

OLT OFFSHORE LNG TOSCANA SpA

Piano di monitoraggio dell'ambiente marino

III rapporto annuale

Autunno 2015 (A15), Inverno 2016 (I16), Primavera 2016 (P16), Estate 2016 (E16)



Volume II

Rev. 2	02.03.17	Emissione definitiva			
Rev. 1	14.02.17	Emissione per commenti committente			
Rev. 0	16.12.16	Emissione per commenti committente			
Rev	Data	Descrizione della revisione	Preparato da	Verificato da	Approvato da

VOLUME I	12
1 INTRODUZIONE	12
1.1 Richiami ai contenuti principali del progetto	12
1.2 Obiettivi fase di esercizio	12
2 MATERIALI E METODI	12
2.1 Attività e tempistiche	12
2.2 Area di indagine	12
2.3 COLONNA D'ACQUA	12
2.3.1 Profili idrologici	12
2.3.2 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	12
2.3.3 Plancton	12
2.3.4 Saggi ecotossicologici	12
<i>Vibrio fischeri</i> (sistema Microtox®) - fase liquida	12
<i>Phaeodactylum tricornerutum</i>	12
<i>Dicentrarchus labrax</i>	12
<i>Paracentrotus lividus</i>	12
2.4 SEDIMENTI	12
2.4.1 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	12
<i>Analisi granulometriche</i>	12
<i>Analisi chimiche</i>	12
<i>Analisi microbiologiche</i>	12
2.4.2 Saggi ecotossicologici	12
<i>Paracentrotus lividus</i>	12
<i>Corophium orientale</i>	12
<i>Vibrio fischeri</i> (sistema Microtox®) - fase solida	12
2.5 BIOTA	12
2.5.1 Macrozoobenthos	12
2.5.2 Meiozoobenthos	12
2.5.3 Bioaccumulo	12
2.5.4 Biomarkers	12
2.5.5 Fauna ittica bentonectonica	12
2.5.6 Fauna ittica pelagica	12
2.5.7 Cetacei e tartarughe marine	12
2.6 INDAGINI GENERALI	12
2.6.1 Misura del rumore	12
2.6.2 Bioacustica	12
3 RISULTATI SURVEY AUTUNNO 2015	12
3.1 COLONNA D'ACQUA	12
3.1.1 Profili idrologici	12
3.1.2 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	12
3.1.3 Plancton	12
3.2 BIOTA	12
3.2.1 Macrozoobenthos	12
3.2.2 Cetacei e tartarughe marine	12
3.3 INDAGINI GENERALI	12
3.3.1 Misura del rumore	12
3.3.2 Bioacustica	12

4	RISULTATI SURVEY INVERNO 2016.....	13
4.1	COLONNA D'ACQUA.....	13
4.1.1	Profili idrologici	13
4.1.2	Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	13
4.1.3	Plancton.....	13
4.1.4	Saggi eco tossicologici	13
	<i>Vibrio fischeri</i>	13
	<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	13
	<i>Dicentrarchus labrax</i>	13
	<i>Paracentrotus lividus</i>	13
4.2	BIOTA.....	13
4.2.1	Macrozoobenthos	13
4.2.2	Meiozoobenthos	13
4.2.3	Fauna ittica bentonectonica.....	13
4.2.4	Cetacei e tartarughe marine	13
4.3	INDAGINI GENERALI	13
4.3.1	Misura del rumore.....	13
4.3.2	Bioacustica	13
	VOLUME II.....	14
5	RISULTATI SURVEY PRIMAVERA 2016.....	15
5.1	COLONNA D'ACQUA.....	15
5.1.1	Profili idrologici	15
5.1.2	Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	18
	Nutrienti inorganici disciolti	18
	Solidi sospesi (Total Suspended Matter).....	19
	Sostanza Organica Disciolta Cromoforica (CDOM).....	21
	Clorofilla a e diversità pigmentaria.....	22
	Tensioattivi	25
	Idrocarburi totali.....	26
	Analisi microbiologiche	27
5.1.3	Plancton.....	27
	Analisi quantitativa e qualitativa del fitoplancton da bottiglia	27
	Analisi qualitativa del fitoplancton da retino.....	30
5.2	BIOTA.....	35
5.2.1	Macrozoobenthos	35
5.2.2	Bioaccumulo	38
	Metalli	38
	Idrocarburi totali.....	39
	IPA e composti organo stannici	39
	Cloroderivati	39
	Analisi microbiologiche	40
5.2.3	Biomarkers	40
5.2.4	Cetacei e tartarughe marine	41
5.3	INDAGINI GENERALI	42
5.3.1	Misura del rumore.....	42
5.3.2	Bioacustica	47
6	RISULTATI SURVEY ESTATE 2016.....	48
6.1	COLONNA D'ACQUA.....	48
6.1.1	Profili idrologici	48
	Misure di irradianza e irradianza spettrale.....	50

6.1.1	Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	51
	Nutrienti inorganici disciolti	51
	Solidi sospesi (Total Suspended Matter)	52
	Sostanza organica disciolta cromoforica (CDOM)	54
	Tensioattivi	57
	Cloroderivati	58
	Idrocarburi totali	59
6.1.2	Saggi eco tossicologici su campioni di acqua	59
	<i>Vibrio fischeri</i>	60
	<i>Pheodactylum tricornutum</i>	60
	<i>Dicentrarchus labrax</i>	61
	<i>Paracentrotus lividus</i>	61
6.1.3	Plancton	63
6.2	SEDIMENTI	72
6.2.1	Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	72
	Analisi granulometrica	72
	Metalli	72
	Composti organici	73
	Cloroderivati	73
	Analisi microbiologiche	74
6.2.2	Saggi eco tossicologici su campioni di sedimento	74
	<i>Paracentrotus lividus</i>	74
	<i>Corophium orientale</i>	75
	<i>Vibrio fischeri</i>	76
6.3	BIOTA	76
6.3.1	Macrozoobenthos	76
6.3.2	Meiobenthos	80
6.3.3	Bioaccumulo	87
	Metalli	87
	Idrocarburi totali	87
	IPA e composti organo stannici	87
	Cloroderivati	88
	Analisi microbiologiche	89
6.3.4	Biomarkers	89
6.3.5	Fauna ittica bentonectonica	90
6.3.6	Fauna ittica pelagica	99
6.3.7	Cetacei e tartarughe marine	99
6.4	INDAGINI GENERALI	100
6.4.1	Misura del rumore	100
6.4.2	Bioacustica	105
7	CONFRONTO INTERSTAGIONALE E CON LA CAMPAGNA DI BIANCO	106
7.1	COLONNA D'ACQUA	106
7.1.1	Profili idrologici	106
	Misure di irradianza e irradianza spettrale	107
7.1.1	Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	108
	Nutrienti inorganici disciolti	108
	Tensioattivi, cloroderivati e analisi microbiologiche	112
7.1.2	Saggi eco tossicologici su campioni di acqua	113
7.1.3	Plancton	113
7.2	SEDIMENTI	124
7.2.1	Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	124
7.2.2	Saggi eco tossicologici su campioni di sedimento	125
7.3	BIOTA	125
7.3.1	Macrozoobenthos	125

7.3.2	Meiobenthos	128
7.3.3	Bioaccumulo	132
7.3.4	Biomarkers	132
7.3.5	Fauna ittica bentonectonica.....	133
7.3.6	Fauna ittica pelagica.....	139
7.3.7	Cetacei e tartarughe marine	139
7.4	INDAGINI GENERALI	140
7.4.1	Misura del rumore.....	140
8	CONCLUSIONI.....	144
9	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	145

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 - Profili di temperatura (°C).	15
Figura 2 - Profili di salinità (ppt).	15
Figura 3 - Diagramma T/S.	15
Figura 4 - Profili di saturazione dell'ossigeno disciolto (%).	16
Figura 5 - Profili di clorofilla tramite fluorescenza.	16
Figura 6 - Profili di pH.	16
Figura 7 - Profili di potenziale di ossido riduzione (ORP) in mV.	16
Figura 8 - Profili di torbidità (NTU).	16
Figura 9 - Profilo del rapporto fra l'irradianza quantica PAR (Photosynthetic Available Radiation) disponibile alle varie profondità con quella contemporanea in superficie, PAR (0 m), delle stazioni P16 MG7 e P16 MG10.	17
Figura 10 - Irradianza spettrale discendente superficiale e subacquea alle profondità indicate. E' inoltre riportata la irradianza spettrale ascendente a 5 m (5m up). Ogni spettro è stato normalizzato per il proprio massimo ($E_{max}(\lambda)$) riportato nella legenda insieme con la lunghezza dove si colloca (λ_{max}).	17
Figura 11 - Profili delle concentrazioni dei nutrienti inorganici disciolti: NO ₂ (nitriti), NO ₃ (nitriti), PO ₄ (fosfati), SiO ₂ (silicati).	19
Figura 12 - Profili delle concentrazioni dei solidi sospesi (TSM) e delle concentrazioni di particolato organico (POM).	20
Figura 13 - Profili degli assorbimenti della CDOM a 325 nm ($a_{CDOM}(325)$) nelle diverse stazioni.	21
Figura 14 - Profili della concentrazione di clorofilla a tot, alle diverse stazioni.	22
Figura 15 - Istogrammi della composizione percentuale di ognuno dei singoli pigmenti diagnostici in rapporto al totale delle concentrazioni dei nove Pigmenti Diagnostici (PD= Fuco+Perid+Hex-Fuco+But-Fuco+Allo+Prasino+Chl <i>b</i> +DVA+Zea).	24
Figura 16 - Profili verticali delle densità fitoplanctoniche totali (cell/ml) nelle diverse stazioni.	27
Figura 17 - Abbondanza relativa delle classi fitoplanctoniche indicate in legenda nelle diverse stazioni.	28
Figura 18 - Ripartizione dell'abbondanza totale e del numero di specie tra i principali taxa rinvenuti. Altro=nemertini.	36
Figura 19 - Abbondanza totale e contributo percentuale cumulativo delle specie dominanti.	37
Figura 20 - Risultati della cluster analysis (group average) a sinistra e piano di ordinamento ottenuto dal n-MDS, a destra. La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Bray-Curtis.	37
Figura 21 - Valutazione del danno cellulare mediante la misura del tempo di ritenzione del colorante vitale Rosso Neutro (NRRT) nei lisosomi degli emociti di mitilo. Valori alti del tempo di ritenzione corrispondono ad una maggiore integrità.	40
Figura 22 - Valutazione del grado di integrità del DNA mediante Comet assay. Valori elevati della percentuale di DNA migrato corrispondono ad una maggiore entità del danno.	41
Figura 23 - Analisi istologica delle branchie di mitilo. Il parametro rappresentato nel grafico è il punteggio medio (<i>score</i>) per ciascuna delle stazioni indagate. La scala va da 1 a 5; il punteggio 1 indica una condizione di integrità mentre il punteggio 5 indica una forte compromissione della struttura dei filamenti branchiali.	41
Figura 24 - Rotte effettuate per il monitoraggio visivo, acustico e bioacustico nella primavera 2016 (P16) con i punti di avvistamento.	42
Figura 25 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N100 a 55 m di profondità. Lo spettro presenta un massimo a bassissima frequenza (31 Hz circa), e rimane mediamente elevato per tutta la banda.	42
Figura 26 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto E100 a 55 m di profondità. Le misure infatti sono prese a poca distanza temporale, oltre che spaziale.	42
Figura 27 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S100 a 55 m di profondità.	43
Figura 28 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto W100 a 55 m di profondità. Sono sempre presenti righe spettrali dovute a interferenze elettromagnetiche dalla strumentazione di bordo.	43
Figura 29 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto W1K a 55 m di profondità.	43
Figura 30 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto W10K a 55 m di profondità. Il livello alle alte frequenze si stabilizza su valori bassi.	44
Figura 31 - Confronto dei livelli di rumore in N1K -8 fra le ore 13:31 e le ore 13:34.	44
Figura 32 - Confronto delle funzioni PSD in terzi d'ottava, relative a dati raccolti sulla direttrice Ovest a distanza 100, 1000 e 10000 m dal Terminale e a profondità 55 m.	45
Figura 33 - Confronto sullo stesso grafico di tutti i profili di velocità del suono misurati durante la campagna P16.	46
Figura 34 - Simulazione della Transmission Loss TL alla frequenza di 12 kHz, corrispondente al profilo verticale di velocità del suono misurato.	46
Figura 35 - Transmission Loss prevista dal modello in funzione della distanza alla profondità di 55 metri.	46
Figura 36 - Spettrogramma di un segmento di dati raccolti nella vicinanza del gruppo di tursiopi che stanno emettendo sequenze di click (biosonar) molto corti e ravvicinati tra loro.	47

Figura 37 - Spettrogramma di un segmento di dati raccolti nella vicinanza del gruppo di stenelle che stanno emettendo sequenze di click (biosonar) e fischi molto corti e ravvicinati tra loro.	47
Figura 38 - Temperatura (°C).	48
Figura 39 - Salinità (ppt).	48
Figura 40 - Diagramma T/S.	48
Figura 41 - Saturazione dell'ossigeno disciolto (%).	49
Figura 42 - Clorofilla "a" ($\mu\text{g l}^{-1}$).	49
Figura 43 - pH.	49
Figura 44 - ORP (mV).	49
Figura 45 - Torbidità (NTU).	49
Figura 46 - Profilo del rapporto fra l'irradianza quantica PAR (Photosynthetic Available Radiation) disponibile alle varie profondità con quella contemporanea in superficie, PAR (0 m), delle stazioni E16 MG7 e E16 MG10.	50
Figura 47 - Irradianza spettrale discendente superficiale e subacquea alle profondità indicate. E' inoltre riportata la irradianza spettrale ascendente a 5 m (5m up). Ogni spettro è stato normalizzato per il proprio massimo ($E_{\text{max}}(\lambda)$) riportato nella legenda insieme con la lunghezza dove si colloca (λ_{max}).	50
Figura 48 - Profili delle concentrazioni dei nutrienti inorganici disciolti: NO_2 (nitriti), NO_3 (nitrati), PO_4 (fosfati), SiO_2 (silicati).	52
Figura 49 - Profili delle concentrazioni dei solidi sospesi (TSM) e delle concentrazioni di particolato organico (POM) nelle diverse stazioni.	53
Figura 50 - Profili degli assorbimenti della CDOM a 325 nm ($a_{\text{CDOM}(325)}$) nelle diverse stazioni.	54
Figura 51 - Profili della concentrazione di clorofilla a tot, alle diverse stazioni.	55
Figura 52 - Istogrammi della composizione percentuale di ognuno dei singoli pigmenti diagnostici in rapporto al totale delle concentrazione dei nove Pigmenti Diagnostici (PD= Fuco+Perid+Hex-Fuco+But-Fuco+Allo+Prasino+Chl <i>b</i> +DVA+Zea).	57
Figura 53 - Profili verticali delle densità fitoplanctoniche totali ($\text{cell L}^{-1} 10^3$) nelle diverse stazioni	64
Figura 54 - Abondanza relativa delle classi fitoplanctoniche indicate in legenda nelle diverse stazioni (da bottiglia).	64
Figura 55 - Rpartizione dell'abbondanza totale e del numero di specie tra i principali taxa rinvenuti. Altro=Nemertini e Nematodi.	78
Figura 56 - Abbondanza totale e contributo percentuale cumulativo delle specie dominanti.	78
Figura 57 - Risultati della cluster analysis (group average) a sinistra e piano di ordinamento ottenuto dal n-MDS, a destra. La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Bray-Curtis.	79
Figura 58 - Stazione E16 MG1. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm^2) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	80
Figura 59 - Stazione E16 MG2. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm^2) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	81
Figura 60 - Stazione E16 MG4. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm^2) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	81
Figura 61 - Stazione E16 MG6. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm^2) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	81
Figura 62 - Stazione E16 MG7. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm^2) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	82
Figura 63 - Stazione E16 MG8. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm^2) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	82
Figura 64 - Stazione E16 MG9. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm^2) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	83
Figura 65 - Stazione E16 MG10. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm^2) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	83
Figura 66 - Stazione E16 MG11. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm^2) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	84
Figura 67 - Stazione E16 MG12. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm^2) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	84
Figura 68 - Stazione E16 MG13. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm^2) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	85
Figura 69 - Stazione E16 MG14. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm^2) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	85
Figura 70 - A sinistra: dendrogramma per il raggruppamento gerarchico delle stazioni basato sul valore delle abbondanze medie dei taxa principali e similarità di Bray-Curtis, previa trasformazione logaritmica dei dati. A destra: piano di ordinamento ottenuto dal non-metric Multi Dimensional Scaling (nMDS), basato sul valore delle abbondanze medie dei taxa principali e similarità di Bray-Curtis, previa trasformazione logaritmica dei dati.	87
Figura 71 - Valutazione del danno cellulare mediante la misura del tempo di ritenzione del colorante vitale Rosso Neutro (NRRT) nei lisosomi degli emociti di mitilo. Valori alti del tempo di ritenzione corrispondono ad una maggiore integrità.	89
Figura 72 - Valutazione del grado di integrità del DNA mediante Comet assay. Valori elevati della percentuale di DNA migrato corrispondono ad una maggiore entità del danno.	89
Figura 73 - Analisi istologica delle branchie di mitilo. Il parametro rappresentato nel grafico è il punteggio medio (<i>score</i>) per ciascuna delle stazioni indagate. La scala va da 1 a 5; il punteggio 1 indica una condizione di integrità mentre il punteggio 5 indica una forte compromissione della struttura dei filamenti branchiali.	90
Figura 74 - Reti da posta: composizione percentuale delle catture, espressa come n. individui/1000m/24h (densità) e kg/1000m/24h (bomassa), dei principali gruppi tassonomici campionati nelle stazioni E16 P1-P4 e E16 PC.	91
Figura 75 - Rete a strascico: composizione percentuale delle catture, espressa come n. individui/ km^2 (densità) e kg/km^2 (biomassa), dei principali gruppi tassonomici campionati nelle stazioni E16 S1-S4 e E16 SC.	92
Figura 76 - Reti da posta: indici di densità e biomassa, stimati per le stazioni E16 P1-P4 e per la stazione E16 PC, per specie. Sono riportati i valori medi + la deviazione standard. In verde scuro n. individui/1000m/24h, in verde chiaro $\text{kg}/1000\text{m}/24\text{h}$.	95
Figura 77 - Rete a strascico: indici di densità e biomassa, stimati per le stazioni E16 S1-S4 e per la stazione E16 SC, per specie. Sono riportati i valori medi + la deviazione standard. In marrone scuro n. individui/ km^2 , in marrone chiaro kg/km^2 .	96

Figura 78 - Rete da posta: distribuzione taglia-frequenza del gattuccio (<i>Scylliorhinus canicula</i>). Num. individui: 241 (E16 P1-P4), 41 (E16 PC).	96
Figura 79 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza della triglia di fango (<i>Mullus barbatus</i>). Num. individui: 390 (E16 S1-S4), 92 (E16 SC).	97
Figura 80 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del nasello (<i>Merluccius merluccius</i>). Num. individui: 267 (E16 S1-S4), 65 (E16 SC).	97
Figura 81 - Reti a strascico: distribuzione taglia-frequenza del merluzzetto (<i>Trisopterus capelanus</i>). Num. individui: 60 (E16 S1-S4).	98
Figura 82 - Reti a strascico: distribuzione taglia-frequenza del sacchetto (<i>Serranus hepatus</i>). Num. individui: 27 (E16 S1-S4).	98
Figura 83 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del gattuccio (<i>Scylliorhinus canicula</i>). Num. individui: 256 (E16 S1-S4).	99
Figura 84 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del gambero bianco (<i>Parapenaeus longirostris</i>). Num. individui: 563 (E16 S1-S4), 157 (E16 SC).	99
Figura 85 - Rotte effettuate per il monitoraggio visivo, acustico e bioacustico nella estate 2016 (E16) con i punti di avvistamento.	100
Figura 86 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N100 a 55 m di profondità. Lo spettro presenta un massimo a bassissima frequenza (31 Hz circa) dovuto probabilmente alla Guardian in transito a distanza ravvicinata e rimane mediamente elevato per tutta la banda.	100
Figura 87 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto E100 a 55 m di profondità.	101
Figura 88 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S100 a 55 m di profondità.	101
Figura 89 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto W100 a 55 m di profondità. Sono sempre presenti righe spettrali dovute a interferenze elettromagnetiche dalla strumentazione di bordo.	101
Figura 90 - Confronto dei livelli misurati a distanza di 100m e a 50m di profondità.	102
Figura 91 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S1K a 55m di profondità.	102
Figura 92 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S10K a 55m di profondità.	103
Figura 93 - Confronto delle funzioni PSD in terzi d'ottava, relative a dati raccolti sulla direttrice Sud a distanza 100, 1000 e 10000 m dal Terminale e a profondità 55m.	103
Figura 94 - Confronto sullo stesso grafico di tutti i profili di velocità del suono misurati durante la campagna E16.	104
Figura 95 - Simulazione della Transmission Loss TL alla frequenza di 12 kHz, corrispondente al profilo verticale di velocità del suono misurato.	104
Figura 96 - Transmission Loss prevista dal modello in funzione della distanza alla profondità di 55 metri.	105
Figura 97 - Click e fischi dei tursiopi registrati durante l'avvistamento.	105
Figura 98 - Click molto forti rappresentati dalle righe verticali, particolarmente interessanti le vocalizzazioni come fischi modulati presenti nella banda intorno a i 15 kHz.	105
Figura 99 - Variazione della profondità (m) della zona eufotica (Z_{eu}) delle stazioni MG7 e MG10 nelle campagne effettuate.	107
Figura 100 - Relazione fra il log del rapporto fra le riflettanze a 443 nm e quelle a 555 nm ($R(443)/R(555)$) ed il log della concentrazione della clorofilla <i>a</i> (Chl <i>a</i>). Sono riportati l'equazione della retta di regressione ed il coefficiente di determinazione R^2 . Il simbolo <i>v</i> rappresenta le stazioni più vicine e il simbolo <i>l</i> le stazioni lontane.	107
Figura 101 - Confronti tra le concentrazioni medie per campagna dei nutrienti inorganici disciolti delle 4 stazioni (MG6, MG7, MG12, MG13) più vicine al terminale (100m) e le concentrazioni medie per campagna della stazione a 2000 m (MG10). a) c) e) media tra 0 e 12,5 m; b) d) f) media tra 50 e 70 m.	109
Figura 102 - Confronti tra le concentrazioni medie per campagna dei solidi sospesi (TSM) delle 4 stazioni (MG6, MG7, MG12, MG13) più vicine al terminale (100m) e della stazione a 2000 m (MG10). a) media tra 0 e 12,5 m; b) media tra 50 e 70 m.	110
Figura 103 - Confronti tra le concentrazioni medie per campagna della sostanza organica particellata (POM) delle 4 stazioni (MG6, MG7, MG12, MG13) più vicine al terminale (100m) e della stazione a 2000 m (MG10). a) media tra 0 e 12,5 m; b) media tra 50 e 70 m.	110
Figura 104 - Confronti tra le concentrazioni medie per campagna della sostanza organica disciolta cromoforica (CDOM) delle 4 stazioni (MG6, MG7, MG12, MG13) più vicine al terminale (100m) e della stazione a 2000 m (MG10). a) media tra 0 e 12,5 m; b) media tra 50 e 70 m.	111
Figura 105 - Confronti tra le concentrazioni medie per campagna della clorofilla <i>a</i> delle 4 stazioni (MG6, MG7, MG12, MG13) più vicine al terminale (100m) e della stazione a 2000 m (MG10); a) media tra 0 e 12,5 m; b) media tra 50 e 70 m.	111
Figura 106 - Istogrammi della composizione percentuale (media per profondità per campagna) di ognuno dei singoli pigmenti diagnostici in rapporto al totale delle concentrazioni dei nove Pigmenti Diagnostici (PD= Fuco+Perid+Hex-Fuco+But-Fuco+Allo+Prasino+Chlb+DVA+Zea).	112
Figura 107 - Variazione stagionale delle densità cellulari medie totali per campagna e dei diversi gruppi fitoplanctonici	114
Figura 108 - Abbondanza relativa (media per profondità per campagna) delle classi fitoplanctoniche indicate in legenda nelle diverse campagne.	114
Figura 109 - Numero di taxa medio (media 0-70m) per stazione per ogni campagna nei tre anni.	115
Figura 110 - Classificazione gerarchica (N=130) in base alle densità fitoplanctoniche medie 0-12,5m (s) e 50-70m (p) dei 93 taxa più abbondanti e frequenti (96% delle abbondanza totale). I campioni sono rappresentati da sigle e colori corrispondenti a: campagna (B-rosso, E14, E15, E16: rosso-arancione; A13, A14, A15: marrone; I14, I15, I16: blu scuro-blu chiaro; P14, P15, P16: verde scuro-verde chiaro), numero stazione (6=MG6, 7=MG7, 10=MG10, 12=MG12, 13=MG13). Metodo Ward, distanza euclidea (software Past).	115
Figura 111 - Variazione stagionale delle densità cellulari totali medie delle stazioni a 100m dal terminale (MG6, MG7, MG12, MG13) e a 2000 m (MG10) nei due anni di campionamento; a) media tra 0 e 12,5 m; b) media tra 50 e 70 m.	116
Figura 112 - Numero di taxa totali (totale dei 5 campionamenti con retino) per campagna estiva delle diverse classi o altri raggruppamenti fitoplanctonici.	117
Figura 113 - Copepodi: confronto taxa (n) totali nei tre anni di survey.	118
Figura 114 - Copepodi: confronto taxa totali (n) nell'anno III di survey e distribuzione verticale.	118
Figura 115 - Abbondanza ind/m ³ della comunità a Copepodi	119
Figura 116 - Abbondanza ind/m ³ delle principali famiglie di Copepodi in ciascuna stagione del terzo anno di monitoraggio.	119
Figura 117 - Andamento stagionale ind/m ³ delle specie dominanti nei tre anni di indagine.	119
Figura 118 - Piano di ordinamento ottenuto dal n-MDS applicato ai dati di abbondanza della comunità	120
Figura 119 - Biomassa oloplanctonica (ml): confronto I (A13-E14), II (A14-E15), e III (A15-E16). anno.	120
Figura 120 - Biomassa oloplanctonica (ml): confronto stagionale III anno (A15-E16).	120
Figura 121 - Numero totale (n) di taxa meroplanctonici nei tre anni di survey in ciascuna stagione investigata. (include le specie osservate in toto).	121
Figura 122 - Terzo anno (da A15 a E16): distribuzione dei taxa meroplanctonici nei livelli investigati.	121
Figura 123 - Principali taxa meroplanctonici e loro numero (n)	121
Figura 124 - Numero (n) dei principali taxa meroplanctonici nelle stagioni del I, II e III anno di survey.	121
Figura 125 - III anno: distribuzione delle larve di Decapodi in ciascuna delle fasce batimetriche investigate.	122
Figura 126 - Distribuzione batimetrica e numero (n) delle larve di Decapodi nel I, II e III anno di survey.	122

Figura 127 - Risultati dell'analisi n-MDS sui dati di meroplankton campionato nella fase di esercizio (da A13 a E16). La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Bray-Curtis.	122
Figura 128 - Numero di <i>taxa</i> (n) ittioplanctonici nel I, II e III anno di <i>survey</i> .	123
Figura 129 - Anno III: Distribuzione batimetrica e numero dei <i>taxa</i> ittioplanctonici.	123
Figura 130 - Distribuzione batimetrica e numero (n) di <i>taxa</i> ittioplanctonici nel I, II e III anno di <i>survey</i> .	123
Figura 131 - Distribuzione delle due specie ittioplanctoniche più abbondanti nei tre anni di <i>survey</i> .	123
Figura 132 - Risultati dell'analisi n-MDS relativa all'ittioplancton nelle tre stagioni di <i>survey</i> e in ciascuna delle stagioni investigate.	124
Figura 133 - Principali classi granulometriche nei sedimenti campionati nel Bianco e nei tre successivi anni di monitoraggio limitatamente alla stagione estiva.	124
Figura 134 - Andamento dell'abbondanza totale e del numero di specie totali nell'arco dell'intero periodo di studio.	125
Figura 135 - Andamento dell'abbondanza totale dei principali <i>taxa</i> nella campagna di Bianco (B) e nelle successive campagne di monitoraggio condotte nella "fase di esercizio". L'asse secondario (a destra) riporta unicamente i valori dei policheti (linea blu con pallini). L'uso dei due assi si è reso necessario a fronte degli elevati valori di abbondanza di questo <i>taxon</i> .	126
Figura 136 - Andamento del numero di <i>taxa</i> complessivo dalla campagna di Bianco (B) alle successive campagne di monitoraggio condotte nella "fase di esercizio".	126
Figura 137 - Piano di ordinamento ottenuto dal n-MDS. Le analisi sono state effettuate con i dati di abbondanza dalla campagna di Bianco (B) all'estate 2016. La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Bray-Curtis. I dati sono stati trasformati secondo la doppia radice quadrata.	126
Figura 138 - Piano di ordinamento ottenuto dal n-MDS applicato ai dati di abbondanza dopo aver raggruppato le stazioni in ragione della loro distanza dall'FSRU. La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Bray-Curtis. I dati sono stati trasformati secondo la doppia radice quadrata. FSRU (MG6, MG7, MG12, MG13), I (Intermedi, MG 4, MG8, MG14, MG11), C (Controlli, MG9, MG10, MG1, MG2).	127
Figura 139 - Piano di ordinamento ottenuto dal n-MDS applicato ai dati di abbondanza acquisiti nei <i>survey</i> estivi (Bianco, E14, E15, E16). Le analisi sono state effettuate dopo aver trasformato i dati secondo la doppia radice quadrata. La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Bray-Curtis.	127
Figura 140 - Dissimilarità media calcolata tra gruppi di stazioni FSRU (MG6, MG7, MG12, MG13), Intermedi = I (MG4, MG1, MG8, MG4), Controlli = C (MG1, MG2, MG9, MG10) confrontando il Bianco vs E14, Bianco vs E15 e Bianco vs E16.	128
Figura 141 - Numero di specie e abbondanza totale calcolate tra gruppi di stazioni FSRU (MG6, MG7, MG12, MG13), Intermedi (MG4, MG1, MG8, MG4), Controlli (MG1, MG2, MG9, MG10) confrontando il Bianco vs E14, Bianco vs E15 e Bianco vs E16.	128
Figura 142 - Confronto dati acquisiti nel 2016 (I16, E16). A sinistra: dendrogramma per il raggruppamento gerarchico delle stazioni basato sul valore delle abbondanze medie dei <i>taxa</i> principali e similarità di Bray-Curtis, previa trasformazione logaritmica dei dati. A destra: piano di ordinamento ottenuto dal non-metric Multi Dimensional Scaling (nMDS), basato sul valore delle abbondanze medie dei <i>taxa</i> principali e similarità di Bray-Curtis, previa trasformazione logaritmica dei dati.	129
Figura 143 - Confronto dati Bianco e fasi di esercizio (E14, E15, E16). A sinistra: dendrogramma per il raggruppamento gerarchico delle stazioni basato sul valore delle abbondanze medie dei <i>taxa</i> principali e similarità di Bray-Curtis, previa trasformazione logaritmica dei dati. A destra: piano di ordinamento ottenuto dal non-metric Multi Dimensional Scaling (nMDS), basato sul valore delle abbondanze medie dei <i>taxa</i> principali e similarità di Bray-Curtis, previa trasformazione logaritmica dei dati.	131
Figura 144 - Valutazione del tempo di ritenzione del Rosso Neutro (NRRT) nei lisosomi di mitilo; valori più bassi sono indicativi di danno cellulare. Nelle campagne A14 e A15 non è stato possibile analizzare i mitili della stazione B (pos. 2).	132
Figura 145 - Valutazione del grado di frammentazione del DNA (Comet assay) nelle cellule branchiali di mitilo; valori più alti sono indicativi di un livello di danno più elevato. Nelle campagne A14 e A15 non è stato possibile analizzare i mitili della stazione B (pos. 2).	132
Figura 146 - Valutazione del grado di integrità del tessuto branchiale (analisi istologica) di mitilo; valori più alti dello score sono indicativi di una minore integrità del tessuto. Nelle campagne A14 e A15 non è stato possibile analizzare i mitili della stazione B (pos. 2).	133
Figura 147 - Indici strutturali relativi ai popolamenti ittici catturati con reti a strascico.	134
Figura 148 - Dendrogramma delle stazioni campionate con reti a strascico. Le analisi sono state effettuate considerando le due campagne di Bianco (B e BP), le due campagne del 2014 (I14 ed E14), del 2015 (I15 ed E15) e del 2016 (I16 ed E16) del periodo di monitoraggio "fase di esercizio".	134
Figura 149 - Ordinamento n-MDS delle stazioni campionate con reti a strascico. Le analisi sono state effettuate considerando le due campagne di Bianco (B e BP), le due campagne del 2014 (I14 ed E14), del 2015 (I15 ed E15) e del 2016 (I16 ed E16) del periodo di monitoraggio "fase di esercizio".	135
Figura 150 - Dendrogramma delle stazioni campionate con reti a strascico. Le analisi sono state effettuate considerando le due campagne di Bianco (B e BP) e le tre campagne estive E14, E15 ed E16.	135
Figura 151 - Ordinamento n-MDS delle stazioni campionate con reti a strascico. Le analisi sono state effettuate considerando le due campagne di Bianco (B e BP) e le tre campagne estive E14, E15 ed E16.	136
Figura 152 - Indici strutturali relativi ai popolamenti ittici catturati con reti da posta.	137
Figura 153 - Dendrogramma delle stazioni campionate con reti da posta. Le analisi sono state effettuate considerando le due campagne di Bianco (B e BP), le due campagne del 2014 (I14 ed E14), del 2015 (I15 ed E15) e del 2016 (I16 ed E16) del periodo di monitoraggio "fase di esercizio".	137
Figura 154 - Ordinamento n-MDS delle stazioni campionate con reti da posta. Le analisi sono state effettuate considerando le due campagne di Bianco (B e BP), le due campagne del 2014 (I14 ed E14), del 2015 (I15 ed E15) e del 2016 (I16 ed E16) del periodo di monitoraggio "fase di esercizio".	138
Figura 155 - Dendrogramma delle stazioni campionate con reti da posta. Le analisi sono state effettuate considerando le due campagne di Bianco (B e BP) e le tre campagne estive E14, E15 ed E16.	138
Figura 156 - Ordinamento MDS delle stazioni effettuate con reti da posta. Le analisi sono state effettuate considerando le due campagne di Bianco (B e BP) e le tre campagne estive E14, E15 ed E16.	138
Figura 157 - Dati storici sulla presenza di cetacei risalenti agli anni 2000 antecedenti il monitoraggio ambientale del Terminale.	139
Figura 158 - Avvistamenti nella campagna di Bianco B.	139
Figura 159 - Avvistamenti nel secondo anno di monitoraggio (A14, I15, P15, E15).	139
Figura 160 - Avvistamenti nel terzo anno di monitoraggio (A15, I16, P16, E16).	140
Figura 161 - Confronto dei dati delle ultime 4 campagne (A15, I16, P16, E16) con i dati di Bianco nella stazione E100 a 55 m di profondità.	140
Figura 162 - Confronto dei dati delle ultime 4 campagne (I15, I16, P16, E16) con i dati di "Bianco" (B) nella stazione E1K a 55 m di profondità.	141
Figura 163 - Valori medi misurati nelle campagne A15, I16, P16, E16 in E100, 55, minimi e massimi, e confronto con il Bianco.	141
Figura 164 - Valori medi, minimi e massimi, misurati nelle campagne A15, I16, P16, E16 in E1K, 55 e confronto con il Bianco.	142
Figura 165 - Valori medi misurati nelle ultime quattro campagne (A15, I16, P16, E16) in E100 e E1K, 55 e confronto con il Bianco.	142

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 - Concentrazioni dei nutrienti inorganici disciolti (μM).	18
Tabella 2 - Concentrazione (mg/l) dei solidi sospesi (TSM).	20
Tabella 3 - Assorbimento della CDOM alla lunghezza d'onda di 325 nm	21
Tabella 4 - Clorofilla <i>a</i> totale (somma della clorofilla <i>a</i> , della Divinil Clorofilla <i>a</i> e della Alloclorofilla <i>a</i> , se presenti).	22
Tabella 5 - Concentrazioni (mg/m^3) dei principali pigmenti diagnostici fitoplanctonici (per le sigle vedere i metodi).	23
Tabella 6 - Concentrazione tensioattivi anionici e tensioattivi non ionici presenti nei campioni di acqua di mare lungo il profilo batimetrico. Le profondità sono espresse in metri. I dati sono espressi in milligrammi/litro.	25
Tabella 7 - Concentrazione dei cloroderivati nelle acque. I livelli indicano la profondità di prelievo del campione.	25
Tabella 8 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di acqua di mare lungo il profilo batimetrico. I dati sono espressi in microgrammi/litro. Le profondità di prelievo (0,5; 12,5; 50; 70) sono espresse in metri.	26
Tabella 9 - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di acqua superficiale. I dati sono espressi in ufc/100 ml.	27
Tabella 10 - Densità fitoplanctonica totale e delle classi o gruppi identificati (cell/ml).	28
Tabella 11 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni osservati.	29
Tabella 12 - Lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative microscopiche.	29
Tabella 13 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni osservati durante il campionamento P16.	30
Tabella 14 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni P16 MG6, P16 MG7, P16 MG10, P16 MG12 e P16 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13).	30
Tabella 15 - Oloplancton. O.le=orizzontale, 50-0=campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100-50=campionamento verticale da 100 a 50 metri. * presente in almeno un sub-campione, ** presente solo nell'osservazione <i>in toto</i> .	32
Tabella 16 - Biomassa: volumi di sedimentazione dell'oloplancton (espressi in ml). OR = campionamento orizzontale; 50-0 = campionamento verticale da 0 a 50 metri; 100-50: campionamento verticale da 100 a 50 metri.	33
Tabella 17 - Meroplancton. O.le = orizzontale, 50-0 = campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100-50 = campionamento verticale da 100 a 50 metri. * presente in almeno un sub-campione, ** presente solo nell'osservazione <i>in toto</i> . La lista include specie determinate a fresco.	34
Tabella 18 - Iltioplancton. O.le = orizzontale, 50-0 = campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100-50 = campionamento verticale da 100 a 50 metri. * presente in almeno un sub-campione, ** presente solo nell'osservazione <i>in toto</i> .	35
Tabella 19 - Lista delle specie macrobentoniche rinvenute nella primavera 2016 (P16).	35
Tabella 20 - Indici strutturali ($\pm\text{DS}$) relativi al popolamento macrobentonico. Numero di taxa (S), Numero di individui (N), Diversità specifica di Shanno-Weaver (H'), Ricchezza specifica di Margalef (d), Equitabilità di Pielou (J).	38
Tabella 21 - Concentrazione dei metalli nei mitili. I dati, relativi alla campagna P16, sono espressi in mg/kg s.s.	38
Tabella 22 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna P16, sono espressi in mg/kg .	39
Tabella 23 - Concentrazione degli IPA e dei composti organostannici presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna P16, sono espressi in mg/kg .	39
Tabella 24 - Concentrazione dei cloroderivati rilevati nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna P16, sono espressi in $\mu\text{g/kg}$.	39
Tabella 25 - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna P16, sono espressi in ufc/g.	40
Tabella 26 - Analisi istologica. Lo score indica lo stato dell'epitelio branchiale secondo la seguente scala 1, normale morfologia epitelio branchiale; 2, lieve riduzione dello spessore dell'epitelio branchiale e dello sviluppo delle ciglia; 3, marcata riduzione dello spessore dell'epitelio e delle ciglia; 4, erosione dell'epitelio branchiale e dello sviluppo ciliare; 5, destrutturazione dei filamenti con estesa erosione dell' epitelio branchiale ed assenza delle ciglia.	41
Tabella 27 - Concentrazioni dei nutrienti inorganici disciolti (μM).	51
Tabella 28 - Concentrazione dei solidi sospesi (TSM) nelle diverse stazioni rilevate.	53
Tabella 29 - Assorbimento della CDOM alla lunghezza d'onda di 325 nm	54
Tabella 30 - Clorofilla <i>a</i> totale (somma della clorofilla <i>a</i> , della Divinil Clorofilla <i>a</i> e della Alloclorofilla <i>a</i> , se presenti).	55
Tabella 31 - Concentrazioni (mg m^{-3}) dei principali pigmenti diagnostici fitoplanctonici (per le sigle vedere i metodi).	56
Tabella 32 - Risultati della ricerca dei tensioattivi anionici e non ionici in acqua di mare lungo il profilo batimetrico. I dati sono espressi in mg/l . Le profondità di prelievo (0,5; 12,5; 50; 70) sono espresse in metri.	57
Tabella 33 - Risultati della ricerca dei cloroderivati in acqua di mare lungo il profilo batimetrico investigato in E16. I dati sono espressi in $\mu\text{g/l}$. Le profondità di prelievo (0,5; 12,5; 50; 70) sono espresse in metri.	58
Tabella 34 - Risultati della ricerca di idrocarburi totali in acqua di mare lungo il profilo batimetrico. I dati sono espressi in microgrammi/litro. Le profondità di prelievo (0,5; 12,5; 50; 70) sono espresse in metri.	59
Tabella 35 - Risultati delle analisi microbiologiche condotte nelle acque superficiali durante la stagione estiva. I dati sono espressi in ufc/100ml.	59
Tabella 36 - Parametri registrati nell'acqua dei campioni testati con <i>V. fischeri</i> , <i>P. lividus</i> , <i>P. tricorutum</i> e <i>D. labrax</i> . Salinità (‰); Ossigeno disciolto (mg/l).	59
Tabella 37 - Risultati del test con il <i>V. fischeri</i> eseguito su campioni di acqua (incubazione 15', 30') prelevati a diverse profondità. EC20, EC50, effetto 15', effetto 30', espressi in %.	60
Tabella 38 - Risultati del test con <i>Phaeodactylum tricorutum</i> condotti su campioni di acqua (incubazione 72 h) prelevati a diverse profondità (esprese in metri). EC 20, EC 50 (L.C. 95%) espressa in %.	60
Tabella 39 - Risultati del test con giovanili di <i>Dicentrarchus labrax</i> esposte a campioni di colonna d'acqua (96 h). Screening test su campioni tal quale (senza diluizioni). Il controllo è costituito da acqua di stabulazione. Volume 5000 ml, aerazione, % saturazione ossigeno disciolto >90%, pH range 8,04-8,17, salinità ‰ 38, temperatura $20,5 \pm 1$ °C.	61
Tabella 40 - Risultati del test di embriotossicità (72ore) con <i>P. lividus</i> e successiva stima della tossicità cronica.	61
Tabella 41 - Densità fitoplanctonica totale e delle classi o gruppi identificati ($\text{cell L}^{-1} 10^{-3}$).	63
Tabella 42 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni da bottiglia.	65
Tabella 43 - Lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative microscopiche (da bottiglia).	65

