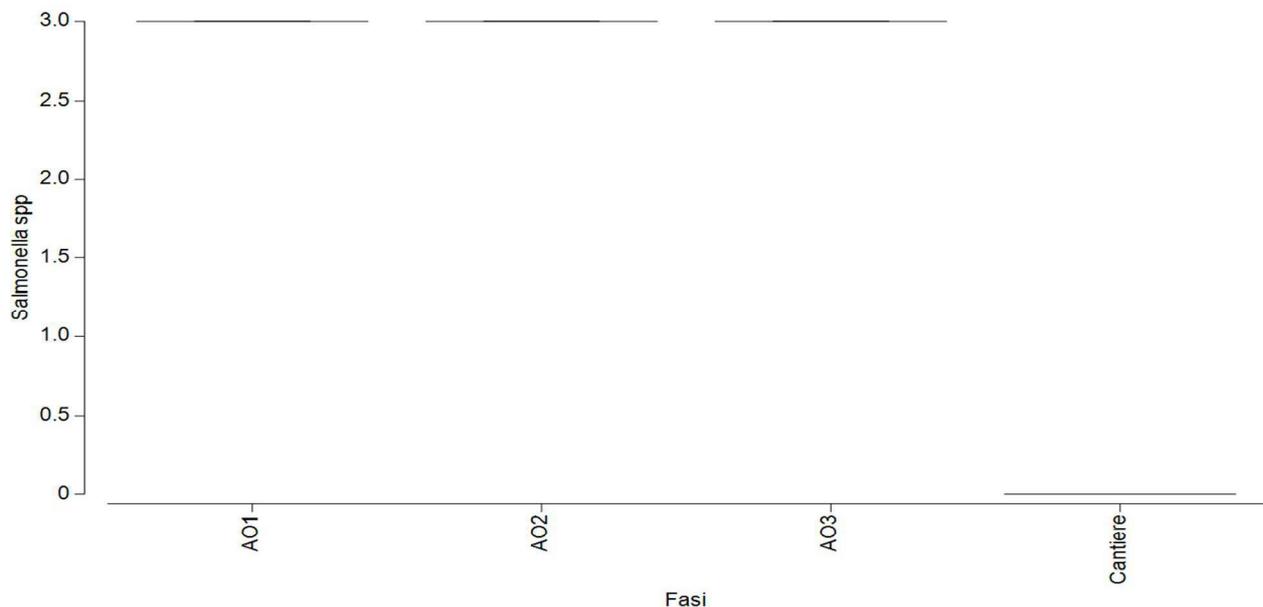
Figura 9 - nMDS con evidenza del fattore "fase", in blu il diagramma di Sheppard associato alla proiezione bidimensionale.

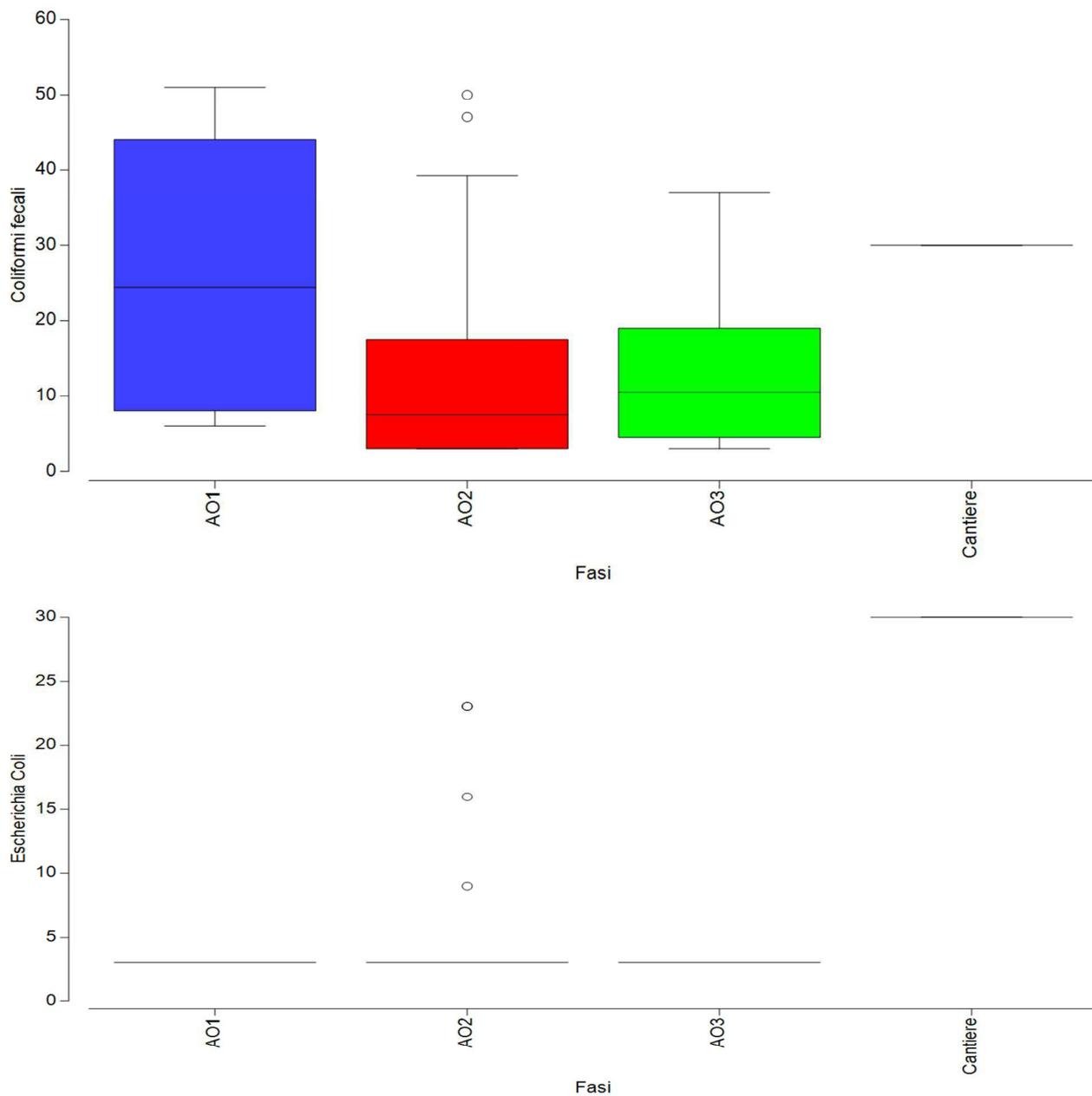


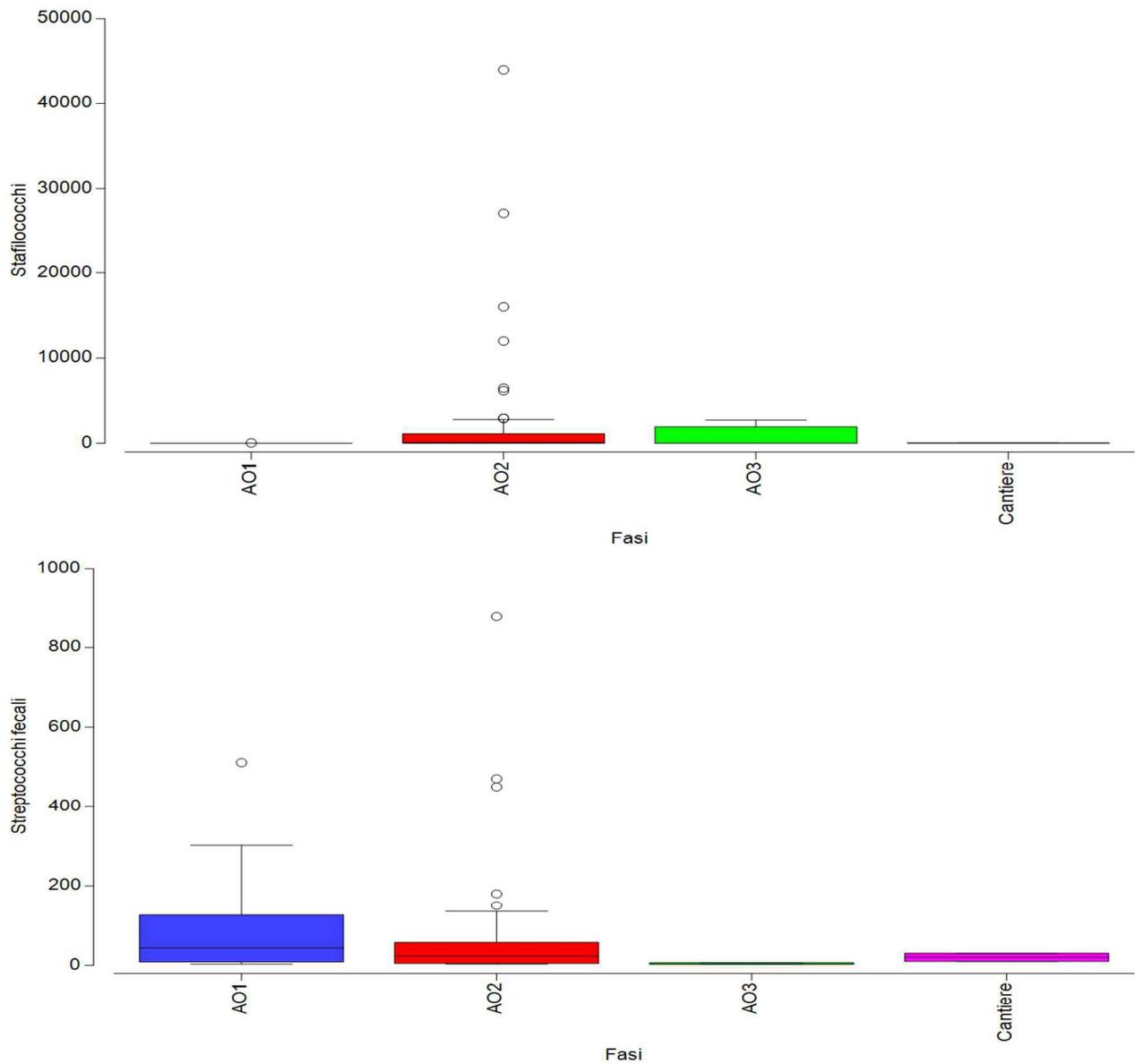
Le segregazioni osservate rispetto al fattore "fase" sono state testate mediante analisi statistica multivariata (test Anosim, Analysis of Similarities) mediante approccio one-way effettuando 9999 permutazioni stocastiche teoriche. In questo caso il test ha evidenziato un valore di $R = -0,042$ con un livello di significatività del valore statistico $p = 62,6\%$ e un numero di statistiche permutate maggiore o uguale a R pari a 6250 con assenza di significatività rispetto al fattore "fase".