Tabella 44 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni (da retino) osservati durante il campionamento E16.	67
Tabella 45 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni E16 MG6, E16 MG7, E16 MG10, E16 MG12 e E16 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13)	67
Tabella 46 – Oloplancton. O.le=orizzontale, 50-0=campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100-50=campionamento verticale da 100 a 50 metri. * presente in almeno un sub-campione, ** presente solo nell'osservazione <i>in toto</i> .	69
Tabella 47 - Biomassa: volumi di sedimentazione dell'oloplancton (espressi in ml). OR = campionamento orizzontale; 50-0 = campionamento verticale da 0 a 50 metri; 100-50: campionamento verticale da 100 a 50 metri.	70
Tabella 48 – Meroplancton. O.le = orizzontale, 50-0 = campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100-50 = campionamento verticale da 100 a 50 metri. * presente in almeno un sub-campione, ** presente solo nell'osservazione <i>in toto</i> . La lista include specie determinate a fresco.	71
Tabella 49 – Ittioplancton. O.le = orizzontale, 50-0 = campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100-50 = campionamento verticale da 100 a 50 metri. * presente in almeno un sub-campione, ** presente solo nell'osservazione <i>in toto</i> .	72
Tabella 50 – Ripartizione delle principali classi granulometriche e relativa classificazione dei sedimenti. I dati sono espressi in percentuale.	72
Tabella 51 – Concentrazione dei metalli. I dati sono espressi in mg/kg, tranne Al e Fe espressi in %. Sono riportati anche Livello Chimico di Base (LCB) e Livello Chimico Limite (LCL), Standard di Qualità (SQ) e Livello Chimico di Riferimento Nazionale. In neretto sono indicati i valori maggiori di SQ o di LCRN, in verde quelli maggiori di LCB, in rosso quelli maggiori di LCL.	72
Tabella 52 – Concentrazione dei contaminanti organici nei sedimenti campionati nell'estate 2016. Standard di Qualità (SQ D.M. 260/2010), Livello Chimico di Base (LCB), Livello Chimico Limite (LCL) tratti dal Manuale per la movimentazione dei sedimenti marini (Apat, Icrum, MATTM, 2006) e Limite chimico di riferimento nazionale (DM 173/2016) (LCRN). In neretto i valori >SQ, in verde >LCB, in rosso >LCL.	73
Tabella 53 – Concentrazione del composto cloro derivati nei sedimenti campionati nell'estate 2015.	73
Tabella 54 – Risultati delle analisi microbiologiche condotte nei sedimenti durante la stagione estiva 2015. I dati sono espressi in MPN/g.	74
Tabella 55 - Parametri registrati negli elutriati da utilizzare per il saggio con <i>P. lividus</i> .	74
Tabella 56 - Risultati del saggio biologico di embriotossicità (72 ore) con <i>P. lividus</i> (su elutriati) e successiva stima della tossicità cronica.	75
Tabella 57 - Parametri (chimico-fisici) dell'acqua sovrastante i sedimenti testati registrati all'inizio e al termine del test di tossicità a 28 giorni con il <i>C. orientale</i> .	75
Tabella 58 - Percentuali di mortalità degli organismi di <i>C. orientale</i> osservate nei sedimenti testati e successiva stima della tossicità cronica.	76
Tabella 59 - Risultati dei test con il <i>V. fischeri</i> su sedimento tal quale. R ² (%) = coeff. di determinazione; TU=unità tossiche; STI - sediment toxicity index. Pelite (calcolata solo sulle frazioni sabbiosa e pellica) espressa in %.	76
Tabella 60 - Lista delle specie macrobentoniche rinvenute nell'estate 2016 (E16).	76
Tabella 61 – Indici strutturali (\pm DS) relativi al popolamento macrobentonico. Numero di taxa (S), Numero di individui (N), Diversità specifica di Shanno-Weaver (H'), Ricchezza specifica di Margalef (d), Equitabilità di Pielou (J).	79
Tabella 62 - Struttura della comunità meiobentonica nelle stazioni E16 MG1, E16 MG2, E16 MG4, E16 MG6, E16 MG7, E16 MG8. Densità media (\pm DS) (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. L'abbondanza relativa (%) dei singoli taxa è stata calcolata in relazione alla densità totale.	80
Tabella 63 - Struttura della comunità meiobentonica nelle stazioni E16 MG9, E16 MG10, E16 MG11, E16 MG12, E16 MG13, E16 MG14. Densità media (\pm DS) (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. L'abbondanza relativa (%) dei singoli taxa è stata calcolata in relazione alla densità totale.	83
Tabella 64 - Indici strutturali relativi al popolamento meiobentonico calcolati sui valori medi di abbondanza. Numero di taxa (S), Numero medio di individui (N), Ricchezza di Margalef (d), Diversità di Shannon-Wiener (H'), Equitabilità di Pielou (J).	86
Tabella 65 - Struttura della comunità meiobentonica dell'area interessata dal posizionamento del terminale rigassificatore, incluse le stazioni di controllo. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo rinvenuto. L'abbondanza relativa (%) dei singoli taxa è stata calcolata in relazione alla densità totale..	86
Tabella 66 - Concentrazione dei metalli nei mitili. I dati, relativi alla campagna E16, sono espressi in mg/kg s.s. Lr = Limite di rilevabilità.	87
Tabella 67 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna E16, sono espressi in mg/kg.	87
Tabella 68 - Concentrazione degli IPA e dei composti organostannici presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna E16, sono espressi in mg/kg.	88
Tabella 69 - Concentrazione degli cloroderivati presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna E16, sono espressi in μ g/kg.	88
Tabella 70 - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna E16, sono espressi in ufc/g.	89
Tabella 71 - Analisi istologica. Lo score indica lo stato dell'epitelio branchiale secondo la seguente scala 1, normale morfologia epitelio branchiale; 2, lieve riduzione dello spessore dell'epitelio branchiale e dello sviluppo delle ciglia; 3, marcata riduzione dello spessore dell'epitelio e delle ciglia; 4, erosione dell'epitelio branchiale e dello sviluppo ciliare; 5, destrutturazione dei filamenti con estesa erosione dell'epitelio branchiale ed assenza delle ciglia.	90
Tabella 72 - Lista delle specie catturate con la rete a strascico e le reti da posta. Strascico: E16 S1-S4 = stazioni campionate in prossimità del terminale; E16 SC = stazione di controllo. Reti da posta: E16 P1-P4 = stazioni campionate in prossimità del terminale; E16 PC = stazione di controllo.	90
Tabella 73 - Reti da posta: indici di densità e biomassa (\pm DS), espressi in n. individui/1000m/24h e kg/1000m/24h, stimati per le specie catturate nelle stazioni E16 P1-P4 e nella stazione di controllo E16 PC. *: DS<0,05.	92
Tabella 74 - Rete a strascico: indici di densità e biomassa (\pm DS), espressi in n. individui/km ² e kg/km ² , stimati per le specie catturate nelle stazioni E16 S1-S4 e nella stazione di controllo E16 SC. *: DS<0,05.	93
Tabella 75 - Medie, deviazioni standard, massimo e minimo per campagna (N=32) delle concentrazioni (μ M) dei nutrienti inorganici disciolti: DIN (nitriti+nitrati), PO ₄ (ortofosfati), SiO ₂ (silicati).	108
Tabella 76 - Medie, deviazioni standard, massimo e minimo per campagna (N=32) delle concentrazioni di clorofilla a (Chl a), solisi sospesi (TSM), particellato organico (POM), sstanza organica disciolta cromoforica (CDOM).	110
Tabella 77 - Densità cellulari totali medie per campagna (media, dev. st., massimo, minimo, N=20) e composizione tassonomica relativa media.	113
Tabella 78 - Numero di taxa appartenenti ai diversi gruppi fitoplanctonici per ciascun campionamento	116
Tabella 79 - Numero di taxa individuati in ogni stazione per ciascun campionamento	117
Tabella 80 - Frequenza (f) dei diversi taxa riferita alle 13 campagne effettuate.	117
Tabella 81 - Confronto dati campagne Esercizio I16 e E16. Struttura della comunità meiobentonica dell'area interessata dal posizionamento del terminale rigassificatore, incluse le stazioni di controllo. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo rinvenuto. L'abbondanza relativa (%) dei singoli taxa è stata calcolata in relazione alla densità totale.	129

Tabella 82 - Confronto dati tra le campagne Bianco e le fasi di esercizio (E14, E15, E16). Struttura della comunità meiobentonica dell'area interessata dalla presenza del terminale, incluse le stazioni di controllo. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo rinvenuto. L'abbondanza relativa (%) dei singoli taxa è stata calcolata in relazione alla densità totale.	131
Tabella 83 - Differenze significative tra mitili di controllo (Gorgona) e mitili del terminale FRSU.	133
Tabella 84 - Numero totale di specie catturate per campagna tramite rete a strascico.	133
Tabella 85 - Numero totale di specie catturate per campagna tramite reti da posta.	136

LISTA DEGLI ACRONIMI

A13, P14, E14, I14 ecc ecc	La lettera indica la stagione: Autunno, Primavera, Estate, Inverno; il numero indica l'anno.
Allo	Alloxantina
B	Bianco effettuato nell'estate 2012
BP	Secondo Bianco effettuato unicamente per lo studio della fauna ittica (settembre, 2013)
But-Fuco	Butanoiloxifucoxantina
CDOM	Chromophoric Dissolved Organic Matter o sostanza organica disciolta cromoforica
Chl b	Clorofilla b + Divinilclorofilla b
DIN	Azoto Inorganico Disciolto (nitriti + nitrati)
DO %	Percentuale di Ossigeno Disciolto
DVA	Divinilclorofilla a
Fuco	Fucoxantina
Hex-Fuco	Hesanoiloxifucoxantina
LAS	Sostanze otticamente attive
ORP	Potenziale di Ossido Riduzione
PAR	Photosynthetic Available Radiation
Perid	Peridinina
POM	Particulate organic matter o frazione organica del particolato
Prasino	Prasinoxantina
PSDf	Power Spectral Density function
TSM	Total suspended matter o solidi sospesi
Zea	Zeaxantina
Z _{eu}	Zona eufotica

VOLUME I

1 INTRODUZIONE

- 1.1 Richiami ai contenuti principali del progetto
- 1.2 Obiettivi fase di esercizio

2 MATERIALI E METODI

- 2.1 Attività e tempistiche
- 2.2 Area di indagine
- 2.3 COLONNA D'ACQUA
 - 2.3.1 Profili idrologici
 - 2.3.2 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche
 - 2.3.3 Plancton
 - 2.3.3.1 Fitoplancton
 - 2.3.3.2 Zooplancton
 - 2.3.4 Saggi ecotossicologici

Vibrio fischeri (sistema Microtox®) - fase liquida

Phaeodactylum tricornutum

Dicentrarchus labrax

Paracentrotus lividus

2.4 SEDIMENTI

- 2.4.1 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche

Analisi granulometriche

Analisi chimiche

Analisi microbiologiche

- 2.4.2 Saggi ecotossicologici

Paracentrotus lividus

Corophium orientale

Vibrio fischeri (sistema Microtox®) - fase solida

2.5 BIOTA

- 2.5.1 Macrozoobenthos
- 2.5.2 Meiozoobenthos
- 2.5.3 Bioaccumulo

Analisi chimiche

Analisi microbiologiche

- 2.5.4 Biomarkers
- 2.5.5 Fauna ittica bentonectonica
- 2.5.6 Fauna ittica pelagica
- 2.5.7 Cetacei e tartarughe marine

2.6 INDAGINI GENERALI

- 2.6.1 Misura del rumore
- 2.6.2 Bioacustica

3 RISULTATI SURVEY AUTUNNO 2015

3.1 COLONNA D'ACQUA

- 3.1.1 Profili idrologici
- 3.1.2 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche
- 3.1.3 Plancton
 - 3.1.3.1 Fitoplancton
 - 3.1.3.2 Zooplancton

3.2 BIOTA

- 3.2.1 Macrozoobenthos
- 3.2.2 Cetacei e tartarughe marine

3.3 INDAGINI GENERALI

- 3.3.1 Misura del rumore
- 3.3.2 Bioacustica

4 RISULTATI SURVEY INVERNO 2016

4.1 COLONNA D'ACQUA

- 4.1.1 Profili idrologici
- 4.1.2 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche
- 4.1.3 Plancton
 - 4.1.3.1 Fitoplancton
 - 4.1.3.2 Zooplancton
- 4.1.4 Saggi eco tossicologici

Vibrio fischeri

Phaeodactylum tricornutum

Dicentrarchus labrax

Paracentrotus lividus

4.2 BIOTA

- 4.2.1 Macrozoobenthos
- 4.2.2 Meiozoobenthos
- 4.2.3 Fauna ittica bentonectonica
- 4.2.4 Cetacei e tartarughe marine

4.3 INDAGINI GENERALI

- 4.3.1 Misura del rumore
- 4.3.2 Bioacustica

VOLUME II



5 RISULTATI SURVEY PRIMAVERA 2016

5.1 COLONNA D'ACQUA

5.1.1 Profili idrologici

La **temperatura** (Figura 1) varia in un range compreso tra 14,27°C e 19,78°C in conformità con le temperature tipiche del periodo primaverile e della zona di indagine. Le variazioni maggiori di temperatura si hanno nei primi 60 m, mentre tra 60 e 115 m si hanno valori più omogenei.

La **salinità** (Figura 2) ha un profilo piuttosto eterogeneo, tipico del periodo considerato con valori che variano tra 35,73 e 38,23 ppt. La salinità tende ad aumentare con la profondità con le variazioni maggiori dalla superficie ai 60 m di profondità.

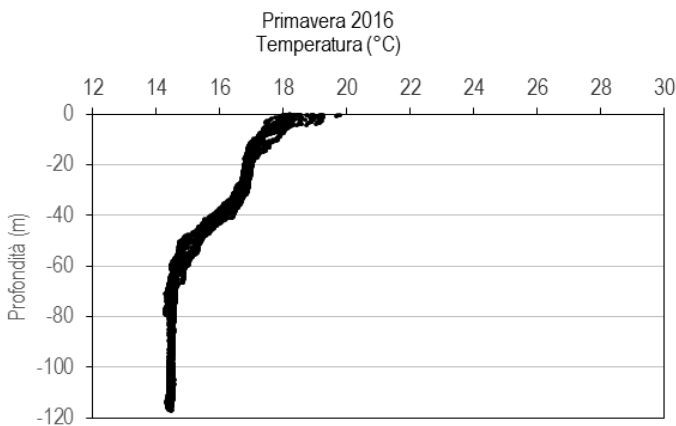


Figura 1 - Profili di temperatura (°C).

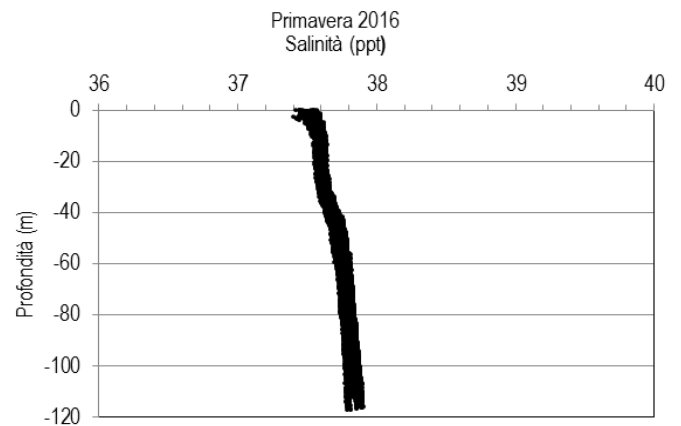


Figura 2 - Profili di salinità (ppt).

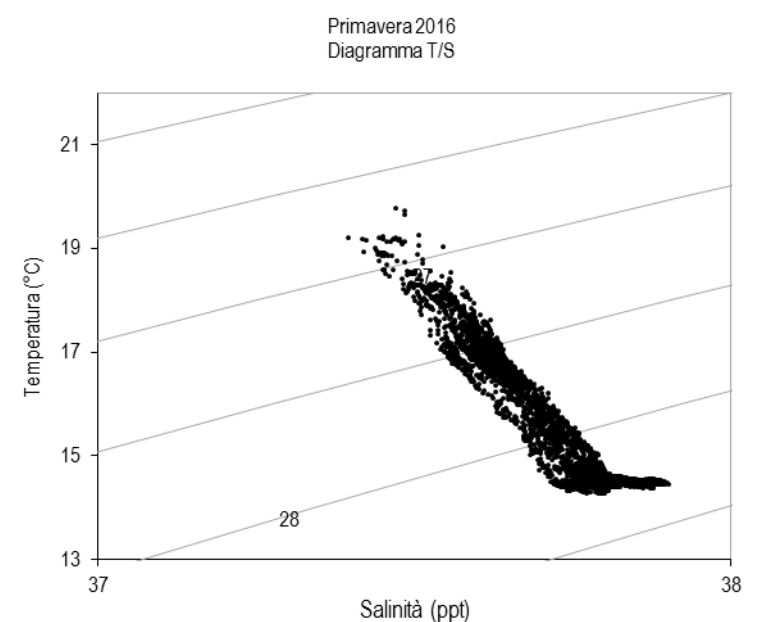


Figura 3 - Diagramma T/S.

Il **diagramma T/S (Temperatura/Salinità)** mostra che le variazioni nelle masse d'acqua in questo periodo risentono delle oscillazioni di salinità e di temperatura (Figura 3).

In questa stagione le masse d'acqua risultano ossigenate in maniera omogenea. Infatti, la percentuale di **saturazione dell'ossigeno disciolto, DO%**, (Figura 4) presenta valori che variano nel range 99,58-100,27%.

La clorofilla misurata tramite **fluorescenza** (Figura 5) varia tra 0,06 e 1,12 µg/l; tende ad aumentare con l'aumentare della profondità fino ai 73 metri, poi diminuisce per tornare a valori simili a quelli superficiali in corrispondenza del fondo.

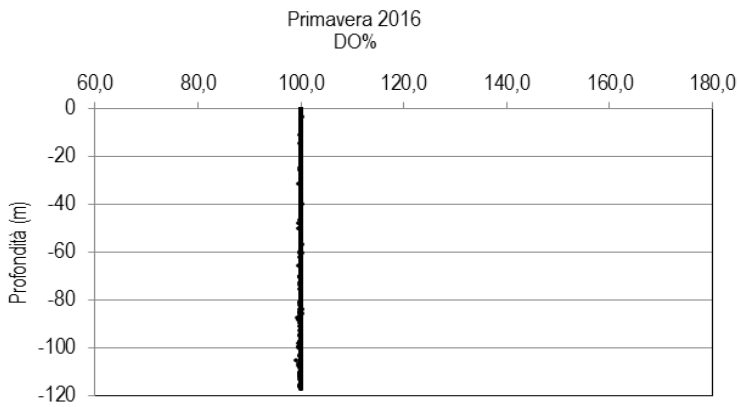


Figura 4 - Profili di saturazione dell'ossigeno disciolto (%).

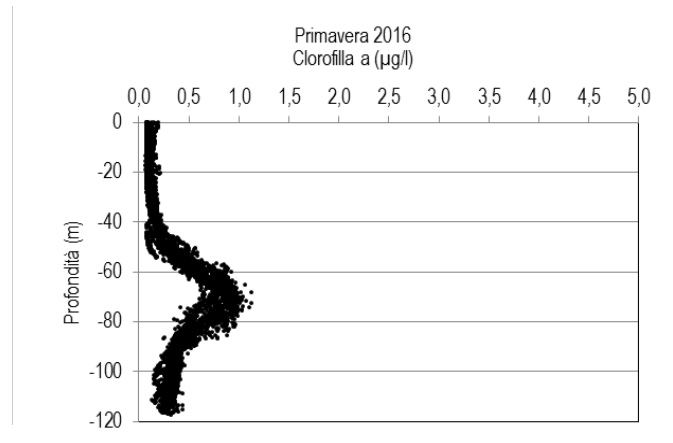


Figura 5 - Profili di clorofilla tramite fluorescenza.

I valori di pH (Figura 6) sono compresi tra 7,70 e 8,20. L'andamento di questo parametro tende ad aumentare dalla superficie fino a 40m di profondità dove raggiunge il suo valore massimo, per poi diminuire fino alla massima profondità di misurazione.

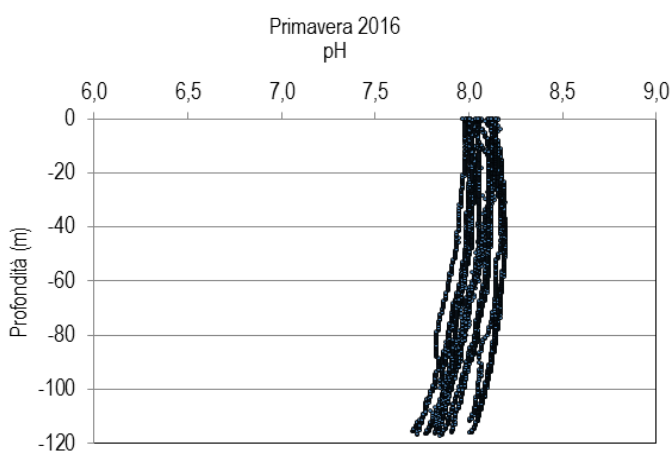


Figura 6 - Profili di pH.

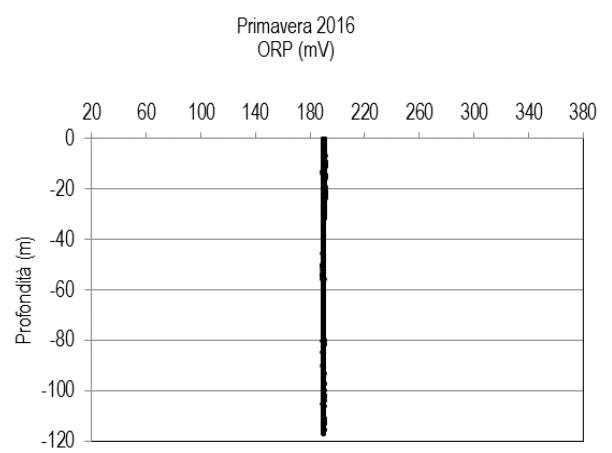


Figura 7 - Profili di potenziale di ossido riduzione (ORP) in mV.

Il potenziale redox, ORP, (Figura 7) varia in un range abbastanza ridotto, 188,58 mv e 191,72 mv, ed i valori misurati risultano relativamente eterogenei dalla superficie fino a 40 metri, per poi divenire più omogenei con l'aumentare della profondità.

La torbidità (NTU) ha valori compresi tra 0,04 e 0,53 NTU (Figura 8) senza anomalie degne di nota.

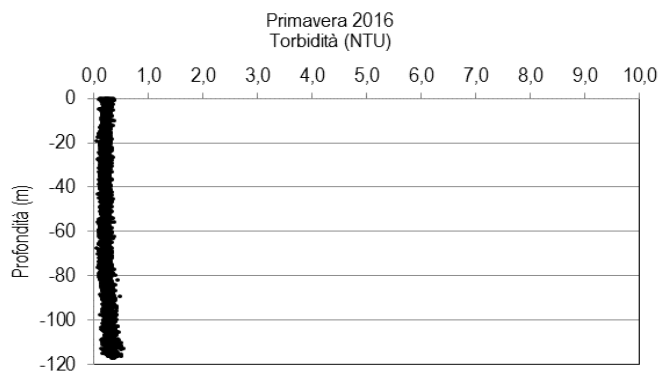


Figura 8 - Profili di torbidità (NTU).

Misure di irradianza e irradianza spettrale

In **Figura 9** sono mostrati i profili di irradianza PAR (Photosynthetic Available Radiation) sottomarina normalizzati rispetto a quella contemporanea superficiale alle stazioni P16 MG7 e P16 MG10. La profondità della zona eufotica (Z_{eu}) è 71,5 m alla stazione P16 MG7 e 71 m alla stazione P16 MG10. Nelle altre stazioni Z_{eu} varia da 68 m alla stazione P16 MG13 fino a 77 m alla stazione P16 MG6.

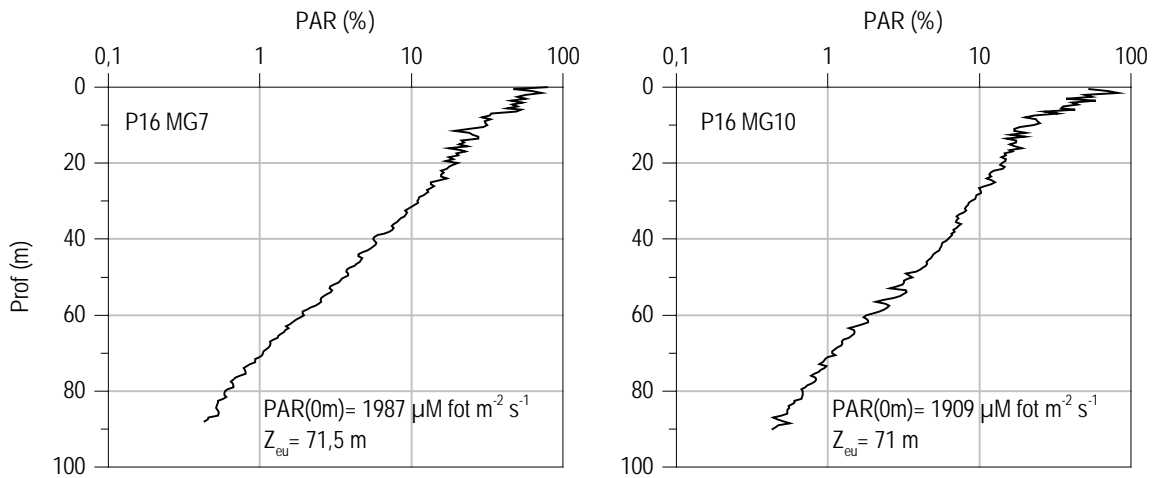


Figura 9 - Profilo del rapporto fra l'irradianza quantica PAR (Photosynthetic Available Radiation) disponibile alle varie profondità con quella contemporanea in superficie, PAR (0 m), delle stazioni P16 MG7 e P16 MG10.

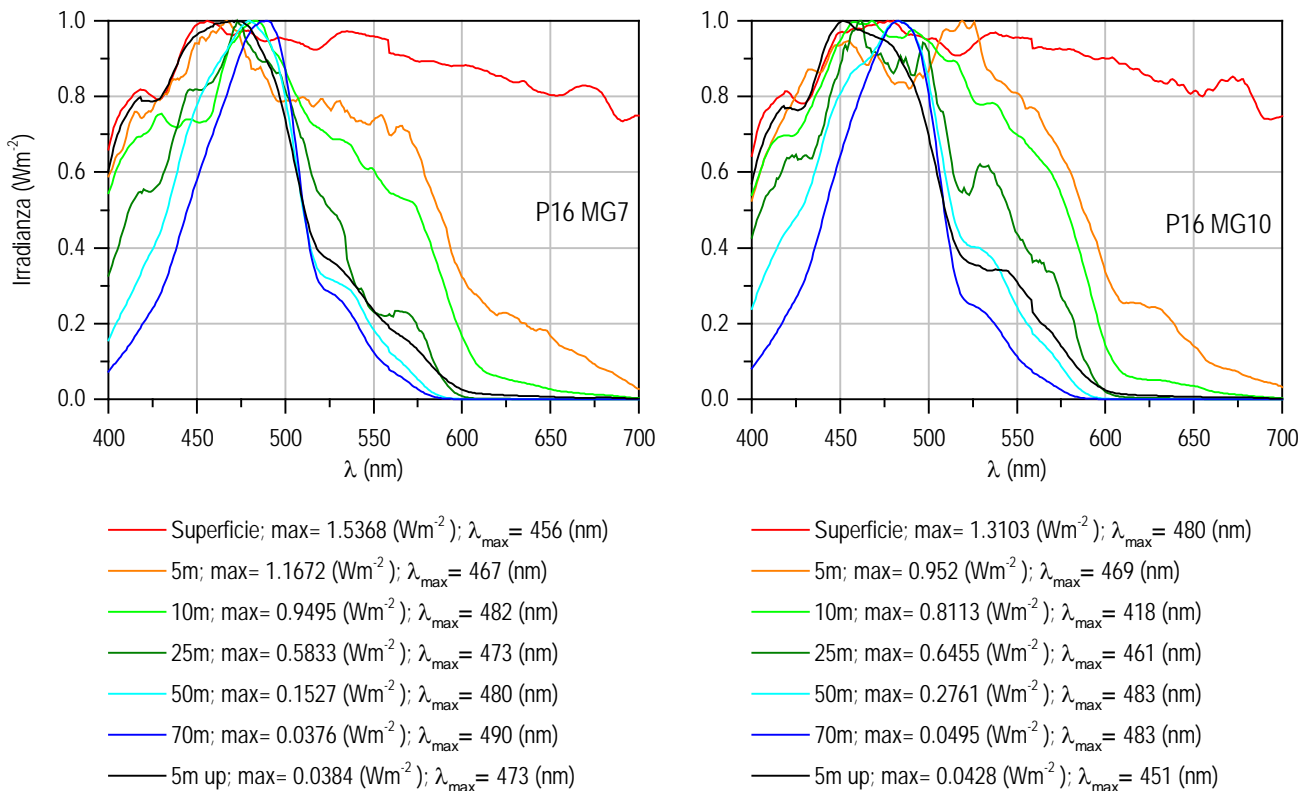


Figura 10 - Irradianza spettrale discendente superficiale e subacquea alle profondità indicate. E' inoltre riportata la irradianza spettrale ascendente a 5 m (5m up). Ogni spettro è stato normalizzato per il proprio massimo ($E_{max}(\lambda)$) riportato nella **legenda** insieme con la lunghezza dove si colloca (λ_{max}).

Gli spettri della irradianza discendente, superficiali ed a varie profondità ed ascendente a 5 m misurati alle stazioni P16 MG7 e P16 MG10, sono riportati in **Figura 10**. Tutti gli spettri sono stati normalizzati per i loro valori massimi. Le lunghezze d'onda alle quali si collocano questi massimi (λ_{max}) negli spettri dell'irradianza discendente alle profondità maggiori, indicano le lunghezze d'onda della radiazione più penetrante, che si collocano nel range fra 480 e 490 nm. La radiazione più penetrante a 70 m è centrata a 483 nm alla stazione P16 MG10 e a 490 nm alla stazione P16 MG7.

5.1.2 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche

Nutrienti inorganici disciolti

In **Tabella 1** sono riportate le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ortofosfati (PO_4), silicati (SiO_2), rilevate nelle 8 stazioni campionate.

Tabella 1 - Concentrazioni dei nutrienti inorganici disciolti (μM).											
Stazione	Prof. m	SiO_2	PO_4	NO_2	NO_3	Stazione	Prof. m	SiO_2	PO_4	NO_2	NO_3
P16 MG3	0,5	0,694	0,067	0,071	0,337	P16 MG9	0,5	0,851	0,060	0,091	0,292
	12,5	0,726	0,052	0,120	0,488		12,5	0,840	0,055	0,093	0,239
	50	0,726	0,054	0,046	0,315		50	0,974	0,054	0,154	0,120
	70	1,309	0,045	0,242	0,824		70	1,159	0,064	0,210	0,807
P16 MG5	0,5	0,585	0,045	0,088	0,260	P16 MG10	0,5	0,816	0,066	0,072	0,263
	12,5	0,642	0,041	0,138	0,329		12,5	0,786	0,063	0,121	0,246
	50	0,640	0,042	0,161	0,327		50	0,797	0,057	0,059	0,451
	70	0,867	0,043	0,274	0,529		70	1,164	0,059	0,194	0,579
P16 MG6	0,5	0,636	0,057	0,126	0,403	P16 MG12	0,5	0,663	0,079	0,141	0,403
	12,5	0,648	0,053	0,143	0,255		12,5	0,681	0,072	0,217	0,315
	50	0,789	0,054	0,188	0,306		50	0,636	0,071	0,095	0,402
	70	0,947	0,051	0,276	0,449		70	0,915	0,056	0,272	0,704
P16 MG7	0,5	0,884	0,058	0,056	0,452	P16 MG13	0,5	0,819	0,045	0,098	0,341
	12,5	0,922	0,056	0,118	0,286		12,5	0,800	0,061	0,087	0,334
	50	0,983	0,059	0,131	0,263		50	0,875	0,083	0,134	0,548
	70	1,288	0,066	0,278	0,884		70	1,220	0,064	0,244	0,904

In generale le concentrazioni rilevate durante la campagna P16 sono inferiori a quelle dell'inverno (I16), come d'altra parte ci si attende nel normale ciclo annuale delle nostre latitudini. Solo per i fosfati si rilevano concentrazioni simili a quelle invernali.

Le medie generali (di tutte le stazioni e profondità) sono: nitriti $0,148 \mu\text{M}$, nitrati $0,427 \mu\text{M}$, fosfati $0,058 \mu\text{M}$, silicati $0,853 \mu\text{M}$.

Per tutti i nutrienti analizzati la variazione di concentrazione lungo la colonna d'acqua avviene in un ambito molto ristretto, soprattutto per quanto concerne lo strato dalla superficie a 50 m. I nitrati variano nello strato superficiale da $0,12$ a $0,45 \mu\text{M}$, i nitriti da $0,05$ a $0,15 \mu\text{M}$, i fosfati da $0,04$ a $0,08 \mu\text{M}$ e i silicati da $0,6$ a $0,9 \mu\text{M}$ (**Figura 11**).

Concentrazioni più elevate, anche del doppio, si registrano a 70 m, come spesso registrato in queste acque. Fa eccezione l'ortofosfato che mantiene concentrazioni uniformi a tutte le profondità. L'andamento con la profondità è quindi molto simile in tutte le stazioni pur con qualche piccola differenza tra di loro, ad esempio un valore di nitrito elevato a 12,5 m alla stazione P16 MG12 o nitrati più alti sempre a 12,5 m alla stazione P16 MG3. Concentrazioni e andamenti quindi nella norma, come atteso in questo periodo dell'anno e senza anomalie evidenziazabili.

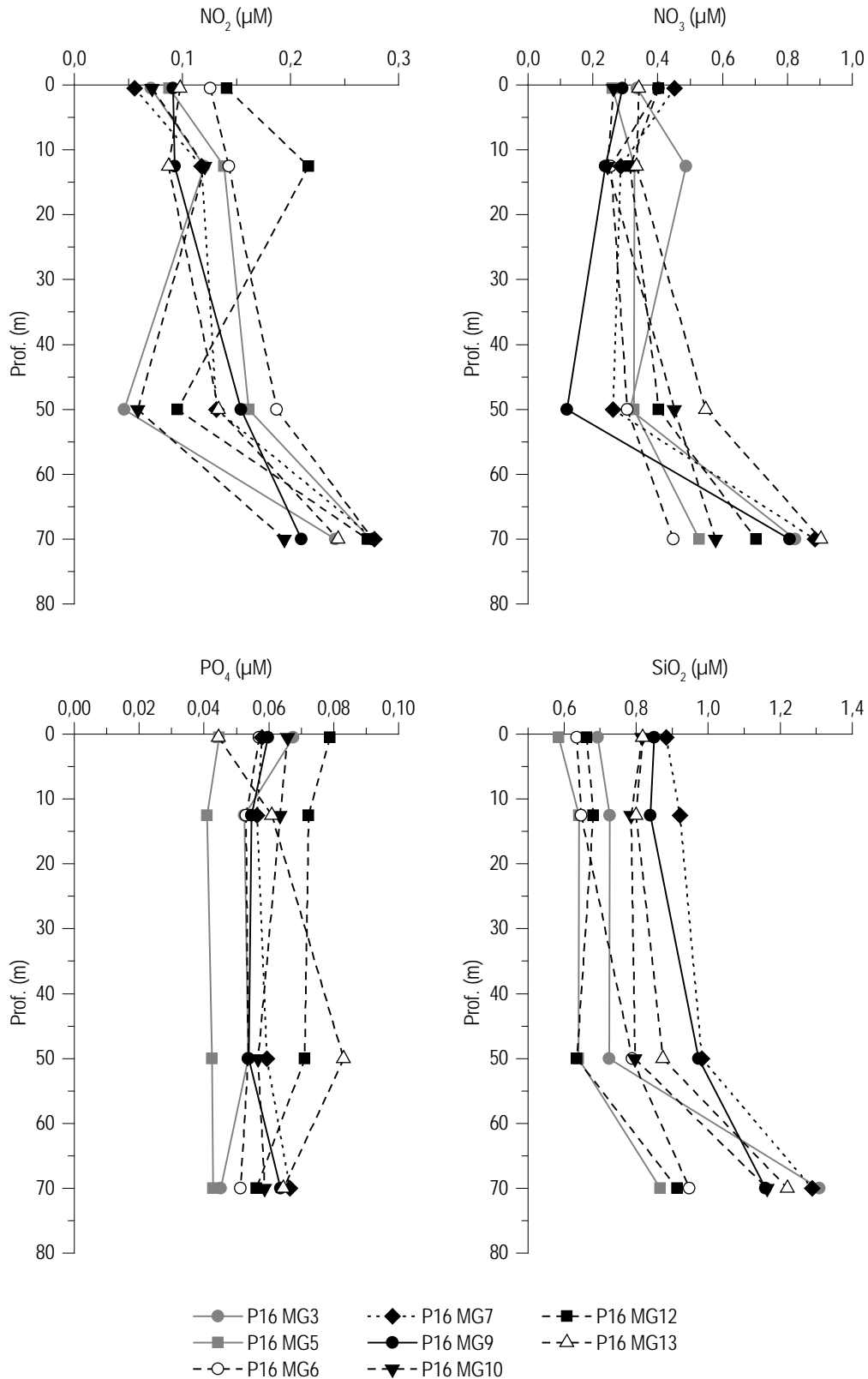


Figura 11 - Profili delle concentrazioni dei nutrienti inorganici disciolti: NO₂ (nitriti), NO₃ (nitrati), PO₄ (fosfati), SiO₂ (silicati).

Solidi sospesi (Total Suspended Matter)

Le concentrazioni di TSM in tutte le stazioni sono riportate in Tabella 2. Il valore medio generale è 0,86 mg/l, il minimo è 0,60 mg/l alla stazione P16 MG6 a 12,5 m ed il massimo è 2,13 mg/l alla stazione P16 MG5 a 0,5 m.

Tabella 2 - Concentrazione (mg/l) dei solidi sospesi (TSM).				
Prof. m	Stazione	TSM (mg/l)	Stazione	TSM (mg/l)
0,5	P16 MG3	0,7370	P16 MG9	0,7645
12,5		0,6375		0,7657
50		0,6585		0,7315
70		0,9550		0,7937
0,5	P16 MG5	2,1385	P16 MG10	1,0233
12,5		0,7390		0,8920
50		0,6968		1,1180
70		0,7128		1,5057
0,5	P16 MG6	0,6977	P16 MG12	0,7762
12,5		0,6000		0,6138
50		0,6773		0,6970
70		0,7050		0,9048
0,5	P16 MG7	0,8513	P16 MG13	0,8445
12,5		1,2777		0,7630
50		1,0190		0,7025
70		0,8367		0,7083

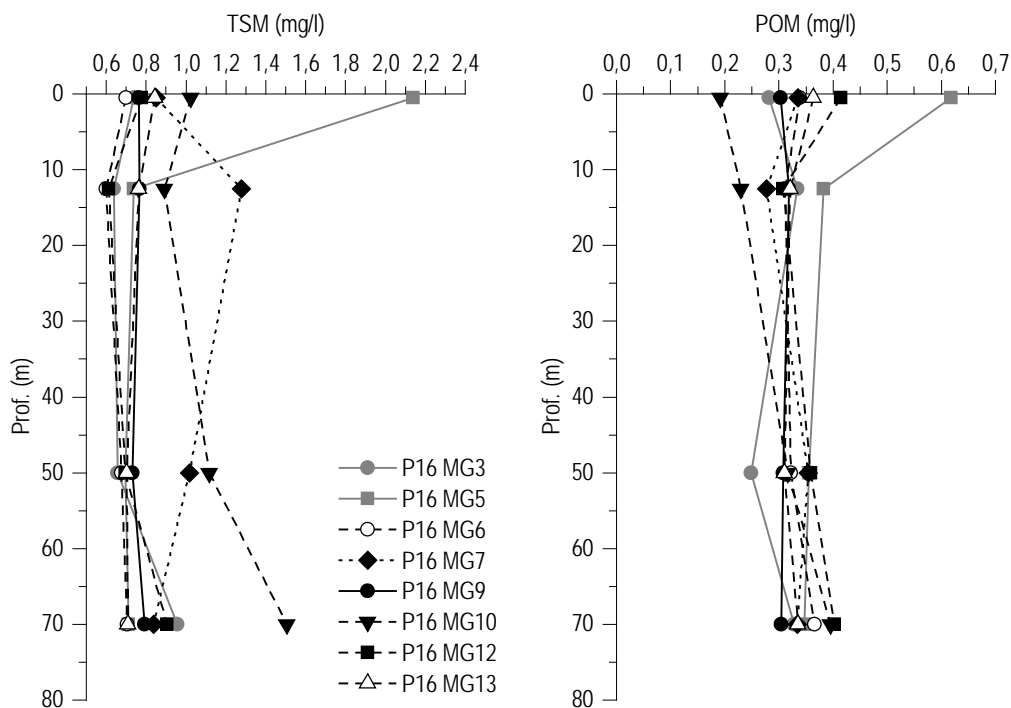


Figura 12 - Profili delle concentrazioni dei solidi sospesi (TSM) e delle concentrazioni di particolato organico (POM).

I profili batimetrici di TSM (Figura 12) mostrano andamento simile lungo la colonna d'acqua in quasi tutte le stazioni con concentrazioni molto simili da 12,5 a 50 m che aumentano leggermente in superficie e a 70 m. Le stazioni che si discostano maggiormente da questo trend sono: P16 MG7, che ha un massimo netto a 12,5 m e valori più alti del resto delle stazioni a 50 m; P16 MG5, che presenta il valore più alto fra quelli misurati a 0,5 m, mentre alle altre profondità non si discosta dalle altre stazioni; e la stazione P16 MG10 che ha una struttura batimetrica simile alla maggioranza delle stazioni, ma con concentrazioni più elevate a tutte le profondità e in particolare a 70 m. La concentrazione della frazione organica del TSM (POM) è in media 0,33 mg/l con minimo di 0,19 mg/l alla stazione P16 MG10 0,5 m ed un massimo di 0,62 mg/l alla stazione P16 MG5 sempre a 0,5 m. I profili batimetrici del POM nella maggior parte dei casi presentano un andamento batimetrico poco variabile, con qualche massimo superficiale. Il POM rappresenta in media il 41,12% del TSM con minimo del

18,81% alla stazione P16 MG10 0,5 m e massimo del 53,39% alla stazione P16 MG12 0,5 m. Le differenze tra le concentrazioni rientrano comunque in un ambito di variabilità naturale.

Sostanza Organica Disciolta Cromoforica (CDOM)

Gli assorbimenti della CDOM a 325 nm $a_{CDOM(325)}$ sono in media $0,29\text{ m}^{-1}$ e variano da un minimo di $0,23\text{ m}^{-1}$ alla stazione P16 MG12, a 0,5 m ad un massimo di $0,37\text{ m}^{-1}$ alla stazione P16 MG10 a 70 m (Tabella 3). I profili batimetrici di $a_{CDOM(325)}$ (Figura 13) hanno andamento simile lungo la colonna d'acqua con minimi superficiali e massimi in profondità generalmente intorno a 50 m. Tuttavia, nella maggior parte dei casi, intorno a 70 m le concentrazioni diminuiscono o rimangono simili a quelle dei 50 m. Anche in questo caso non si evidenziano anomalie fuori dall'ambito della variabilità naturale.

Tabella 3 - Assorbimento della CDOM alla lunghezza d'onda di 325 nm				
Prof. m	Stazione	$a_{CDOM(325)}\text{ m}^{-1}$	Stazione	$a_{CDOM(325)}\text{ m}^{-1}$
0,5	P16 MG3	0,2438	P16 MG9	0,2585
12,5		0,2906		0,2623
50		0,2986		0,3245
70		0,2685		0,3197
0,5	P16 MG5	0,2312	P16 MG10	0,2759
12,5		0,2453		0,2898
50		0,3010		0,3707
70		0,3029		0,3737
0,5	P16 MG6	0,2794	P16 MG12	0,2306
12,5		0,2803		0,2771
50		0,3516		0,3313
70		0,3184		0,3564
0,5	P16 MG7	0,2313	P16 MG13	0,2718
12,5		0,2406		0,2683
50		0,3368		0,3179
70		0,3315		0,2979

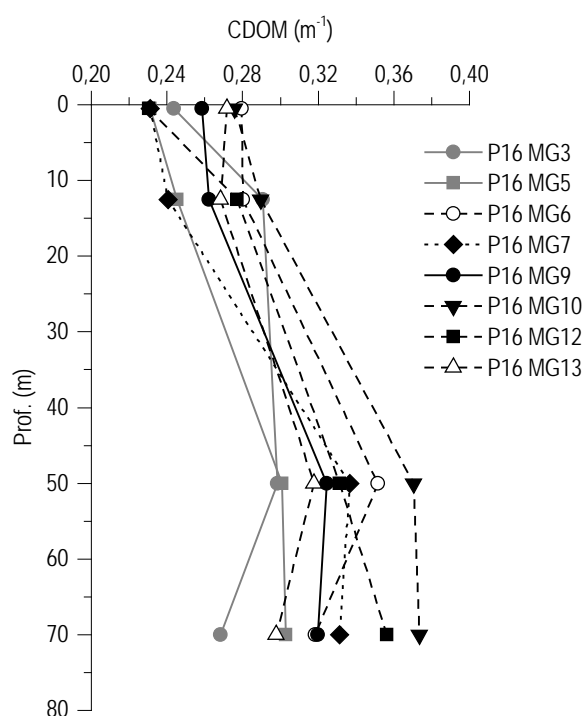


Figura 13 - Profili degli assorbimenti della CDOM a 325 nm ($a_{CDOM(325)}$) nelle diverse stazioni.

Clorofilla a e diversità pigmentaria

La concentrazione di clorofilla *a* è in media 0,231 mg/m³ e varia da un minimo di 0,101 mg/m³ alla stazione P16 MG10 0,5 m fino a un massimo di 0,676 mg/m³ alla stazione P16 MG6 70 m (**Tabella 4**).

I profili batimetrici (**Figura 14**) mostrano una distribuzione simile per tutte le stazioni, con un aumento progressivo delle concentrazioni dai minimi superficiali ai massimi a 70 m dove variano da 0,344 alla stazione P16 MG10 a 0,676 alla stazione P16 MG6.

Tabella 4 - Clorofilla <i>a</i> totale (somma della clorofilla <i>a</i> , della Divinil Clorofilla <i>a</i> e della Alloclorofilla <i>a</i> , se presenti).				
Prof. m	Stazione	Chl <i>a</i> mg/m ³	Stazione	Chl <i>a</i> mg/m ³
0,5	P16 MG3	0,1385	P16 MG9	0,1085
12,5		0,1111		0,1215
50		0,1602		0,2216
70		0,5661		0,4430
0,5	P16 MG5	0,1082	P16 MG10	0,1017
12,5		0,1073		0,1118
50		0,1476		0,1771
70		0,6006		0,3439
0,5	P16 MG6	0,1452	P16 MG12	0,1299
12,5		0,1249		0,1195
50		0,1563		0,1412
70		0,6769		0,6057
0,5	P16 MG7	0,1175	P16 MG13	0,1100
12,5		0,1297		0,1204
50		0,2523		0,1385
70		0,4096		0,4748

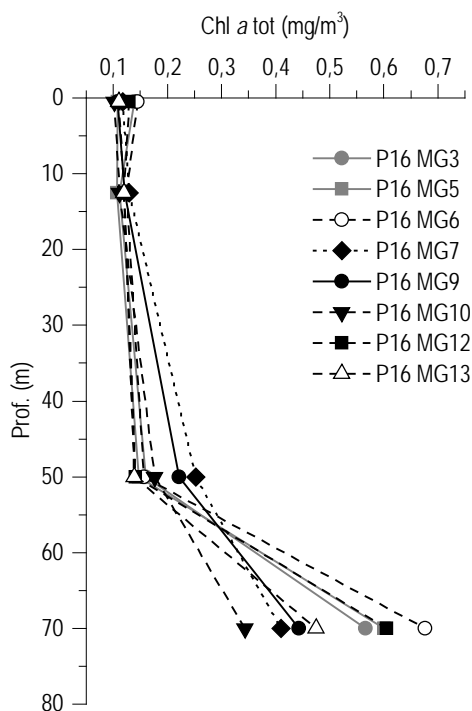


Figura 14 - Profili della concentrazione di clorofilla *a* tot, alle diverse stazioni.

Le concentrazioni dei nove pigmenti diagnostici principali sono riportate in **Tabella 5**. Il pigmento a maggiore concentrazione media è Hex-Fuco (media 0,066, min 0,029, max 0,221 mg/m³), segue Chl *b* (media 0,036, min 0,081, max 0,107 mg/m³), But-Fuco (media 0,033, min 0,010, max 0,111 mg/m³), Zea (media 0,025, min 0,010, max 0,060 mg/m³), DVA (media 0,015, max 0,055 mg/m³), Fuco (media 0,012,

min 0,004, max 0,044 mg/m³), Perid (media 0,007, min 0,005, max 0,009 mg/m³), Prasino (media 0,002, max 0,001 mg/m³), Allo (media 0,001, max 0,005 mg/m³).

La composizione pigmentaria presenta una differenziazione generalmente comune alle varie stazioni e dai rapporti tra i singoli pigmenti e la loro somma totale si ottiene una stima della composizione tassonomica del popolamento fitoplanctonico (**Figura 15**). Il pigmento Hex-Fuco (marker delle Prymnesiophyceae coccolitofori) è dominante in tutti i campioni, con un contributo medio del 34,5% e una tendenza ad aumentare a 70 m. Contributi simili e di scarsa entità, intorno al 5%, sono dati da Fuco (marker delle Diatomee) e Perid (marker dei Dinoflagellati), maggiormente presente nello strato superficiale. Presentano contributi maggiori Chl *b* (indicatore delle Chlorophyta) e But-Fuco (marker di Dictyochophyceae, Chrysophyceae, Prymnesiophyceae non Coccolitofori), con in media 16,8% e 15,16% rispettivamente e poca variazione tra le diverse profondità. Prasino (marker delle Prasinophyceae) e Allo (marker delle Cryptophyceae) rappresentano meno dell'1% e sono spesso assenti, soprattutto nei campioni superficiali.

La frazione picoplanctonica totale relativa ai cianobatteri, costituita dalla somma di Zea (marker delle forme assimilabili al genere *Synechococcus*) e DVA (marker del genere *Prochlorococcus*) rappresenta in media il 20% del popolamento arrivando a massimi del 33,9% a 50 m alla stazione P16 MG7. DVA appare spesso assente dalla superficie mentre Zea presenta contributi maggiori alla profondità di 50 m. Dall'analisi delle variazioni dei rapporti e dalla rappresentazione della **Figura 15** non emergono differenze evidenziabili tra le diverse stazioni.

Tabella 5 - Concentrazioni (mg/m ³) dei principali pigmenti diagnostici fitoplanctonici (per le sigle vedere i metodi).										
Stazione	Prof.m	Fuco	Perid	Hex-Fuco	But-Fuco	Prasino	Allo	Zea	DVA	Chl b
P16 MG3	0,5	0,0071	0,0070	0,0374	0,0128	0,0000	0,0014	0,0145	0,0020	0,0233
	12,5	0,0064	0,0072	0,0367	0,0121	0,0005	0,0006	0,0160	0,0013	0,0160
	50	0,0090	0,0070	0,0415	0,0202	0,0018	0,0007	0,0378	0,0129	0,0240
	70	0,0446	0,0079	0,1265	0,1119	0,0182	0,0039	0,0381	0,0313	0,1073
P16 MG5	0,5	0,0048	0,0070	0,0341	0,0108	0,0001	0,0009	0,0111	0,0000	0,0081
	12,5	0,0059	0,0073	0,0347	0,0121	0,0000	0,0000	0,0132	0,0009	0,0126
	50	0,0088	0,0071	0,0409	0,0182	0,0000	0,0000	0,0257	0,0070	0,0240
	70	0,0238	0,0065	0,1930	0,1041	0,0104	0,0032	0,0584	0,0555	0,0941
P16 MG6	0,5	0,0077	0,0074	0,0455	0,0157	0,0003	0,0009	0,0140	0,0021	0,0184
	12,5	0,0068	0,0073	0,0392	0,0134	0,0006	0,0002	0,0191	0,0012	0,0121
	50	0,0092	0,0063	0,0419	0,0197	0,0012	0,0001	0,0293	0,0077	0,0238
	70	0,0235	0,0060	0,2210	0,0942	0,0079	0,0053	0,0603	0,0559	0,0952
P16 MG7	0,5	0,0076	0,0073	0,0464	0,0146	0,0003	0,0007	0,0123	0,0015	0,0217
	12,5	0,0080	0,0092	0,0445	0,0165	0,0004	0,0003	0,0155	0,0033	0,0174
	50	0,0145	0,0083	0,0515	0,0309	0,0020	0,0009	0,0506	0,0267	0,0426
	70	0,0280	0,0091	0,1007	0,0884	0,0097	0,0026	0,0320	0,0344	0,0794
P16 MG9	0,5	0,0067	0,0076	0,0369	0,0121	0,0003	0,0008	0,0119	0,0018	0,0144
	12,5	0,0070	0,0079	0,0355	0,0131	0,0002	0,0001	0,0107	0,0024	0,0152
	50	0,0112	0,0066	0,0547	0,0274	0,0019	0,0012	0,0375	0,0226	0,0345
	70	0,0214	0,0071	0,1203	0,0799	0,0093	0,0030	0,0360	0,0469	0,0819
P16 MG10	0,5	0,0050	0,0084	0,0425	0,0128	0,0004	0,0003	0,0127	0,0032	0,0139
	12,5	0,0071	0,0078	0,0351	0,0149	0,0004	0,0000	0,0140	0,0039	0,0222
	50	0,0104	0,0089	0,0411	0,0199	0,0017	0,0006	0,0328	0,0146	0,0192
	70	0,0204	0,0093	0,1022	0,0557	0,0012	0,0030	0,0365	0,0366	0,0561
P16 MG12	0,5	0,0078	0,0074	0,0395	0,0158	0,0003	0,0014	0,0126	0,0015	0,0092
	12,5	0,0079	0,0054	0,0375	0,0149	0,0003	0,0012	0,0106	0,0013	0,0149
	50	0,0067	0,0067	0,0298	0,0122	0,0008	0,0009	0,0193	0,0086	0,0223
	70	0,0253	0,0060	0,2006	0,0903	0,0092	0,0053	0,0532	0,0488	0,1001
P16 MG13	0,5	0,0055	0,0069	0,0337	0,0140	0,0003	0,0010	0,0120	0,0021	0,0082
	12,5	0,0071	0,0075	0,0319	0,0138	0,0003	0,0000	0,0134	0,0041	0,0162
	50	0,0083	0,0076	0,0309	0,0167	0,0010	0,0008	0,0209	0,0063	0,0202
	70	0,0206	0,0062	0,1321	0,0720	0,0083	0,0039	0,0441	0,0531	0,0878

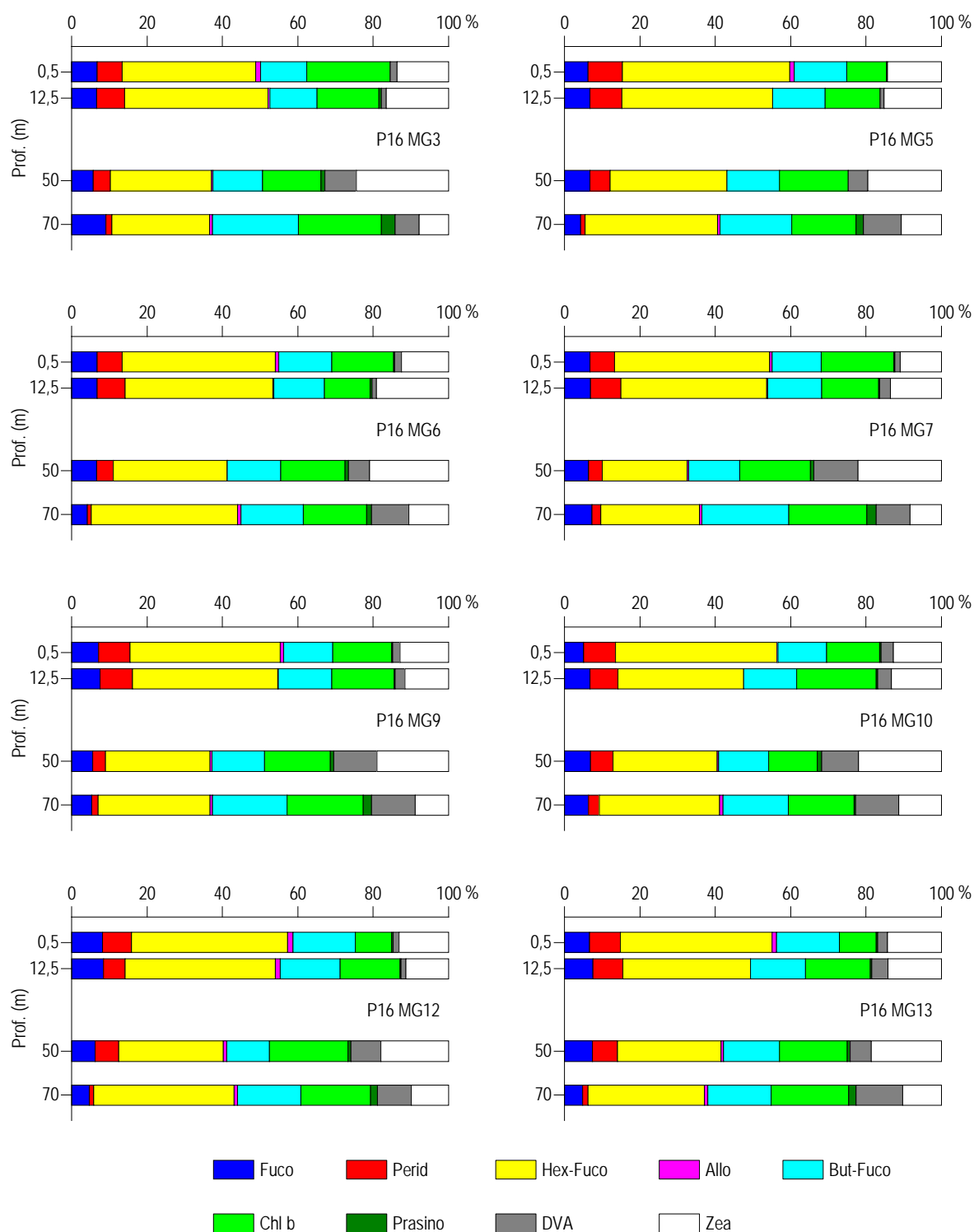


Figura 15 - Istogrammi della composizione percentuale di ognuno dei singoli pigmenti diagnostici in rapporto al totale delle concentrazioni dei nove pigmenti Diagnostici (PD= Fuco+Perid+Hex-Fuco+But-Fuco+Allo+Prasino+Chl**b**+DVA+Zea).

Tensioattivi

Le concentrazioni dei tensioattivi (Tabella 6) risultano al di sotto del limite di quantificazione della metodica in tutte le stazioni.

Tabella 6 - Concentrazione tensioattivi anionici e tensioattivi non ionici presenti nei campioni di acqua di mare lungo il profilo batimetrico. Le profondità sono espresse in metri. I dati sono espressi in milligrammi/litro.

	P16 MG3				P16 MG5				P16 MG6				P16 MG7			
Profondità	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70
tensioattivi anionici	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
tensioattivi non ionici	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
	P16 MG9				P16 MG10				P16 MG12				P16 MG13			
Profondità	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70
tensioattivi anionici	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
tensioattivi non ionici	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03

Cloroderivati

Questi composti sono stati rilevati riportati nella Tabella 7.

Tabella 7 - Concentrazione dei cloroderivati nelle acque. I livelli indicano la profondità di prelievo del campione.

	P16 MG3				P16 MG5				P16 MG6				P16 MG7			
Profondità (m)	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70
Acidi aloacetici (µg/l)																
Dalapon	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Dibromoacetico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Tribromoacetico	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Acido Monobromoacetico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Bromodicloroacetico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Bromocloroacetico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Dicloroacetico	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Acido Tricloroacetico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Monocloroacetico	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Acido Clorodibromoacetico	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Aloacetoniitrili (µg/l)																
Dibromoacetoniitrile	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Dicloroacetoniitrile	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Tricloroacetoniitrile	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
1,1,1-Tricloro-2-Propanone	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
1,1-Dicloro-2-Propanone	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Cloropicrina	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Alometani e VOC (µg/l)																
Cloroformio	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Carbonio Tetracloruro	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Tricloro Etilene	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Dicloro Bromo Metano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Tetracloro Etilene	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Dibromo Cloro Metano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Bromoformio	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,2-Dibromo Etano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,1,1-Tricloro Etano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,1,2-Tricloro Etano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Alofenoli (µg/l)																
2,4-Diclorofenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
4-Cloro-3-Metilfenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
2,4,6-Triclorofenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Pentaclorofenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2

Tabella 7 - Concentrazione dei cloroderivati nelle acque. I livelli indicano la profondità di prelievo del campione.

Profondità (m)	P16 MG9				P16 MG10				P16 MG12				P16 MG13			
	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70
Acidi aloacetici (µg/l)																
Dalapon	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Dibromoacetico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Tribromoacetico	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Acido Monobromoacetico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Bromodichloroacetico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Bromocloroacetico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Dichloroacetico	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Acido Tricloroacetico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Monocloroacetico	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Acido Clorodibromoacetico	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Aloacetoniitrili (µg/l)																
Dibromoacetoniitrile	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Dichloroacetoniitrile	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Tricloroacetoniitrile	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
1,1,1-Tricloro-2-Propanone	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
1,1-Dicloro-2-Propanone	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Cloropicrina	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Alometani e VOC (µg/l)																
Cloroformio	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Carbonio Tetracloruro	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Tricloro Etilene	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Dicloro Bromo Metano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Tetracloro Etilene	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Dibromo Cloro Metano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Bromoformio	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,2-Dibromo Etano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,1,1-Tricloro Etano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,1,2-Tricloro Etano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Alofenoli (µg/l)																
2,4-Diclorofenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
4-Cloro-3-Metilfenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
2,4,6-Triclorofenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Pentaclorofenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2

Idrocarburi totali

 Nella **Tabella 8** sono riportati i risultati ottenuti dalla ricerca degli **idrocarburi totali**. Questi contaminanti non sono stati rilevati.

Tabella 8 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di acqua di mare lungo il profilo batimetrico. I dati sono espressi in microgrammi/litro. Le profondità di prelievo (0,5; 12,5; 50; 70) sono espresse in metri.															
P16 MG3				P16 MG5				P16 MG6				P16 MG 7			
0,5	12,5	50,0	70,0	0,5	12,5	50,0	70,0	0,5	12,5	50,0	70,0	0,5	12,5	50,0	70,0
<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200
P16 MG 9				P16 MG 10				P16 MG 13				P16 MG 12			
0,5	12,5	50,0	70,0	0,5	12,5	50,0	70,0	0,5	12,5	50,0	70,0	0,5	12,5	50,0	70,0
<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200

Analisi microbiologiche

Dall'analisi microbiologica (Tabella 9) emerge la quasi totale assenza di contaminazione fecale.

	P16 MG3	P16 MG5	P16 MG6	P16 MG7	P16 MG9	P16 MG10	P16 MG12	P16 MG13
Coliformi fecali	-	-	-	2	-	-	6	-
Streptococchi fecali (enterococchi)	46	-	-	1	-	-	-	-
Coliformi totali	-	-	-	1	-	-	32	-

5.1.3 Plancton

5.1.3.1 Fitoplancton

Analisi quantitativa e qualitativa del fitoplancton da bottiglia

Le densità fitoplanctoniche totali (Tabella 10) variano tra 28,8 cell/ml (P16 MG10 0,5 m) e circa 120 cell/ml (P16 MG6 70 m), con una media di circa 65,5 cell/ml. Gli andamenti delle densità alle varie stazioni (Figura 16) mostrano una situazione sostanzialmente omogenea con minimi superficiali e massimi a 70 m.

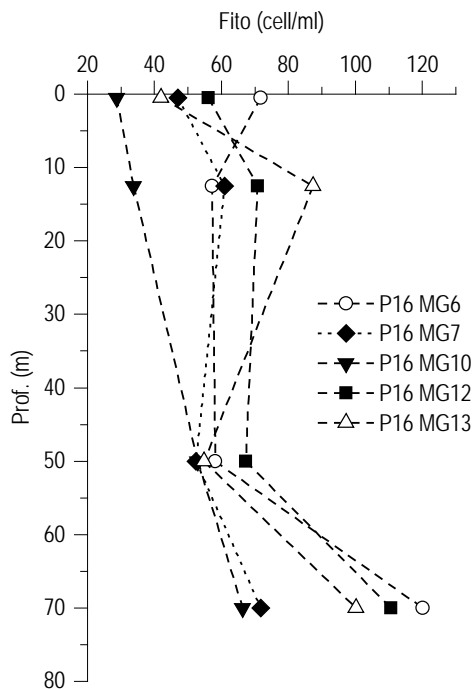


Figura 16 - Profili verticali delle densità fitoplanctoniche totali (cell/ml) nelle diverse stazioni.

Le Diatomee hanno scarse abbondanze, soprattutto negli strati superficiali, e tendono ad aumentare a 70 m dove presentano il loro massimo (22,87 cell/ml in P16 MG7 70 m). I dinoflagellati sono la classe più abbondante, specialmente nello strato superficiale, variando tra 4,64 cell/ml (P16 MG10 0,5 m) e 10,5 cell/ml (P16 MG13 12,5 m), mentre i cocolitofori hanno più basse abbondanze, variando tra 0,8 cell/ml (P16 MG13 50 m) e 8,99 cell/ml (P16 MG6 70 m). Sostanzialmente tutti i gruppi contribuiscono ai massimi profondi di densità cellulare totale. Le maggiori abbondanze (Tabella 10) sono date dalle classi di nanoflagellati raggruppate in "Altro plancton" (Cryptophyceae, Chrysophyceae, Dictyochophyceae, Prasinophyceae, Prymnesiophyceae non Cocolitofori più i flagellati non identificati) che variano da un minimo di 18,56 cell/ml (P16 MG10 0,5 m) ad un massimo di 94,16 cell/ml (P16 MG6 70 m).

Il gruppo "Altro plancton" rappresenta in media il 67% (Figura 17) grazie alla presenza di *Phaeocystis* sp. (Prymnesiophyceae non cocolitofori), presente in particolar modo alle maggiori profondità soprattutto nella sua forma coloniale, *Leucocryptos marina*, *Telonema* sp., *Plagioselmis* cfr. *prolonga* (Cryptophyceae) e *Pyramimonas* spp. (Prasinophyceae) (Figura 17). I dinoflagellati, in media il 16,9%, sono rappresentati da *Gymnodiniaceae* e forme tectate come *Heterocapsa minima* ed *Heterocapsa rotundata* di dimensioni nanoplanctoniche. I cocolitofori, che rappresentano in media il 9,1% (Figura 17), sono nettamente dominati da *Emiliania huxleyi*. Per quanto riguarda le diatomee (in media il 6,8%), le maggiori abbondanze sono da imputare a *Cylindrotheca closterium* e una piccola forma di diatomea pennata al momento non identificabile con certezza (Diatomea pennata n.i. forma p).

Le comunità appaiono quindi altamente differenziate, come evidenziato anche dalla distribuzione dei pigmenti diagnostici (Figura 15), soprattutto per la presenza, seppure non abbondante, di molti taxa di nanoflagellati appartenenti a classi differenti.

Sono stati identificati in totale, a diverso livello tassonomico, 155 taxa (Tabella 11) di cui si fornisce l'elenco completo in Tabella 12, più la categoria dei flagellati n.i., che comprende varie morfologie generalmente inferiori a 10 µm e quindi di problematica identificazione. La maggior parte dei taxa individuati appartiene ai dinoflagellati (50 specie e 3 forme individuate solo a livello di genere) e alle diatomee (33 specie e 11 generi) mentre gli altri gruppi presentano una minore ricchezza specifica. Questa ripartizione si riflette sulla diversità specifica (Shannon) che varia tra 2,95 e 4,60 bit/cell e conseguentemente sui valori di equitabilità (Pielou) che variano tra 0,51 e 0,78. Non si sono evidenziate fioriture anomale e la composizione tassonomica appare coerente con il periodo stagionale.

Tabella 10 - Densità fitoplanctonica totale e delle classi o gruppi identificati (cell/ml).						
Stazione	prof. (m)	Diatomee	Dinoflagellati	Coccolitofori	Altro	Totale
P16 MG6	0,5	2,08	13,21	6,71	49,76	71,76
	12,5	1,83	14,18	4,44	36,78	57,23
	50	3,99	13,39	6,86	33,84	58,08
	70	4,96	11,94	8,99	94,16	120,04
P16 MG7	0,5	1,70	6,01	4,51	34,69	46,91
	12,5	1,76	11,37	6,66	41,16	60,96
	50	2,50	8,61	6,18	35,11	52,40
	70	22,87	7,71	6,47	34,76	71,80
P16 MG10	0,5	1,11	4,64	4,51	18,56	28,81
	12,5	1,37	7,19	4,31	20,91	33,78
	50	2,29	5,95	6,34	38,35	52,92
	70	9,93	7,84	8,10	40,44	66,32
P16 MG12	0,5	2,34	8,46	4,13	41,19	56,11
	12,5	1,51	12,24	3,58	53,56	70,89
	50	2,35	17,03	6,57	41,31	67,26
	70	11,28	14,10	8,87	76,46	110,70
P16 MG13	0,5	1,99	7,43	2,34	30,12	41,87
	12,5	4,48	21,50	7,59	53,80	87,37
	50	2,34	10,86	0,89	40,64	54,73
	70	15,45	11,57	6,87	66,30	100,19

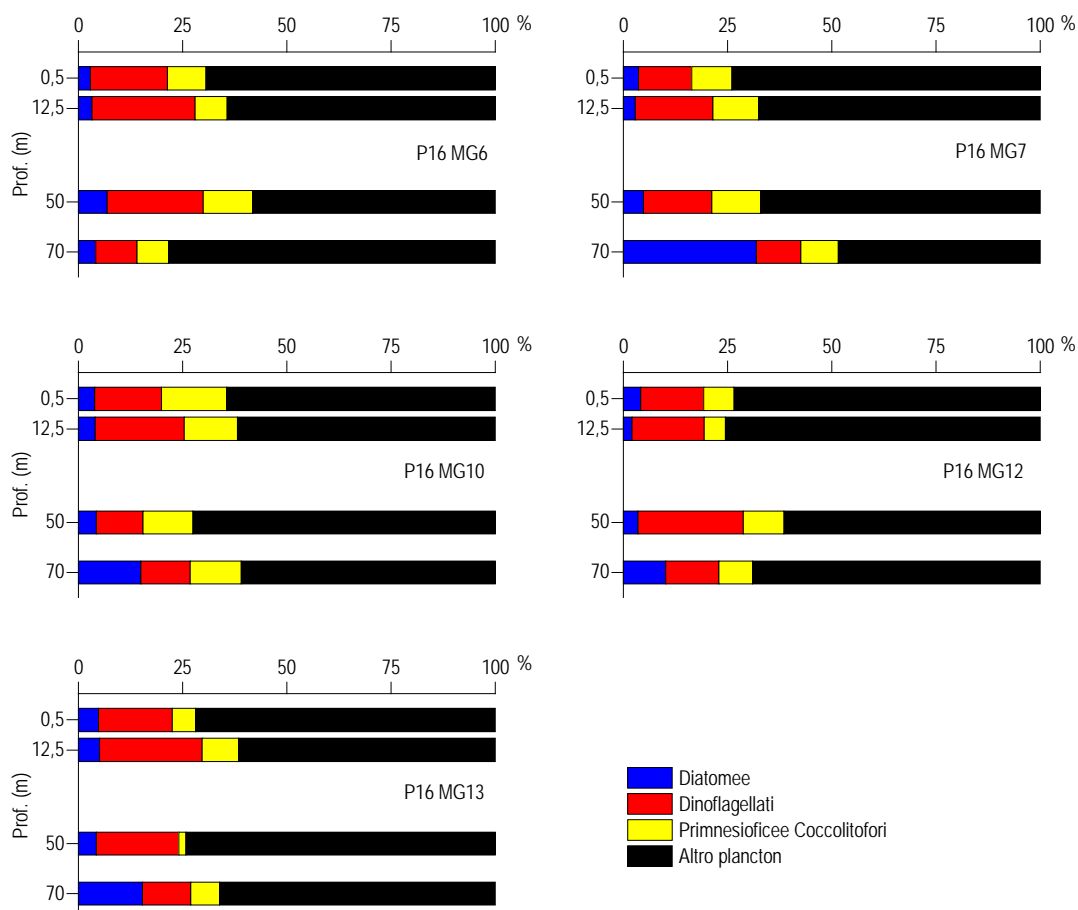


Figura 17 - Abbondanza relativa delle classi fitoplanctoniche indicate in legenda nelle diverse stazioni.

Tabella 11 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni osservati.

Classe	Specie	Generi	Categorie superiori*
Diatomee	33	11	5
Dinoflagellati	50	3	4
Prymnesiophyceae coccolitofori	25	3	2
Cryptophyceae	1		1
Chrysophyceae/Dictyochophyceae	5		1
Chlorophyta/Euglenoidea	1		2
Prasinophyceae	2	2	
Prymnesiophyceae non coccolitofori	3	2	
Cyanobatteri		1	
Altro		1	
Totale	120	20	15

*Con il termine "Categorie superiori" si intendono livelli tassonomici sopragenerici

Tabella 12 - Lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative microscopiche.

DIATOMEE		
<i>Bacteriastrum delicatulum</i> Cleve 1897	Diatomee pennate > 20 µm n.i.	<i>Paralia</i> sp.
<i>Bacteriastrum furcatum</i> Shadbolt 1854	<i>Entomoneis</i> spp.	<i>Plagiotropis</i> sp.
<i>Bacteriastrum hyalinum</i> Lauder 1864	<i>Fragilariopsis doliolus</i> (Wallich) Medlin & Sims 1993	<i>Pleurosigma</i> spp.
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder 1864	<i>Fragilariopsis</i> spp.	<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström 1986
<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve 1889	<i>Haslea wawriake</i> (Hustedt) Simonsen 1974	<i>Psammodyctyon panduriforme</i> (Gregory) Mann 1990
<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve 1873	<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow ex Van Heurck 1882	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cleve) Heiden 1928
<i>Chaetoceros neogratile</i> Van Landingham 1968	<i>Hemiaulus sinensis</i> Greville	<i>Pseudo-nitzschia galaxiae</i> Lundholm & Moestrup 2002
<i>Chaetoceros simplex</i> Ostenfeld 1901	<i>Hemidiscus cuneiformis</i> Wallich 1860	<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle 1993
<i>Chaetoceros</i> spp.	<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve 1889	<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultze) Sundström 1986
<i>Chaetoceros tenuissimus</i> Meunier 1913	<i>Leptocylindrus mediterraneus</i> (Peragallo) Hasle 1975	<i>Rhizosolenia decipiens</i> Sundström 1986
<i>Chaetoceros wighamii</i> Brightwell 1856	<i>Navicula distans</i> (Smith) Ralfs 1861	<i>Rhizosolenia hebetata</i> Bailey 1856
<i>Coscinodiscus</i> sp.	<i>Navicula</i> spp.	<i>Suriella</i> sp.
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & Lewin 1964	<i>Nitzschia</i> (sez. sigmatae) sp.	<i>Thalassionema cf. bacillare</i> (Heiden) Kolbe 1955
Diatomea pennata n.i. (forma p)	<i>Nitzschia bicapitata</i> Cleve 1901	<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Hallegraeff 1986
Diatomee centriche ≤ 20 µm	<i>Nitzschia sicula</i> (Castracane) Hustedt	<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky 1902
Diatomee centriche > 20 µm	<i>Nitzschia</i> spp.	
Diatomee pennate < 20 µm n.i.	<i>Odontella mobiliensis</i> (Bailey) Grunow 1884	
DINOFLAGELLATI		
<i>Alexandrium cf. andersonii</i> Balech 1990	<i>Heterocapsa rotundata</i> (Lohmann) Hansen 1995	<i>Oxytoxum viride</i> Schiller 1937
<i>Alexandrium cf. minutum</i> Halim 1960	<i>Histioneis robusta</i> Rampi 1969	<i>Phalacrocoma rotundatum</i> (Claparède & Lachmann) Kofoid & Michener 1911
<i>Alexandrium taylori</i> Balech 1994	<i>Karenia papilionacea</i> Haywood & Steidinger 2004	<i>Pronoctiluca acuta</i> (Lohmann) Schiller 1933
<i>Amphidinium cf. globosum</i> Schröder 1911	<i>Lessardia elongata</i> Saldarraga & Taylor 2003	<i>Prorocentrum balticum</i> (Lohmann) Loeblich 1970
<i>Amphidinium cf. sphenoides</i> Wulff 1916	<i>Lingulodinium polyedrum</i> (Stein) Dodge 1989	<i>Prorocentrum gracile</i> Schütt 1895
<i>Amphidinium</i> spp.	<i>Mesoporos adriaticus</i> (Schiller) Lillick	<i>Prorocentrum maximum</i> (Gourret) Schiller 1937 (in <i>Prororathymum</i>)
<i>Amphidoma caudata</i> = <i>Azadinium caudatum</i> var. <i>margalefii</i> Nézan & Chomérat 2012	<i>Mesoporos perforatus</i> (Gran) Lillick 1937	<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg 1833
<i>Ceratocorys gourretii</i> Paulsen 1931	<i>Minuscula bipes</i> (Paulsen) Lebour 1925	<i>Prorocentrum minimum</i> (Pavillard) Schiller 1933
<i>Cochlodinium pulchellum</i> Lebour 1917	<i>Neoceratium contortum</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-García 2011	<i>Prorocentrum rathymum</i> Loeblich, Sherley & Schmidt 1979
<i>Cochlodinium</i> sp.	<i>Neoceratium extensum</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Prorocentrum triestinum</i> Schiller 1918
Dinoflagellati tecati ≤ 20 µm n.i.	<i>Neoceratium furca</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Protoperidinium cf. globulus</i> (Stein) Balech 1974
Dinoflagellati tecati > 20 µm n.i.	<i>Neoceratium fusus</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Protoperidinium depressum</i> (Bailey) Balech 1974
<i>Dinophysis caudata</i> Saville-Kent 1881	<i>Neoceratium hexacanthum</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Protoperidinium divergens</i> (Ehrenberg) Balech 1974
Gymnodiniaceae ≤ 20 µm n.i.	<i>Neoceratium trichoceros</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Protoperidinium ovum</i> (Schiller) Balech 1974
Gymnodiniaceae > 20 µm n.i.	<i>Oxytoxum caudatum</i> Schiller 1937	<i>Protoperidinium</i> spp.
<i>Gyrodinium aciculatum</i> Hansen & Larsen 1992	<i>Oxytoxum laticeps</i> Schiller 1937	<i>Protoperidinium tuba</i> (Schiller) Balech 1974
<i>Gyrodinium fusiforme</i> Kofoid & Swezy 1921	<i>Oxytoxum sphaeroideum</i> Stein 1883	<i>Pyrophacus horologicum</i> Stein 1883
<i>Heterocapsa minima</i> Pomroy 1989	<i>Oxytoxum strophalatum</i> Dodge & Saunders 1985	<i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Balech ex Loeblich III 1965
<i>Heterocapsa niei</i> (Loeblich III) Morrill & Loeblich III 1981	<i>Oxytoxum variabile</i> Schiller 1937	<i>Torodinium robustum</i> Kofoid & Swezy 1921
PRYMNESIOPHYCEAE COCCOLITOFORI		
<i>Acanthoica quattrosolina</i> Lohmann 1903	<i>Corisphaera</i> spp.	<i>Periphylophora mirabilis</i> (Schiller) Kamptner 1937
<i>Acanthoica</i> sp.	<i>Coronosphaera binodata</i> (Kamptner) Gaarder 1977	<i>Pontosphaera</i> sp.
<i>Algrosphaera robusta</i> (Lohmann) Norris 1984	<i>Coronosphaera mediterranea</i> (Lohmann) Gaarder 1977	<i>Rhabdosphaera clavigera</i> Murray & Blackman 1898
<i>Alisphaera ordinata</i> (Kamptner) Heimdal 1973	<i>Cyrtosphaera aculeata</i> (Kamptner) Kleijne 1992	<i>Scyphosphaera apsteinii</i> Lohmann 1902
<i>Anacanthoica acanthos</i> (Schiller) Deflandre 1952	<i>Daktylethra pirus</i> (Kamptner) Norris 1985	<i>Sphaerocalyptra quadridentata</i> (Schiller) Deflandre 1952
<i>Calcidiscus leptoporus</i> (Murray & Blackman) Loeblich & Tappan 1978	<i>Emiliana huxleyi</i> (Lohmann) Hay & Mohler 1967	<i>Syracosphaera anthos</i> (Lohman) Janin 1987
<i>Calciosolenia brasiliensis</i> (Lohmann) Young 2003	<i>Gephyrocapsa cf. oceanica</i> Kamptner 1943	<i>Syracosphaera cf. molischii</i> Schiller 1925
<i>Calyptrosphaera sphaeroidea</i> Schiller 1913	<i>Helicosphaera carterii</i> (Wallich) Kamptner 1954	<i>Syracosphaera nodosa</i> Kamptner 1941

Coccolitofori $\leq 10 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Helladosphaera cornifera</i> (Schiller) Kämtner 1937	<i>Syracosphaera pulchra</i> Lohmann 1902
Coccolitofori $\leq 15 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Ophiaster hydroideus</i> (Lohmann) Lohmann 1913	<i>Zigosphaera hellenica</i> Kämtner 1937
CRYPTOPHYCEAE		
Cryptophyceae n.i.	<i>Plagioselmis prolunga</i> Butcher ex Novarino, Lucas & Morrall 1994	
CHRYSOPHYCEAE/DICTYOCOPHYCEAE		
Chrysophyceae spp. $< 10 \mu\text{m}$	<i>Dictyocha speculum</i> Ehrenberg 1839	<i>Meringosphaera mediterranea</i> Lohmann 1902
<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg 1839	<i>Dinobryon faculiferum</i> (Willén) Willén 1992	<i>Ollicola vangoorii</i> (Conrad) Vørs 1992
CHLOROPHYTA/EUGLENOIDEA		
<i>Chlorophyta</i> n.i.	<i>Euglenoidea</i> n.i.	<i>Halosphaera viridis</i> Schmitz 1878
PRASINOPHYCEAE		
<i>Pachysphaera pelagica</i> Ostenfeld 1899	<i>Pyramimonas</i> spp.	<i>Tetraselmis</i> sp.
<i>Pseudoscourfieldia marina</i> (Thronsen) Manton 1975		
PRYMNESIOPHYCEAE NON COCCOLITOFORI		
<i>Chrysochromulina</i> spp.	<i>Phaeocystis colonia</i>	<i>Phaeocystis</i> sp.
CYANOBACTERI		
<i>Merismopedia</i> sp.		
ALTRO		
Flagellati indeterminati $< 10 \mu\text{m}$	<i>Leucocryptos marina</i> (Braarud) Butcher 1967	<i>Telonema</i> sp.
<i>Commatium cryporinum</i> Thomsen & Larsen 1993	<i>Paulinella ovalis</i> (Wulff) Johnson, Hargraves & Sieburth 1988	

Analisi qualitativa del fitoplancton da retino

Per valutare la diversità della comunità microfitoplanctonica lungo la colonna d'acqua, sono stati raccolti con retino 5 campioni nelle stazioni P16 MG6, P16 MG7, P16 MG10, P16 MG12 e P16 MG13 (Tabella 13 e Tabella 14).

Sono stati individuati 111 taxa, di cui 95 identificati a livello di specie, 12 a livello di genere e 4 categorie soprageneriche (Tabella 13). Il numero di taxa per ogni classe, nell'insieme di tutte le stazioni, è di 45 taxa appartenenti alle diatomee, 47 ai dinoflagellati e 13 ai coccolitofori; per la componente "altro plancton" sono stati identificati 2 taxa appartenenti alle Dictyochophyceae, 1 taxon appartenente alla classe Crysofophyceae e 3 taxon alle Euglenoideae (Tabella 13).

Il numero dei taxa nelle diverse stazioni è abbastanza omogeneo, infatti varia da un minimo di 48 nella stazione P16 MG7 ad un massimo di 57 in P16 MG10, principalmente appartenenti a dinoflagellati e diatomee, in tutte le stazioni (Tabella 14). Pochi taxa appartengono a Chrysophyceae e Dictyochophyceae. Ad un confronto con la lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative microscopiche, vediamo che il numero di taxa microplanctonici appartenenti a diatomee, dinoflagellati, Prymnesiophyceae coccolitofori, Crysofophyceae, Dictyochophyceae è superiore rispetto a quello dei taxa presenti nella lista ottenuta da analisi qualitative dei campioni raccolti con retino.

Tabella 13 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni osservati durante il campionamento P16.

Classe	Specie	Generi	Categorie superiori*
Diatomee	36	8	1
Dinoflagellati	42	2	3
Prymnesiophyceae coccolitofori	11	2	
Dictyochophyceae	2		
Chrysophyceae	1		
Euglenoideae	3		
Chlorophyceae			
Altro			
Totale	95	12	4

*Con il termine "Categorie superiori" si intendono livelli tassonomici sopragenerici

Tabella 14 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni P16 MG6, P16 MG7, P16 MG10, P16 MG12 e P16 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13).

Specie	6	7	10	12	13	Specie	6	7	10	12	13
DIATOMEAE											
<i>Amphora</i> spp.				x		<i>Diploneis crabro</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1854		x		x	
<i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castracane) Round 1990				x		<i>Entomoneis</i> spp.			x		
<i>Bacteriastrium delicatulum</i> Cleve 1897	x	x	x	x		<i>Grammatophora oceanica</i> Ehrenberg 1840	x				
<i>Bacteriastrium elongatum</i> Cleve 1897						<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow ex Van Heurck 1882		x	x	x	x
<i>Bacteriastrium furcatum</i> Shadbolt 1854	x	x		x		<i>Hemiaulus sinensis</i> Greville 1865		x			
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendeny 1937				x		<i>Hemidiscus cuneiformis</i> Wallich 1860				x	
<i>Chaetoceros coarctatus</i> Lauder 1864		x				<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve 1889	x	x	x	x	
<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve 1889	x	x	x		x	<i>Leptocylindrus mediterraneus</i> (Peragallo) Hasle 1975				x	
<i>Chaetoceros dadayi</i> Pavillard 1913				x		<i>Licmophora gracilis</i> (Ehrenberg) Grunow 1867		x			
<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve 1873	x	x	x	x		<i>Navicula distans</i> (Smith) Ralfs 1861				x	
<i>Chaetoceros gracilis</i> F. Schütt, 1895		x	x	x		<i>Plagiotropis</i> sp.	x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros neglectus</i> Karsten 1905				x	x	<i>Pleurosigma normanii</i> Ralfs 1861				x	
<i>Chaetoceros</i> spp.		x	x	x	x	<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström 1986	x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros teres</i> Cleve 1896		x				<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle 1993			x		x
<i>Chaetoceros wighamii</i> Brightwell 1856				x	x	<i>Pseudo-nitzschia</i> sp. (delicatissima complex)	x	x	x		
<i>Chaetoceros willei</i> Gran 1897				x		<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultze) Sundström 1986				x	x
<i>Climacosphenia elongata</i> Mereschkowsky	x					<i>Rhizosolenia hebetata</i> Bailey 1856			x	x	x

<i>Coscinodiscus</i> spp.	x	x			<i>Rhizosolenia imbricata</i> Brightwell 1858					x	
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & Lewin 1964	x	x	x	x	x	<i>Tabularia gailionii</i> (Bory de Saint-Vincent) Bukhtiyarova 1995				x	x
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i> (Bergon) Hasle 1996						<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Hallegraef 1986	x	x	x	x	x
<i>Dactyliosolen</i> sp.	x					<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky 1902	x	x	x	x	x
Diatomee pennate > 20 µm n.i.		x	x	x		<i>Thalassiosira</i> spp.	x	x	x		
<i>Diploneis bombus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1853					x						
DINOFLAGELLATI											
<i>Alexandrium</i> cf. <i>minutum</i> Halim 1960					x	<i>Oxytoxum viride</i> Schiller 1937				x	
<i>Ceratium limulus</i> (Pouchet) Gourret 1883					x	Peridiniaceae >20µm					x
<i>Ceratocorys goureii</i> Paulsen 1931		x				<i>Phalacroma rotundatum</i> (Claparède & Lachmann) Kofoid & Michener 1911	x	x	x	x	x
<i>Corythodinium tessellatum</i> (Stein) Loeblich Jr. & Loeblich III 1966	x				x	<i>Podolampas palmipes</i> Stein 1883					x
Dinoflagellati tectati > 20 µm n.i.					x	<i>Prorocentrum balticum</i> (Lohmann) Loeblich 1970	x	x	x	x	x
<i>Dinophysis acuta</i> Ehrenberg 1839					x	<i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) Abé ex Dodge 1975	x	x	x	x	x
<i>Dinophysis caudata</i> Saville-Kent 1881	x	x	x		x	<i>Prorocentrum gracile</i> Schütt 1895	x	x	x	x	x
<i>Dinophysis ovum</i> (Schütt) Abé					x	<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg 1833	x	x	x	x	x
<i>Dinophysis parva</i> Schiller 1928	x				x	<i>Prorocentrum minimum</i> (Pavillard) J.Schiller, 1933					x
<i>Dinophysis tripos</i> Gourret 1883					x	<i>Prorocentrum nux</i> Puigserver & Zingone, 2002					x
<i>Diplopsalis</i> spp.					x	<i>Prorocentrum</i> sp.					x
<i>Gonyaulax scrippsae</i> Kofoid 1911					x	<i>Prorocentrum triestinum</i> Schiller 1918					x
Gymnodiniaceae > 20 µm n.i.	x	x			x	<i>Protoceratium reticulatum</i> (Claparède & Lachmann) Butschli, 1885				x	x
<i>Heterocapsa niei</i> (Loeblich III) Morrill & Loeblich III 1981	x				x	<i>Protopteridinium crassipes</i> (Kofoid) Balech 1974	x			x	x
<i>Lingulodinium polyedrum</i> (Stein) Dodge 1989	x	x	x	x		<i>Protopteridinium depressum</i> Bailey 1854				x	x
<i>Mesoporos adriaticus</i> (Schiller) Lillick					x	<i>Protopteridinium divergens</i> (Ehrenberg) Balech, 1974	x	x	x	x	x
<i>Mesoporos perforatus</i> (Gran) Lillick 1937	x	x	x	x	x	<i>Protopteridinium mite</i> (Pavillard) Balech, 1974					x
<i>Neoceratium contortum</i> (Gourret) Gomez, Moreira & Lopez-Garcia 2010					x	<i>Protopteridinium oceanicum</i> (VanHöffen) Balech 1974					x
<i>Neoceratium furca</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-Garcia 2010	x	x	x	x	x	<i>Protopteridinium pallidum</i> (Ostenfeld) Balech 1973				x	
<i>Neoceratium fusus</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-Garcia 2010	x	x	x	x	x	<i>Protopteridinium pellucidum</i> Bergh ex Loeblich Jr. & Loeblich III 1881					x
<i>Neoceratium hexacantum</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-Garcia 2010	x					<i>Protopteridinium steinii</i> (Jørgensen) Balech 1974	x	x	x	x	x
<i>Neoceratium pentagonum</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-Garcia 2010	x					<i>Protopteridinium tuba</i> (Schiller) Balech 1974					x
<i>Oxytoxum laticeps</i> Schiller 1937					x	<i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Balech ex Loeblich III 1965	x				x
<i>Oxytoxum scolopax</i> Stein 1883	x	x	x	x							
PRYMNESIOPHYCEAE COCCOLITOFORI											
<i>Calcidiscus leptoporus</i> (Murray & Blackman) Loeblich & Tappan 1978	x					<i>Helladosphaera cornifera</i> (Schiller) Kamptner 1937					x
<i>Calyptrosphaera</i> sp.	x	x	x	x	x	<i>Periphyllaphora mirabilis</i> (Schiller) Kamptner 1937	x	x		x	
<i>Calyptrosphaera sphaeroidea</i> var. <i>minor</i> ?					x	<i>Rhabdosphaera clavigera</i> Murray & Blackman 1898	x	x	x	x	x
<i>Coccolithus pelagicus</i> (Wallich) Schiller 1930	x	x	x			<i>Sphaerocalyptra quadridentata</i> (Schiller) Deflandre 1952					x
Coccolitofore sp.					x	<i>Syracosphaera pulchra</i> Lohmann 1902	x	x	x	x	x
<i>Daktylethra pirus</i> (Kamptner) R.E.Norris 1985					x	<i>Zigosphaera hellenica</i> Kamptner 1937					x
<i>Hellicosphaera carterii</i> (Wallich) Kamptner 1954	x	x	x		x	<i>Helladosphaera cornifera</i> (Schiller) Kamptner 1937					x
DICTYOCOPHYCEAE											
<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg 1839	x	x	x	x	x	<i>Dictyocha speculum</i> Ehrenberg 1839					x
CHRYSOPHYCEAE											
<i>Meringosphaera mediterranea</i> Lohmann 1902	x	x			x						
EUGLENOIDEA											
<i>Euglena acusformis</i>					x	<i>Eutreptiella gymnastica</i> Thronsen 1969					x
<i>Euglena</i> sp.	x				x						

5.1.3.2 Zooplancton

Oloplancton

La comunità oloplanctonica campionata nella stagione primaverile del 2016 risulta dominata dalla frazione a copepodi lungo tutta la colonna d'acqua (0 – 100 m), così come evidenziato nelle campagne precedenti.

Le analisi dei dati quali-quantitativi (ind/m³) evidenziano che la componente a copepodi è prevalentemente concentrata nella porzione della colonna d'acqua compresa tra la superficie e – 50 m, analogamente alla stagione precedente (I16). In questa fascia batimetrica sono presenti 1698,52 ind/m³.

Il valore massimo (2093,91 ind/m³) è stato registrato nella stazione P16 MG7, quello minimo (1557,11 ind/m³) in P16 MG6.

Nella porzione più profonda della colonna d'acqua (50 – 100 m) si registra un valore medio inferiore pari a 1112,33 ind/m³ (max = 1333,55 ind/m³ P16 MG6; min = ind/m³ P16 MG10).

Contrariamente a quanto osservato nella stagione invernale, la distribuzione verticale della comunità a copepodi nelle 5 stazioni investigate risulta essere apprezzabilmente omogenea. I valori minimi di abbondanza sono stati registrati nella porzione più superficiale della colonna (campionamenti orizzontali) con una media pari a 693,14 ind/m³ (max = 1051,58 ind/m³ P16 MG13; min = 407,69 ind/m³ P16 MG7). La distribuzione orizzontale appare quindi meno omogenea, influenzata significativamente dall'azione di correnti superficiali, moto ondoso e venti, fattori che determinano la distribuzione degli organismi incapaci di nuoto attivo.