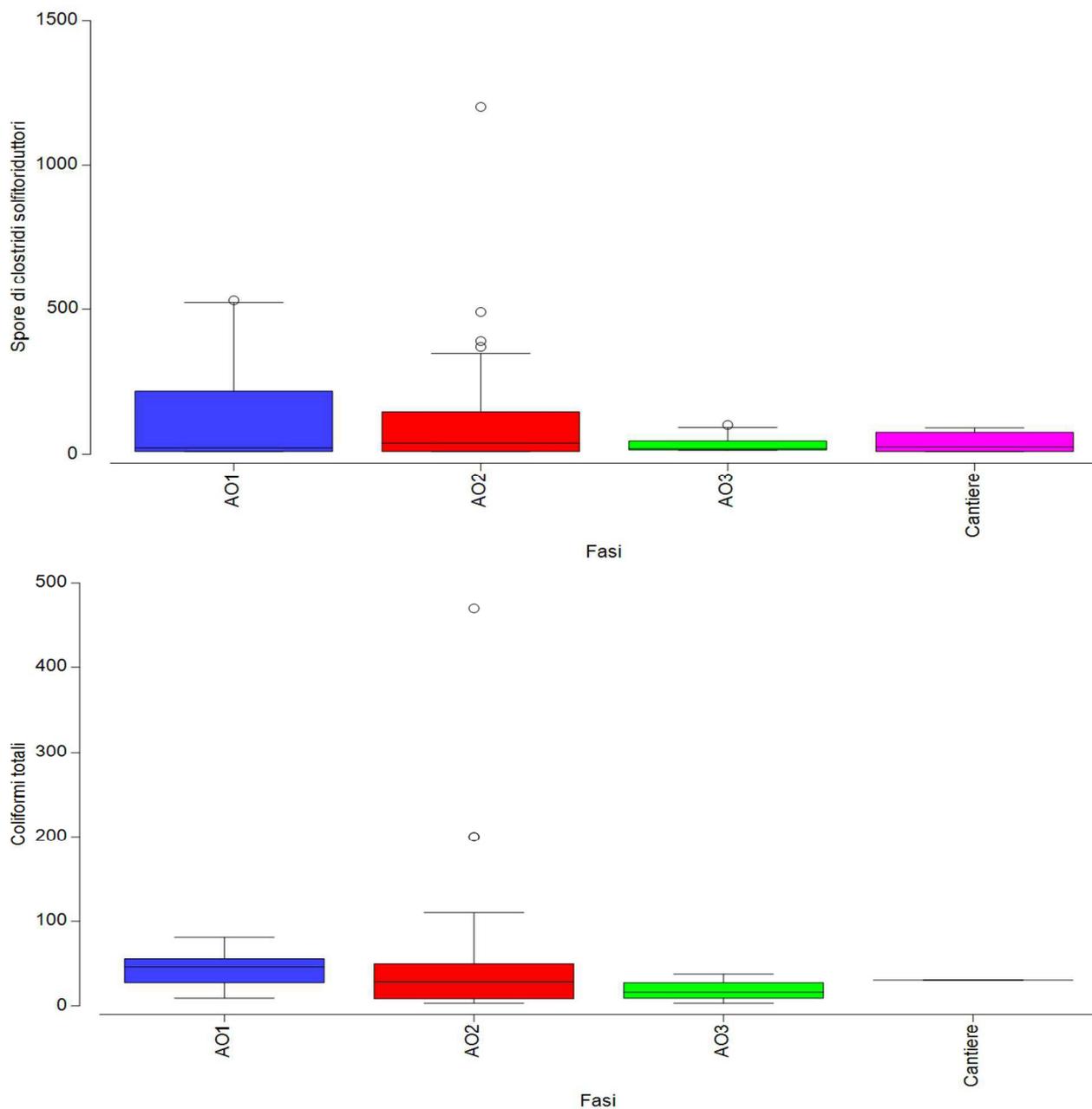
Si riportano a seguire nella Figura 10 le rappresentazioni Box-Whiskers relativi all'analisi statistica condotta rispetto al fattore "fase", le rappresentazioni sono state ottenute eliminando gli *outlayers* sporadici (ove presenti) che appiattivano eccessivamente la rappresentazione. Box-Whiskers relativi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

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 (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 Y per la variabile rappresentata.

Figura 12 - Rappresentazioni Box-Whiskers relative alle variabili oggetto di indagine raggruppate rispetto al fattore "fase" del monitoraggio. Sono riportate solo le elaborazioni significative.