L'interpretazione dei risultati ottenuti permette 3 differenti considerazioni:

- la generale distribuzione oloplanctonica rispecchia quella della primavera P14. Diversamente nella primavera 2015 (P15) i copepodi erano maggiormente concentrati nella porzione più profonda;

- l'esplosione demografica di *Pelagia noctiluca* (Scyphozoa) segnalata nella P15 aveva modificato la distribuzione verticale della comunità che, tuttavia, risulta tornata in linea con i valori attesi nell'ultimo survey (P16);
- lungo tutta la colonna (campionamento orizzontale superficiale, intermedio 0 - 50 m e profondo - 50 - 100 m) si osserva una distribuzione omogenea in tutte le stazioni con valore medio di 3504,00 ind/m³ (max = 3753,80 ind/m³ P16 MG6; min = 3122,10 ind/m³ P16 MG10).

I taxa di Copepodi identificati sono 89 (Tabella 15) appartenenti a 25 famiglie.

La famiglia più rappresentata analogamente alle campagne precedenti è quella dei Calanoidi Clausocalanidi, per la prima volta composta da 2 generi: *Clausocalanus* (8 taxa) e *Ctenocalanus* (1 taxa). Complessivamente la distribuzione verticale dei Clausocalanidi è la seguente: superficiale: 283,73 ind/m³; 0 - 50 m: 530,04 ind/m³; 50 - 100 m: 437,24 ind/m³. Si osserva che le specie dominanti sono principalmente: *Clausocalanus pergens* (superficiale: 161,48 ind/m³; 0 - 50 m: 199,38 ind/m³; 50 - 100 m: 135,217 ind/m³), *Clausocalanus paululus* (superficiale: 54,26 ind/m³; 0 - 50 m: 53,55 ind/m³; 50 - 100 m: 38,73 ind/m³) e *Clausocalanus lividus* (superficiale: 17,02 ind/m³; 0 - 50 m: 56,67 ind/m³; 50 - 100 m: 30,41 ind/m³). Tali specie evidenziano la medesima distribuzione lungo il gradiente verticale, essendo principalmente concentrate nella porzione centrale della colonna. Si segnala per la prima volta la presenza di *Ctenocalanus vanus*, unica specie del genere *Ctenocalanus* presente in Mediterraneo. Specie ad ampia distribuzione geografica, è presente in Mediterraneo nello strato 0 - 500 m, ma concentrata nei primi 100 m della colonna d'acqua. È presente in acque aperte e costiere, con picchi di abbondanza proprio nei mesi primaverili. In tutte le stazioni investigate è stata campionata esclusivamente nello strato più profondo (50 - 100 m: di profondità), con elevati valori di abbondanza: media = 86,56 ind/m³; max = 100,08 ind/m³ P16 MG12; min = 75,39 ind/m³ P16 MG16.

Seconda per abbondanza è la famiglia Paracalanidae, rappresentata complessivamente da 8 specie appartenenti ai generi *Calocalanus* (6 taxa) e *Paracalanus* (2 taxa). Secondo i dati medi riguardanti la distribuzione verticale, questa famiglia esibisce notevoli abbondanze lungo l'intera colonna, con evidente variabilità fra le stazioni di campionamento (superficiale: 200,12 ind/m³, max = 420,12 ind/m³ P16 MG13; min = 21,21 ind/m³ P16 MG7; 0 - 50 m: 516,26 ind/m³, max = 649,88 ind/m³ P16 MG12; min = 341,84 ind/m³ P16 MG7; 50 - 100 m 121,40 ind/m³, max = 128,68 ind/m³ P16 MG6; min = 111,78 ind/m³ P16 MG7).

L'elevata presenza della famiglia all'interno dell'area investigata è principalmente ascrivibile alle abbondanze del genere *Paracalanus*:

- *Paracalanus parvus* (superficiale: 93,56 ind/m³; 0 - 50 m: 137,77 ind/m³; 50 - 100 m 59,79 ind/m³)
- *Paracalanus nanus* (superficiale: 84,28 ind/m³; 0 - 50 m: 137,25 ind/m³; 50 - 100 m: 15,86 ind/m³)

Fra le specie raccolte in P16, domina in tutti i campioni il Centropagidae *Centropages typicus*, descritto in letteratura come specie eurialina fra le più abbondanti nei mari italiani. *C. typicus* è, dall'inizio delle attività di monitoraggio, la specie più abbondante durante la stagione primaverile con valori di abbondanza elevatissimi (superficiale: 153,64 ind/m³; 0 - 50 m: 375,37 ind/m³; 50 - 100 m 282,57 ind/m³).

La componente iponeustonica, è rappresentata esclusivamente da 4 taxa, tra i quali domina *Pontella mediterranea* soprattutto per quanto riguarda gli individui giovanili.

Oithonidae (superficiale: 0,67 ind/m³; 0 - 50 m: 123,48 ind/m³; 50 - 100 m 67,07 ind/m³), Corycaeidae (superficiale: 40,37 ind/m³; 0 - 50 m: 38,21 ind/m³; 50 - 100 m 41,85 ind/m³) e Oncaeidae (superficiale: 3,21 ind/m³; 0 - 50 m: 123,48 ind/m³; 50 - 100 m 67,07 ind/m³), sono le famiglie più abbondanti appartenenti all'ordine Cyclopoida.

Fra i Calocalanidae le specie maggiormente rappresentate sono *Paracalanus nanus* (superficiale: 0,13 ind/m³; 0 - 50 m: 70,97 ind/m³; 50 - 100 m: 35,01 ind/m³) e *Paracalanus parvus* (superficiale: 1,43 ind/m³; 0 - 50 m: 26,51 ind/m³; 50 - 100 m: 3,95 ind/m³). Entrambi sono praticamente assenti nei primi metri della colonna d'acqua.

I copepodi Harpacticoida sono rappresentati dalle famiglie Clytemnestridae (1 taxa), Ectinosomatidae (2 taxa), Miracidae (2 taxa) e Euterpinidae (1 taxa), sempre con abbondanze contenute.

Nel complesso per quanto concerne il contingente oloplanktonico a copepodi della campagna P16 non si registrano significative differenze nella composizione della comunità attribuibili all'esercizio del rigassificatore.

Tabella 15 - Oloplankton. O.le=orizzontale, 50-0=campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100-50=campionamento verticale da 100 a 50 metri. * presente in almeno un sub-campione, ** presente solo nell'osservazione *in toto*.

	O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50
Famiglia Acartiidae				<i>Heterorhabdus papilliger</i>	*	*		Famiglia Oithonidae			
<i>Acartia clausi</i>	*	*	*	Famiglia Lucicutiidae				<i>Oithona brevicornis</i>	*	*	*
<i>Acartia negligens</i>		*		<i>Lucicutia flavicornis</i>	*	*	*	<i>Oithona decipiens</i>	*	*	*
<i>Acartia sp</i>	*	*	*	Famiglia Mecynoceridae				<i>Oithona longispina</i>		*	*
Famiglia Aetideidae				<i>Mecynocera clausi</i>	*	*	*	<i>Oithona nana</i>	*	*	*
<i>Aetideus armatus</i>			*	Famiglia Metridinidae				<i>Oithona plumifera</i>		*	*
<i>Aetideus giesbrechti</i>			*	<i>Pleuromamma abdominalis</i>	*	*	*	<i>Oithona setigera</i>		*	*
<i>Euchirella rostrata</i>	*		*	<i>Pleuromamma gracilis</i>	*	*	*	<i>Oithona similis</i>		*	*
Famiglia Augaptilidae				Famiglia Paracalanidae				<i>Oithona tenuis</i>		*	*
<i>Haloptilus longicornis</i>		*	*	<i>Calocalanus contractus</i>			*	<i>Oithona spp</i>	*	*	*
<i>Haloptilus mucronatus</i>			**	<i>Calocalanus neptunus</i>		*	*	Famiglia Oncaeidae			
Famiglia Calanidae				<i>Calocalanus ovalis</i>	*	*	*	<i>Oncaea curta</i>	*	*	*
<i>Calanus helgolandicus</i>		*		<i>Calocalanus plumulosus</i>			*	<i>Oncaea media</i>	*	*	*
<i>Mesocalanus tenuicornis</i>	*		*	<i>Calocalanus styliremis</i>	*	*	*	<i>Oncaea mediterranea</i>		*	*
<i>Nannocalanus minor</i>	*	*	*	<i>Calocalanus sp</i>	*	*	*	<i>Oncaea scottodicarloi</i>	*	*	*
<i>Neocalanus gracilis</i>	*	*	*	<i>Paracalanus nanus</i>	*	*	*	<i>Oncaea venusta</i>	*	*	*
Famiglia Candaciidae				<i>Paracalanus parvus</i>	*	*	*	<i>Oncaea spp</i>	*	*	*

Tabella 15 - Oloplancton. O.le=orizzontale, 50-0=campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100-50=campionamento verticale da 100 a 50 metri. * presente in almeno un sub-campione, ** presente solo nell'osservazione *in toto*.

<i>Candacia aethiopica</i>	*	*		<i>Paracalanus</i> spp	*	*	*	Famiglia Sapphirinidae	
<i>Candacia armata</i>	*	*	*	Famiglia Pontellidae				<i>Sapphirina iris</i>	*
<i>Candacia giesbrechti</i>	*	*	*	<i>Labidocera wollastoni</i>	*	*		<i>Sapphirina ovatolanceolata</i>	*
<i>Candacia juv.</i>	*	*	*	<i>Pontella mediterranea</i>	*			Famiglia Clytemnestridae	
Famiglia Centropagidae				<i>Pontella juv</i>	*			<i>Clytemnestra rostrata</i>	* ** *
<i>Centropages typicus</i>	*	*	*	<i>Pontellina plumata</i>	*			Famiglia Ectinosomatidae	
<i>Isias clavipes</i>		*	*	Famiglia Scolecitrichidae				<i>Microsetella norvegica</i>	* * *
Famiglia Clausocalanidae				<i>Scaphocalanus invalidus</i>			*	<i>Microsetella rosea</i>	* *
<i>Clausocalanus arcuicornis</i>	*	*	*	<i>Scolecitrichella abyssalis</i>	*		*	Famiglia Miracidae	
<i>Clausocalanus furcatus</i>	*	*	*	<i>Scolecitrichella dentata</i>			*	<i>Distiocolus minor</i>	* * *
<i>Clausocalanus jobei</i>	*	*	*	<i>Scolecithrix bradyi</i>	*	*	*	<i>Macrosetella gracilis</i>	* * *
<i>Clausocalanus lividus</i>	*	*	*	<i>Scolecithrix danae</i>			*	Famiglia Euterpinidae	
<i>Clausocalanus mastigophorus</i>	*	*	*	Famiglia Temoridae				<i>Euterpina acutifrons</i>	* *
<i>Clausocalanus parapergens</i>			*	<i>Temora stylifera</i>	*	*	*		
<i>Clausocalanus paululus</i>	*	*	*	Famiglia Corycaeidae					
<i>Clausocalanus pergens</i>	*	*	*	<i>Corycaeus brehmi</i>	*	*	*		
<i>Clausocalanus spp</i>	*	*	*	<i>Corycaeus clausi</i>			*		
<i>Ctenocalanus vanus</i>			*	<i>Corycaeus flaccus</i>	*	*	*		
Famiglia Eucalanidae				<i>Corycaeus furcifer</i>			*		
<i>Eucalanus elongatus</i>			*	<i>Corycaeus giesbrechti</i>	*	*	*		
<i>Rhincalanus nasutus</i>	*	*	*	<i>Corycaeus limbatus</i>			*		
Famiglia Euchaetidae				<i>Corycaeus ovalis</i>	*	*	*		
<i>Euchaeta marina</i>	*	*	*	<i>Corycaeus typicus</i>			*		
<i>Paraeuchaeta hebes</i>	*	*	*	<i>Corycaeus spp</i>	*	*	*		
Famiglia Heterorhabdidae				<i>Farranula rostrata</i>	*	*	*		

Nella **Tabella 16** sono indicati i volumi di sedimentazione (dopo 24 h), espressi in ml, della componente oloplanctonica raccolta nella campagna primaverile 2016.

Tabella 16 - Biomassa: volumi di sedimentazione dell'oloplancton (espressi in ml). OR = campionamento orizzontale; 50-0 = campionamento verticale da 0 a 50 metri; 100-50: campionamento verticale da 100 a 50 metri.					
(ml)	P16 MG6	P16 MG7	P16 MG10	P16 MG12	P16 MG13
OR	111	66	85	72,5	151
50-0	8,5	15	12	9	9,5
100-50	7	9	9	6,5	6,5

Meroplancton

Nella primavera 2016 (P16), (**Tabella 17**), sono stati determinati complessivamente 51 *taxa* meroplanctonici.

Il 68,6% (= 35 *taxa*) è rappresentato da crostacei decapodi, qualitativamente la componente dominante.

Risultati analoghi erano già stati osservati nella primavera precedente (P15) durante la quale era presente lo stesso numero di *taxa* che rappresentava il 63,6% del popolamento meroplanctonico complessivo.

In P16 le larve di crostacei decapodi sono prevalentemente concentrate nelle stazioni superficiali; il 74,2% delle specie identificate è stato raccolto tramite i campionamenti orizzontali. Nove specie sono presenti esclusivamente nei campioni di superficie e 9 *taxa* sono il risultato dell'osservazione *in toto* del campione. Sono state trovate 3 nuove specie di crostacei decapodi: i caridei palemonidi, *Palaemon adspersus* e *P. xiphias* e il brachiuro majide *Maja crispata*.

I dati acquisiti nella primavera 2016 confermano la caratteristica distribuzione verticale dei crostacei decapodi che prediligono i primi metri della colonna d'acqua. Alcune specie vivono addirittura nei primi centimetri di superficie tanto da poter essere considerate prevalentemente neustoniche durante la fase notturna.

Il brachiuro *Pirimela denticulata* è la specie dominante e rappresenta il 72,6% dei crostacei decapodi; presente in tutti i campioni superficiali esibisce, nei retinaggi orizzontali, valori medi di dominanza pari a 0,96 ind/m³, con valori massimi nella stazione P16 MG 13 (4,13 ind/m³). La specie è dominante anche nei primi 50 m di profondità dove esibisce un'abbondanza media di 1,1 ind/m³ con un massimo in P16 MG13 pari a 3,96 ind/m³. Un solo individuo appartenente a questa specie è stato rinvenuto nel campione profondo. Da segnalare anche, tra le specie dominanti, i brachiuri congenerici *Ebalia cranchii*, *E. tuberosa* ed *E. tumefacta*, concentrati nelle peschate orizzontali delle stazioni P16 MG10 e P16 MG13.

Infine, tra i crostacei decapodi va segnalata la presenza di zoe e megalope appartenenti al genere *Upogebia*, decapode fossorio che vive su fondali fangosi del circolatore e della piattaforma continentale presenti nell'area di studio.

A differenza delle ultime campagne nella P16 si registra nuovamente la presenza dello stomatopode *Squilla mantis* in quattro delle cinque stazioni investigate e con distribuzione esclusivamente orizzontale.

Tra gli altri gruppi sistematici prevalgono quantitativamente le fasi larvali (stadio di efira) degli cnidari essenzialmente presenti nei campioni raccolti con i retinaggi orizzontali. Questo dato è in accordo con la presenza della fase adulta di *Pelagia noctiluca* abbondante in tutto il periodo primaverile-estivo.

Nella stazione P16 MG12 è invece stato raccolto un ingente quantitativo di larve di molluschi gasteropodi (20 ind/m³) attraverso il campionamento orizzontale, fatto osservato più volte nei survey precedenti. Tale osservazione è in accordo con una distribuzione a *patches* dello zooplancton che può esibire esplosioni demografiche di specifici *taxa* in pochi metri cubi di acqua. La dimensione ridotta delle larve di molluschi, sebbene già dotati di protoconca, ha reso riconoscibile unicamente la famiglia dei Triphoridae contraddistinti da avvolgimento sinistrorso della conchiglia.

A differenza della campagna primaverile del 2015 che registrava 12 differenti *taxa* di echinodermi, in quella del 2016 (P16) è presente unicamente l'ofiuroido *Ophiotrix fragilis*. L'assenza di questo gruppo non può al momento essere imputabile all'esercizio del rigassificatore.

E' tuttavia ipotizzabile, così come registrato per il boom demografico dei molluschi, che al contrario l'assenza degli echinodermi sia dovuta più semplicemente ad uno *shift*, anche minimo, del periodo riproduttivo che in genere si concentra in pochissimi giorni e che se non coincidente con il campionamento può anche non essere registrato.

Nel complesso anche per quanto concerne il contingente meroplanctonico della campagna P16 non si registrano significative differenze nella composizione della comunità attribuibili all'esercizio del rigassificatore.

Tabella 17 - Meroplancton. O.le = orizzontale, 50-0 = campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100-50 = campionamento verticale da 100 a 50 metri. * presente in almeno un sub-campione, ** presente solo nell'osservazione *in toto*. La lista include specie determinate a fresco.

	O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50
CNIDARIA				<i>Athanas nitescens</i>	*	**		<i>Palaemon xiphias</i>	*	**	
Efira ind	*	*	*	<i>Calianassa</i> sp	**			<i>Parasergestes vigilax</i>	*		
MOLLUSCA				<i>Cestopagurus timidus</i>			**	<i>Periclimenes</i> sp	*		
Gastropoda larvae ind	*	*	*	<i>Clibanarius erythropus</i>	**			<i>Philocheles sculptus</i>			**
Triphoridae ind	*			<i>Ebalia cranchii</i>	*	**	*	<i>Pirimela denticulata</i>	*	*	*
Bivalvia larvae ind	*		*	<i>Ebalia tuberosa</i>	*			<i>Planes minutus</i>	**	**	
<i>Sepiola</i> sp		**		<i>Ebalia tumefacta</i>	*	*	*	<i>Processa canaliculata</i>			**
POLYCHAETA				<i>Eriphia verrucosa</i>	*			<i>Processa edulis edulis</i>	*	*	*
Polynoidae ind			**	<i>Eusergestes arcticus</i>			**	<i>Processa</i> sp	*	*	
Polychaeta larvae ind			*	<i>Galathea</i> sp			*	<i>Solenocera membranacea</i>			**
Spionidae ind			*	<i>Geryon longipes</i>	*	**		<i>Upogebia</i> sp	*	*	*
Syllidae ind		*		<i>Goneplax rhomboides</i>	*	*	*	<i>Xantho granulicarpus</i>	*	**	
Trocofora ind	*	*	*	<i>Illia nucleus</i>	*			Megalopa larvae ind	*		*
SIPUNCULA				<i>Latreillia elegans</i>			**	Stomatopoda			
Sipuncula larvae ind		*	*	<i>Liocarcinus</i> sp	*	**		<i>Squilla mantis</i>	*		
CRUSTACEA				<i>Lysmata seticaudata</i>	*	*	**	ECHINODERMATA			
Cirripedia				<i>Maja crispata</i>	*			<i>Ophiotrix fragilis</i>	*		
Cirripedia larvae ind	*	*	*	<i>Maja</i> sp	*			Auricularia larvae ind.			*
Decapoda				<i>Palaemon adspersus</i>	*	*		FORONIDEA			
<i>Alpheus glaber</i>	*	*		<i>Palaemon serratus</i>	*			Actinotroca larvae ind			*
<i>Anapagurus breviaculeatus</i>		*	*								

Ittioplancton

Nel campione raccolto in P16 sono stati rinvenuti 19 *taxa* tra i quali 5 identificati per la prima volta: *Macroramphosus scolopax* (pesce trombetta), *Sphyræna sphyræna* (barracuda o luccio di mare), *Syngnatus phlegon* (pesce ago pelagico), *Parablennius sanguinolentus* (bavosa sanguigna) e il pesce abissale *Vinciguerria poweriae* (Tabella 18). Il 73,6% (14 *taxa*) è stato raccolto nelle peschate orizzontali. Cinque i *taxa* identificati esclusivamente durante l'osservazione del campione *in toto*.

Il *taxa* dominante della campagna primaverile è il genere *Gobius* che rappresenta il 47,6% del campione ittioplanctonico complessivo. Questo genere, di difficile determinazione a livello specifico durante le prime fasi larvali di sviluppo, è stato prevalentemente raccolto nelle peschate orizzontali nelle quali rappresenta il 49,6% del campione totale. Ciononostante *Gobius* è presente anche nei campioni condotti da 50 m alla superficie (44,7% del totale raccolto) e completamente assente dai campioni profondi (da - 100 m a - 50 m). La seconda specie dominante (19% del totale del campione) è l'Engraulidae *Engraulis encrasicolus* (acciuga) che concentra il periodo riproduttivo proprio nei mesi primaverili ed estivi. Lo dimostra l'enorme contingente di uova raccolto con le peschate orizzontali. In tutte le stazioni monitorate i quantitativi di uova raccolte nei retinaggi superficiali hanno un valore medio di 20,26 uova/m³ di acqua filtrata. Stesso contingente raccolto con le peschate verticali da - 50 m alla superficie (20,29 uova/m³). Assenza di uova invece nelle peschate profonde.

Tra le larve ittioplanctoniche si segnala la presenza di 4 specie di pesci abissali: due Gonostomatidae, *Cyclothone braueri* e *Gonostoma denudatum* e il Myctophidae *Myctophum punctatum*; ciascuna di esse è stata ripetutamente segnalata nelle precedenti campagne di monitoraggio. Per *Vinciguerria poweriae* si tratta invece della prima segnalazione.

Infine 3 sono le specie di pleuronectiformi: i Bothidae *Arnoglossus laterna* (suacia) e *Bothus podas* (rombo di rena) e il Soleidae *Pegusa impar* (sogliola adriatica).

Nel complesso per quanto concerne il contingente ittioplanctonico della campagna P16 non si registrano significative differenze nella composizione della comunità attribuibili all'esercizio del rigassificatore.

Tabella 18 - Ittioplancton. O.le = orizzontale, 50-0 = campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100-50 = campionamento verticale da 100 a 50 metri. * presente in almeno un sub-campione, ** presente solo nell'osservazione *in toto*.

	O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50
BOTHIDAE				GOBIIDAE				SPARIDAE			
<i>Arnoglossus laterna</i>	*	*		<i>Gobius</i> sp	*	*		<i>Diplodus</i> sp	*	**	
<i>Bothus podas</i>	*			GONOSTOMATIDAE				<i>Pagrus pagrus</i>	*		
BLENNIDAE				<i>Cyclothone braueri</i>		*	**	<i>Sparidae</i> ind	*		
<i>Parablennius sanguinolentus</i>	**	*		<i>Gonostoma denudatum</i>			**	SPHYRAENIDAE			
CALLYONIMIDAE				MULLIDAE				<i>Sphyraena viridensis</i>	*		
<i>Callyonimus maculatus</i>			*	<i>Mullus barbatus</i>	**			SYNGNATHIDAE			
CARANGIDAE				MYCTOPHIDAE				<i>Syngnathus phlegon</i>	*		
<i>Trachurus trachurus</i>	*			<i>Myctophum punctatum</i>			**	Larvae ind	*	*	*
CENTRISCIDAE				PHOSICHTHYIDAE				Uova <i>E. encrasicolus</i>	*	*	*
<i>Macroramphosus scolopax</i>	*			<i>Vinciguerria poweriae</i>			**	Uova ind	*	*	*
ENGRAULIDAE				SOLEIDAE							
<i>Engraulis encrasicolus</i>	*	*	*	<i>Pegusa impar</i>	**	**					

5.2 BIOTA

5.2.1 Macrozoobenthos

Lo studio ha portato alla raccolta e determinazione di 4439 individui appartenenti a 192 specie (**Tabella 19**) comprendenti policheti, molluschi, crostacei, sipunculidi, echinodermi, nemertini.

Tabella 19 - Lista delle specie macrobentoniche rinvenute nella primavera 2016 (P16).

Policheti		
<i>Acmira assimilis</i> (Tebble, 1959)	<i>Glycera tessellata</i> Grube, 1863	<i>Phyllodoce lineata</i> (Claparède, 1870)
<i>Allia claudiae</i> (Laubier, 1967)	Glycinde nordmanni (Malmgren, 1866)	<i>Phyllodoce</i> sp Lamarck, 1818
<i>Ampharete acutifrons</i> (Grube, 1860)	<i>Harmothoe impar</i> (Johnston, 1839)	<i>Pilargis verrucosa</i> (Saint-Joseph, 1899)
<i>Amphiteis gunneri</i> (M. Sars, 1835)	<i>Harmothoe</i> sp	<i>Pista cristata</i> (O. F. Müller, 1776)
<i>Aphelochaeta filiformis</i> (Keferstein, 1862)	<i>Harmothoe spinifera</i> (Ehlers, 1864)	<i>Poecilochaetus fauchaldi</i> Pilato & Cantone, 1976
<i>Aphelochaeta marioni</i> (Saint-Joseph, 1894)	<i>Hyalinoecia tubicola</i> (O. F. Müller, 1776)	<i>Poecilochaetus serpens</i> Allen, 1904
<i>Apomatus similis</i> Marion & Bobretzky, 1875	<i>Kefersteinia cirrata</i> (Keferstein, 1862)	<i>Polycirrus</i> sp Grube, 1850
<i>Aponuphis bilineata</i> (Baird, 1870)	<i>Laonice cirrata</i> (M. Sars, 1851)	<i>Polygordius</i> sp
<i>Aricidea fragilis</i> mediterranea Laubier & Ramos, 1974	<i>Levinsenia demiri</i> Çinar, Dagli & Acik, 2011	<i>Praxillella affinis</i> (M. Sars, 1872)
<i>Aricidea</i> sp	<i>Levinsenia oculata</i> (Hartman, 1957)	<i>Praxillella gracilis</i> (M. Sars, 1861)
<i>Branchiomma bombyx</i> (Dalyell, 1853)	<i>Lysidice unicornis</i> (Grube, 1840)	<i>Praxillella praetermissa</i> (Malmgren, 1865)
<i>Chaetozone caputesocis</i> (Saint-Joseph, 1894)	<i>Maldane glebiflex</i> Grube, 1860	<i>Praxillella</i> sp
<i>Chirimia biceps</i> (M. Sars, 1861)	<i>Marphysa bellii</i> (Audouin & Milne-Edwards, 1833)	<i>Prionospio ehlersi</i> Fauvel, 1928
<i>Chloeia venusta</i> Quatrefages, 1865	<i>Melinna palmata</i> Grube, 1860	<i>Prionospio</i> sp Malmgren, 1867
<i>Chone</i> sp	<i>Micronephys</i> sp	<i>Prionospio steenstrupi</i> Malmgren, 1867
<i>Dialychone dunerificta</i> T Hernandez, Licciano & Giangrande, 2007	<i>Minuspio cirrifera</i> Wiren, 1883	<i>Rhodine loveni</i> Malmgren, 1865
<i>Diplocirrus glaucus</i> Haase, 1915	<i>Monticellina dorsobranchialis</i> (Kirkegaard, 1959)	<i>Scalibregma inflatum</i> Rathke, 1843
<i>Dorvillea rudolphii</i> (Delle Chiaje, 1828)	<i>Myriochele oculata</i> Zachs, 1923	<i>Scolecopsis foliosa</i> (Audouin & Milne-Edwards, 1833)
<i>Drilonereis filum</i> (Claparède, 1868)	<i>Nephtys hombergii</i> Savigny, 1818	<i>Scoletoma fragilis</i> (O.F. Müller, 1776)
<i>Eteone foliosa</i> Quatrefages, 1865	<i>Nephtys hystricis</i> Mc Intosh, 1900	<i>Scoletoma impatiens</i> (Claparède, 1868)
<i>Eteone longa</i> (Fabricius, 1780)	<i>Nereiphylla rubiginosa</i> (Saint-Joseph, 1888)	<i>Scoloplos armiger</i> (O.F. Müller, 1776)
<i>Eteone</i> sp	<i>Nothria conchylega</i> (M. Sars, 1835)	<i>Spio decoratus</i> Bobretzky, 1870
<i>Euchone</i> sp	<i>Notomastus aberans</i> Day, 1963	<i>Spiophanes bombyx</i> (Claparède, 1870)
<i>Euclymene lumbricoides</i> (Quatrefages, 1865)	<i>Notomastus latericeus profundus</i> Eisig, 1887	<i>Spiophanes kroyeri</i> Grube, 1860
<i>Euclymene oerstedii</i> (Claparède, 1863)	<i>Odontosyllis</i> sp	<i>Sternaspis scutata</i> (Renier, 1807)
<i>Euclymene</i> sp	<i>Onuphis falesia</i> Castelli, 1982	<i>Syllis alternata</i> Moore, 1908
<i>Eumida sanguinea</i> (Ørsted, 1843)	<i>Ophelina acuminata</i> Ørsted, 1843	<i>Syllis paraparari</i> San Martin & López, 2000
<i>Eunice vittata</i> (Delle Chiaje, 1828)	<i>Panthalis oerstedii</i> Kinberg, 1855	<i>Syllis</i> sp Savigny, 1818
<i>Euphrosine foliosa</i> Audouin & Milne-Edwards, 1833	<i>Paradiopatra calliopae</i> Arvanitidis & Koukouras, 1997	<i>Terebellides stroemi</i> M. Sars, 1835
<i>Eupolymnia</i> sp	<i>Paralacydonia paradoxa</i> Fauvel, 1913	<i>Thelepus cincinnatus</i> (Fabricius, 1780)
<i>Exogone verugera</i> (Claparède, 1868)	<i>Parapriospio pinnata</i> (Ehlers, 1901)	<i>Trypanosyllis coeliaca</i> Claparède, 1868
<i>Glycera alba</i> Verrill, 1900	<i>Perinereis cultrifera</i> (Grube, 1840)	
<i>Glycera rouxii</i> Audouin & Milne-Edwards, 1833	<i>Phyllodoce lamelligera</i> (Linnaeus, 1791)	
Crustacea		
<i>Akanthophoreus gracilis</i> (Krøyer, 1842)	<i>Eurynome aspera</i> (Pennant, 1777)	<i>Leucon</i> sp 2
<i>Alpheus glaber</i> (Olivi, 1792)	Gammaridae ind	<i>Liljeborgia dellavallei</i> Stebbing, 1906
<i>Ampelisca</i> sp	<i>Gammaropsis maculata</i> (Johnston, 1827)	<i>Maera grossimana</i> (Montagu, 1808)
<i>Ampelisca typica</i> (Bate, 1856)	<i>Gastrosaccus sanctus</i> (Van. Beneden, 1861)	<i>Medicorophium rotundirostre</i> (Stephensen, 1915)
<i>Anapagurus</i> sp	<i>Gnathia maxillaris</i> (Montagu, 1804)	<i>Metaphoxus simplex</i> Bate, 1857
<i>Anthura gracilis</i> (Montagu, 1808)	<i>Gnathia oxyuraea</i> (Liljeborg, 1855)	<i>Monodaeus couchii</i> (Couch, 1851)
<i>Callianassa</i> sp	<i>Goneplax rhomboides</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Othomaera schmidti</i> (Stephensen, 1915)
<i>Campylaspis macrophthalma</i> Sars, 1879	<i>Halice abyssii</i> Boeck, 1871	<i>Periculodes longimanus longimanus</i> (Bate & Westwood, 1868)
<i>Carangoliopsis spinulosa</i> Ledoyer, 1970	<i>Halice walkeri</i> (Ledoyer, 1973)	<i>Photis longicaudata</i> (Bate & Westwood, 1862)
<i>Cirolana borealis</i> Liljeborg, 1852	<i>Haploops nirae</i> Kaim Malka, 1976	<i>Phtisica marina</i> Slabber, 1769

<i>Collettea cylindrata</i> (Sars, 1882) <i>Desmosoma</i> sp <i>Diastylis cornuta</i> (Boeck, 1864) <i>Ebalia cranchii</i> Leach, 1817 <i>Eudorella nana</i> Sars, 1879 <i>Eudorella truncatula</i> Bate, 1856 <i>Eurydice affinis</i> Hansen, 1905 <i>Eurydice spinigera</i> Hansen, 1890	<i>Harpinia antennaria</i> Meinert, 1890 <i>Harpinia crenulata</i> (Boeck, 1871) <i>Harpinia dellavallei</i> Chevreux, 1910 <i>Hippomedon bidentatus</i> Chevreux, 1903 <i>Hippomedon massiliensis</i> bellan-Santini, 1965 <i>Jaxea nocturna</i> Nardo, 1847 <i>Lembos</i> sp <i>Leucon (Epileucon) longirostris</i> Sars, 1871	<i>Pilumnus hirtellus</i> (Linnaeus, 1761) <i>Processa canaliculata</i> Leach, 1815 <i>Synchelidium haplocheles</i> (Grube, 1864) <i>Tanaopsis</i> sp <i>Tuberapseudes echinatus</i> (G.O. Sars, 1882) <i>Upogebia deltaura</i> (Leach, 1815) <i>Westwoodilla rectirostris</i> (Della Valle, 1893)
Echinodermi		
<i>Amphipolis squamata</i> (Chiaje, 1829) <i>Amphiura chiajei</i> Forbes, 1843 <i>Amphiura filiformis</i> (O. F. Müller, 1776) <i>Arbacia lixula</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Astropecten irregularis pentacanthus</i> (Delle Chiaje, 1825) <i>Astropecten spinulosus</i> (Philippi, 1837). <i>Labidoplax digitata</i> (Montagu, 1815) <i>Neocucumis marioni</i> (Marenzeller, 1878)	<i>Ophiura albida</i> Forbes, 1839 Ophiurida juv Ind
Molluschi		
<i>Abra nitida</i> (O.F. Muller, 1776) <i>Abra prismatica</i> (Montagu, 1808) <i>Antalis inaequicostata</i> (Dautzenberg, 1891) <i>Bathyarca pectunculoides</i> (Scacchi, 1834) <i>Cadulus jeffreysi</i> (Monterosato, 1875) <i>Cardiomya costellata</i> (Deshayes, 1835) <i>Cuspidaria cuspidata</i> (Olivi 1792) <i>Cuspidaria rostrata</i> (Olivi, 1792) <i>Ennucula aegeensis</i> (Forbes, 1844)	<i>Falcidens guttuosus</i> (Kowalevsky, 1901) <i>Mendicula ferruginosa</i> (Forbes, 1844) <i>Modiolus barbatus</i> (Linnaeus, 1758) <i>Myrtea spinifera</i> Conraine, 1835 <i>Neopycnodonte cochlear</i> (Poli, 1795) <i>Nucula nucleus</i> (Linnaeus, 1758) <i>Nucula sulcata</i> (Bronn, 1831) <i>Parvicardium minimum</i> (Philippi, 1836) <i>Philine aperta</i> (Linnaeus, 1767)	<i>Pitar rudis</i> (Poli, 1795) <i>Poromya granulata</i> (Nyst & Westendorp, 1839) <i>Pseudamussium clavatum</i> (Poli, 1795) <i>Thracia corbuloides</i> Deshayes, 1830 <i>Thyasira alleni</i> Carozza, 1981 <i>Thyasira biplicata</i> (Philippi, 1836) <i>Thyasira granulosa</i> (Monterosato, 1874) <i>Timoclea ovata</i> (Pennant, 1777)
Sipunculidi		
<i>Golfingia elongata</i> (Keferstein, 1863) <i>Golfingia</i> sp	<i>Golfingia vulgaris</i> (Blainville, 1827) <i>Onchnesoma s. steenstrupii</i> Koren & Danilssen, 1875	<i>Phascolion strombus</i> (Montagu, 1804)
Nemertini		

I policheti risultano essere il gruppo dominante che con 3673 individui rappresentano oltre l'80% dell'abbondanza totale. I crostacei, secondi unicamente ai policheti, rappresentano solo il 10% dell'abbondanza totale (464 individui). Seguono, nell'ordine, molluschi e echinodermi, i primi con 6%, i secondi con appena l'1% di contributo all'abbondanza totale (Figura 18).

Più equilibrata risulta essere la ripartizione delle specie tra i vari gruppi, sebbene anche da questo punto di vista i policheti si confermano il taxon dominante fornendo la metà delle specie rinvenute (50%). Circa un terzo del panorama faunistico è fornito dai crostacei (28%) seguiti dai molluschi che rappresentano il 14% delle specie totali. Gli echinodermi forniscono appena il 5% di specie al panorama faunistico.

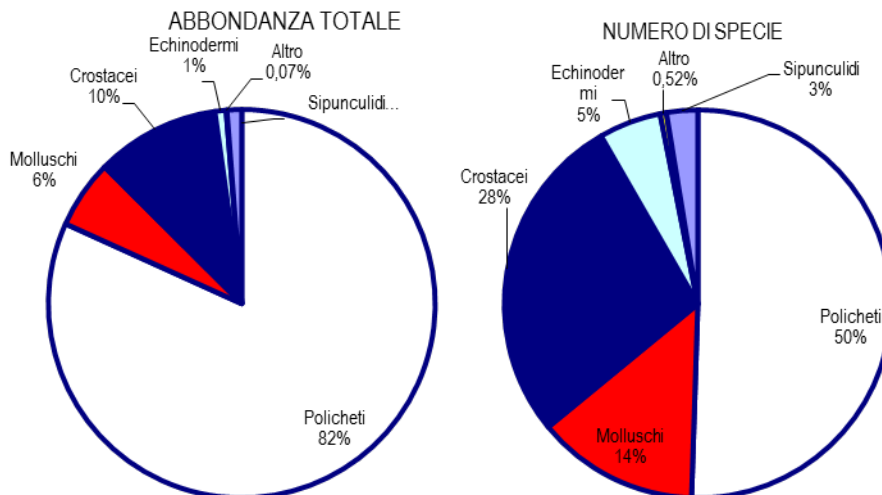


Figura 18 - Ripartizione dell'abbondanza totale e del numero di specie tra i principali taxa rinvenuti. Altro=nemertini.

Ai policheti appartengono le specie rinvenute col maggior numero di individui, tra le quali *Paradiopatra calliopae* e *Levinsenia demiri* che costituiscono, rispettivamente, il 27,5% e il 18,9% dell'abbondanza totale (Figura 19).

Ad esse seguono *Ampharete acutifrons* e *Glycinde nordmanni* che rappresentano, complessivamente, circa il 13% dell'abbondanza totale. Il contributo delle altre specie cala sensibilmente tanto che *Carangoliopsis spinulosa* la quarta in ordine di importanza, costituisce meno del 2,5% dell'abbondanza totale.

Queste quattro specie rappresentano da sole oltre il 60% dell'abbondanza totale. Questo risultato, che conferma quanto emerso dalla fase di "bianco", dimostra che l'area è caratterizzata da un panorama faunistico dominato da poche specie molto abbondanti affiancate da un

elevato numero di specie presenti con pochi individui. Infatti 179 specie (ossia 93 % del totale) contribuiscono per meno dell'1% all'abbondanza totale. Inoltre il 28% circa delle specie è presente con un solo individuo.

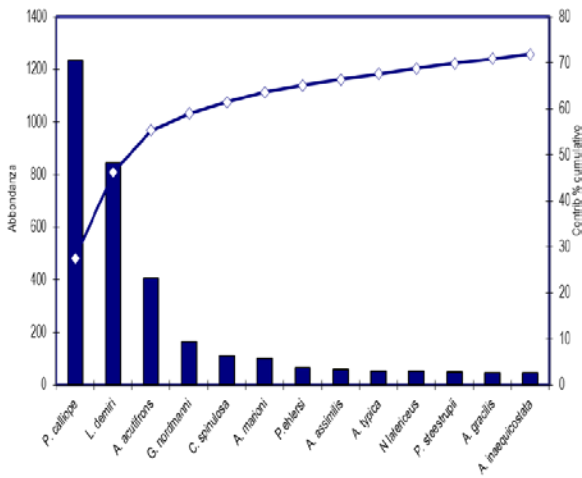


Figura 19 - Abbondanza totale e contributo percentuale cumulativo delle specie dominanti.

Tale distribuzione delle abbondanze si riflette in una elevata variabilità a piccola scala come si evince dai modesti valori di similarità tra repliche, valori che variano quasi tutti tra 50% e 55% con le sole eccezioni di P16 MG4 (73,55%) e P16 MG14 (67,22%).

Non si individuano trend relazionabili alla presenza dell'FSRU.

Dalla medesima analisi si evince che *Levinsenia demiri* e *Paradiopatra calliope* sono le specie con il maggior contributo alla similarità tra repliche variabile tra il 50 (P16 MG7) e il 70 % circa fino al massimo (78%) registrato in P16 MG4.

Levinsenia demiri e *Paradiopatra calliope* essendo diffuse hanno rilevanza nel determinare le differenze tra stazioni sulla base dei loro valori di abbondanza. Il loro contributo è piuttosto variabile da percentuali modeste 20-30% fino ad oltre il 50% come emerso dal confronto P16 MG2 vs P16 MG4 e P16 MG4 vs P16 MG9.

L'analisi delle differenze mostra inoltre che la dissimilarità percentuale tra stazioni oscilla tra il 62,3% (P16 MG14 vs P16 MG9) e il 25% (P16 MG11 vs P16 MG12). Complessivamente i valori di dissimilarità più alti sono quelli che interessano le stazioni P16 MG9, P16 MG2.

Queste differenze sono dovute essenzialmente a *Levinsenia demiri*, *Paradiopatra calliope* e *Ampharete acutifrons* che in questa stazione mostrano abbondanze più modeste rispetto alle altre stazioni.

Tale considerazione trova sostegno nei risultati emersi dal non-Metric Multidimensional Scaling (n-MDS). Nel piano di ordinamento (Figura 20) ottenuto da questa routine, infatti, queste stazioni risultano localizzate nella parte destra del plot, mentre le restanti tendono a formare una nuvola nella parte sinistra.

Le stazioni, tuttavia, risultano essere disperse nel piano senza formare cluster riconducibili alla loro reale distribuzione spaziale.

Questo dato è in accordo con i valori di (dis)similarità tra repliche e tra stazioni: le differenze tra stazioni sono paragonabili a quelle tra repliche ad indicare che la variabilità spaziale a piccola scala (repliche) è confrontabile con quella a media scala (stazioni).

L'analisi macroscopica dei campioni conferma che l'area di indagine ospita sedimenti che possono variare sia da stazione a stazione sia da replica a replica della medesima stazione.

Il residuo presente è costituito generalmente da fibra vegetale, biodetrito e sabbia minerale, presenti però in percentuali molto variabili. Il detrito vegetale di origine terrigena risulta in molti casi abbondante e addirittura prevalente nelle stazioni P16 MG1 e P16 MG6. In altri casi esibisce differenze anche notevole tra replica e replica come nel caso di P16 MG13 dove la percentuale varia tra 50 e 70% o nel caso di P16 MG14 dove la differenza percentuale (50 e 85%) è ancora più marcata.

La restante parte del campione presenta, anch'essa, composizione variabile essendo talvolta dominata da la sabbia minerale, talvolta da biodetrito conchifero. Quest'ultimo è particolarmente abbondante in P16 MG9 dove varia tra 40% e 70% del campione.

Anche dall'analisi macroscopica, pertanto, le differenze tra stazioni sono paragonabili a quelle tra repliche, fatto che impedisce di identificare dei veri cluster riconducibili alla reale distribuzione spaziale delle stazioni stesse.

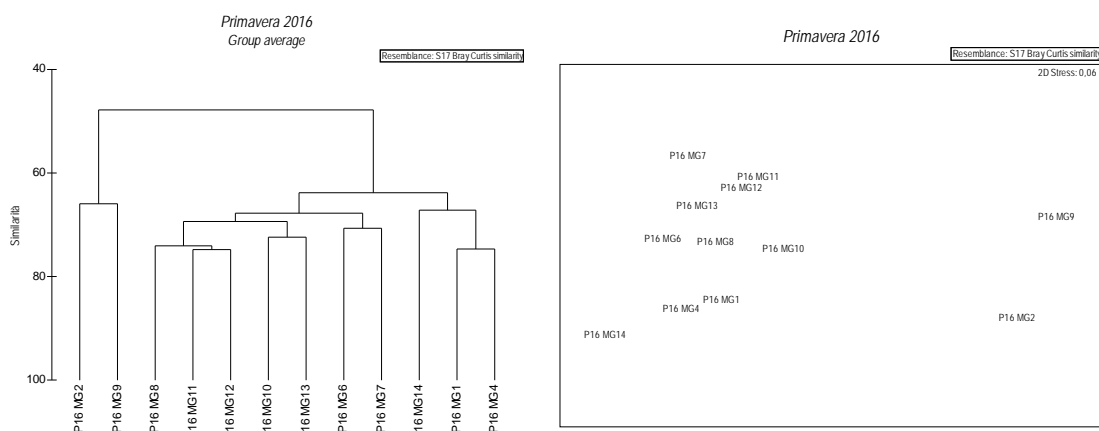


Figura 20 - Risultati della cluster analysis (group average) a sinistra e piano di ordinamento ottenuto dal n-MDS, a destra. La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Bray-Curtis.

Nella **Tabella 20** sono riportati i valori degli indici strutturali. I dati evidenziano che in corrispondenza dell'FSRU si verifica un aumento del numero di specie fatto che si traduce in un incremento di ricchezza specifica e di diversità specifica. Le stazioni più ricche risultano essere P16 MG6 e P16 MG7, la più povera la P16 MG12. Questi indici tendono a calare all'aumentare della distanza dal rigassificatore. Questo pattern non è stato evidenziato per l'abbondanza totale.

La maggior ricchezza è dovuta a numerose specie, appartenenti a tutti i taxa maggiori (policheti, molluschi, echinodermi, crostacei), rinvenute unicamente nelle stazioni più prossime all'FSRU. Alcune come *Diplocirrus glaucus*, *Euclymene oerstedii*, *Cirolana borealis* sono presenti con un solo individuo, altre come *Gammaropsis maculata*, *Gnathia oxyuraea*, *Amphiura chiajei* sono presenti con più individui.

Pattern opposto si osserva nelle stazioni più lontane dall'FSRU presso le quali si verifica un evidente calo di abbondanza e di numero di specie raggiungendo in P16 MG9 i valori più bassi di questa campagna.

Fra le specie che seguono questo pattern si annoverano *Minuspio cirrifera*, *Ophelina acuminata*, *Prionospio steenstrupi*, *Akanthophoreus gracilis*, *Hippomedon massiliensis*, *Amphipolis squamata*.

Tabella 20 - Indici strutturali (\pm DS) relativi al popolamento macrobentonico. Numero di taxa (S), Numero di individui (N), Diversità specifica di Shanno-Weaver (H'), Ricchezza specifica di Margalef (d), Equitabilità di Pielou (J).

Sample	S	N	H'(log ₂)	d	J
P16 MG1	24,25 \pm 4,79	94,00 \pm 30,39	3,37 \pm 0,36	5,16 \pm 0,97	0,73 \pm 0,05
P16 MG2	16,75 \pm 4,27	44,25 \pm 14,48	3,28 \pm 0,40	4,15 \pm 0,79	0,81 \pm 0,03
P16 MG4	19,50 \pm 1,00	100,25 \pm 8,18	2,83 \pm 0,23	4,02 \pm 0,16	0,66 \pm 0,06
P16 MG6	39,75 \pm 6,90	119,00 \pm 23,28	4,32 \pm 0,39	8,12 \pm 1,35	0,82 \pm 0,05
P16 MG7	39,25 \pm 11,30	107,50 \pm 22,75	4,31 \pm 0,58	8,15 \pm 2,16	0,82 \pm 0,05
P16 MG8	27,00 \pm 4,90	95,75 \pm 29,62	3,46 \pm 0,16	5,72 \pm 0,73	0,73 \pm 0,04
P16 MG9	17,50 \pm 5,97	43,00 \pm 13,14	3,41 \pm 0,39	4,36 \pm 1,21	0,84 \pm 0,00
P16 MG10	24,25 \pm 6,55	79,75 \pm 43,29	3,59 \pm 0,21	5,40 \pm 0,80	0,79 \pm 0,11
P16 MG11	32,00 \pm 4,55	88,25 \pm 23,43	3,97 \pm 0,31	6,95 \pm 0,82	0,80 \pm 0,06
P16 MG12	26,75 \pm 1,71	89,00 \pm 24,86	3,63 \pm 0,28	5,79 \pm 0,42	0,77 \pm 0,06
P16 MG13	33,00 \pm 8,64	104,75 \pm 37,40	4,03 \pm 0,47	6,91 \pm 1,66	0,81 \pm 0,03
P16 MG14	34,25 \pm 5,91	157,75 \pm 32,99	3,79 \pm 0,40	6,58 \pm 1,03	0,74 \pm 0,05

5.2.2 Bioaccumulo

Metalli

I risultati della ricerca dei metalli in *M. galloprovincialis* sono riportati nella **Tabella 21**.

Le concentrazioni di arsenico e cadmio sono trascurabilmente aumentate in tutte le stazioni di monitoraggio. Un incremento maggiore è stato rilevato per lo zinco in particolare nella stazione A. Per tutti i gli altri metalli le concentrazioni rilevate dopo l'esposizione sono inferiori a quelle del tempo zero.

Tabella 21 - Concentrazione dei metalli nei mitili. I dati, relativi alla campagna P16, sono espressi in mg/kg s.s.

	Tempo zero	Stazione A Pos. 1	Stazione B Pos. 2	Stazione C Pos. 3	Stazione D Pos. 4	Stazione E (Bianco Gorgona)
Arsenico	4,57	6,41	6,05	6,61	5,20	6,92
Bario	4,16	3,05	2,63	2,02	1,51	< 1,20
Cadmio	0,23	0,38	0,29	0,30	0,30	0,26
Cromo	3,32	2,43	2,44	1,78	1,27	< 1,20
Ferro	601,26	320,88	348,43	222,94	118,80	49,22
Manganese	28,45	< 12,5	< 12,5	< 12,5	< 12,5	< 12,5
Mercurio	0,09	0,03	0,07	0,07	0,08	0,07
Nichel	2,40	1,21	1,30	< 1,20	< 1,20	< 1,20
Piombo	1,26	0,96	0,98	1,07	0,64	0,80
Rame	7,01	4,66	4,52	3,64	3,97	3,42
Vanadio	3,27	2,04	2,02	1,45	< 1,20	2,25
Zinco	105,44	149,58	115,41	123,87	89,45	98,89

Idrocarburi totali

Nella **Tabella 22** sono riportati i risultati ottenuti dalla ricerca degli idrocarburi (C<10 e C10-C40). Quelli leggeri (C<10) non sono stati rilevati. Al contrario gli idrocarburi C10-C40 esibiscono un aumento a seguito dell'esposizione. Tale aumento è stato registrato anche nel controllo in Gorgona e pertanto non è riconducibile alla presenza dell'FSRU.

Tabella 22 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna P16, sono espressi in mg/kg.						
	Tempo zero	Stazione A Pos. 1	Stazione B Pos. 2	Stazione C Pos. 3	Stazione D Pos. 4	Stazione E (Bianco Gorgona)
Idrocarburi C<10 (mg/kg)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Idrocarburi C10-C40 (mg/kg)	18	26	41	32	4,8	48

IPA e composti organo stannici

Nella **Tabella 23** sono riportati i risultati ottenuti dalla ricerca degli IPA e dei composti organo stannici. Non si rileva alcuna contaminazione.

Tabella 23 - Concentrazione degli IPA e dei composti organostannici presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna P16, sono espressi in mg/kg.						
	Tempo zero	Stazione A Pos. 1	Stazione B Pos. 2	Stazione C Pos. 3	Stazione D Pos. 4	Stazione E (Bianco Gorgona)
Acenafte	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005
Acenaftilene	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005
Antracene	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005
Benzo (a) antracene	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005
Benzo (a) pirene	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005
Benzo (b) fluorantene	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005
Benzo (g,h,i) perilene	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005
Benzo (k) fluorantene	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005
Crisene	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005
Dibenzo (a,e) pirene	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005
Dibenzo (a,h) pirene	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005
Dibenzo (a,h) antracene	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005
Fenantrene	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005
Fluorantene	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005
Fluorene	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005
Indeno (1,2,3 - c,d) pirene	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005
Naftalene	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005
Pirene	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005
Composti organostannici (S totale)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Dibutilstagno	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Monobutilstagno	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Tributilstagno	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5

Cloroderivati

I risultati della ricerca dei cloroderivati sono riportati nella **Tabella 24**. Questi composti sono risultati assenti.

Tabella 24 - Concentrazione dei cloroderivati rilevati nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna P16, sono espressi in µg/kg.						
	Tempo zero	Stazione A Pos. 1	Stazione B Pos. 2	Stazione C Pos. 3	Stazione D Pos. 4	Stazione E (Bianco Gorgona)
Acidi Aloacetici						
Dalapon	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Acido Dibromoacetico	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Acido Tribromoacetico	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Acido Monobromoacetico	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Acido Bromodichloroacetico	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Acido Bromocloroacetico	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Acido Dichloroacetico	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Acido Tricloroacetico	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Acido Monocloroacetico	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Acido Clorodibromoacetico	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Fenoli						
2,4,6-tricloro fenolo	<5	<5	<5	<5	<5	<5
2,4-dicloro fenolo	<5	<5	<5	<5	<5	<5
4-cloro-3-metil fenolo	<5	<5	<5	<5	<5	<5
pentacloro fenolo	<5	<5	<5	<5	<5	<5

Tabella 24 - Concentrazione dei cloroderivati rilevati nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna P16, sono espressi in µg/kg.

	Tempo zero	Stazione A Pos. 1	Stazione B Pos. 2	Stazione C Pos. 3	Stazione D Pos. 4	Stazione E (Bianco Gorgona)
V.O.C.						
1,1,1-Tricloro Etano	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
1,1,2-Tricloro Etano	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Bromo Dicloro Metano	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Bromofornio	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
Carbonio Tetracloruro	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Cloroformio	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Dibromo Cloro Metano	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Tetracloro Etilene	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Tricloro Etilene	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25
1,2,3-Tricloro propano	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60
1,2-Dibromo Etano	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25
Dicloroacetoneitrile	<0,80	<0,80	<0,80	<0,80	<0,80	<0,80
Tricloroacetoneitrile	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50

Analisi microbiologiche

Dall'analisi microbiologica emerge l'assenza di contaminazione fecale (**Tabella 25**).

Tabella 25 - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna P16, sono espressi in ufc/g.

	Tempo zero	Stazione A Pos. 1	Stazione B Pos. 2	Stazione C Pos. 3	Stazione D Pos. 4	Stazione E (Bianco Gorgona)
Coliformi fecali o termotolleranti	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Streptococchi fecali (enterococchi)	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Coliformi totali a 30°	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10

5.2.3 Biomarkers

Neutral Red Retention Time (NRRT)

Dalla valutazione del tempo di ritenzione del colorante vitale Rosso Neutro (**Figura 21**) all'interno dei lisosomi degli emociti di mitilo non si evidenzia alcuna differenza significativa tra le varie stazioni localizzate presso il terminale FRSU e quelle del sito di controllo (Stazione E- Bianco Gorgona); pertanto, in base a questo biomarker non sono rilevabili alterazioni riferibili all'attività del terminale FRSU.

Comet Assay

La misura del grado di frammentazione del DNA nelle cellule branchiali di N. 7 mitili per stazione ha messo in evidenza che gli organismi della Stazione D (Pos. 4) hanno un grado di frammentazione del DNA significativamente maggiore rispetto a quello osservato nei mitili di controllo (**Figura 22**). Per tutte le altre stazioni non sono stati osservati incrementi del danno al DNA rispetto ai controlli. Da questi dati si può dedurre che l'impatto dell'attività del terminale sull'integrità del DNA nei mitili è trascurabile.

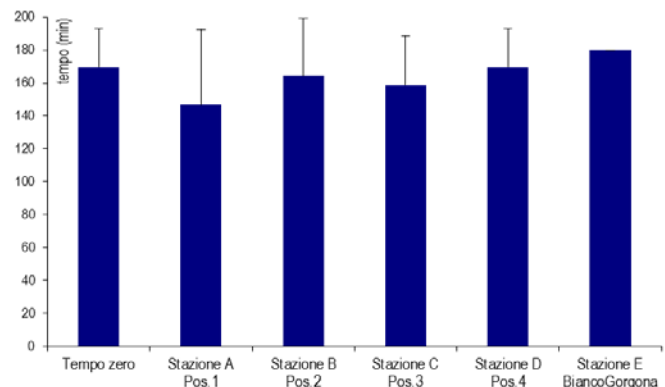


Figura 21 - Valutazione del danno cellulare mediante la misura del tempo di ritenzione del colorante vitale Rosso Neutro (NRRT) nei lisosomi degli emociti di mitilo. Valori alti del tempo di ritenzione corrispondono ad una maggiore integrità.

Analisi istologica del tessuto branchiale.

L'analisi istologica delle branchie di mitilo ha mostrato un elevato grado di integrità del tessuto branchiale in tutte le stazioni indagate; ciò emerge dal punteggio pari a 1 – 2 misurato nella quasi totalità degli organismi analizzati (**Tabella 26; Figura 23**). In base a questa indagine non sono osservabili evidenze di impatto sulla struttura dell'apparato branchiale di mitilo imputabili all'attività del terminale FRSU.

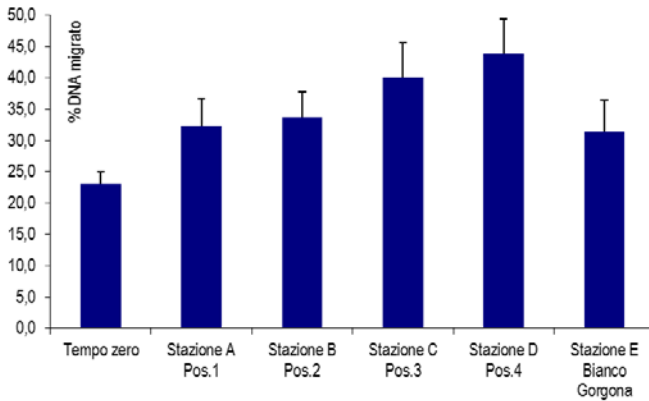


Figura 22 - Valutazione del grado di integrità del DNA mediante Comet assay. Valori elevati della percentuale di DNA migrato corrispondono ad una maggiore entità del danno.

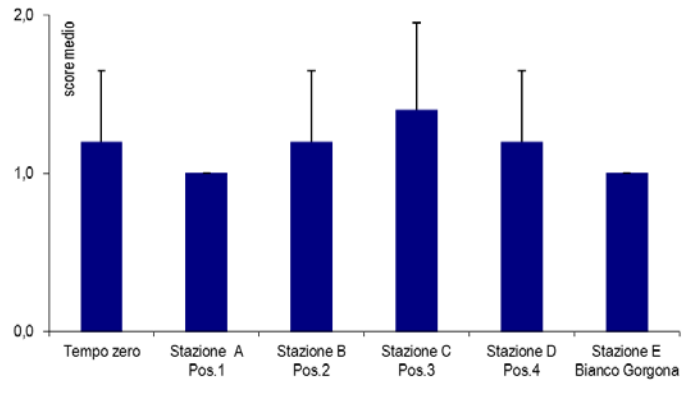


Figura 23 - Analisi istologica delle branchie di mitilo. Il parametro rappresentato nel grafico è il punteggio medio (score) per ciascuna delle stazioni indagate. La scala va da 1 a 5; il punteggio 1 indica una condizione di integrità mentre il punteggio 5 indica una forte compromissione della struttura dei filamenti branchiali.

Tabella 26 - Analisi istologica. Lo score indica lo stato dell'epitelio branchiale secondo la seguente scala 1, normale morfologia epitelio branchiale; 2, lieve riduzione dello spessore dell'epitelio branchiale e dello sviluppo delle ciglia; 3, marcata riduzione dello spessore dell'epitelio e delle ciglia; 4, erosione dell'epitelio branchiale e dello sviluppo ciliare; 5, destrutturazione dei filamenti con estesa erosione dell' epitelio branchiale ed assenza delle ciglia.

Nome sito	replica	Score epitelio	Nome sito	replica	Score epitelio
Mitili tempo zero	1	2	Stazione C (Pos. 3)	1	2
	2	1		2	2
	3	1		3	1
	4	1		4	1
	5	1		5	1
Stazione A (Pos. 1)	1	1	Stazione D (Pos. 4)	1	2
	2	1		2	1
	3	1		3	1
	4	1		4	1
	5	1		5	1
Stazione B (Pos. 2)	1	1	Stazione E (Bianco Gorgona)	1	1
	2	1		2	1
	3	1		3	1
	4	2		4	1
	5	1		5	1

5.2.4 Cetacei e tartarughe marine

Per questa indagine sono state percorse 269 nm per un totale di 53h e 22' di navigazione. Nella **Figura 24** sono riportate le rotte effettuate per il monitoraggio visivo condotto a partire da maggio 2016 (P16).

In totale sono stati avvistati 7 delfini.

Quattro adulti della specie *Tursiops truncatus* (25 maggio) sono stati avvistati in posizione Lat N 43° 44,548' e Long E 09° 59,866' posta a 5,5nm NE dal terminale. Tre adulti della medesima specie sono stati rilevati il 5 giugno in posizione Lat N 43° 45.842' e Long E 10° 03,948' a 7,5 nm NE dal terminale.

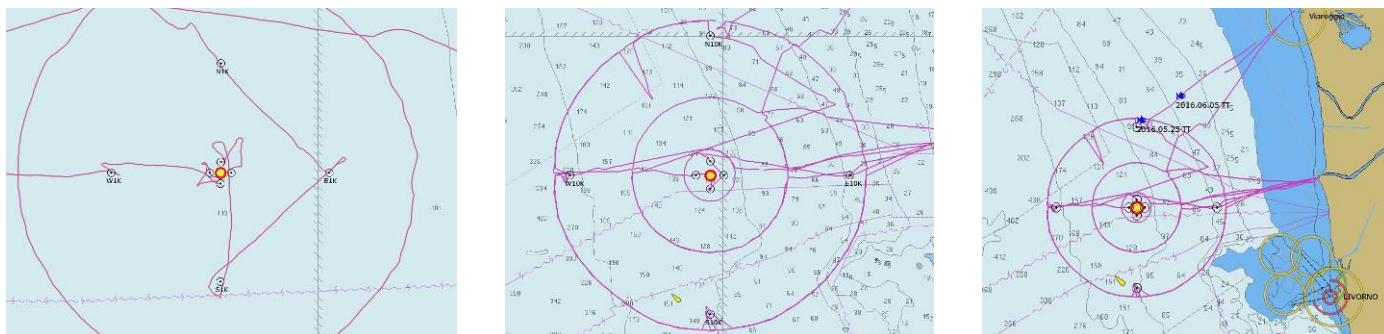


Figura 24 – Rotte effettuate per il monitoraggio visivo, acustico e bioacustico nella primavera 2016 (P16) con i punti di avvistamento.

5.3 INDAGINI GENERALI

5.3.1 Misura del rumore

Risultati delle misure sperimentali

In questo paragrafo sono riportati i risultati delle misure di rumore acustico subacqueo effettuate nei punti più vicini (a 100 m di distanza dalla posizione della piattaforma) alla profondità di 55 m, con rappresentazione della funzione di densità spettrale di potenza (PSDf) basata sul calcolo della FFT, e analisi in terzi d'ottava sovrapposta (Figura 25).

Come in precedenza, nel range di frequenze superiore a 17 kHz e a volte anche a frequenze più basse, si evidenziano righe spettrali che rappresentano interferenze elettromagnetiche derivanti da strumentazioni dell'imbarcazione di supporto. Esse non sono significative per l'analisi acustica.

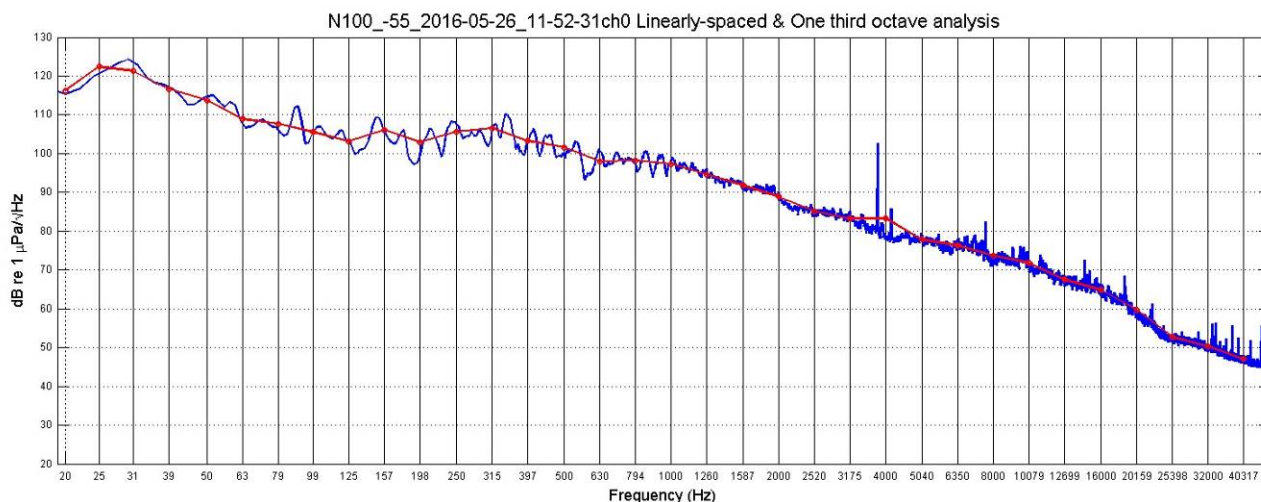


Figura 25 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N100 a 55 m di profondità. Lo spettro presenta un massimo a bassissima frequenza (31 Hz circa), e rimane mediamente elevato per tutta la banda.

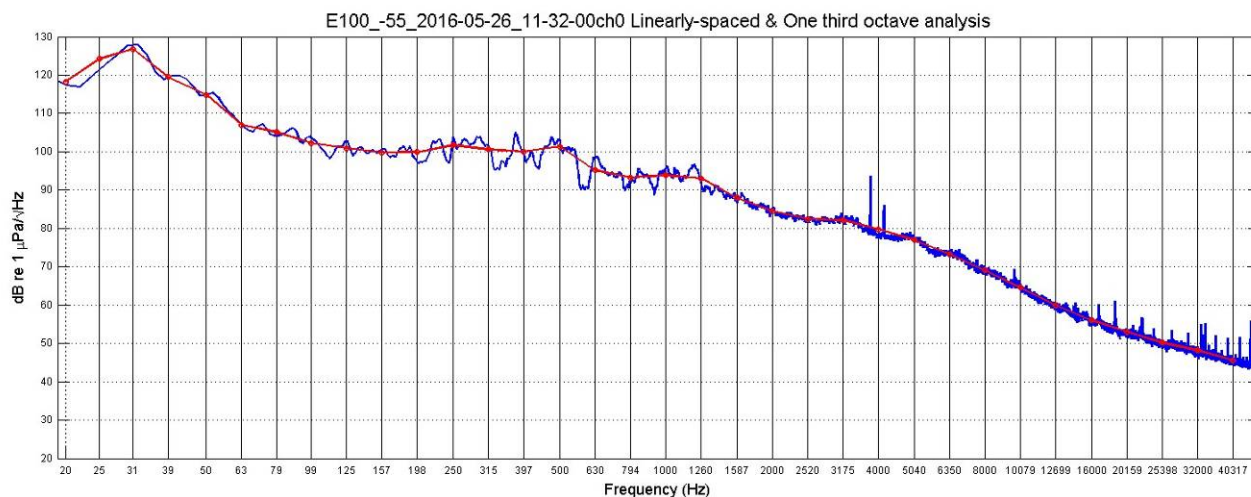


Figura 26 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto E100 a 55 m di profondità. Le misure infatti sono prese a poca distanza temporale, oltre che spaziale.

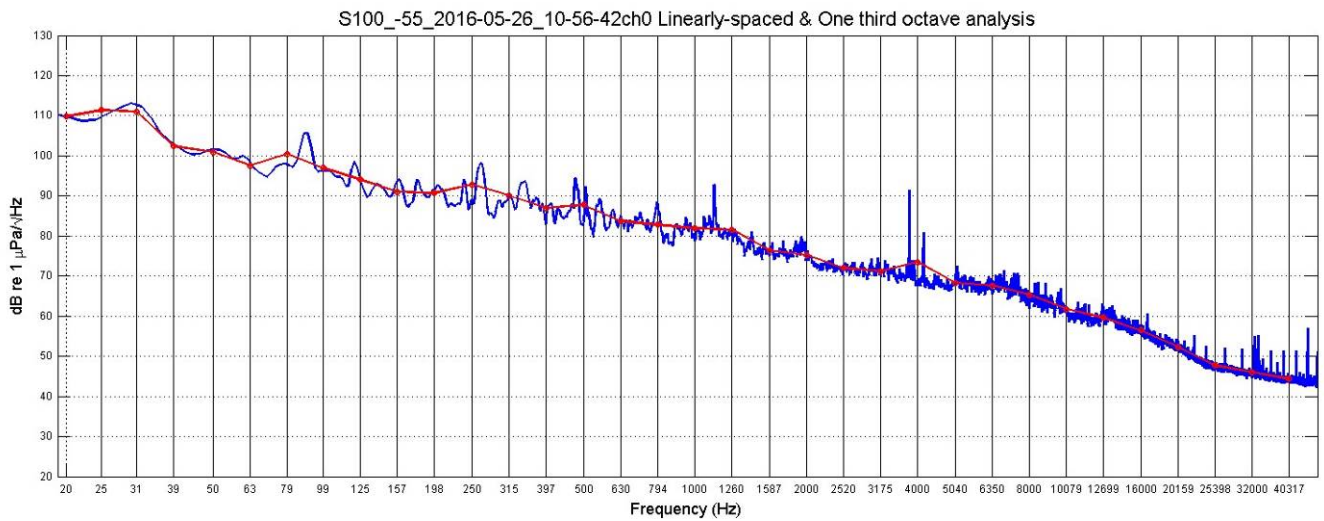


Figura 27 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S100 a 55 m di profondità.

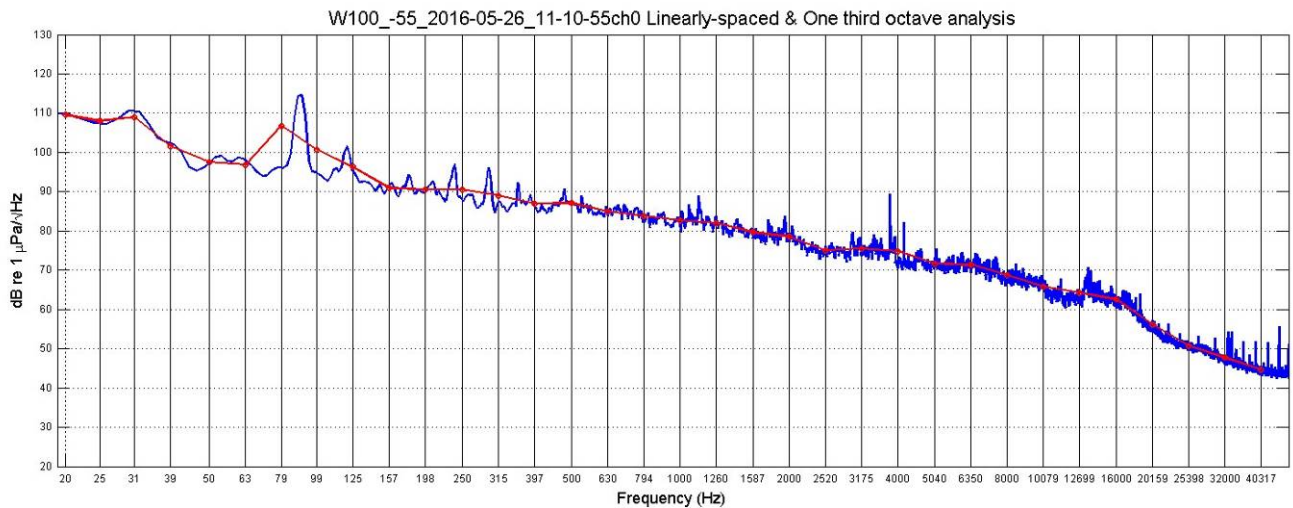


Figura 28 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto W100 a 55 m di profondità. Sono sempre presenti righe spettrali dovute a interferenze elettromagnetiche dalla strumentazione di bordo.

Tra le misure a distanza, è stato selezionato quelle registrate nei punti W1K e W10K, per permettere il confronto sulla direttrice Ovest che appare la più adatta per mettere in evidenza il contributo del Terminale al livello di rumore.

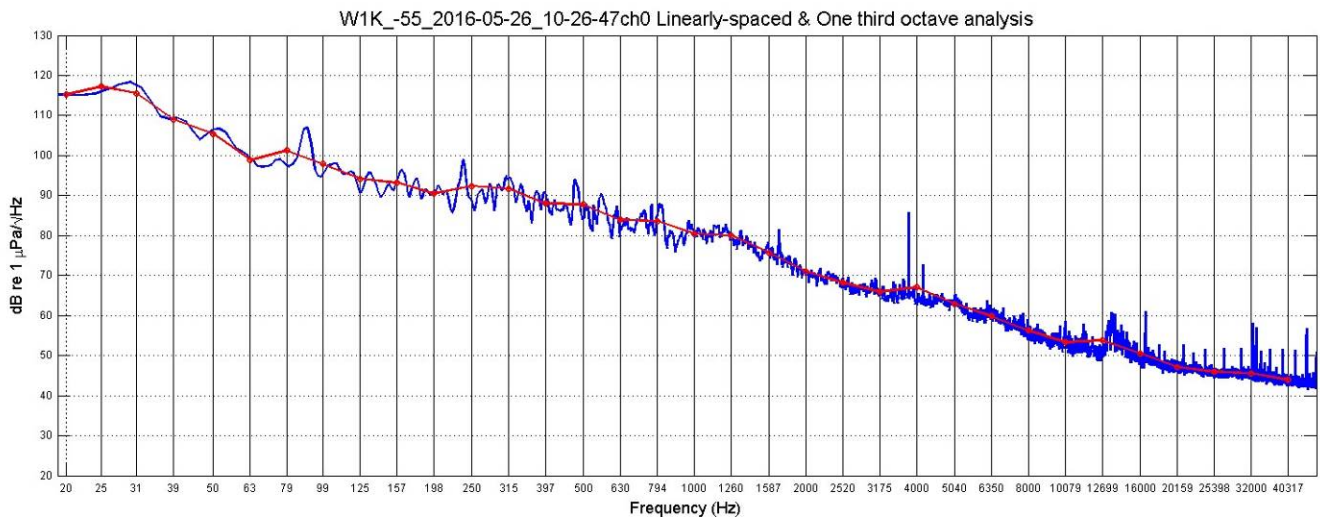


Figura 29 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto W1K a 55 m di profondità.

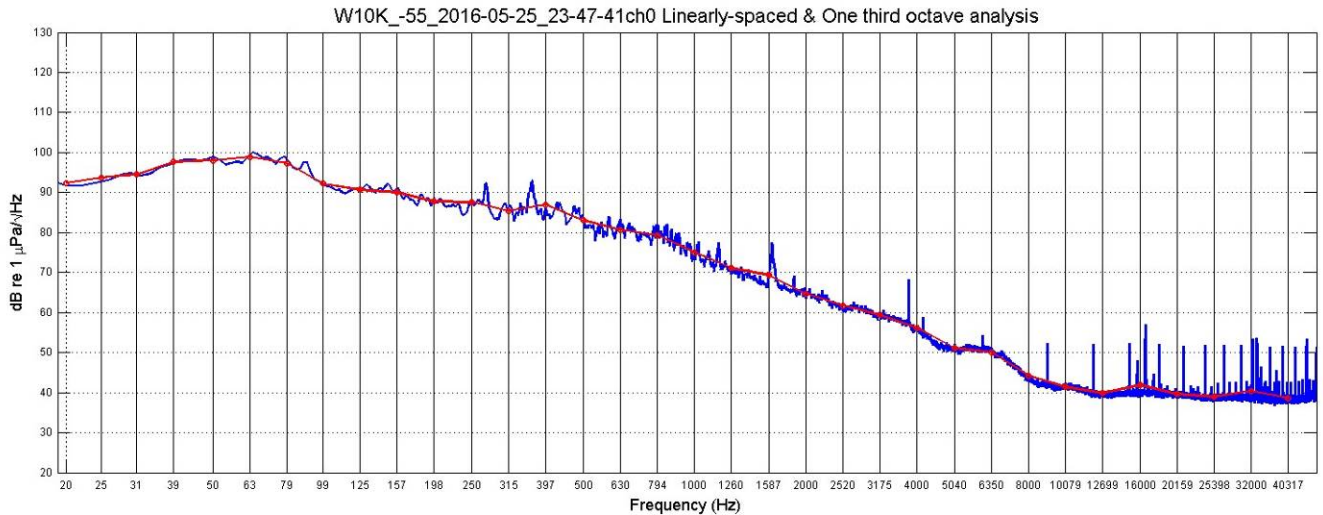


Figura 30 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto W10K a 55 m di profondità. Il livello alle alte frequenze si stabilizza su valori bassi.

Per cercare di individuare possibili componenti di rumore che provengano dal Terminale è necessario prima di tutto trovare, fra i campioni sonori acquisiti, quelli che non contengono in misura significativa rumore proveniente da sorgenti diverse dal Terminale. A questo proposito si riporta in Figura 31 il confronto fra due misure eseguite in N1K a 8 metri di profondità a distanza di pochi minuti (alle 13:31 e alle 13:34).

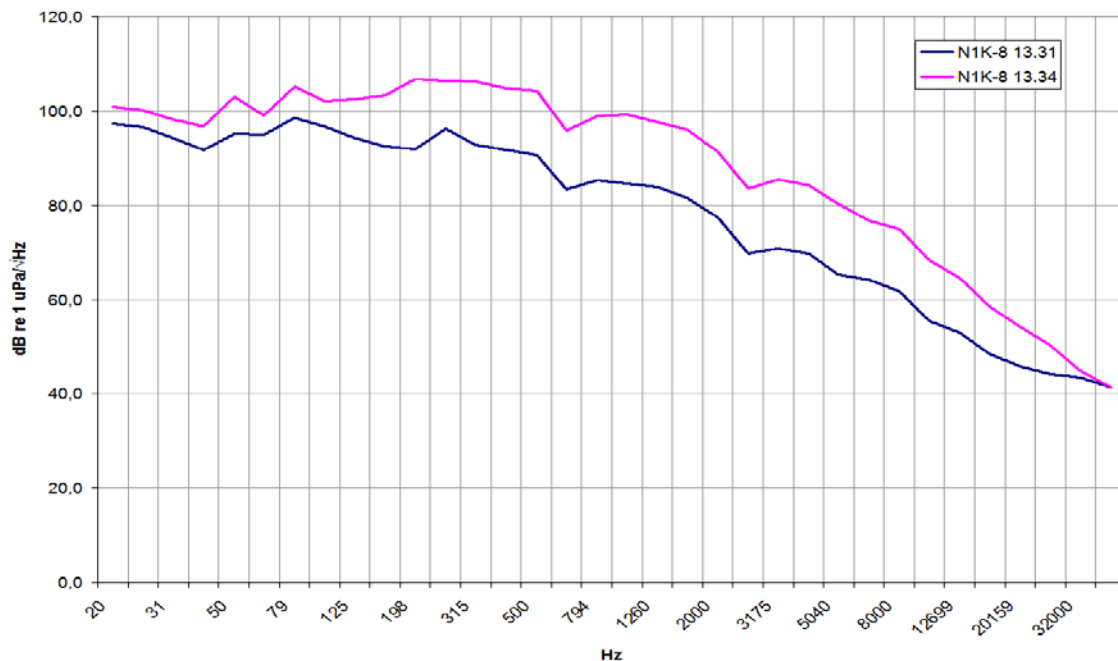


Figura 31 - Confronto dei livelli di rumore in N1K -8 fra le ore 13:31 e le ore 13:34.

E' evidente una significativa differenza fra i due campioni presi a distanza di pochi minuti. La differenza in questo caso è provocata dal rimorchiatore Corrado Neri, presente nell'area in sostituzione del Guardian, con il compito di intercettare imbarcazioni che entrano nell'area di interdizione. Dall'esame dei tracciati AIS e del logbook della campagna si evince che alle 13:31 il rimorchiatore Corrado Neri si trova a 1,53 NM di distanza dalla stazione di campionamento, in stand by con i motori accesi, ma praticamente fermo. E' presente un livello di rumore relativamente elevato a bassa frequenza. Alle 13:34 il rimorchiatore accelera fino a 5,5 nodi per eseguire l'intercettazione di un'imbarcazione in rotta verso l'area di interdizione. I livelli di rumore aumentano considerevolmente estendendosi a frequenze più alte. Le frequenze fondamentali sono fino a qualche kHz, mentre le armoniche si estendono anche oltre. Si ritiene utile riportare tale esempio considerando anche che la presenza del rimorchiatore, e la conseguente sorgente di rumore, è un'attività strettamente connessa con il Terminale.

Per ottenere una stima del rumore emesso da Terminale si è seguita una procedura di confronto tra misure. Si sono quindi:

- confrontati gli spettri registrati alla distanza minore, quella dei 100 m a 55 m di profondità, per trovare possibili correlazioni;
- confrontati gli spettri registrati sulla stessa direttrice a diverse distanze (100, 1000 e 10000 m) per individuare possibili cadute di segnale con la distanza. E' stata scelta la direttrice Ovest come la più adatta a verificare il contributo di rumore del Terminale.

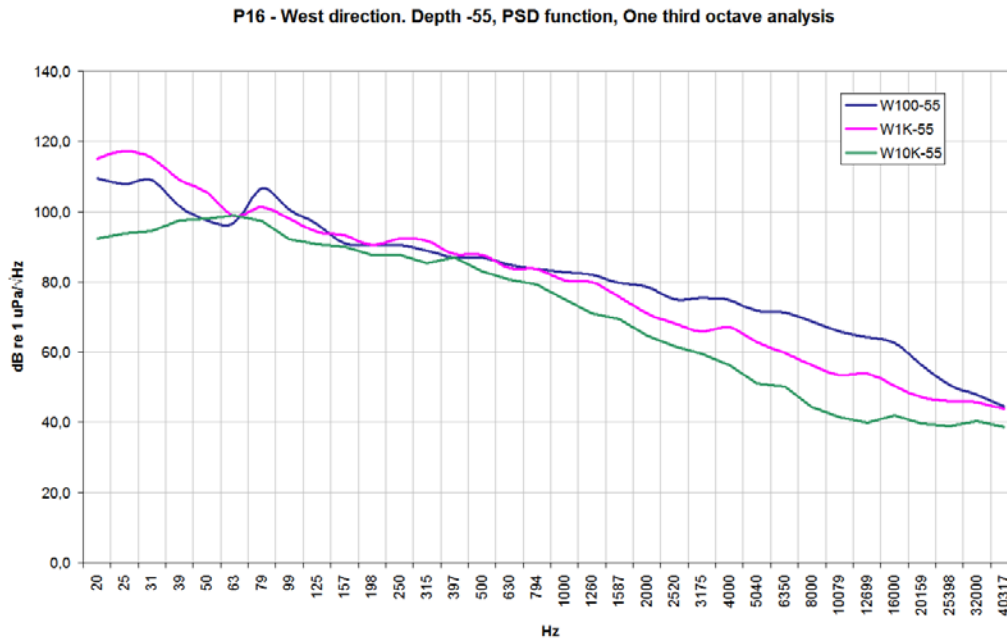


Figura 32 - Confronto delle funzioni PSD in terzi d'ottava, relative a dati raccolti sulla direttrice Ovest a distanza 100, 1000 e 10000 m dal Terminale e a profondità 55 m.

La **Figura 32** mostra il confronto dei livelli di rumore a 55m di profondità registrati sulla direttrice Ovest a 100, 1000 e 10000 m. Non vengono riportati i livelli a bassissima frequenza, sotto i 100 Hz, che spesso risentono del passaggio di imbarcazioni anche a grande distanza non correlate con il Terminale. Appare infatti poco significativa la correlazione con la distanza alle basse frequenze dovuta probabilmente all'attività di imbarcazioni durante le misure. La banda superiore ai 25 kHz, dove le curve tendono a riunirsi, è invece influenzata per lo più da fattori ambientali. La correlazione con la distanza appare più evidente nel range di frequenze da 2 kHz a 16 kHz confermando i risultati delle precedenti analisi.

La verifica mediante simulazione

Tutte le ipotesi e assunzioni proposte nei lavori precedenti rimangono valide, perciò i parametri geometrici, geofisici e relativi alla sorgente rimangono inalterati. Poiché anche nelle attuali misure e dal confronto con le campagne precedenti risulta che la banda in cui si rileva una certa variazione è centrata intorno a 10 - 12 kHz, è stata presa a riferimento la frequenza di 12 kHz per il modello della sorgente a cui vengono calcolati i risultati di Transmission Loss (TL). Tale frequenza viene utilizzata anche per uniformità con le precedenti relazioni, ed è comunque rappresentativa di tutto l'insieme di frequenze interessate dalla correlazione con la distanza.

Parametri oceanografici

I profili misurati nella primavera 2016 (Figura 33) presentano un primo layer fino a circa 5 metri di profondità, dovuto al debole riscaldamento superficiale, in cui la velocità del suono diminuisce con la diminuzione della temperatura. Vi sono poi diversi strati successivi, generalmente con gradiente negativo. Prendendo a riferimento il profilo misurato in W1K è possibile individuare un primo termoclino fra 10 e 15 metri seguito da un profilo quasi verticale ed un secondo termoclino fra i 30 e i 40 metri a cui segue uno strato profondo con gradiente negativo costante.

Selezione di simulazioni significative e confronto con i dati reali

Sulla base delle considerazioni sui dati reali e delle assunzioni formulate per i parametri di input al modello di propagazione acustica ed utilizzando le misure di profilo di velocità del suono ottenuta dalla sonda multi-parametrica CTD, applichiamo lo strumento di simulazione di propagazione del suono Bellhop a 12 kHz di frequenza emesso da una sorgente isotropica sul piano orizzontale e con irradiazione $\pm 80^\circ$ su piano verticale posta a 15m di profondità. I risultati ottenuti a frequenza 12 kHz possono essere considerati validi per tutta la banda di interesse 7-20 kHz con piccole variazioni. Il profilo di velocità del suono misurato appare fortemente down refracting e la simulazione rappresenta bene l'effetto sulla propagazione. In queste condizioni il rumore emesso dalla sorgente viene proiettato verso il fondo e si propaga con una serie di caustiche, dovute alla riflessione e alla rifrazione, con una forte attenuazione.

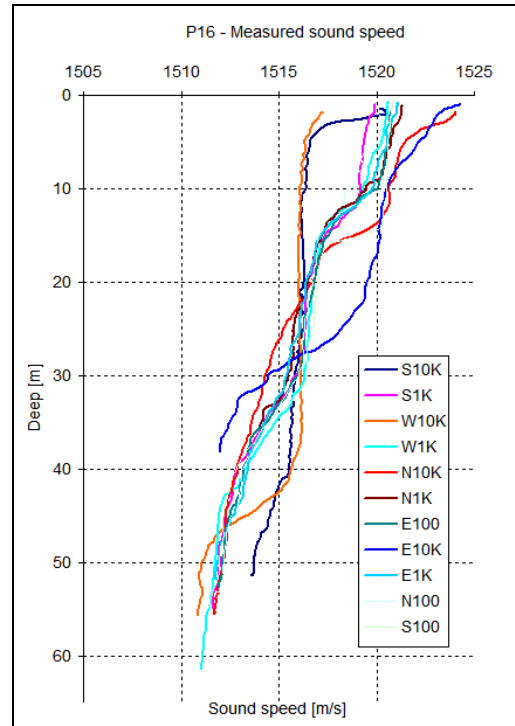


Figura 33 - Confronto sullo stesso grafico di tutti i profili di velocità del suono misurati durante la campagna P16.

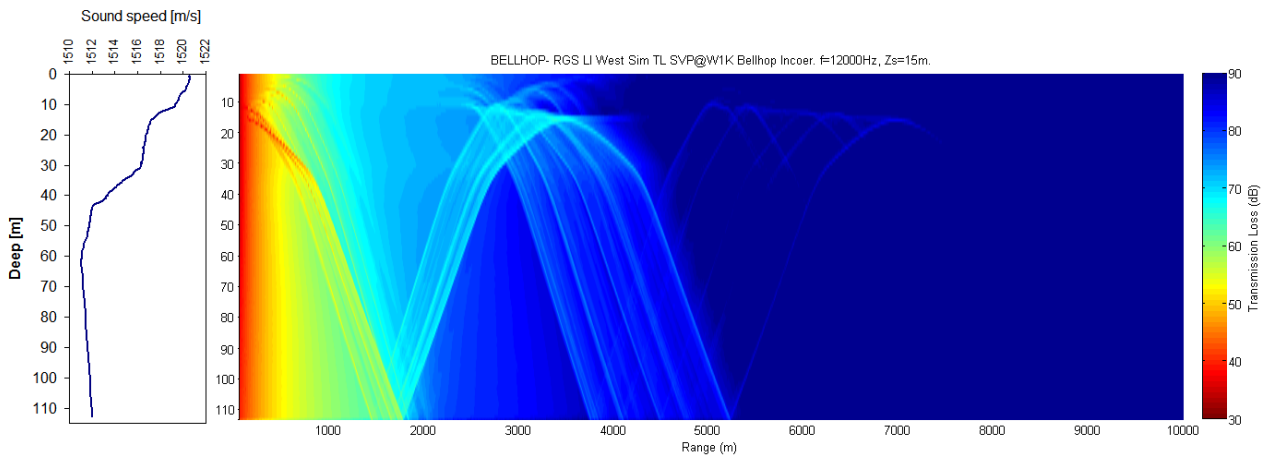


Figura 34 - Simulazione della Transmission Loss TL alla frequenza di 12 kHz, corrispondente al profilo verticale di velocità del suono misurato.

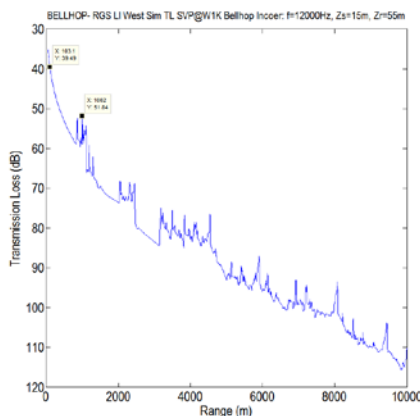


Figura 35 - Trasmission Loss prevista dal modello in funzione della distanza alla profondità di 55 metri.

La caduta di livello del rumore predetto tra le stazioni W100 e W1K a 55 metri di profondità è di circa 12 dB, in accordo con quello misurato sperimentalmente di circa 11 dB. Quindi se a 100 metri il livello misurato è di 64 dB, considerando una TL predetta dal modello di 39 dB, è possibile stimare un Source Level della sorgente (Terminale) di circa 103 dB re μPa @ 1m. Tale valore è in accordo con ciò che è stato calcolato nelle campagne precedenti, ed è al di sotto delle soglie di sicurezza per i cetacei che indicano un valore di 110-120 dB per poter causare le prime risposte comportamentali.

5.3.2 Bioacustica

Durante la campagna di misura e durante gli avvistamenti sono state effettuate registrazioni delle vocalizzazioni di tursiopi e stenelle (**Figura 36, Figura 37**). In questa sezione riportiamo gli spettrogrammi dei dati registrati.

Si tratta di sequenze di click (biosonar) a larga banda e per le stenelle anche di vocalizzazioni (fischii). Gli spettrogrammi rappresentano il metodo più efficace per distinguere le veloci sequenze di click e verificare la loro natura a larga banda. Per entrambe le specie i clicks coprono tutta la banda dello spettro (oltre 95kHz), mentre i fischii (stenelle) si attestano tra 10-40 kHz.

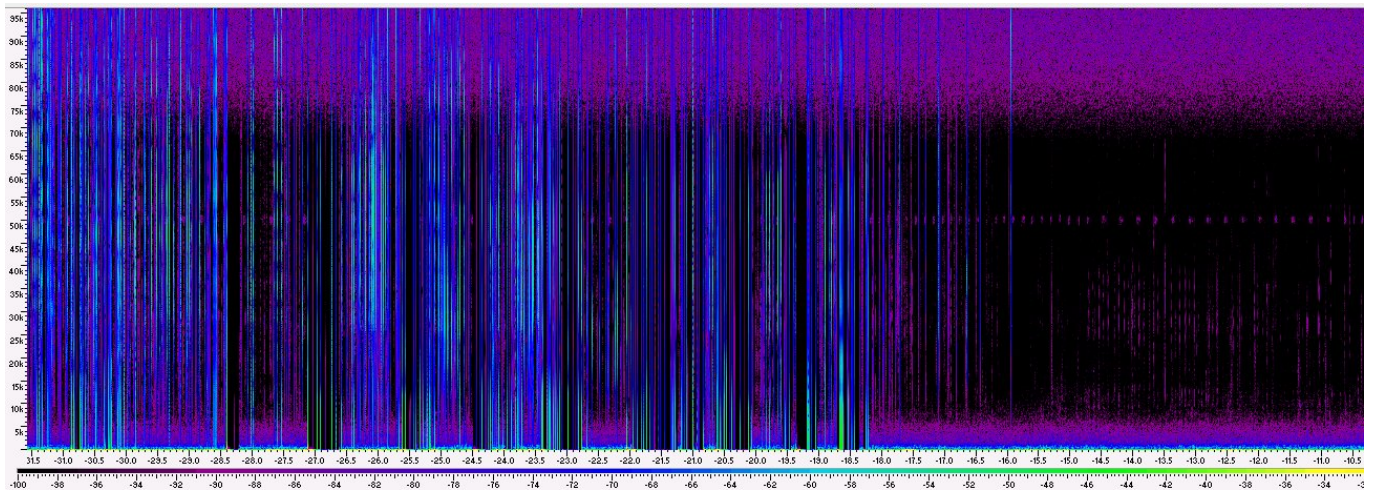


Figura 36 - Spettrogramma di un segmento di dati raccolti nella vicinanza del gruppo di tursiopi che stanno emettendo sequenze di click (biosonar) molto corti e ravvicinati tra loro.

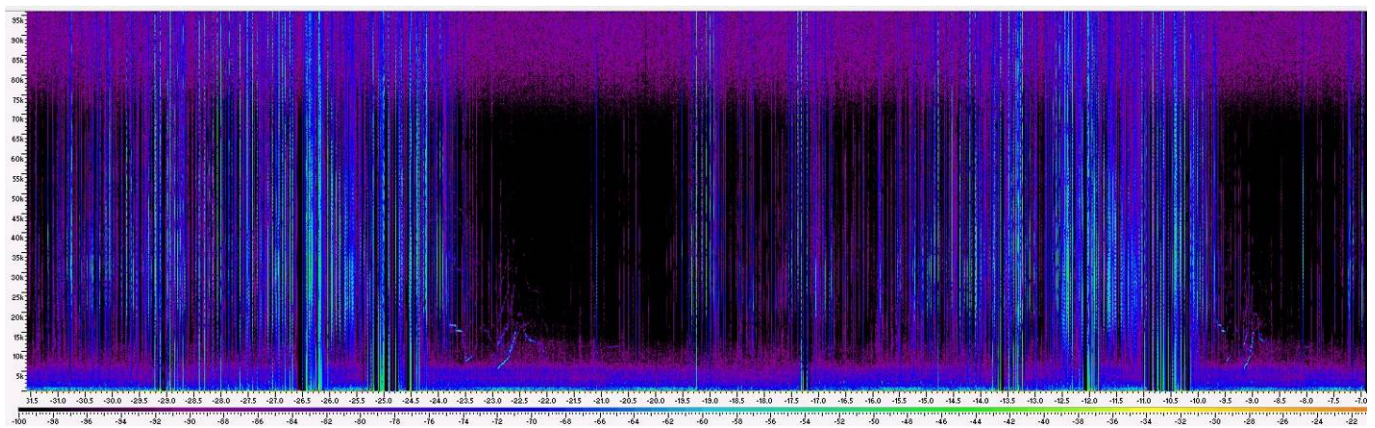


Figura 37 - Spettrogramma di un segmento di dati raccolti nella vicinanza del gruppo di stenelle che stanno emettendo sequenze di click (biosonar) e fischii molto corti e ravvicinati tra loro.

6 RISULTATI SURVEY ESTATE 2016

6.1 COLONNA D'ACQUA

6.1.1 Profili idrologici

La temperatura (Figura 38) varia tra valori prossimi ai 26°C in superficie e valori prossimi ai 14°C vicino al fondo.

La differenza di temperatura tra superficie e fondo è di ≈ 12 °C ma il salto termico più ampio avviene tra -10m e -40m ($\approx 8,5$ °C), mentre la profondità alla quale si evidenzia il maggior gradiente termico (termoclino) è intorno ai 20m di profondità ($\approx 2,5$ °C in pochi metri).

Il salto termico ed il profilo termico sono tipici della zona di indagine nel periodo estivo.

In generale si osserva un'omogeneità di temperatura tra le diverse stazioni di campionamento a tutte le profondità.

La salinità (Figura 39) ha valori mediamente prossimi a 37,6‰ in superficie e valori medi di circa 37,8‰ vicino al fondo. Il range di variazione del parametro è di circa 0,4‰. La variazione di salinità, avviene prevalentemente tra la profondità di -10m e -40m, come già osservato per la temperatura.

Anche per questo parametro non ci sono differenze significative tra le diverse stazioni alle diverse profondità.

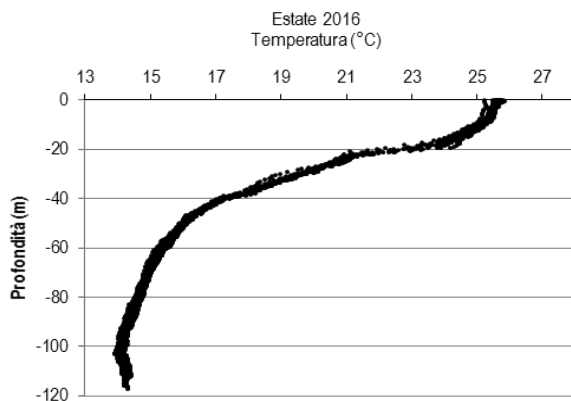


Figura 38 - Temperatura (°C).

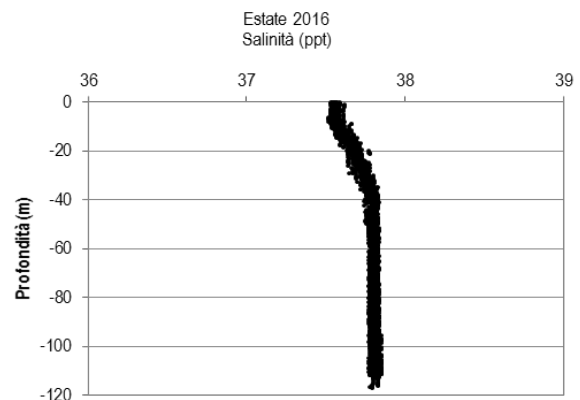


Figura 39 - Salinità (ppt).

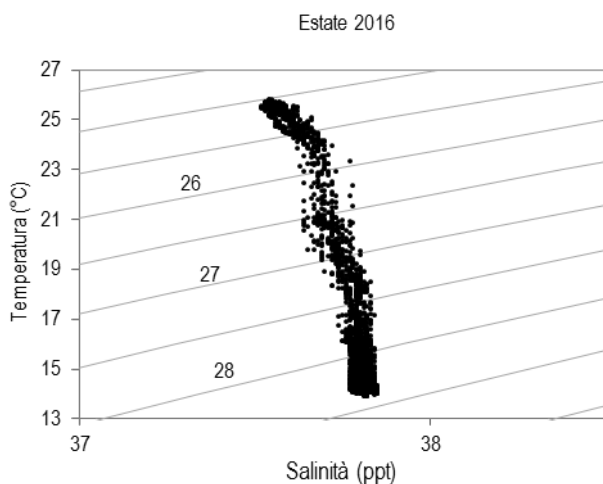


Figura 40 - Diagramma T/S.

Il diagramma T/S (Temperatura/Salinità) (Figura 40) Anche il diagramma T/S evidenzia valori e range di variazione di tale rapporto tipici del sito e del periodo (densità superficiale di circa 25, valori sul fondo prossimi a 28,5 con un salto di circa 3,5) di monitoraggio.

Graficamente si notano una nuvola di punti nella parte alta del grafico corrispondenti ai valori superficiali (nei primi 10 m di colonna d'acqua) ed un'altra nuvola di valori più allungata nella parte bassa del grafico, corrispondente a circa -40m in profondità. I valori corrispondenti all'intervallo di profondità da -10m a -40m sono distribuiti lungo una striscia con la dispersione più ampia di valori in prossimità del termoclino (-20m). Si nota quindi una differenza tra i primi 10 metri di colonna d'acqua e la parte sotto i -40m di profondità, con una zona di transizione tra i -10m e i -40m dove si ha un graduale cambio di densità. Tale cambiamento risulta più accentuato in corrispondenza del termoclino a -20m di profondità dove la densità cambia repentinamente.

Pertanto, le variazioni delle masse d'acqua nella zona sono legate soprattutto alle naturali variazioni verticali della temperatura e della salinità.

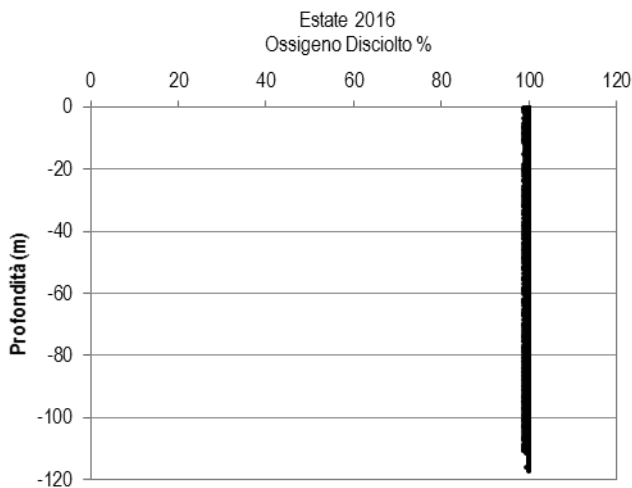


Figura 41 - Saturazione dell'ossigeno disciolto (%).

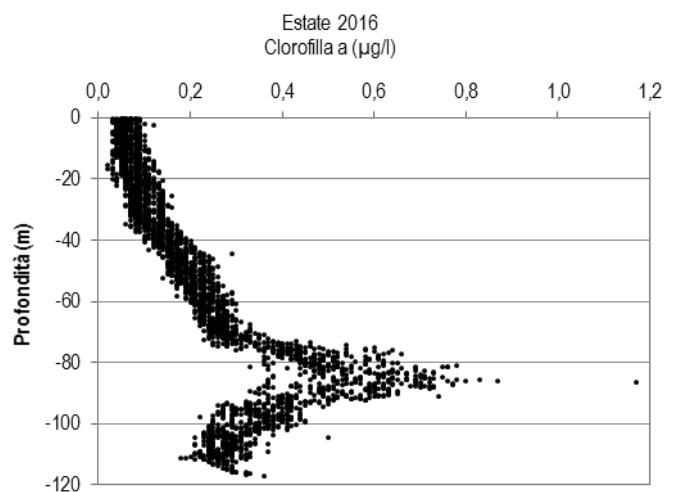


Figura 42 – Clorofilla "a" ($\mu\text{g l}^{-1}$).

La percentuale di saturazione dell'ossigeno disciolto, DO%, (Figura 41) presenta valori pressochè costanti e prossimi al 100%, dalla superficie al fondo in tutte le stazioni.

La clorofilla a (Figura 42), ha un andamento crescente con la profondità con valori massimi intorno agli 80-90m di profondità. I profili verticali sono molto simili in tutte le stazioni.

I valori di pH (Figura 43) sono compresi prevalentemente tra 8,20 e 7,80 ossia nei valori tipici dell'acqua di mare. Non si evidenziano differenze degne di nota né lungo il profilo verticale né tra le diverse stazioni.

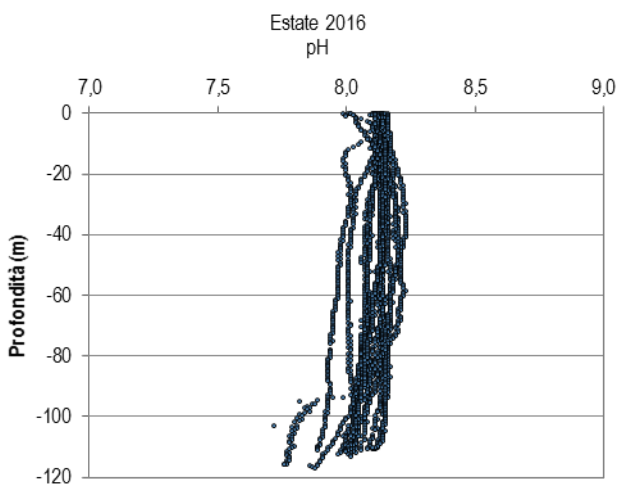


Figura 43 - pH.

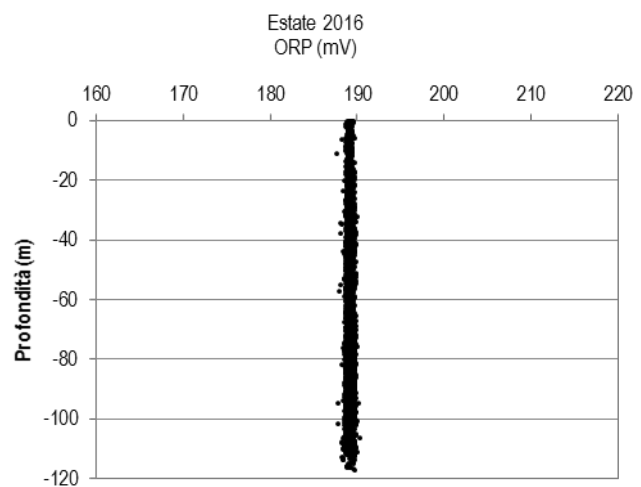


Figura 44 - ORP (mV).

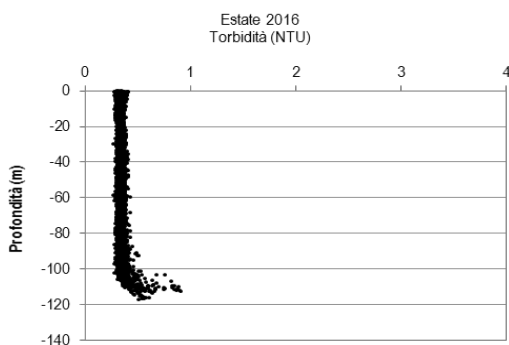


Figura 45 - Torbidità (NTU).

I valori del potenziale redox, ORP, (Figura 44) risultano pressochè costanti lungo il profilo verticale e non mostrano differenze tra stazioni.

La torbidità (Figura 45) mostra valori molto bassi, marcatamente inferiore ad 1NTU in tutte le stazioni di indagine. I profili verticali hanno un andamento costante dalla superficie al fondo dove si registra un aumento comunque trascurabile dato che valori rimangono inferiori a 1NTU.

Misure di irradianza e irradianza spettrale

In **Figura 46** sono mostrati i profili di irradianza PAR (Photosynthetic Available Radiation) sottomarina normalizzati rispetto a quella contemporanea superficiale alle stazioni E16 MG7 e E16 MG10. La profondità della zona eufotica (Z_{eu}) è 71,5 m alla stazione E16 MG7 e 71 m alla stazione E16 MG10. Nelle altre stazioni Z_{eu} varia da circa 70 m (stazioni E16 MG5, E16 MG9, E16 MG13) fino ad un massimo di 76 m alla stazione E16 MG3.

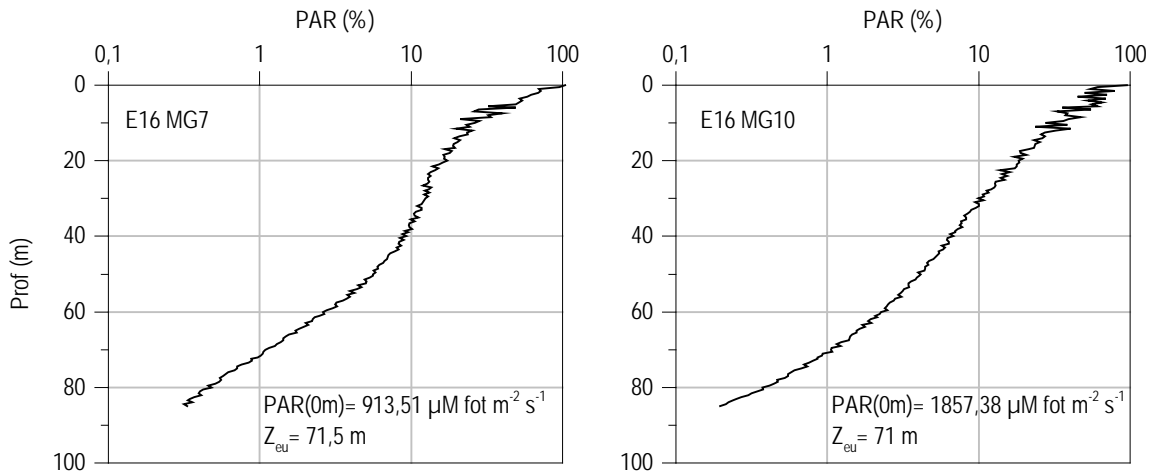


Figura 46 - Profilo del rapporto fra l'irradianza quantica PAR (Photosynthetic Available Radiation) disponibile alle varie profondità con quella contemporanea in superficie, PAR (0 m), delle stazioni E16 MG7 e E16 MG10.

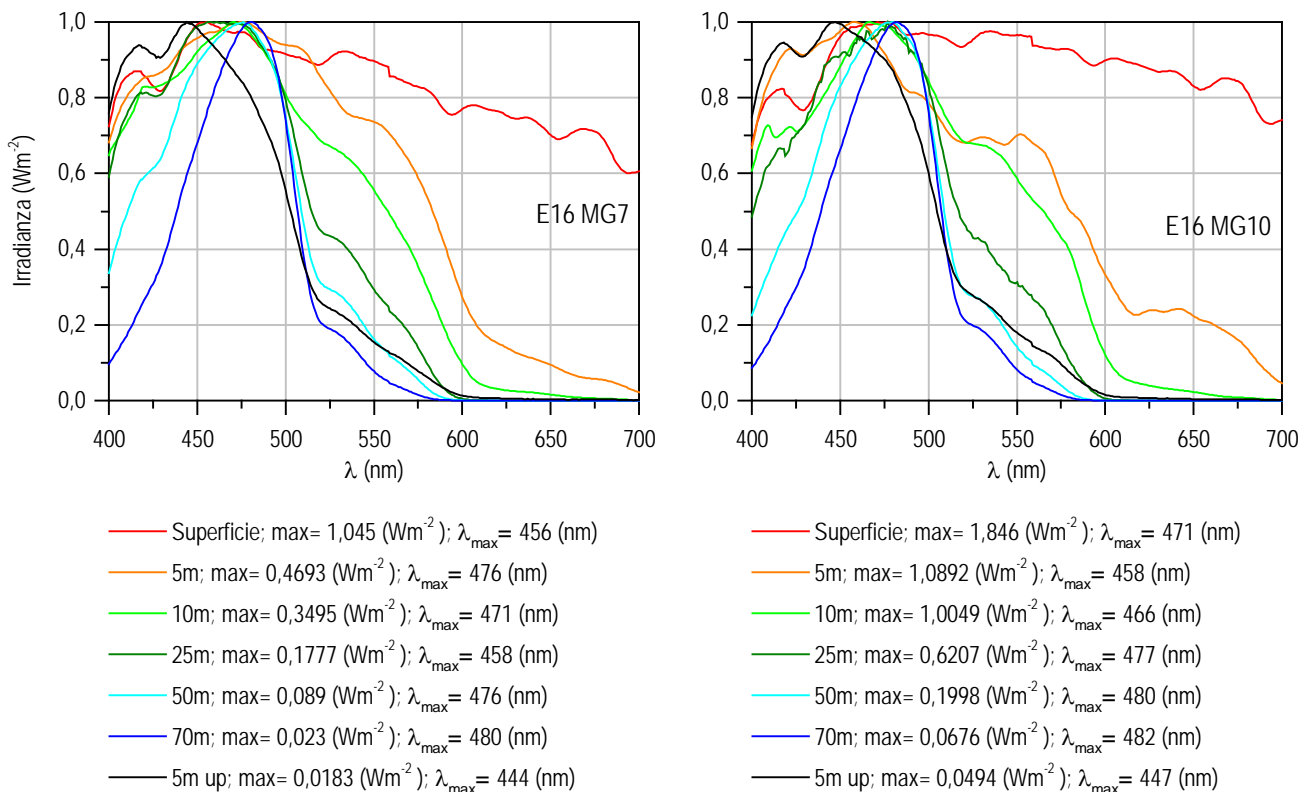


Figura 47 - Irradianza spettrale discendente superficiale e subacquea alle profondità indicate. E' inoltre riportata la irradianza spettrale ascendente a 5 m (5m up). Ogni spettro è stato normalizzato per il proprio massimo ($E_{max}(\lambda)$) riportato nella **legenda** insieme con la lunghezza dove si colloca (λ_{max}).

In **Figura 47** sono riportati gli spettri della irradianza discendente tra 400 e 700 nm in superficie e alle varie profondità insieme con quelli della irradianza ascendente a 5 m, tutti normalizzati per i loro massimi, alle stazioni E16 MG7 e E16 MG10. Le lunghezze d'onda dei massimi (λ_{max}) degli spettri dell'irradianza discendente alle profondità maggiori, che indicano la radiazione più penetrante, si collocano nel range di lunghezze d'onda comprese fra 476 e 482 nm. Alla maggior profondità (λ_{max} a 70 m) si collocano a 482 nm alla stazione E16 MG10 e a 480 nm alla stazione E16 MG7.

6.1.1 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche

Nutrienti inorganici disciolti

In **Tabella 27** sono riportate le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ortofosfati (PO_4), silicati (SiO_2), rilevate nelle 8 stazioni campionate.

Il campionamento estivo presenta le caratteristiche che ci si attendono considerando il ciclo annuale delle nostre latitudini. Le concentrazioni rilevate durante l'estate sono infatti in generale basse e circa dimezzate rispetto ai campionamenti invernale e primaverile. Questo in genere per silicati, nitriti e nitrati, mentre i fosfati si mantengono grosso modo sullo stesso livello di concentrazione. Le medie di tutte le stazioni e profondità sono: nitriti $0,055 \mu\text{M}$, nitrati $0,260 \mu\text{M}$, fosfati $0,052 \mu\text{M}$, silicati $0,634 \mu\text{M}$. Lungo tutta la colonna d'acqua invece i nitrati variano da $0,086$ a $0,518 \mu\text{M}$, i nitriti da $0,018$ a $0,119 \mu\text{M}$, i fosfati da $0,042$ a $0,065 \mu\text{M}$ e i silicati da $0,521$ a $0,846 \mu\text{M}$ (**Figura 48**).

L'andamento delle concentrazioni lungo la colonna d'acqua è abbastanza variabile; nel caso di nitriti e nitrati si osservano dei massimi in superficie, come alla stazione E16 MG5 e E16 MG3 (nitriti) e E16 MG6 (nitrati) e massimi anche a 50 o 70 m, come è il caso dei nitriti alla stazione E16 MG9, mentre per i silicati è maggiormente visibile un aumento delle concentrazioni verso il fondo in tutte le stazioni. Fa eccezione la stazione E16 MG7 nella quale le concentrazioni diminuiscono dalla superficie al fondo (**Figura 48**).

L'andamento con la profondità è quindi molto simile in tutte le stazioni pur con le differenze, come detto, dei massimi che possono essere a profondità diverse. Le concentrazioni sono nella norma e tipiche di questo periodo dell'anno che è solitamente il più povero in sostanze nutritive.

Tabella 27 - Concentrazioni dei nutrienti inorganici disciolti (μM).

Stazione	Prof. m	SiO_2	PO_4	NO_2	NO_3	Stazione	Prof. m	SiO_2	PO_4	NO_2	NO_3
E16 MG3	0,5	0,638	0,058	0,085	0,364	E16 MG9	0,5	0,582	0,046	0,061	0,140
	12,5	0,617	0,050	0,036	0,447		12,5	0,566	0,056	0,043	0,263
	50	0,581	0,058	0,069	0,374		50	0,530	0,050	0,091	0,108
	70	0,735	0,065	0,042	0,405		70	0,705	0,048	0,111	0,136
E16 MG5	0,5	0,558	0,047	0,119	0,157	E16 MG10	0,5	0,626	0,047	0,046	0,364
	12,5	0,601	0,045	0,049	0,187		12,5	0,683	0,044	0,071	0,161
	50	0,530	0,042	0,039	0,122		50	0,640	0,052	0,023	0,318
	70	0,772	0,046	0,018	0,175		70	0,846	0,058	0,024	0,484
E16 MG6	0,5	0,528	0,060	0,041	0,518	E16 MG12	0,5	0,547	0,051	0,046	0,167
	12,5	0,618	0,065	0,026	0,289		12,5	0,527	0,053	0,056	0,150
	50	0,521	0,048	0,041	0,086		50	0,522	0,065	0,047	0,356
	70	0,531	0,055	0,049	0,194		70	0,752	0,050	0,063	0,162
E16 MG7	0,5	0,801	0,051	0,048	0,207	E16 MG13	0,5	0,710	0,051	0,074	0,378
	12,5	0,709	0,053	0,058	0,301		12,5	0,671	0,054	0,053	0,225
	50	0,728	0,055	0,078	0,204		50	0,630	0,050	0,024	0,304
	70	0,640	0,052	0,058	0,208		70	0,648	0,048	0,068	0,368

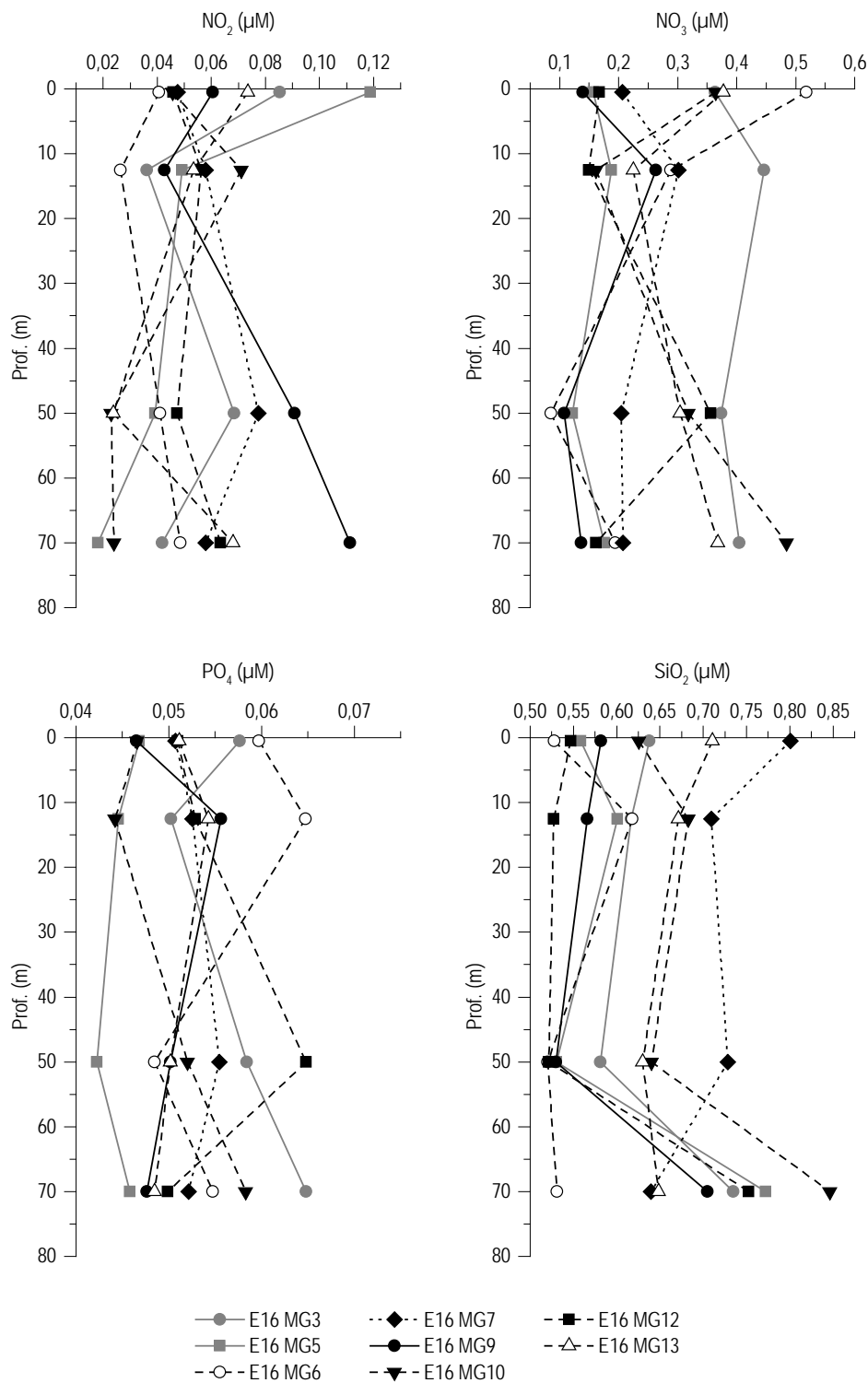


Figura 48 - Profili delle concentrazioni dei nutrienti inorganici disciolti: NO_2 (nitriti), NO_3 (nitrati), PO_4 (fosfati), SiO_2 (silicati).

Solidi sospesi (Total Suspended Matter)

Le concentrazioni di TSM in tutte le stazioni sono riportate in Tabella 28. Il valore medio generale è 0,93 mg/l, il minimo è 0,53 mg/l alla stazione E16 MG6 a 12,5 m ed il massimo è 2,43 mg/l alla stazione E16 MG5 a 12,5 m.

Prof. m	Stazione	TSM mg L ⁻¹	Stazione	TSM mg L ⁻¹
0,5	E16 MG3	0,6678	E16 MG9	0,6950
12,5		0,6220		0,5993
50		0,7283		0,7735
70		0,6868		0,7335
0,5	E16 MG5	0,7768	E16 MG10	0,8057
12,5		2,4303		1,1067
50		0,6910		0,8233
70		0,6792		0,8433
0,5	E16 MG6	0,6480	E16 MG12	1,7105
12,5		0,5347		0,6208
50		0,6055		0,8135
70		0,6222		0,6718
0,5	E16 MG7	0,8267	E16 MG13	0,7020
12,5		1,2693		0,6880
50		2,0567		1,6223
70		0,8407		0,8363

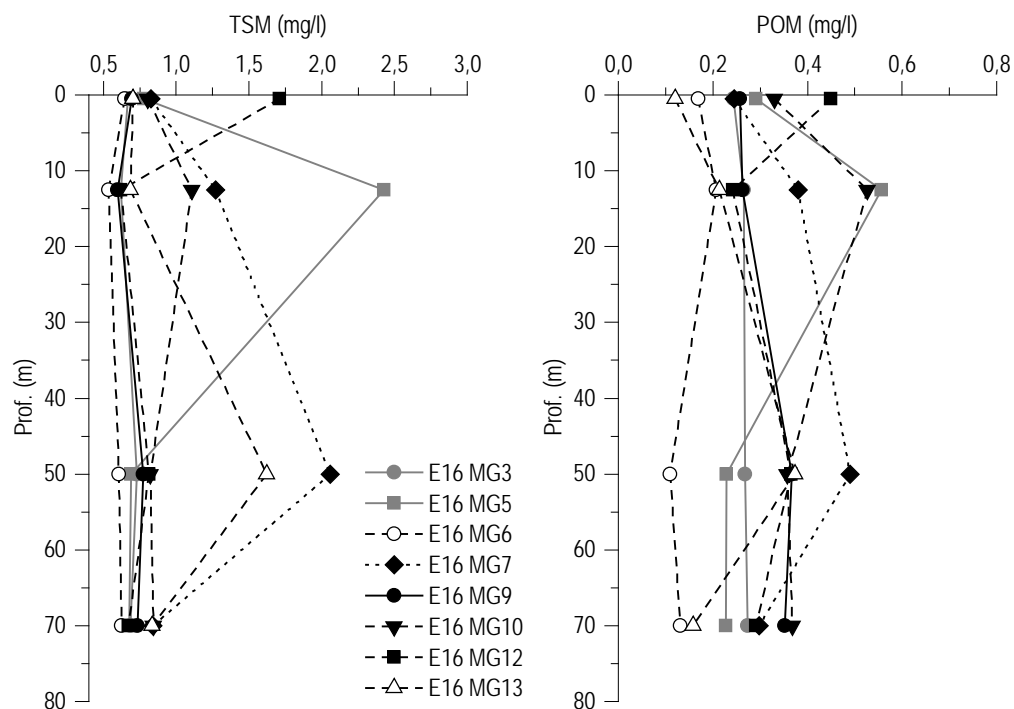


Figura 49 - Profili delle concentrazioni dei solidi sospesi (TSM) e delle concentrazioni di particolato organico (POM) nelle diverse stazioni.

I profili batimetrici delle concentrazioni di TSM (Figura 49) mostrano alcune stazioni con valori sostanzialmente simili lungo le profondità sempre inferiori a 1,0 mg/l, la stazione E16 MG12 con un massimo superficiale di 1,7 mg/l e altre con massimi diversamente collocati lungo la colonna d'acqua (E16 MG13, E16 MG7, E16 MG5). Non si rilevano comunque valori anomali, oltre quella che può essere considerata la variabilità naturale di questo parametro. La concentrazione della frazione organica del TSM (POM) è in media 0,30 mg/l con minimo di 0,11 mg/l alla stazione E16 MG6 a 50 m e massimo di 0,55 mg/l alla stazione E16 MG5 a 12,5 m. I profili batimetrici del POM presentano concentrazioni massime prevalentemente tra 12,5 m e 50 m mentre le concentrazioni minime si riscontrano in quasi tutte le stazioni a 12,5 m. Il POM rappresenta in media il 34,44% del TSM con minimo del 17,08% alla stazione E16 MG13 0,5 m e massimo del 47,95% alla stazione E16 MG9 70 m.

Sostanza organica disciolta cromoforica (CDOM)

Gli assorbimenti della CDOM a 325 nm ($a_{CDOM(325)}$) sono in media $0,238 \text{ m}^{-1}$ e variano da un minimo di $0,0109 \text{ m}^{-1}$ alla stazione E16 MG10 a 12,5 m ad un massimo di $0,600 \text{ m}^{-1}$ alla stazione E16 MG3 a 50 m (Tabella 29). I profili batimetrici di $a_{CDOM(325)}$ hanno andamento con minimi superficiali e massimi in profondità tra 50 e 70 m. L'unica stazione che si discosta da questo tipo di andamento è la E16 MG13 che presenta un aumento a 12,5 m, della stessa entità dei valori a 50 e 70 m (Figura 50).

Tabella 29 - Assorbimento della CDOM alla lunghezza d'onda di 325 nm				
Prof. m.	Stazione	$a_{CDOM(325)} \text{ m}^{-1}$	Stazione	$a_{CDOM(325)} \text{ m}^{-1}$
0,5	E16 MG3	0,1449	E16 MG9	0,1146
12,5		0,1547		0,1498
50		0,6008		0,3239
70		0,3042		0,3177
0,5	E16 MG5	0,1437	E16 MG10	0,1093
12,5		0,1342		0,1238
50		0,2984		0,2968
70		0,2937		0,2933
0,5	E16 MG6	0,1551	E16 MG12	0,1152
12,5		0,1730		0,1227
50		0,3127		0,2932
70		0,3158		0,2762
0,5	E16 MG7	0,1438	E16 MG13	0,1518
12,5		0,1705		0,3519
50		0,3337		0,3382
70		0,2784		0,3639

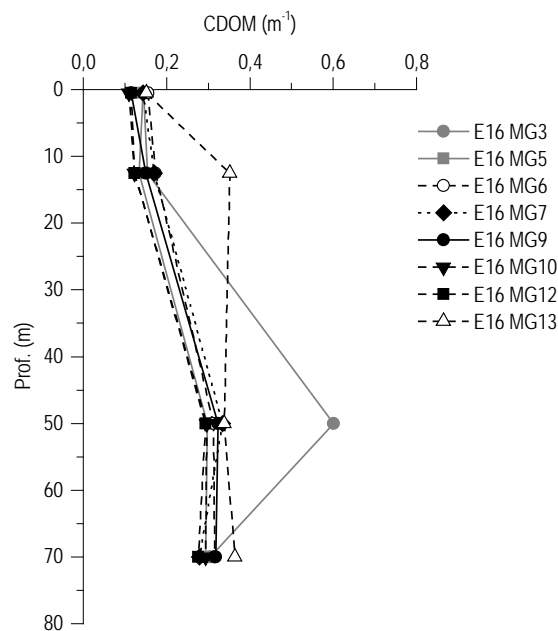


Figura 50 - Profili degli assorbimenti della CDOM a 325 nm ($a_{CDOM(325)}$) nelle diverse stazioni.

Clorofilla a (Chl a) e diversità pigmentaria

La concentrazione di clorofilla a è in media $0,117 \text{ mg/m}^3$ e varia da un minimo di $0,041 \text{ mg/m}^3$ alla stazione E16 MG13 0,5 m fino a un massimo di $0,268 \text{ mg/m}^3$ alla stazione E16 MG5 70 m (Tabella 30).

I profili batimetrici della concentrazione di clorofilla a nelle varie stazioni (Figura 51) mostrano una distribuzione molto simile fra le stazioni con minimi superficiali ed un aumento progressivo fino ai massimi a 70 m, compresi tra $0,1$ e $0,27 \text{ mg/m}^3$. Le basse concentrazioni e i massimi profondi sono tipici del periodo di fine estate nei nostri mari, in relazione alla stratificazione della colonna d'acqua e alla diversa composizione del popolamento fitoplanctonico profondo.

Tabella 30 - Clorofilla a totale (somma della clorofilla a, della Divinil Clorofilla a e della Alloclorofilla a, se presenti).

Prof. m	Stazione	chl a tot mg m ⁻³	Stazione	chl a tot mg m ⁻³
0,5	E16 MG3	0,0568	E16 MG9	0,0566
12,5		0,0490		0,0678
50		0,0880		0,0997
70		0,2594		0,2683
0,5	E16 MG5	0,0717	E16 MG10	0,1457
12,5		0,0761		0,0763
50		0,1283		0,1139
70		0,2640		0,2170
0,5	E16 MG6	0,0498	E16 MG12	0,0729
12,5		0,0648		0,0713
50		0,1094		0,1215
70		0,1923		0,2674
0,5	E16 MG7	0,0639	E16 MG13	0,0410
12,5		0,0537		0,0540
50		0,0921		0,1114
70		0,1622		0,1814

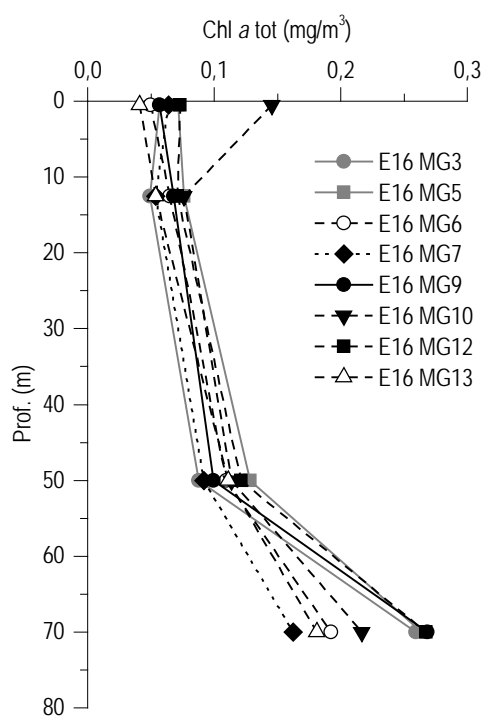


Figura 51 - Profili della concentrazione di clorofilla a tot, alle diverse stazioni.

Tabella 31 - Concentrazioni (mg m^{-3}) dei principali pigmenti diagnostici fitoplanctonici (per le sigle vedere i metodi).

Stazione	Prof.m	Fuco	Perid	Hex-Fuco	But-Fuco	Prasino	Allo	Zea	DVA	Chl b
E16 MG3	0,5	0,0025	0,0063	0,0142	0,0045	0,0000	0,0000	0,0123	0,0000	0,0088
	12,5	0,0030	0,0064	0,0139	0,0053	0,0000	0,0000	0,0109	0,0006	0,0104
	50	0,0048	0,0063	0,0220	0,0115	0,0006	0,0000	0,0250	0,0168	0,0188
	70	0,0121	0,0060	0,0504	0,0403	0,0058	0,0007	0,0419	0,0932	0,0991
E16 MG5	0,5	0,0050	0,0063	0,0205	0,0080	0,0003	0,0002	0,0106	0,0000	0,0290
	12,5	0,0047	0,0074	0,0221	0,0098	0,0002	0,0004	0,0125	0,0010	0,0081
	50	0,0044	0,0068	0,0323	0,0145	0,0005	0,0000	0,0286	0,0182	0,0211
	70	0,0104	0,0058	0,0699	0,0350	0,0055	0,0015	0,0482	0,0885	0,0846
E16 MG6	0,5	0,0039	0,0060	0,0137	0,0058	0,0000	0,0004	0,0088	0,0011	0,0101
	12,5	0,0073	0,0078	0,0162	0,0080	0,0002	0,0002	0,0100	0,0000	0,0194
	50	0,0084	0,0067	0,0329	0,0159	0,0012	0,0003	0,0245	0,0183	0,0224
	70	0,0109	0,0064	0,0532	0,0308	0,0011	0,0009	0,0407	0,0722	0,0445
E16 MG7	0,5	0,0054	0,0090	0,0182	0,0096	0,0000	0,0002	0,0106	0,0055	0,0103
	12,5	0,0067	0,0093	0,0131	0,0123	0,0000	0,0000	0,0101	0,0032	0,0133
	50	0,0065	0,0084	0,0245	0,0165	0,0001	0,0000	0,0215	0,0247	0,0349
	70	0,0053	0,0082	0,0367	0,0192	0,0000	0,0008	0,0335	0,0674	0,0526
E16 MG9	0,5	0,0048	0,0073	0,0161	0,0097	0,0001	0,0001	0,0094	0,0020	0,0127
	12,5	0,0039	0,0069	0,0169	0,0082	0,0001	0,0000	0,0140	0,0016	0,0180
	50	0,0072	0,0068	0,0248	0,0139	0,0008	0,0008	0,0270	0,0190	0,0250
	70	0,0073	0,0056	0,0419	0,0249	0,0024	0,0013	0,0389	0,0576	0,0775
E16 MG10	0,5	0,0058	0,0100	0,0174	0,0096	0,0003	0,0002	0,0098	0,0049	0,0255
	12,5	0,0088	0,0095	0,0193	0,0082	0,0002	0,0000	0,0105	0,0023	0,0176
	50	0,0048	0,0088	0,0278	0,0114	0,0009	0,0000	0,0278	0,0196	0,0286
	70	0,0098	0,0101	0,0475	0,0277	0,0034	0,0010	0,0435	0,0681	0,0726
E16 MG12	0,5	0,0047	0,0077	0,0205	0,0075	0,0004	0,0000	0,0087	0,0011	0,0089
	12,5	0,0052	0,0064	0,0191	0,0098	0,0007	0,0001	0,0104	0,0027	0,0178
	50	0,0055	0,0068	0,0290	0,0140	0,0003	0,0007	0,0303	0,0202	0,0256
	70	0,0090	0,0067	0,0696	0,0334	0,0027	0,0013	0,0453	0,0893	0,1037
E16 MG13	0,5	0,0025	0,0064	0,0153	0,0043	0,0006	0,0000	0,0072	0,0000	0,0091
	12,5	0,0057	0,0070	0,0161	0,0090	0,0002	0,0000	0,0090	0,0016	0,0078
	50	0,0076	0,0074	0,0355	0,0177	0,0004	0,0006	0,0236	0,0159	0,0251
	70	0,0084	0,0064	0,0470	0,0227	0,0010	0,0008	0,0337	0,0746	0,0489

Le concentrazioni dei nove pigmenti diagnostici principali sono riportate in **Tabella 31**. Il pigmento a maggiore concentrazione media è Chl *b* (media 0,031, min 0,0078, max 0,103 mg/m^3), seguono in concentrazioni decrescenti, Hex-Fuco (media 0,028, min 0,013, max 0,069 mg/m^3), DVA (media 0,024, max 0,093 mg/m^3 e minimi anche al limite della rilevabilità), Zea (media 0,021, min 0,007, max 0,048 mg/m^3), But-Fuco (media 0,015, min 0,004 mg/m^3 , max 0,040 mg/m^3), Perid (media 0,007, min 0,005, max 0,010 mg/m^3), Fuco (media 0,006, min 0,002, max 0,012 mg/m^3), Prasino (media 0,0009, max 0,005 mg/m^3 e minimi anche al limite della rilevabilità) e Allo (media 0,0004, max 0,001 mg/m^3 e talvolta assente).

La composizione pigmentaria presenta una differenziazione generalmente comune alle varie stazioni e dai rapporti tra i singoli pigmenti e la loro somma totale si ottiene una stima della composizione tassonomica del popolamento fitoplanctonico (**Figura 52**).

Hex-Fuco (marker delle Prymnesiophyceae coccolitofori) e Chl *b* (indicatore delle Chlorophyta) sono i pigmenti con contributi percentuali medi simili (23,6% e 21,8%, rispettivamente) e prevalenti in tutte le stazioni rispetto agli altri. Hex-Fuco mostra contributi percentuali maggiori in superficie. But-Fuco (marker di Dictyochophyceae, Chrysophyceae, Prymnesiophyceae non Coccolitofori) si presenta con contributi simili in tutte le stazioni e più bassi dei precedenti (non oltre il 18%) mentre Fuco (marker delle Diatomee) e Perid (marker dei Dinoflagellati) hanno tra le concentrazioni più basse, con un contributo medio rispettivamente del 6 e dell'8% e sono presenti con percentuali maggiori in superficie. Forniscono un contributo maggiore in questa campagna i pigmenti diagnostici della frazione picoplanctonica dei Cianobatteri, Zeaxantina (marker delle forme assimilabili al genere *Synechococcus*) e DVA (marker del genere *Prochlorococcus*) che, sebbene sempre con concentrazioni piuttosto basse, costituiscono in media complessivamente il 29% del popolamento e aumentano di importanza a 50 e 70 m (fino al 45% in E16 MG7) prevalentemente per l'incremento della DVA. Gli aumenti in profondità di questa frazione fitoplanctonica danno conto della distribuzione verticale della clorofilla *a* (**Figura 51**) che presenta massimi profondi, come è da aspettarsi nella stagione estiva.

Dall'analisi delle variazioni dei rapporti e dalla rappresentazione della **Figura 52** non emergono differenze sostanziali tra le diverse stazioni.

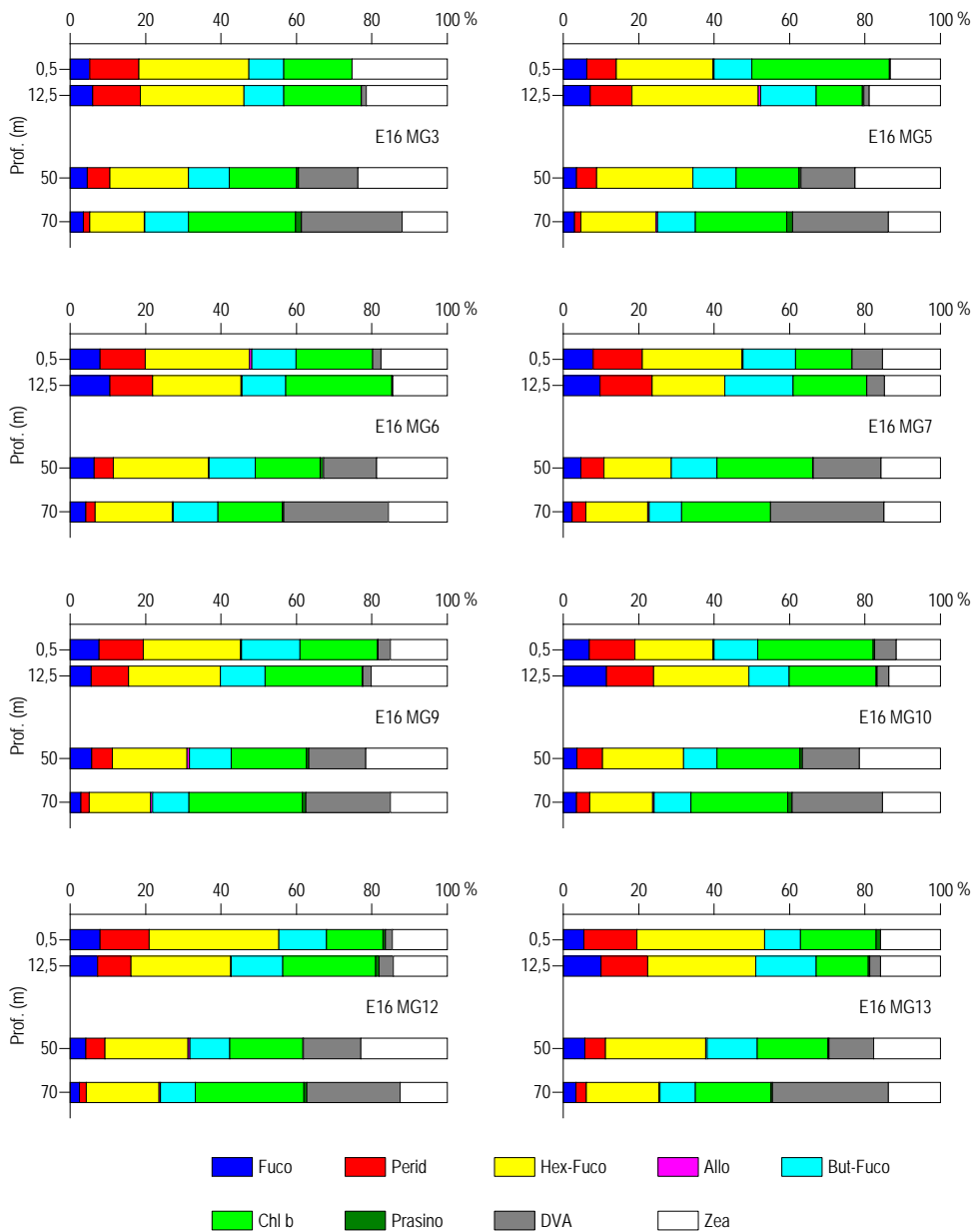


Figura 52 – Istogrammi della composizione percentuale di ognuno dei singoli pigmenti diagnostici in rapporto al totale delle concentrazioni dei nove pigmenti Diagnostici (PD= Fuco+Perid+Hex-Fuco+But-Fuco+Allo+Prasino+Chl**b**+DVA+Zea).

Tensioattivi

I tensioattivi non sono stati rilevati (**Tabella 32**).

Tabella 32 - Risultati della ricerca dei tensioattivi anionici e non ionici in acqua di mare lungo il profilo batimetrico. I dati sono espressi in mg/l. Le profondità di prelievo (0,5; 12,5; 50; 70) sono espresse in metri.																
	E16 MG3				E16 MG5				E16 MG6				E16 MG7			
	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70
Tensioattivi anionici	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Tensioattivi non ionici	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
	E16 MG9				E16 MG10				E16 MG12				E16 MG13			
	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70
Tensioattivi anionici	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Tensioattivi non ionici	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03

Cloroderivati

Questi composti (Tabella 33) sono al di sotto del limite di quantificazione in tutte le stazioni.

Tabella 33 - Risultati della ricerca dei cloroderivati in acqua di mare lungo il profilo batimetrico investigato in E16. I dati sono espressi in µg/l. Le profondità di prelievo (0,5; 12,5; 50; 70) sono espresse in metri.

	E16 MG3				E16 MG5				E16 MG6				E16 MG7			
	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70
Acidi Aloacetici (µg/l)																
Dalapon	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Dibromoacetico	1,3	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Tribromoacetico	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Acido Monobromoacetico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Bromodichloroacetico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Bromocloroacetico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Dichloroacetico	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Acido Tricloroacetico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Monocloroacetico	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Acido Clorodibromoacetico	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Alcoetoni. Sottoprodotti di disinfezione da clorazione (µg/l)																
Dibromoacetone	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Dichloroacetone	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Tricloroacetone	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
1,1,1-Tricloro-2-Propanone	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	1,2	<0,2
1,1-Dicloro-2-Propanone	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Cloropirina	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Alometani e V.O.C. (µg/l)																
Cloroformio	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	<0,01	0,01	0,01	0,01	<0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Carbonio Tetracloruro	<0,01	0,03	0,03	<0,01	<0,01	0,03	0,03	<0,01	0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	0,03	0,03
Tricloro Etilene	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	<0,01	<0,01	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Dicloro Bromo Metano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,04	0,04	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	0,04	0,04
Tetracloro Etilene	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,04	<0,01	<0,01
Dibromo Cloro Metano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Bromoformio	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,01
1,2-Dibromo Etano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,1,1-Tricloro Etano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,1,2-Tricloro Etano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Alifenoli SVOC (µg/L)																
2,4-Diclorofenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
4-Cloro-3-Metilfenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
2,4,6-Triclorofenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Pentaclorofenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2

Continua Tabella 33

	E16 MG9				E16 MG10				E16 MG12				E16 MG13			
	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70
Acidi Aloacetici (µg/l)																
Dalapon	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Dibromoacetico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Tribromoacetico	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Acido Monobromoacetico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Bromodichloroacetico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Bromocloroacetico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Dichloroacetico	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Acido Tricloroacetico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Monocloroacetico	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Acido Clorodibromoacetico	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Alcoetoni. Sottoprodotti di disinfezione da clorazione (µg/l)																
Dibromoacetone	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Dichloroacetone	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05

Tricloroacetoneitrile	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
1,1,1-Tricloro-2-Propanone	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
1,1-Dicloro-2-Propanone	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Cloropicrina	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Alometani e V.O.C. (µg/l)																
Cloroformio	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Carbonio Tetracloruro	<0,01	0,04	<0,01	0,03	<0,01	0,04	0,03	0,03	<0,01	0,03	<0,01	0,03	<0,01	<0,01	0,04	<0,01
Tricloro Etilene	0,04	<0,01	<0,01	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,04	<0,01	0,04	<0,01	0,05	<0,01	<0,01
Dicloro Bromo Metano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Tetracloro Etilene	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Dibromo Cloro Metano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Bromoformio	<0,01	0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,2-Dibromo Etano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,1,1-Tricloro Etano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,1,2-Tricloro Etano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Alofenoli SVOC (µg/l)																
2,4-Diclorofenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
4-Cloro-3-Metilfenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
2,4,6-Triclorofenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Pentaclorofenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2

Idrocarburi totali

Sono stati rilevati un po' ovunque senza pattern particolari riconducibili alla presenza dell' FSRU (Tabella 34).

Tabella 34 - Risultati della ricerca di idrocarburi totali in acqua di mare lungo il profilo batimetrico. I dati sono espressi in microgrammi/litro. Le profondità di prelievo (0,5; 12,5; 50; 70) sono espresse in metri.

E16 MG3				E16 MG5				E16 MG6				E16 MG7			
0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70
115,7	123,8	102,3	111,4	97,0	181,4	121,3	107,2	121,0	159,8	96,2	113,3	205,5	116,1	116,2	100,2
E16 MG9				E16 MG10				E16 MG12				E16 MG13			
0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70
174,9	100,6	139,9	100,3	97,3	137,3	81,9	153,4	146,0	109,2	79,7	70,7	135,0	138,3	105,8	132,3

Analisi microbiologiche

Dall'analisi microbiologica condotta nelle acque superficiali (Tabella 35) non è stata rilevata la presenza né di coliformi fecali, né di streptococchi fecali. Solo in E16 MG3 sono presenti i coliformi totali.

Tabella 35 - Risultati delle analisi microbiologiche condotte nelle acque superficiali durante la stagione estiva. I dati sono espressi in ufc/100ml.

	E16 MG3	E16 MG5	E16 MG6	E16 MG7	E16 MG9	E16 MG10	E16 MG12	E16 MG13
Streptococchi fecali (Enterococchi)	-	-	-	-	-	-	-	-
Coliformi Fecali	-	-	-	-	-	-	-	-
Coliformi totali	1	-	-	-	-	-	-	-

6.1.2 Saggi eco tossicologici su campioni di acqua

I valori chimico-fisici delle acque prelevate con cui sono stati effettuati i saggi biologici sono riportati in Tabella 36.

Tabella 36 - Parametri registrati nell'acqua dei campioni testati con <i>V. fischeri</i> , <i>P. lividus</i> , <i>P. tricornutum</i> e <i>D. labrax</i> . Salinità (‰); Ossigeno disciolto (mg/l).									
Campione	Prof. m	Salinità	pH	Ossigeno disciolto	Campione	Prof. m.	Salinità	pH	Ossigeno disciolto
Controllo		36							
E16 MG3	0,5	38	8,18	6,48	E16 MG9	0,5	38	8,14	6,55
	12,5	38	8,07	6,51		12,5	38	8,14	6,58
	50	38	8,15	6,38		50	38	8,11	6,71
E16 MG5	0,5	38	8,11	6,47	E16 MG10	0,5	38	8,14	6,73
	12,5	38	8,14	6,46		12,5	38	8,13	6,68
	50	38	8,13	6,53		50	38	8,11	6,65

Tabella 36 - Parametri registrati nell'acqua dei campioni testati con *V. fischeri*, *P. lividus*, *P. tricornutum* e *D. labrax*. Salinità (‰); Ossigeno disciolto (mg/l).

E16 MG6	0,5	38	8,12	6,68	E16 MG12	0,5	38	8,13	6,60
	12,5	38	8,10	6,61		12,5	38	8,17	6,55
	50	38	8,12	6,70		50	38	8,08	6,45
E16 MG7	0,5	38	8,04	6,69	E16 MG13	0,5	38	8,11	6,38
	12,5	38	8,11	6,68		12,5	38	8,06	6,70
	50	38	8,06	6,73		50	38	8,09	6,43

Vibrio fischeri

Nella **Tabella 37** sono riportati i risultati relativi al test di inibizione della bioluminescenza batterica di *V. fischeri*.

Il test è stato effettuato con il lotto batterico n. 15H4107A (scadenza 09/17). Il valore della EC50 (15') = 9,99 mg/l (LC= 8,03 mg/l e UC=12,44 mg/l) ottenuto con la sostanza di riferimento ZnSO₄ · 7H₂O rientra nei limiti della carta di controllo del laboratorio. L'assenza di inibizione della bioluminescenza non consente di determinare né una EC20 né una EC50 evidenziando assenza di tossicità in tutti i campioni di acqua testati.

Tabella 37 - Risultati del test con il *V. fischeri* eseguito su campioni di acqua (incubazione 15', 30') prelevati a diverse profondità. EC20, EC50, effetto 15', effetto 30', espressi in %.

Campione	Prof.	EC20	EC50	max. effetto 15'	max. effetto 30'	Tossicità	Campione	Prof.	EC20	EC50	max. effetto 15'	max. effetto 30'	Tossicità
E16 MG3	0,5	≥90	>90	-10,59	-13,24	assente	E16 MG9	0,5	≥90	>90	-7,92	-9,99	assente
	12,5	≥90	>90	-8,96	-11,44			12,5	≥90	>90	-11,60	-13,02	
	50	≥90	>90	-9,72	-9,93			50	≥90	>90	-11,99	-13,48	
E16 MG5	0,5	≥90	>90	-9,35	-10,50		E16 MG10	0,5	≥90	>90	-7,99	-10,49	
	12,5	≥90	>90	-10,24	-12,00			12,5	≥90	>90	-9,90	-14,69	
	50	≥90	>90	-12,57	-12,95			50	≥90	>90	-9,23	-13,35	
E16 MG6	0,5	≥90	>90	-10,95	-12,18		E16 MG12	0,5	≥90	>90	-6,58	-10,42	
	12,5	≥90	>90	-11,30	-12,02			12,5	≥90	>90	-6,01	-9,41	
	50	≥90	>90	-8,89	-13,25			50	≥90	>90	-11,39	-11,18	
E16 MG7	0,5	≥90	>90	-8,46	-11,51		E16 MG13	0,5	≥90	>90	-4,59	-5,84	
	12,5	≥90	>90	-10,31	-12,59			12,5	≥90	>90	-7,96	-9,38	
	50	≥90	>90	-11,13	-13,75			50	≥90	>90	-6,69	-6,98	

Phaeodactylum tricornutum

Nella **Tabella 38** sono riportati i risultati del test d'inibizione della crescita algale (72 h) con *P. tricornutum*.

Tabella 38 - Risultati del test con *Phaeodactylum tricornutum* condotti su campioni di acqua (incubazione 72 h) prelevati a diverse profondità (esprese in metri). EC 20, EC 50 (L.C. 95%) espressa in %.

Campione	Prof.	EC _{20/50} %	Media N. cell. ± DS x 10 ⁶ /ml		Tossicità	Campione	Prof.	EC _{20/50} %	Media N. cell. ± DS x 10 ⁶ /ml		Tossicità
Controllo			9,91	± 0,11							
E16 MG3	0,5	55,09/>100	5,14	± 0,11	Bassa	E16 MG9	0,5	>90/>100	7,72	± 0,92	Assente
	12,5	86,49/>100	7,21	± 0,27			12,5	>90/>100	8,13	± 0,09	Assente
	50	60,90/>100	5,60	± 0,09			50	83,64/>100	7,10	± 0,15	Bassa
E16 MG5	0,5	80,48/>100	7,12	± 0,34		E16 MG 10	0,5	>90/>100	7,96	± 0,13	Assente
	12,5	72,01/>100	6,20	± 0,41			12,5	73,58/>100	5,78	± 0,20	Bassa
	50	76,15/>100	6,57	± 0,18			50	>90/>100	8,23	± 0,58	Assente
E16 MG6	0,5	77,24/>100	6,70	± 0,32		E16 MG 12	0,5	72,10/>100	6,37	± 0,50	Bassa
	12,5	78,85/>100	6,62	± 0,14			12,5	86,88/>100	7,26	± 0,15	
	50	80,23/>100	6,78	± 0,28			50	87,05/>100	7,26	± 0,39	
E16 MG7	0,5	70,49/>100	6,32	± 0,50		E16 MG 13	0,5	>90/>100	9,19	± 1,29	Assente
	12,5	73,80/>100	5,84	± 0,21			12,5	69,55/>100	5,81	± 0,42	Bassa
	50	84,78/>100	7,10	± 0,26			50	>90/>100	9,87	± 0,99	Assente

I risultati sono espressi come media ± DS del numero di cellule (n. di repliche/campione=3) e come EC20 e EC20 espressi in percentuale. In tabella è anche riportata la media ± DS del numero di cellule del controllo negativo rappresentato da acqua di mare naturale.

Il test con il tossico di riferimento (dicromato di potassio) ha fornito un valore dell'EC₅₀=10,59 mg/l (L.C. 95%: 10,36-10,85) che rientra all'interno della carta di controllo del laboratorio. Il test è stato ritenuto valido in quanto la crescita algale nei controlli negativi, rispetto all'inoculo iniziale, ha superato il fattore 16, come indicato nelle linee guida.

L'assenza di inibizione della crescita algale rispetto ai propri controlli negativi e i valori dell'EC₂₀ e dell'EC₅₀ evidenziano l'assenza di tossicità cronica nei campioni E16 MG9/0,5, E16 MG9/12,5, E16 MG10/0,5, E16 MG10/50, E16 MG13/0,5 e E16 MG13/50. Nei restanti campioni è stata rilevata la presenza di tossicità cronica bassa.

Dicentrarchus labrax

Nella **Tabella 39** sono riportati i risultati relativi al saggio di tossicità acuta condotto sui campioni di colonna d'acqua utilizzando giovanili di *D. labrax* (73±10 mm). Pur non essendo disponibile una scala di tossicità per questa tipologia di saggio biologico, tutti i campioni hanno mostrato una percentuale di mortalità inferiore al 10%, limite indicato come mortalità accettabile nel controllo. Si può quindi ragionevolmente dedurre che tutti i campioni hanno mostrato assenza di tossicità. Il saggio con tossico di riferimento ha mostrato valori di LC₅₀ pari a 1,98 mg/L (L.C. 95%: 1,38 mg/L-2,91 mg/L), valore che rientra all'interno della carta di controllo del laboratorio (1,65-2,94 mg/l).

Tabella 39 - Risultati del test con giovanili di *Dicentrarchus labrax* esposte a campioni di colonna d'acqua (96 h). Screening test su campioni tal quale (senza diluizioni). Il controllo è costituito da acqua di stabulazione. Volume 5000 ml, aerazione, % saturazione ossigeno disciolto >90%, pH range 8,04-8,17, salinità ‰ 38, temperatura 20,5±1 °C.

Campione	Prof, m	N, pesci esposti			% mortalità media	Tossicità acuta	Campione	Prof, m	N, pesci esposti			% mortalità media	Tossicità acuta
		R1	R2	R3					R1	R2	R3		
Controllo	-	10	10	10	9.7	Assente							
E16 MG3	0,5	10	10	10	10.0		E16 MG9	0,5	10	10	10	3.3	Assente
	12,5	10	10	10	3.3			12,5	10	10	10	3.3	
	50	10	10	10	2.8			50	10	10	10	3.3	
E16 MG5	0,5	10	10	10	0.0		E16 MG10	0,5	10	10	10	3.3	
	12,5	10	10	10	6.7			12,5	10	10	10	3.3	
	50	10	10	10	6.7			50	10	10	10	9.1	
E16 MG6	0,5	10	10	10	3.3		E16 MG12	0,5	10	10	10	3.3	
	12,5	10	10	10	3.3			12,5	10	10	10	3.3	
	50	10	10	10	3.3			50	10	10	10	3.3	
E16 MG7	0,5	10	10	10	10.0		E16 MG13	0,5	10	10	10	9.1	
	12,5	10	10	10	3.3			12,5	10	10	10	0.0	
	50	10	10	10	0.3	50		10	10	10	3.3		

Paracentrotus lividus

Il test eseguito con la sostanza di riferimento ha fornito una EC₅₀ di 20,32 µg/l di Cu (LC=19,09 e UC=21,63), che rientra nei limiti della carta di controllo del laboratorio. La percentuale media di embrioni allo stadio di pluteo (85 ± 1,15%) è risultata conforme, in quanto superiore al limite del 75% e inferiore al limite del 95%.

Le percentuali degli embrioni che hanno raggiunto lo stadio di pluteo nel test di embriotossicità (72 ore) con *P. lividus* e successiva stima della tossicità cronica (EC₂₀/50) dei campioni della colonna d'acqua sono riportati nella tabella **Tabella 40**.

Tabella 40 - Risultati del test di embriotossicità (72ore) con *P. lividus* e successiva stima della tossicità cronica.

	Concentrazione (%) del campione	% media di plutei (± dev.st %)	% media di embrioni non sviluppati	Correzione ABBOTT (embrioni non sviluppati)	EC 20 (%)	EC 50 (%)	Tossicità
Controllo		85 ± 0,58	15	0	> 90	>100	Assente
E16 MG3/0,5	100	72 ± 2,00	28	15	> 90	>100	Assente
	50	78 ± 1,73	22	8			
	25	81 ± 1,53	19	4			
E16 MG3/12,5	100	62 ± 2,00	38	27	68,2	>100	Bassa
	50	71 ± 1,53	29	17			
	25	81 ± 1,53	19	5			
E16 MG3/50	100	70 ± 1,53	30	18	> 90	>100	Assente
	50	76 ± 1,53	24	10			
	25	81 ± 1,53	19	4			
E16 MG5/0,5	100	57 ± 4,93	43	33	55,5	>100	Bassa
	50	67 ± 2,08	33	20			
	25	81 ± 1,53	19	5			
E16 MG5/12,5	100	51 ± 2,52	49	40	51	>100	Bassa
	50	67 ± 2,00	33	21			

Tabella 40 - Risultati del test di embriotossicità (72ore) con *P. lividus* e successiva stima della tossicità cronica.

	Concentrazione (%) del campione	% media di plutei (\pm dev.st %)	% media di embrioni non sviluppati	Correzione ABBOTT (embrioni non sviluppati)	EC 20 (%)	EC 50 (%)	Tossicità
	25	80 \pm 1,53	20	5			
E16 MG5/50	100	64 \pm 0,58	36	25			Assente
	50	72 \pm 2,00	28	15	74,9	>100	
	25	81 \pm 2,08	19	4			
E16 MG6/0,5	100	63 \pm 3,06	37	26			Bassa
	50	73 \pm 1,53	27	13	75	>100	
	25	81 \pm 1,53	19	4			
E16 MG6/12,5	100	66 \pm 1,53	34	22			Bassa
	50	74 \pm 2,08	26	13	84,3	>100	
	25	82 \pm 1,15	18	3			
E16 MG6/50	100	68 \pm 1,15	32	20			Assente
	50	75 \pm 0,58	25	11	> 90	>100	
	25	81 \pm 1,15	19	4			
E16 MG7/0,5	100	57 \pm 1,53	43	33			Bassa
	50	63 \pm 1,53	37	25	49,3	>100	
	25	80 \pm 2,00	20	6			
E16 MG7/12,5	100	64 \pm 1,53	36	24			Bassa
	50	69 \pm 2,08	31	18	71,6	>100	
	25	81 \pm 1,53	19	4			
E16 MG7/50	100	63 \pm 1,53	37	25			Bassa
	50	70 \pm 1,53	30	18	69,7	>100	
	25	81 \pm 0,58	19	4			
E16 MG9/0,5	100	64 \pm 1,00	36	24			Bassa
	50	71 \pm 1,53	29	16	74,6	>100	
	25	81 \pm 1,53	19	4			
E16 MG9/12,5	100	72 \pm 2,00	28	15			Assente
	50	77 \pm 1,53	23	9	> 90	>100	
	25	82 \pm 1,73	18	3			
E5 MG9/50	100	60 \pm 0,58	40	29			Bassa
	50	70 \pm 1,53	30	17	65,5	>100	
	25	82 \pm 0,00	18	3			
E5 MG10/0,5	100	65 \pm 1,15	35	23			Bassa
	50	74 \pm 1,53	26	12	86,3	>100	
	25	81 \pm 1,53	19	4			
E16 MG10/12,5	100	70 \pm 1,53	30	17			Assente
	50	76 \pm 0,58	24	10	> 90	>100	
	25	82 \pm 1,53	18	4			
E16MG10/50	100	74 \pm 1,15	26	12			Assente
	50	78 \pm 1,53	22	8	> 90	>100	
	25	83 \pm 1,53	17	2			
E16 MG12/0,5	100	55 \pm 1,73	45	35			Bassa
	50	67 \pm 1,53	33	20	54,7	>100	
	25	81 \pm 1,15	19	4			
E16 MG12/12,5	100	66 \pm 1,53	34	22			Bassa
	50	71 \pm 1,00	29	16	81,7	>100	
	25	82 \pm 1,00	18	3			
E16 MG12/50	100	62 \pm 1,73	38	27			Bassa
	50	73 \pm 1,53	27	13	73,4	>100	
	25	81 \pm 1,73	19	4			
E16 MG13/0,5	100	56 \pm 1,15	59	50			Bassa
	50	66 \pm 1,53	69	29	53,2	>100	
	25	81 \pm 2,65	79	8			
E16 MG13/12,5	100	35 \pm 1,41	57	40			Media
	50	57 \pm 2,12	65	25	37,9	80	
	25	79 \pm 2,12	80	4			
E16 MG13/50	100	59 \pm 0,71	57	31			Bassa
	50	67 \pm 1,41	65	22	58	>100	
	25	81 \pm 2,83	80	4			

6.1.3 Plancton

6.1.3.1 Fitoplancton

Analisi quantitativa e qualitativa del fitoplancton da bottiglia

Le densità fitoplanctoniche totali (Tabella 41) variano tra circa 17,5 cell/ml alla stazione E16 MG13 12,5 m e 60,10 cell/ml alla stazione E16 MG10 50 m con una media di circa 36,68 cell/ml. Gli andamenti delle densità cellulari (Figura 53) mostrano una situazione simile nelle varie stazioni con minimi superficiali e massimi a 50 m; solo alle stazioni E16 MG7 ed E16 MG13 i minimi sono rispettivamente a 70 m e 12,5 m. Le maggiori abbondanze (Tabella 41) sono date dalle classi di nanoflagellati raggruppate in "Altro plancton" (Cryptophyceae, Chrysophyceae, Dictyochophyceae, Prasinophyceae, Prymnesiophyceae non Coccolitofori più i flagellati non identificati) che variano da un minimo di 4,42 cell/ml (E16 MG13 12,5 m) ad un massimo di 29,37 cell/ml (E16 MG10 50 m). I dinoflagellati rappresentano il secondo gruppo più abbondante a tutte le profondità variando tra 7,65 cell/ml (E16 MG13 12,5 m) e 19,64 cell/ml (E16 MG10 50 m). I coccolitofori variano tra 2,48 cell/ml (E16 MG10 0,5 m) e 16,33 cell/ml (E16 MG7 50 m) e sono più abbondanti intorno a 50 m. Stesso tipo di andamento si riscontra anche per le diatomee che hanno scarsissime densità e presentano maggiori abbondanze in profondità a 70 m (al massimo 10,12 cell/ml alla E16 MG10 70 m).

Il gruppo "Altro plancton" risulta il principale costituente del popolamento rappresentando in media il 40,3% grazie ai taxa *Phaeocystis* sp., *Telonema* sp., *Leucocryptos marina*, *Pyramimonas* sp., *Plagioselmis prolunga* e altre piccole forme flagellate di difficile collocazione tassonomica (Figura 54). I dinoflagellati, in media il 36,6%, sono rappresentati principalmente da forme tectate come *Heterocapsa minima*, *Heterocapsa rotundata*, *Oxytoxum variabile* e forme nanoplanctoniche non tectate (Gymnodiniaceae). La classe dei coccolitofori, che rappresentano in media il 16,8%, è nettamente dominata da *Syracosphaera anthos* ed *Emiliana huxleyi*. Infine le diatomee (in media il 6,3% del popolamento) che, come detto, aumentano di importanza in profondità, sono rappresentate principalmente da *Pseudonitzschia galaxiae*, *Nitzschia sicula*, *Cylindrotheca closterium* ed altre forme nanoplanctoniche (Diatomee pennate $\leq 20 \mu\text{m}$).

Tabella 41 - Densità fitoplanctonica totale e delle classi o gruppi identificati (cell L ⁻¹ 10 ⁻³).						
Stazione	prof. (m)	Diatomee	Dinoflagellati	Coccolitofori	Altro	Totale
E16 MG6	0,5	1,208	9,027	3,624	6,484	20,343
	12,5	0,825	8,801	4,813	12,926	27,365
	50	1,207	17,302	9,054	18,442	46,006
	70	1,878	9,523	3,152	13,614	28,167
E16 MG7	0,5	1,111	11,303	5,227	12,218	29,858
	12,5	2,091	13,590	6,076	10,976	32,733
	50	1,895	15,354	16,334	16,203	49,785
	70	2,538	10,412	3,319	12,429	28,698
E16 MG10	0,5	1,045	16,856	2,483	18,555	38,940
	12,5	1,207	15,827	5,164	15,089	37,287
	50	1,677	19,650	9,389	29,374	60,089
	70	10,127	11,564	5,357	20,450	47,499
E16 MG12	0,5	1,297	11,242	3,336	14,392	30,267
	12,5	1,752	14,704	4,755	18,020	39,231
	50	1,589	19,325	10,298	19,770	50,984
	70	7,247	12,142	6,103	19,834	45,326
E16 MG13	0,5	0,805	8,316	3,085	9,389	21,594
	12,5	1,914	7,658	3,499	4,423	17,494
	50	1,510	18,596	16,057	13,655	49,818
	70	2,924	11,697	5,848	11,697	32,167

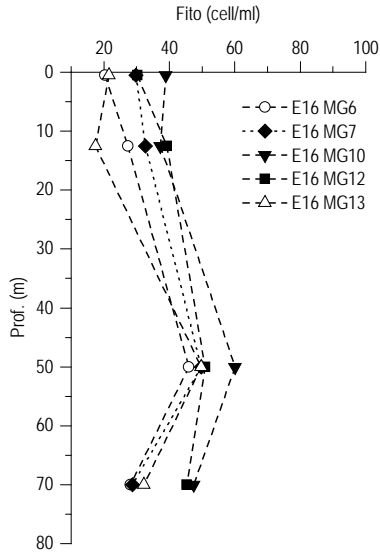


Figura 53 - Profili verticali delle densità fitoplanctoniche totali ($\text{cell L}^{-1} \cdot 10^3$) nelle diverse stazioni

Sono stati identificati in totale 178 taxa (Tabella 42) a diverso livello tassonomico più la categoria dei flagellati n.i. che comprende varie morfologie generalmente inferiori a $10 \mu\text{m}$ e quindi di problematica identificazione. L'elenco completo dei taxa individuati è rappresentato in Tabella 43.

La maggior parte dei taxa appartiene alla classe dei dinoflagellati (65 specie e 6 forme individuate solo a livello di genere), come ci si poteva aspettare data la stagione estiva inoltrata.

D'altra parte anche le diatomee e i coccolitofori sono piuttosto differenziate. Questi taxa sono costituiti, rispettivamente da 33 specie, 7 generi e 4 categorie superiori e da 30 specie, 4 generi ed 1 categoria superiore.

Questa ricchezza tassonomica da origine ad un'alta diversità specifica (Shannon) che varia tra 4,36 e 5,02 bit/cell e conseguentemente a valori di equitabilità (Pielou) che variano tra 0,75 e 0,88. Nella campagna E16 le comunità fitoplanctoniche presentano quindi scarse densità cellulari e una notevole differenziazione, come visibile dal forte contributo del gruppo "Altro plancton" composto da più classi e dai risultati dell'analisi della diversità pigmentaria (Figura 54).

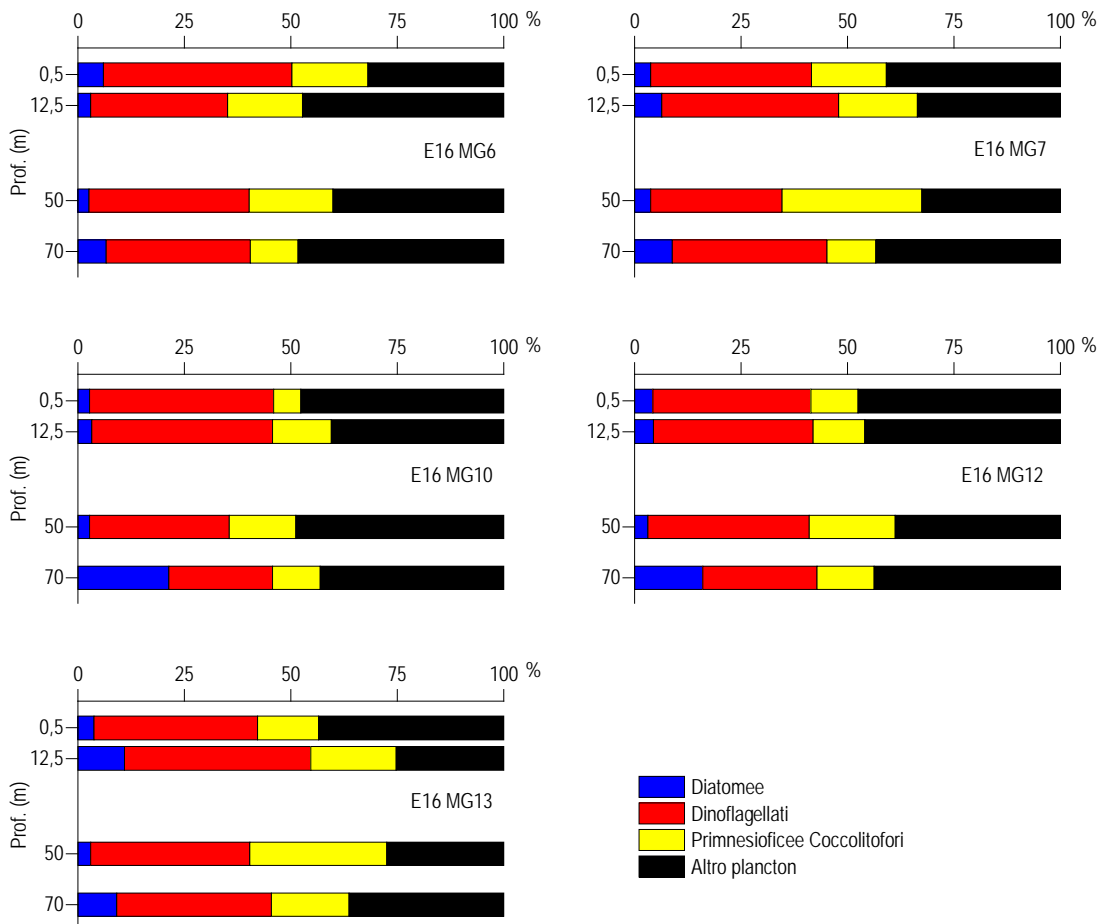


Figura 54 – Abondanza relativa delle classi fitoplanctoniche indicate in legenda nelle diverse stazioni (da bottiglia).

Tabella 42 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni da bottiglia.

Classe	Specie	Generi	Categorie superiori*
Diatomee	33	7	4
Dinoflagellati	65	6	4
Prymnesiophyceae coccolitofori	30	4	1
Cryptophyceae	1	1	1
Chrysophyceae/Dictyochophyceae	5		1
Chlorophyta/Euglenoidea			2
Prasinophyceae	3	2	
Prymnesiophyceae non coccolitofori		2	
Altro	5	1	
Totale	142	23	13

*Con il termine "Categorie superiori" si intendono livelli tassonomici sopragenerici

Tabella 43 - Lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative microscopiche (da bottiglia).

DIATOMEE		
<i>Asteromphalus flabellatus</i> Ehrenberg 1844	<i>Hemidiscus cuneiformis</i> Wallich 1860	<i>Haslea</i> sp.
<i>Bacteriastrium delicatulum</i> Cleve 1897	<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve 1889	<i>Haslea wawrikan</i> (Hustedt) Simonsen 1974
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendeny 1937	<i>Leptocylindrus mediterraneus</i> (Peragallo) Hasle 1975	<i>Navicula</i> spp.
<i>Chaetoceros dadayi</i> Pavillard 1913	<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström 1986	<i>Nitzschia bicapitata</i> Cleve 1901
<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve 1873	<i>Rhizosolenia bergonii</i> Peragallo 1892	<i>Nitzschia sicula</i> (Castracane) Hustedt
<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow 1863	<i>Rhizosolenia decipiens</i> Sundström 1986	<i>Nitzschia</i> spp.
<i>Chaetoceros neogracile</i> Van Landingham 1968	<i>Rhizosolenia hebetata</i> Bailey 1856	<i>Plagiotropis</i> sp.
<i>Chaetoceros pendulus</i> Karsten 1905	<i>Thalassiosira angulata</i> (Gregory) Hasle 1978	<i>Pseudo-nitzschia galaxiae</i> Lundholm & Moestrup 2002
<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell 1856	<i>Thalassiosira leptopus</i> (Grunow ex Van Heurck) Hasle & Fryxell 1977	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cleve) Heiden 1928
<i>Chaetoceros</i> spp.	<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & Lewin 1964	<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle 1993
<i>Dactyliosolen fragillissimus</i> (Bergon) Hasle 1996	Diatomee pennate $\leq 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Pseudo-nitzschia subfraudulenta</i> (Hasle) Hasle 1993
Diatomee centriche $\leq 20 \mu\text{m}$	Diatomee pennate $> 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Thalassionema</i> cf. <i>bacillare</i> (Heiden) Kolbe 1955
Diatomee centriche $> 20 \mu\text{m}$	<i>Diploneis crabro</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1854	<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Hallegraeff 1986
<i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle 1996	<i>Entomoneis</i> spp.	<i>Thalassionema nitzschoioides</i> (Grunow) Mereschkowsky 1902
<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow ex Van Heurck 1882	<i>Fragilariopsis</i> spp.	
DINOFLAGELLATI		
<i>Amphidinium</i> cf. <i>globosum</i> Schröder 1911	<i>Dinophysis parva</i> Schiller 1928	<i>Oxytoxum adriaticum</i> Schiller 1937
<i>Amphidinium</i> cf. <i>sphenoides</i> Wulff 1916	<i>Diplopsalis</i> group sp.	<i>Oxytoxum caudatum</i> Schiller 1937
<i>Amphidinium</i> spp.	<i>Diplopsalis lenticula</i> Bergh 1881	<i>Oxytoxum coronatum</i> Schiller 1937
<i>Cochlodinium pulchellum</i> Lebour 1917	<i>Goniodoma polyedricum</i> (Pouchet) Jørgensen 1899	<i>Oxytoxum longiceps</i> Schiller
<i>Cochlodinium</i> sp.	<i>Gonyaulax fragilis</i> (Schütt) Kofoid 1911	<i>Oxytoxum mediterraneum</i> Schiller
Gymnodiniaceae $\leq 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Gonyaulax polygramma</i> Stein 1883	<i>Oxytoxum rampii</i> Sournia
Gymnodiniaceae $> 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Gonyaulax scrippsae</i> Kofoid 1911	<i>Oxytoxum sceptrum</i> (Stein) Schroder 1906
<i>Gyrodinium aciculatum</i> Hansen & Larsen 1992	<i>Heterocapsa minima</i> Pomroy 1989	<i>Oxytoxum scolopax</i> Stein 1883
<i>Gyrodinium fusiforme</i> Kofoid & Swezy 1921	<i>Heterocapsa niei</i> (Loeblich III) Morrill & Loeblich III 1981	<i>Oxytoxum sphaeroideum</i> Stein 1883
<i>Karenia brevis</i> (Davis) Hansen & Moestrup 2000	<i>Heterocapsa pygmaea</i> Loeblich III, Schmidt & Sherley 1981	<i>Oxytoxum strophalatum</i> Dodge & Saunders 1985
<i>Karenia papilionacea</i> Haywood & Steidinger 2004	<i>Heterocapsa rotundata</i> (Lohmann) Hansen 1995	<i>Oxytoxum turbo</i> Kofoid 1907
<i>Pronoctiluca pelagica</i> Fabre-Domergue 1889	<i>Heterocapsa</i> spp.	<i>Oxytoxum variabile</i> Schiller 1937
<i>Pyrocystis lunula</i> (Schütt) Schütt 1896	<i>Heterocapsa triquetra</i> (Ehrenberg) Stein 1883	<i>Oxytoxum viride</i> Schiller 1937
<i>Torodinium robustum</i> Kofoid & Swezy 1921	<i>Histioneis robusta</i> Rampi 1969	<i>Phalacrocoma rotundatum</i> (Claparède & Lachmann) Kofoid & Michener 1911
<i>Wamowia</i> sp.	<i>Lessardia elongata</i> Saldarriaga & Taylor 2003	<i>Podolampas palmipes</i> Stein 1883
<i>Alexandrium</i> cf. <i>minutum</i> Halim 1960	<i>Lingulodinium polyedrum</i> (Stein) Dodge 1989	<i>Prorocentrum balticum</i> (Lohmann) Loeblich 1970
<i>Alexandrium</i> spp.	<i>Mesoporos adriaticus</i> (Schiller) Lillick	<i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) Abé ex Dodge 1975
<i>Alexandrium pseudogonyaulax</i> (Biecheler) Horiguchi ex Kita & Fukuyo 1992	<i>Mesoporos perforatus</i> (Gran) Lillick 1937	<i>Prorocentrum gracile</i> Schütt 1895
<i>Azadinium caudatum</i> var. <i>margalefii</i> Nézan & Chomérat 2012	<i>Micracanthodinium setiferum</i> (Lohmann) Deflandre 1937	<i>Prorocentrum minimum</i> (Pavillard) Schiller 1933
<i>Ceratocorys horrida</i> Stein 1883	<i>Minuscula bipes</i> (Paulsen) Lebour 1925	<i>Prorocentrum rathymum</i> Loeblich, Sherley & Schmidt 1979
<i>Cladopyxis brachiolata</i> Stein 1883	<i>Neoceratium declinatum</i> (Karsten) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Protoperidinium breve</i> Paulsen 1907
Dinoflagellati tectati $\leq 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Neoceratium extensum</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Protoperidinium</i> cf. <i>globulus</i> (Stein) Balech 1974

Tabella 43 - Lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative microscopiche (da bottiglia).

Dinoflagellati tecati > 20 µm n.i.	<i>Neoceratium furca</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Protopteridinium ovum</i> (Schiller) Balech 1974
<i>Dinophysis dens</i> Pavillard 1915	<i>Neoceratium fusus</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Protopteridinium tuba</i> (Schiller) Balech 1974
<i>Dinophysis ovum</i> (Schütt) Abé	<i>Ornithocercus magnificus</i> Stein 1883	<i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Balech ex Loeblich III 1965
PRYMNESIOPHYCEAE COCCOLITOFORI		
<i>Acanthoica quattrosolina</i> Lohmann 1903	Coccolitofori ≤ 10 µm n.i.	<i>Periphylophora mirabilis</i> (Schiller) Kämtner 1937
<i>Algirosphaera robusta</i> (Lohmann) Norris 1984	<i>Corisphaera</i> spp.	<i>Pontosphaera</i> sp.
<i>Alisphaera ordinata</i> (Kämtner) Heimdal 1973	<i>Coronosphaera binodata</i> (Kämtner) Gaarder 1977	<i>Rhabdosphaera clavigera</i> Murray & Blackman 1898
<i>Anacanthoica acanthos</i> (Schiller) Deflandre 1952	<i>Coronosphaera mediterranea</i> (Lohmann) Gaarder 1977	<i>Rhabdosphaera hispida</i> Lohmann
<i>Anthosphaera fragaria</i> Kämtner 1937	<i>Cyrtosphaera aculeata</i> (Kämtner) Kleijne 1992	<i>Sphaerocalyptra quadridentata</i> (Schiller) Deflandre 1952
<i>Calcidiscus leptoporus</i> (Murray & Blackman) Loeblich & Tappan 1978	<i>Daktylethra pirus</i> (Kämtner) Norris 1985	<i>Scyphosphaera apsteinii</i> Lohmann 1902
<i>Calcidiscus</i> sp.	<i>Discosphaera tubifer</i> (Murray & Blackman) Ostenfeld 1900	<i>Syracosphaera anthos</i> (Lohman) Janin 1987
<i>Calciosolenia brasiliensis</i> (Lohmann) Young 2003	<i>Emiliana huxleyi</i> (Lohmann) Hay & Mohler 1967	<i>Syracosphaera</i> cf. <i>molischii</i> Schiller 1925
<i>Calyptosphaera oblonga</i> Lohmann 1902	<i>Helicosphaera carterii</i> (Wallich) Kämtner 1954	<i>Syracosphaera prolongata</i> Gran ex Lohmann 1913
<i>Calyptosphaera sphaeroidea</i> Schiller 1913	<i>Helladosphaera cornifera</i> (Schiller) Kämtner 1937	<i>Syracosphaera pulchra</i> Lohmann 1902
<i>Calyptosphaera</i> spp.	<i>Ophiaster formosus</i> Gran 1912	<i>Zigosphaera hellenica</i> Kämtner 1937
<i>Ceratolithus cristatus</i> Kämtner 1950	<i>Ophiaster hydroideus</i> (Lohmann) Lohmann 1913	<i>Zigosphaera</i> sp.
CRYPTOPHYCEAE		
Cryptophyceae n.i.	<i>Plagioselmis prolunga</i> Butcher ex Novarino, Lucas & Morrall 1994	Rhodomonas sp.
CHRYSOPHYCEAE/DICTYOCOPHYCEAE		
<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg 1839	<i>Meringosphaera mediterranea</i> Lohmann 1902	<i>Ollicola vangoorii</i> (Conrad) Vørs 1992
<i>Octactis octonaria</i> (Ehrenberg) Hovasse 1946	<i>Pseudopedinella pyriformis</i> Carter 1937	Chrysophyceae spp.
CHLOROPHYTA/EUGLENOIDEA		
<i>Euglenoidea</i> n.i.	<i>Chlorophyta</i> n.i.	
PRASINOPHYCEAE		
<i>Halosphaera viridis</i> Schmitz 1878	<i>Pseudoscourfieldia marina</i> (Thronsdon) Manton 1975	<i>Tetraselmis</i> sp.
<i>Pachysphaera pelagica</i> Ostenfeld 1899	<i>Pyramimonas</i> spp.	
PRYMNESIOPHYCEAE NON COCCOLITOFORI		
<i>Chrysochromulina</i> spp.	<i>Phaeocystis</i> forma coloniale	<i>Phaeocystis</i> sp.
ALTRO		
Flagellati indeterminati < 10 µm	<i>Hermesinum adriaticum</i> Zacharias 1906	<i>Telonema</i> sp.
<i>Commatium cryoporinum</i> Thomsen & Larsen 1993	<i>Leucocryptos marina</i> (Braarud) Butcher 1967	
<i>Ebria tripartita</i> (Schumann) Lemmermann 1899	<i>Paulinella ovalis</i> (Wulff) Johnson, Hargraves & Sieburth 1988	

Analisi qualitativa di fitoplancton da retino

Per valutare la diversità della comunità microfitorplanctonica lungo la colonna d'acqua, sono stati raccolti con retino (maglia 10µm) 5 campioni nelle stazioni E16 MG6, E16 MG7, E16 MG10, E16 MG12 e E16 MG13. Sono stati individuati 179 taxa, di cui 160 identificati a livello di specie, 13 taxa a livello di genere e 6 in categorie soprageneriche (**Tabella 44**) di cui si fornisce un elenco dettagliato in **Tabella 45**. Il numero di taxa per ogni classe, nell'insieme di tutte le stazioni, è di 30 taxa appartenenti alle diatomee, 116 alle dinofitee e 28 ai coccolitofori; per la componente "Altro plancton" sono stati identificati 2 taxa appartenenti alle Dictyocophyceae, 1 taxon appartenente alla classe Crysofophyceae, 1 taxon alle Euglenoideae ed 1 taxon alle Cholorophyceae.

La numerosità dei taxa, nell'insieme di tutte le stazioni, va da un minimo di 73 nella stazione MG7 ad un massimo di 110 in MG10.

Dall'osservazione è emersa un'evidente differenza nelle abbondanze relative dei taxa, principalmente appartenenti alla classe dei Dinoflagellati, in tutte le stazioni, confermando la loro dominanza nella stagione estiva. La frazione più piccola del popolamento è rappresentata dalle Dictyocophyceae, Crysofophyceae, Euglenoideae, Cholorophyceae, che presentano il minor numero di taxa e la minor abbondanza relativa, in tutte le stazioni.

Il numero di taxa appartenenti alle classi Diatomee, Prymnesiophyceae coccolitofori, Dictyocophyceae, Chrysophyceae, Euglenoideae, Cholorophyceae risulta superiore nell'analisi quantitativa microscopica (**Tabella 43**), rispetto a quella effettuata su campioni da retino (**Tabella 45**) contrariamente a quanto osservato per i Dinoflagellati. L'osservazione qualitativa del microfitorplancton ha permesso di rilevare la presenza di numerose specie rare, meno frequentemente osservate nei campioni raccolti con le bottiglie. Nei campioni raccolti con retino, inoltre, sono stati identificati nuovi taxa appartenenti alle classi delle Diatomee, dei Dinoflagellati e delle Prymnesiophyceae coccolitofori non rilevati nei precedenti campionamenti.

Tabella 44 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni (da retino) osservati durante il campionamento E16.

Classe	Specie	Generi	Categorie superiori*
Diatomee	24	4	2
Dinoflagellati	108	6	2
Prymnesiophyceae coccolitofori	24	3	1
Dictyochophyceae	2	0	0
Chrysophyceae	1	0	0
Euglenoideae	0	0	1
Chlorophyceae	0	0	0
Altro	1	0	0
Totale	160	13	6

*Con il termine "Categorie superiori" si intendono livelli tassonomici sopragenerici

Tabella 45 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni E16 MG6, E16 MG7, E16 MG10, E16 MG12 e E16 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13)

Specie	6	7	10	12	13	Specie	6	7	10	12	13
DIATOMEAE											
<i>Asterolampra grevillei</i> (Wallich) Greville					x	<i>Hemidiscus cuneiformis</i> Wallich 1860				x	x
<i>Asteromphalus flabellatus</i> Ehrenberg 1844		x	x	x	x	<i>Leptocylindrus mediterraneus</i> (Peragallo) Hasle 1975	x	x	x	x	x
<i>Bacteriastrium</i> spp.	x					<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström 1986	x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros</i> cf. <i>vixvisibilis</i> Schiller	x	x	x	x	x	<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultze) Sundström 1986	x				x
<i>Chaetoceros dadayi</i> Pavillard 1913	x	x	x	x	x	<i>Rhizosolenia hebetata</i> Bailey 1856	x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros danicus</i> Cleve 1889		x				<i>Rhizosolenia hebetata</i> f. <i>semispina</i> (Hensen) Gran, 1908					x
<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve 1873	x					<i>Thalassiosira angulata</i> (Gregory) Hasle 1978	x			x	x
<i>Chaetoceros diversus</i> Cleve 1873	x			x		<i>Thalassiosira</i> cf. <i>delicatula</i> Ostefeld, 1908					x
<i>Chaetoceros neogratile</i> Van Landingham 1968	x	x	x	x	x	Diatomee pennate > 20 µm n.i.	x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell 1856		x				<i>Diploneis crabro</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1854					x
<i>Chaetoceros</i> spp.	x	x	x	x	x	<i>Diploneis</i> spp.				x	
<i>Coscinodiscus radiatus</i> Ehrenberg 1840	x	x				<i>Pleurosigma normanii</i> Ralfs 1861				x	x
<i>Coscinodiscus</i> spp.		x	x			<i>Pseudo-nitzschia</i> cf. <i>galaxiae</i> Lundholm & Moestrup 2002				x	
Diatomee centriche > 20 µm	x	x	x	x	x	<i>Thalassionema bacillare</i> (Heiden) Kolbe 1955			x	x	
<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow ex Van Heurck 1882	x	x	x	x	x	<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Hallegraeff 1986	x	x	x	x	x
DINOFLAGELLATI											
<i>Actiniscus pentasterias</i> (Ehrenberg) Ehrenberg, 1844	x					<i>Neoceratium incisum</i> (Karsten) Gómez, Moreira & López-García 2010				x	
<i>Gymnodiniaceae</i> > 20 µm n.i.	x	x	x	x	x	<i>Neoceratium macroceros</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010					x
<i>Gyrodinium aciculatum</i> Hansen & Larsen 1992	x		x	x	x	<i>Neoceratium massiliense</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-García 2010	x		x		
<i>Gyrodinium</i> spp.	x			x		<i>Neoceratium pentagonum</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-García 2010	x		x		
<i>Karenia</i> sp.			x			<i>Neoceratium pulchellum</i> (Schröder) Gómez, Moreira & López-García 2010			x	x	x
<i>Pronoctiluca acuta</i> (Lohmann) Schiller 1933	x					<i>Neoceratium setaceum</i> (Jørgensen) Gómez, Moreira & López-García 2010					x
<i>Alexandrium</i> cf. <i>minutum</i> Halim 1960	x	x	x	x	x	<i>Neoceratium trichoceros</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x	x	x	x
<i>Alexandrium taylori</i> Balech, 1994	x		x			<i>Neoceratium tripos</i> (O.F. Müller) Gómez, Moreira & López-García 2010	x				
<i>Azadinium caudatum</i> (Halldal) Nézan et Chomérat	x	x	x			<i>Ornithocercus magnificus</i> Stein 1883				x	x
<i>Ceratium</i> cf. <i>arcticum</i> (Ehrenberg) Cleve, 1901	x					<i>Oxytoxum caudatum</i> Schiller 1937	x		x	x	
<i>Ceratium limulus</i> (Pouchet) Gourret 1883	x					<i>Oxytoxum coronatum</i> Schiller, 1937			x	x	x
<i>Ceratium</i> spp.	x					<i>Oxytoxum elegans</i> Pavillard 1916			x		
<i>Ceratocorys gourethi</i> Paulsen 1931		x				<i>Oxytoxum globosum</i> Schiller	x	x		x	
<i>Ceratocorys horrida</i> Stein 1883	x	x	x	x	x	<i>Oxytoxum laticeps</i> Schiller 1937	x	x	x	x	
<i>Cladopyxis brachiolata</i> Stein 1883	x	x	x	x	x	<i>Oxytoxum longiceps</i> Schiller	x				
<i>Cladopyxis caryophyllum</i> (Kofoid) Pavillard, 1931	x					<i>Oxytoxum mediterraneum</i> Schiller	x	x	x	x	
<i>Corythodinium tessellatum</i> (Stein) Loeblich Jr. & Loeblich III 1966	x	x	x	x	x	<i>Oxytoxum mitra</i> Stein 1883				x	x
Dinoflagellati tectati > 20 µm n.i.	x	x	x	x	x	<i>Oxytoxum ovale</i> Schiller, 1937	x				
<i>Dinophysis acuta</i> Ehrenberg 1839		x				<i>Oxytoxum pachyderme</i> Schiller ex. Taylor, 1976				x	
<i>Dinophysis caudata</i> Saville-Kent 1881	x			x		<i>Oxytoxum parvum</i> Schiller 1937			x	x	x
<i>Dinophysis dens</i> Pavillard, 1915					x	<i>Oxytoxum rampii</i> Sournia				x	
<i>Dinophysis elongata</i> (Jørgensen) Abé	x					<i>Oxytoxum sceptrum</i> (Stein) Schröder, 1906	x		x		x
<i>Dinophysis expulsa</i> Kofoid & Michener, 1911				x		<i>Oxytoxum scolopax</i> Stein 1883	x	x	x	x	x
<i>Dinophysis infundibula</i> J. Schiller 1928				x		<i>Oxytoxum sphaeroideum</i> Stein 1883	x		x	x	x
<i>Dinophysis operculoides</i> (Schütt) Balech, 1967	x			x		<i>Oxytoxum spinosum</i> Rampi			x	x	x
<i>Dinophysis ovum</i> (Schütt) Abé	x			x	x	<i>Oxytoxum turbo</i> Kofoid 1907	x	x		x	x
<i>Dinophysis parva</i> Schiller 1928			x	x	x	<i>Oxytoxum variabile</i> Schiller 1937	x	x	x	x	
<i>Dinophysis parvula</i> (Schütt) Balech, 1967		x	x	x	x	<i>Oxytoxum viride</i> Schiller 1937	x	x	x		
<i>Dinophysis planiceps</i> (Schiller) Balech, 1967			x	x		<i>Parahistioneis acutiformis</i> Rampi, 1947			x		
<i>Dinophysis pusilla</i> Jørgensen, 1923			x			<i>Phalacroma doryphorum</i> Stein 1883	x	x			
<i>Dinophysis recurva</i> Kofoid & Skogsberg, 1928			x			<i>Phalacroma rotundatum</i> (Claparède & Lachmann) Kofoid & Michener 1911	x	x	x	x	x

Tabella 45 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni E16 MG6, E16 MG7, E16 MG10, E16 MG12 e E16 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13)

<i>Dinophysis tripos</i> Gourret 1883		x				<i>Podolampas bipes</i> Stein 1883	x	x	x
<i>Diplopsalis</i> spp.		x	x	x	x	<i>Podolampas palmipes</i> Stein 1883	x	x	x
<i>Goniodoma polyedricum</i> (Pouchet) Jørgensen 1899	x					<i>Podolampas spinifer</i> Okamura 1912	x	x	x
<i>Gonyaulax monacantha</i> Pavillard 1916	x					<i>Pronoclituca pelagica</i> Fabre-Domergue, 1889			x
<i>Gonyaulax polygramma</i> Stein 1883	x	x	x	x	x	<i>Prorocentrum balticum</i> (Lohmann) Loeblich 1970	x	x	x
<i>Gonyaulax sphaeroidea</i> Kofoid, 1911					x	<i>Prorocentrum cf. obtusum</i> Ostenfeld, 1908			x
<i>Heterocapsa minima</i> Pomroy 1989	x					<i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) Abé ex Dodge 1975	x	x	x
<i>Heterocapsa niei</i> (Loeblich III) Morrill & Loeblich III 1981	x	x	x	x		<i>Prorocentrum dentatum</i> Stein 1883			x
<i>Histioneis</i> cf. <i>striata</i> Kofoid & Michener, 1911					x	<i>Prorocentrum gracile</i> Schütt 1895	x	x	x
<i>Histioneis</i> cf. <i>vouckii</i> Schiller, 1928					x	<i>Prorocentrum lima</i> (Ehrenberg) F. Stein 1878	x	x	x
<i>Histioneis longicollis</i> Kofoid, 1907	x	x				<i>Prorocentrum maximum</i> (Gourret) Schiller, 1937			x
<i>Histioneis marchesonii</i> Rampi, 1941					x	<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg 1833	x	x	x
<i>Histioneis robusta</i> Rampi 1969	x	x				<i>Prorocentrum scutellum</i> Schröder 1900			x
<i>Lingulodinium polyedrum</i> (Stein) Dodge 1989	x	x	x	x		<i>Prorocentrum</i> sp.			x
<i>Mesoporos adriaticus</i> (Schiller) Lillick	x					<i>Protopteridinium crassipes</i> (Kofoid) Balech 1974			x
<i>Mesoporos perforatus</i> (Gran) Lillick 1937	x	x	x	x	x	<i>Protopteridinium depressum</i> Bailey 1854			x
<i>Micranthodinium setiferum</i> (Lohmann) Deflandre 1937					x	<i>Protopteridinium diabolium</i> (Cleve) Balech 1974			x
<i>Neoceratium arietinum</i> (Cleve) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x	x			<i>Protopteridinium divergens</i> (Ehrenberg) Balech, 1974			x
<i>Neoceratium candelabrum</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010					x	<i>Protopteridinium elegans</i> (Cleve, 1900) Balech, 1974			x
<i>Neoceratium carriense</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-García 2011					x	<i>Protopteridinium globulus</i> (Stein) Balech 1974	x	x	
<i>Neoceratium concilians</i> (Jørgensen) Gómez, Moreira & López-García 2010					x	<i>Protopteridinium granii</i> (Ostenfeld) Balech 1974			x
<i>Neoceratium declinatum</i> (Karsten) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x	x	x	x	<i>Protopteridinium longispinum</i> (Kofoid, 1907) Balech, 1974	x		
<i>Neoceratium extensum</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-García 2010					x	<i>Protopteridinium ovum</i> (Schiller) Balech 1974			x
<i>Neoceratium falcatum</i> (Kofoid) Gómez, Moreira & López-García 2010	x					<i>Protopteridinium</i> sp.			x
<i>Neoceratium furca</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x	x	x		<i>Protopteridinium steinii</i> (Jørgensen) Balech 1974	x	x	x
<i>Neoceratium fusus</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x			x	<i>Pyrocystis lunula</i> (J. Schütt) J. Schütt 1896	x	x	x
<i>Neoceratium hexacantum</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-García 2010					x	<i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Balech ex Loeblich III 1965	x	x	x
PRYMNESIOPHYCEAE COCCOLITOFORI									
<i>Anacanthoica acanthos</i> (Schiller) Deflandre 1952	x	x	x			<i>Helladosphaera cornifera</i> (Schiller) Kamptner 1937			x
<i>Calcidiscus leptoporus</i> (Murray & Blackman) Loeblich & Tappan 1978	x		x	x		<i>Holococcolitofora 1</i>		x	x
<i>Calcidiscus</i> sp.	x	x	x	x	x	<i>Periphyllaphora mirabilis</i> (Schiller) Kamptner 1937	x	x	x
<i>Calyptrosphaera oblonga</i> Lohmann 1902	x	x	x	x	x	<i>Pontosphaera discopora</i> Lohmann 1902			x
<i>Calyptrosphaera sphaeroidea</i>					x	<i>Pontosphaera</i> sp.			x
<i>Coccolithus pelagicus</i> (Wallich) Schiller 1930					x	<i>Pontosphaera syracusana</i> Lohmann 1902	x	x	x
Coccolitofore spp.	x	x	x			<i>Rhabdosphaera clavigera</i> Murray & Blackman 1898	x	x	x
<i>Corisphaera arethusae</i>					x	<i>Scyphosphaera apsteinii</i> Lohmann 1902	x	x	
<i>Corisphaera spinosa</i>					x	<i>Sphaerocalyptra quadridentata</i> (Schiller) Deflandre 1952			x
<i>Coronosphaera binodata</i> (Kamptner) Gaarder 1977	x	x	x		x	<i>Syracosphaera anthos</i> (Lohman) Janin 1987	x		
<i>Coronosphaera mediterranea</i> (Lohmann) Gaarder 1977	x	x			x	<i>Syracosphaera cf. molischii</i> Schiller 1925			x
<i>Daktylithra pirus</i> (Kamptner) R.E. Norris 1985	x		x	x	x	<i>Syracosphaera cornus</i> Kamptner	x		
<i>Discosphaera tubifer</i> (Murray & Blackman) Ostenfeld, 1900	x	x	x			<i>Syracosphaera pulchra</i> Lohmann 1902	x	x	x
<i>Helicosphaera carterii</i> (Wallich) Kamptner 1954	x	x	x	x	x	<i>Zigosphaera hellenica</i> Kamptner 1937	x	x	
DICTYOCOPHYCEAE									
<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg 1839	x	x	x	x	x	<i>Dictyocha speculum</i> Ehrenberg 1839	x		
CHRYSPHYCEAE									
<i>Meringosphaera mediterranea</i> Lohmann 1902			x	x					
EUGLENOIDEA									
<i>Euglenoidea</i> n.i.					x				
ALTRO									
<i>Hermesinum adriaticum</i> Zacharias 1906			x	x					

6.1.3.2 Zooplancton

Oloplancton

Il comparto oloplanctonico di piattaforma continentale, investigato nell'estate 2016 (E16) risulta dominato dalla frazione a copepodi planctonici, confermando quanto ottenuto in tutte le campagne precedenti. Pertanto, l'analisi quali-quantitativa di questa sottoclasse di crostacei è necessaria per una corretta valutazione degli *stocks* e dei popolamenti zooplanctonici.

Dall'analisi quantitativa dei retinaggi orizzontali sono state ottenute abbondanze del tutto confrontabili con quelle dell'estate 2015. Il dato medio è di 335,70 m⁻³ (max= 433,41 ind. m⁻³ E16 MG7; min= 251,14 41 ind. m⁻³ E16 MG13), mentre quello dell'estate precedente era 314,52 copepodi per m⁻³.

Considerevoli sono le differenze registrate lungo il gradiente verticale della colonna d'acqua: nella fascia superficiale (0 – 50 m) il valore medio di abbondanza è pari a 855,24 ind. m⁻³ (max= 1063,20 ind. m⁻³ E16 MG10; min= 573,19 ind. m⁻³ E16 MG13), mentre nel comparto più profondo (50 – 100 m) si riduce a 503,53 ind. m⁻³ (max= 558,90 ind. m⁻³ E16 MG10; min= 414,62 ind. m⁻³ E16 MG12).

Nell'estate 2016 sono stati identificati 90 *taxa* di copepodi (Tabella 46) appartenenti a 23 famiglie.

Tabella 46 – Oloplancton. O.le=orizzontale, 50-0=campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100-50=campionamento verticale da 100 a 50 metri. * presente in almeno un sub-campione, ** presente solo nell'osservazione *in toto*.

	O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50
Famiglia Acartiidae				Famiglia Metridinidae				<i>Oithona nana</i>	*	*	*
<i>Acartia negligens</i>	*	*	*	<i>Pleuromamma abdominalis</i>		*	*	<i>Oithona plumifera</i>		*	*
<i>Acartia</i> sp	*	*	*	<i>Pleuromamma gracilis</i>	**	*	*	<i>Oithona setigera</i>		*	*
Famiglia Augaptilidae				Famiglia Paracalanidae				<i>Oithona similis</i>	**	*	*
<i>Haloptilus longicornis</i>			*	<i>Calocalanus contractus</i>		*	*	<i>Oithona tenuis</i>	*	*	*
<i>Haloptilus mucronatus</i>			*	<i>Calocalanus longisetosus</i>			*	<i>Oithona</i> spp	*	*	*
Famiglia Calanidae				<i>Calocalanus elegans</i>		*	*	Famiglia Oncaeiidae			
<i>Mesocalanus tenuicornis</i>		*	*	<i>Calocalanus neptunus</i>		*	*	<i>Oncaea curta</i>	*	*	*
<i>Nannocalanus minor</i>	*	*	*	<i>Calocalanus ovalis</i>		*	*	<i>Oncaea media</i>	*	*	*
<i>Neocalanus gracilis</i>	*	*	*	<i>Calocalanus pavo</i>		*	*	<i>Oncaea mediterranea</i>		*	*
Famiglia Candaciidae				<i>Calocalanus plumulosus</i>	*	*	*	<i>Oncaea scottodicaloi</i>	*	*	*
<i>Candacia ethiopica</i>	*	*	*	<i>Calocalanus styliremis</i>	*	*	*	<i>Oncaea venusta</i>	*	*	*
<i>Candacia simplex</i>	*	*	*	<i>Calocalanus</i> sp	*	*	*	<i>Oncaea</i> spp	*	*	*
<i>Candacia</i> juv	*	*	*	<i>Paracalanus nanus</i>	*	*	*	<i>Triconia conifera</i>		*	*
Famiglia Centropagidae				<i>Paracalanus parvus</i>	*	*	*	Famiglia Sapphirinidae			
<i>Centropages bradyi</i>			*	<i>Paracalanus</i> spp	*	*	*	<i>Copilia mediterranea</i>		*	*
<i>Centropages kroyeri</i>	*	*	*	Famiglia Pontellidae				<i>Copilia quadrata</i>	**	*	*
<i>Centropages typicus</i>	*	*	*	<i>Pontella mediterranea</i>	*			<i>Copilia vitrea</i>		*	*
<i>Centropages violaceus</i>	*	*	*	<i>Pontella</i> juv	*			<i>Sapphirina bicuspitata</i>	*	*	*
Famiglia Clausocalanidae				<i>Pontellina plumata</i>	*			<i>Sapphirina intestinata</i>		*	*
<i>Clausocalanus arcuicornis</i>	*	*	*	<i>Pontellopsis regalis</i>	*			<i>Sapphirina iris</i>	*	*	*
<i>Clausocalanus furcatus</i>	*	*	*	<i>Pontellopsis villosa</i>	*			<i>Sapphirina nigromaculata</i>	*	*	*
<i>Clausocalanus jobei</i>	*	*	*	Famiglia Scolecithricidae				<i>Sapphirina ovatolanceolata</i>	*	*	*
<i>Clausocalanus lividus</i>	*	*	*	<i>Scolecithrix bradyi</i>	*			Famiglia Clytemnestridae			
<i>Clausocalanus mastigophorus</i>	*	*	*	<i>Scolecithrix ovata</i>			*	<i>Clytemnestra rostrata</i>	*	*	*
<i>Clausocalanus parapergens</i>		*	*	Famiglia Temoridae				Famiglia Ectinosomatidae			
<i>Clausocalanus paululus</i>	*	*	*	<i>Temora stylifera</i>	*	*	*	<i>Microsetella rosea</i>		*	*
<i>Clausocalanus pergens</i>	*	*	*	Famiglia Corycaeidae				Famiglia Miracidae			
<i>Clausocalanus</i> spp	*	*	*	<i>Corycaeus brehmi</i>	*	*	*	<i>Distiocolus minor</i>	*	*	*
<i>Ctenocalanus vanus</i>		*	*	<i>Corycaeus clausi</i>		*	*				
Famiglia Eucalanidae				<i>Corycaeus flaccus</i>		*	*				
<i>Eucalanus elongatus</i>			*	<i>Corycaeus furcifer</i>		*	*				
<i>Paraeucalanus attenuatus</i>			*	<i>Corycaeus giesbrechti</i>	*	*	*				
<i>Rhincalanus nasutus</i>	*	*	*	<i>Corycaeus limbatus</i>		*	*				
Famiglia Euchaetidae				<i>Corycaeus ovalis</i>	*	*	*				
<i>Euchaeta marina</i>		*	*	<i>Corycaeus typicus</i>		*	*				
Famiglia Heterorhabdidae				<i>Corycaeus</i> spp	*	*	*				
<i>Heterorhabdus papilliger</i>		*	*	<i>Farranula rostrata</i>	*	*	*				
Famiglia Lucicutiidae				<i>Farranula</i> sp	*	*	*				
<i>Lucicutia flavicornis</i>		*	*	Famiglia Oithonidae							
Famiglia Mecynoceridae				<i>Oithona decipiens</i>		*	*				
<i>Mecynocera clausi</i>		*	*	<i>Oithona longispina</i>		*	*				

È confermata la dominanza della famiglia Clausocalanidae, rappresentata complessivamente da 10 *taxa*, dei quali 9 appartenenti al genere *Clausocalanus* (tutte quelle ad oggi segnalate nel Mar Mediterraneo) e *Ctenocalanus vanus*. Il genere *Clausocalanus* è fra i più comuni e abbondanti in tutti gli oceani del globo, con distribuzione prevalentemente concentrata nelle regioni subtropicali e nelle acque oligotrofiche superficiali (0 – 100 m).

La famiglia Clausocalanidae rappresenta in media oltre il 40% del comparto a Copepodi, omogeneamente distribuita dagli strati più profondi a quelli più superficiali della colonna, con picchi di dominanza nei campionamenti orizzontali (59,05% 0 – 5 m) dove si registra un'abbondanza media pari a 198,23 ind. m⁻³ (max= 259,03 ind. m⁻³ E16 MG7; min= 162,63 ind. m⁻³ E16 MG12).

La dominanza scende a 37,26% considerando tutto lo strato 0 – 50 m dove si registra un valore medio pari a 318,70 ind. m⁻³ (max= 408,12 ind. m⁻³ E16 MG7; min= 235,26 ind. m⁻³ E16 MG12). La dominanza percentuale rimane pressoché invariata (39,65%) nello strato sottostante (50 – 100 m) dove si registra però un evidente calo di abbondanza media che risulta pari a 199,64 ind. m⁻³ (max= 222,26 ind. m⁻³ E16 MG10; min= 187,16 ind. m⁻³ E16 MG6).

Tra i clausocalanidi le specie dominanti sono *Clausocalanus arcuicornis*, *C. furcatus*, *C. paululus* e *C. pergens*. Presente sia in acque di costa che di largo, *C. pergens* è descritta in letteratura come specie con picchi di abbondanza in primavera. Nel survey in esame risulta il più abbondante in tutte le porzioni della colonna d'acqua investigate: (104,29 ind/m³ 0 – 5 m; 155,97 ind/m³ 0 – 50 m; 100,60 ind/m³ 50 – 100 m).

Pur con abbondanze più contenute, anche *C. paululus* (nel Mediterraneo centrale descritta come specie invernale) viene regolarmente campionato a tutte le profondità (26,93 ind/m³ 0 – 5 m; 29,11 ind/m³ 0 – 50 m; 17,16 ind/m³ 50 – 100 m).

C. arcuicornis (6,41 ind/m³ 0 – 5 m; 35,09 ind/m³ 0 – 50 m; 27,55 ind/m³ 50 – 100 m) e *C. furcatus* (5,80 ind/m³ 0 – 5 m; 32,75 ind/m³ 0 – 50 m; 12,74 ind/m³ 50 – 100 m) mostrano analogia distribuzione verticale. Si osserva infatti una modesta presenza nei campioni orizzontali e picchi di abbondanza nello strato 0 – 50 m. Se pur presente con abbondanze minori, la famiglia Paracalanidae, rappresentata da 12 specie appartenenti ai generi *Calocalanus* e *Paracalanus*, è la seconda per abbondanza nel comparto investigato e la prima per biodiversità. Complessivamente i valori medi di abbondanza (7,97 ind/m³ 0 – 5 m; 158,05 ind/m³ 0 – 50 m; 58,23 ind/m³ 50 – 100 m), evidenziano una presenza più elevata nello strato 0 – 50 m. Tale andamento rispecchia la distribuzione delle sue specie più abbondanti come *Paracalanus parvus* (2,24 ind/m³ 0 – 5 m; 31,71 ind/m³ 0 – 50 m; 6,76 ind/m³ 50 – 100 m), *P. nanus* (2,59 ind/m³ 0 – 5 m; 20,54 ind/m³ 0 – 50 m; 4,42 ind/m³ 50 – 100 m) e *Calocalanus pavo* (0,35 ind/m³ 0 – 5 m; 22,36 ind/m³ 0 – 50 m; 5,98 ind/m³ 50 – 100 m).

Fra i copepodi calanoidi anche gli Acartiidae raggiungono elevati valori di abbondanza, concentrati prevalentemente nei primi 50 m della colonna e scarsamente rappresentati nella porzione più profonda (17,74 ind/m³ 0 – 5 m; 46,27 ind/m³ 0 – 50 m; 3,38 ind/m³ 50 – 100 m). Bassi sono invece i suoi valori di biodiversità, essendo presenti due sole specie: *Acartia negligens* e *Acartia* sp.

Fra le specie perenni di piattaforma continentale, si rilevano considerevoli abbondanze del Temoridae *Temora stylifera* (17,94 ind/m³ 0 – 5 m; 72,27 ind/m³ 0 – 50 m; 3,12 ind/m³ 50 – 100 m), del Calanidae *Nannocalanus minor* (4,21 ind/m³ 0 – 5 m; 13,00 ind/m³ 0 – 50 m; 28,59 ind/m³ 50 – 100 m) e del Centropagidae *Centropages typicus* (0,92 ind/m³ 0 – 5 m; 4,94 ind/m³ 0 – 50 m; 22,36 ind/m³ 50 – 100 m). La distribuzione di *T. stylifera* è sovrapponibile a quelle delle famiglie dominanti (Clausocalanidae e Paracalanidae), mentre *N. minor* e *C. typicus* tendono ad aumentare in relazione alla profondità. Da notare l'inversione dei rapporti di dominanza tra *T. stylifera*, specie tipicamente autunnale e *N. minor*, caratteristica del periodo estivo.

Tra l'ordine Cyclopoida, la famiglia dei Corycaeidae è la più rappresentata con 11 taxa di cui 8 appartenenti alla famiglia Oithonidae e 7 a quella degli Oncaeidae. Analogamente a quanto osservato nell'estate 2015, la famiglia Sapphirinidae è caratterizzata da un elevato grado di biodiversità sebbene le abbondanze di tutti gli 8 taxa identificati (3 appartenenti al genere *Copilia* e 4 al genere *Sapphirina*) siano sempre modeste. Tra gli Oithonidae (valori medi di abbondanza di: 0,49 ind/m³ 0 – 5 m; 79,29 ind/m³ 0 – 50 m; 45,23 ind/m³ 50 – 100 m) le specie più abbondanti sono *Oithona nana*, *O. setigera* e *O. similis*. I Corycaeidae (74,08 ind/m³ 0 – 5 m; 104,76 ind/m³ 0 – 50 m; 39,77 ind/m³ 50 – 100 m), sono presenti lungo tutta la colonna con valori considerevoli, rappresentati in gran maggioranza da 2 specie appartenenti al genere *Farranula*. La presenza di *Farranula rostrata* è in linea con le osservazioni dell'estate precedente, mentre la cospicua comparsa di una nuova congenerica ancora non identificata a livello specifico, rappresenta richiede ulteriori approfondimenti tassonomici.

Tra gli Oncaeidae (4,41 ind/m³ 0 – 5 m; 14,82 ind/m³ 0 – 50 m; 42,37 ind/m³ 50 – 100 m), aventi distribuzione verticale direttamente proporzionale alla profondità, è confermata la presenza di *Triconia conifera*, campionata per la prima volta nel survey E15. I copepodi Harpacticoida sono rappresentati esclusivamente dalle famiglie Clytemnestridae, Ectinosomatidae e Miracidae tutte rappresentate da un'unica specie, nell'ordine *Clytemnestra rostrata*, *Microsetella rosea* e *Distiocolus minor*. Quest'ultimo ormai definitivamente considerato all'interno dello *species pool* caratteristico dell'area di studio investigata.

Nel complesso per quanto concerne il contingente oloplanctonico a copepodi della campagna E16 non si registrano significative differenze nella composizione della comunità attribuibili all'esercizio del rigassificatore.

Nella tabella seguente (Tabella 47) sono indicati i volumi di sedimentazione (dopo 24 h), espressi in ml, della componente oloplanctonica raccolta nella campagna estiva 2016. Una riduzione di biomassa si osserva nelle stazioni prossime al rigassificatore unicamente nella fascia 0-50 m.

Tabella 47 - Biomassa: volumi di sedimentazione dell'oloplancton (espressi in ml). OR = campionamento orizzontale; 50-0 = campionamento verticale da 0 a 50 metri; 100-50: campionamento verticale da 100 a 50 metri.					
(ml)	E16 MG6	E16 MG7	E16 MG10	E16 MG12	E16 MG13
OR	33	25	28	29	19
50-0	5	9	21	8	11
100-50	10	7	10	7	8

Meroplancton

Nella campagna estiva E16, (Tabella 48), sono stati determinati complessivamente 73 taxa meroplanctonici appartenenti a 8 phyla di invertebrati marini. Si tratta del numero più elevato di taxa meroplanctonici identificati dall'inizio delle campagne di monitoraggio. Rispetto ai survey condotti nel medesimo periodo l'incremento dei taxa presenti nei campioni è stato del 14,06% rispetto a E15 e del 46% rispetto a E14. Complessivamente 11 nuovi taxa compaiono per la prima volta nella checklist: il polichete *Owenia fusiformis*, 8 crostacei decapodi, l'echinoderma *Cidaris cidaris* e la fase larvale (tornaria) del phylum Enteropneusta. Il gruppo largamente dominante in termini qualitativi è quello dei crostacei decapodi (taxa = 47) al quale seguono gli echinodermi (9) e i policheti (7).

Il 64,3% (47 taxa) è rappresentato dai crostacei decapodi. Anche in questo caso l'incremento del numero di taxa rispetto alle campagne estive precedenti è sostanziale; erano infatti 42 nel survey E15 e 25 in quello E14. Questo aumento è dovuto anche alle 8 nuove segnalazioni: i Majidae *Acanthonix lunulatus* e *Inachus dorsettensis*, i caridei *Aristeus antennatus*, *Pontophilus spinosus* e altri esemplari attribuibili alle famiglie Pandalidae e Palaemonidae mai osservati in precedenza, il brachiuro alloctono *Percnon gibbesi* e l'Axiidae *Callianassa subterranea*.

Nel campione E16 le larve di crostacei decapodi sono prevalentemente concentrate nelle stazioni superficiali; il 78,7% (37) delle specie identificate è stato raccolto durante i campionamenti orizzontali; tra esse 23 sono state esclusivamente pescate nei retinaggi condotti in

superficie. Solo 5 specie risultano esclusive delle fasce profonde; 7 *taxa* sono presenti in tutte le fasce investigate, profonda, intermedia e superficiale. Infine dall'osservazione del campione *in toto* è stato possibile identificare 8 *taxa* di decapodi non presenti nei subcampioni.

Dal punto di vista ecologico è quindi ampiamente confermata la caratteristica distribuzione verticale dei crostacei decapodi. Il maggior numero di specie (22) è stato identificato nella stazione E16 MG10 nella fascia superficiale, mentre il minimo (17) è stato registrato in E16 MG6.

Il massimo valore di abbondanza è stato rilevato in E16 MG12 (2,81 ind/m³), il minimo (2,12 ind/m³) E16 MG13.

Tra le specie dominanti due rappresentanti dell'infraordine Anomura: il Diogenidae *Clibanarius erythropus*, prevalentemente concentrato in tutte le stazioni nei retinaggi orizzontali e il Paguridae *Anapagurus breviaculeatus* distribuito preferenzialmente nella fascia compresa tra 100 e 50 m di profondità. Tra i brachiuri la specie dominante è lo Xantidae *Monodaeus couchii* presente anch'esso nelle sole pescate orizzontali.

Anche nella campagna E16, così come evidenziato nel precedente *survey* P16, si registra la presenza dello stomatopode *Squilla mantis* in quattro delle cinque stazioni investigate, con distribuzione esclusivamente orizzontale.

Gli echinodermi presenti nel campione E16 rappresentano il 12,32% dei *taxa* totali. Due sono i dominanti: l'echinoide regolare *Arbacia lixula* e il riccio irregolare appartenente al genere *Echinocardium*. Dal punto di vista strettamente quantitativo le fasi larvali degli asteroidi (Bipinnaria) assommano il maggior numero di individui per metro cubo di acqua filtrato in particolare nelle stazioni verticali.

A differenza degli echinodermi, per i quali non si riscontra una preferenziale distribuzione in una fascia della colonna d'acqua investigata, per i policheti che rappresentano il 9,5% dei *taxa* meroplanctonici totali, il maggior numero di esemplari è stato raccolto nelle stazioni profonde, quelle comprese tra 100 e 50 m di profondità.

Nel complesso anche per quanto concerne il contingente meroplanctonico della campagna E16 non si registrano significative differenze nella composizione della comunità attribuibili all'esercizio del rigassificatore.

Tabella 48 – Meroplancton. O.le = orizzontale, 50-0 = campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100-50 = campionamento verticale da 100 a 50 metri. * presente in almeno un sub-campione, ** presente solo nell'osservazione *in toto*. La lista include specie determinate a fresco.

	O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50
CNIDARIA				<i>Calcinus tubularis</i>	*	**		<i>Pilumnus</i> sp	*		
Efira ind	*	*		<i>Clibanarius erythropus</i>	*	**	**	<i>Pirimela denticulata</i>	*		
MOLLUSCA				<i>Deosergestes corniculum</i>	**	*	**	<i>Plesionika</i> sp	**		
Gastropoda larvae ind	*	*	*	<i>Dromia personata</i>	*			<i>Pontophilus spinosus</i>			*
Triphoridae ind	**			<i>Ebalia cranchii</i>	*			<i>Processa edulis edulis</i>		**	*
Bivalvia larvae ind	*	*	*	<i>Ebalia tuberosa</i>	*			<i>Processa modica caroli</i>	**		
POLYCHAETA				<i>Ebalia tumefacta</i>	*	**		<i>Processa</i> sp	*	**	*
<i>Chaetopterus variopedatus</i>			*	<i>Eusergestes arcticus</i>	**			<i>Sergia robusta</i>	*		
<i>Owenia fusiformis</i>			*	<i>Eurynome aspera</i>	*			<i>Sinalpheus gamberelloides</i>	**		
Polynoidae ind		*		<i>Goneplax rhomboides</i>	*			<i>Thia scutellata</i>	**		
Polychaeta larvae ind		*	*	<i>Herbstia condiliata</i>	**			<i>Upogebia</i> sp	*		
Sponidae ind			*	<i>Illa nucleus</i>	*			<i>Xantho granulicarpus</i>	*		
Syllidae ind			*	<i>Inachus dorsettensis</i>			*	Stomatopoda			
Trocofora ind	*	**	*	<i>Latreillia elegans</i>			**	<i>Squilla mantis</i>	*		
NEMERTEA				<i>Liocarcinus</i> sp	*			ECHINODERMATA			
Pilidium larvae ind		*		<i>Lysmata seticaudata</i>	*	*		<i>Arbacia lixula</i>	*	*	
CRUSTACEA				<i>Maja</i> sp	*			<i>Brissopsis lyrifera</i>			*
Cirripedia				<i>Monodaeus couchii</i>	*			<i>Cidaris cidaris</i>	*		
Cirripedia larvae ind	*	*	*	<i>Munida</i> sp		*	*	<i>Echinocardium</i> sp	*	*	*
Cypris larvae ind			*	Oplophoridae ind		**		<i>Ophiotrix fragilis</i>	*	*	*
Decapoda				<i>Palaemon</i> sp	*			<i>Ophiura</i> sp	**		*
<i>Acanthonix lunulatus</i>	*			Palaemonidae ind Mesocaris	*			<i>Psammochinus</i> sp	*	*	
<i>Alpheus glaber</i>	*	*	*	Pandalidae ind	*			<i>Sphaerechinus</i> sp	*		
<i>Alpheus macrocheles</i>	*	**	*	<i>Parapaeneus longirostris</i>			*	Bipinnaria larvae ind	*	*	
<i>Anapagurus breviaculeatus</i>		*	*	<i>Parasergestes vigilax</i>	*	*	**	FORONIDEA			
<i>Aristeus antennatus</i>	*			<i>Parthenopoides massena</i>	*	**	*	Actinotroca larvae ind	*		
<i>Athanas nitescens</i>	*			<i>Percnon gibbesi</i>	*			ENTEROPNEUSTA			
<i>Calianassa subterranea</i>			*	<i>Philocheras bispinosus</i>			*	Tomaria larvae ind	*		

Ittioplancton

Nell'estate 2016 sono stati campionati 7 *taxa* appartenenti alle fasi larvali dell'ittiofauna. Per la prima volta è stata campionata una specie abissale appartenente alla famiglia Myctophidae *Ceratoscopelus maderensis* (Tabella 49).

Il numero complessivo di *taxa*, largamente inferiore a quanto raccolto nello stesso periodo dell'anno nelle campagne estive precedenti, (E14 = 23 *taxa*, E15 = 22 *taxa*) può essere, in parte, attribuito allo slittamento dei picchi riproduttivi dell'ittiofauna dovuti alla bassa temperatura media (18,3°C) registrata nella primavera precedente (P16) inferiore di tre e quattro gradi, rispetto alle primavere degli anni precedenti (P15: 21,5°C; P14: 22,5°C). Questo slittamento trova conferma nella ampia presenza di un contingente di larve ittioplanctoniche ancora nelle primissime fasi di sviluppo tanto da essere difficilmente identificabili.

Il *taxa* largamente dominante della campagna estiva si riconferma l'Engraulidae *Engraulis encrasicolus* (acciuga) che concentra il periodo riproduttivo proprio nei mesi primaverili ed estivi. Così come per la campagna P16 anche in E16 è stata registrata la presenza massiccia di uova di *E. encrasicolus* concentrate preferenzialmente nelle pescate orizzontali.

Nel complesso per quanto concerne il contingente ittioplanctonico della campagna P16 non si registrano significative differenze nella composizione della comunità attribuibili all'esercizio del rigassificatore.

Tabella 49 – Ittioplancton. O.le = orizzontale, 50-0 = campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100-50 = campionamento verticale da 100 a 50 metri. * presente in almeno un sub-campione, ** presente solo nell'osservazione *in toto*.

	O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50
ENGRAULIDAE				SCORPAENIDAE				Larvae ittio ind	*	*	*
<i>Engraulis encrasicolus</i>	*	*	*	<i>Scorpaena scrofa</i>	*			Uova di <i>E. encrasicolus</i>	*	*	
GONOSTOMATIDAE				SERRANIDAE				Uova di <i>Maurollicus muelleri</i>	**		
<i>Cyclothone braueri</i>		*		<i>Serranus hepatus</i>		*		Uova ind	*	*	*
MYCTOPHIDAE				SYNGNATHIDAE							
<i>Ceratospelus maderensis</i>		*		<i>Syngnathus phlegon</i>	*						

6.2 SEDIMENTI

6.2.1 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche

Analisi granulometrica

Le caratteristiche granulometriche sono molto variabili da stazione a stazione, anche in corrispondenza dell'area nell'intorno dell'FSRU. Nelle stazioni E16 MG6 e E16 MG13 l'argilla è la frazione più abbondante costituendo oltre il 40% del campione. Poco meno di un terzo del sedimento è costituito da silt. La restante parte del campione è rappresentata da sabbia e da una piccola percentuale di ghiaia.

Nelle stazioni E16 MG7 e E16 MG12 la maggior parte del campione è costituita da sabbia (20,9%) e da una parte del sedimento è costituito da sabbia, mentre la percentuale trascurabile di ghiaia.

La pelite, che rappresenta circa il 60% del campione è costituita più da silt che da argilla sebbene la differenza sia di pochi punti percentuale. Anche in queste stazioni la ghiaia è scarsamente rappresentata.

Nella stazione E16 MG9 oltre la metà del campione è costituita da argilla, mentre il silt ne costituisce poco più del 30%. La sabbia rappresenta una percentuale inferiore al 10% e la ghiaia è assente.

Nella stazione E16 MG10 l'argilla è ancora la componente dominante (44,4%) e analogamente al caso precedente il silt rappresenta circa un terzo del

Tabella 50 – Ripartizione delle principali classi granulometriche e relativa classificazione dei sedimenti. I dati sono espressi in percentuale.

	ghiaia	sabbia	silt	argilla	Classificazione secondo Shepard
E16 MG6	3,8	21,4	31	43,8	Argilla siltosa
E16 MG7	4,5	39,2	24,5	31,8	Sabbia argillosa
E16 MG9	0	9,9	36	54,1	Argilla siltosa
E16 MG10	0,2	20,9	34,5	44,4	Loam
E16 MG12	6,5	44,6	21,4	27,3	Sabbia argillosa
E16 MG13	0,4	22,2	31,8	45,4	Argilla siltosa

Metalli

Le concentrazioni dei metalli rilevate nelle sei stazioni di prelievo e riportate in **Tabella 51** sono risultate tutte molto omogenee.

I valori osservati per i singoli metalli sono stati confrontati con quelli relativi agli Standard di Qualità (SQ) riportati nel D.M. 260/2010 e con i limiti inclusi nel "Manuale per la movimentazione dei sedimenti marini" (APAT-ICRAM-MATTM, 2007) ossia il Livello Chimico di Base (LCB) e il Livello Chimico Limite (LCL). Sono inoltre riportati i Livelli chimici di Riferimento Nazionale secondo il D.M. 173/16.

Arsenico - si rileva in tutte le stazioni il superamento del livello SQ del D.M. 260/2010 e dell'LCRN (D.M. 173/16). In E16 MG9 è stato rilevato il superamento dell'LCB.

Cromo totale - il cromo è presente in tutte le stazioni in concentrazioni sensibilmente superiori al SQ del D.M. 260/2010. In nessun caso si verifica il superamento del LCB.

Nichel - il nichel, come il cromo, esibisce, ovunque, concentrazioni più elevate del livello SQ del D.M. 260/2010. Nella stazione E16 MG9 si osserva un tenore trascurabilmente maggiore dell'LCL.

Zinco - nelle stazioni E16 MG6, E16 MG9 le concentrazioni, superano l'LCRN il cui valore coincide con il LCB, ma sono sempre al di sotto di LCL.

Per quanto concerne la concentrazione di **Al, Ba, Fe e Mn**, per i quali non vengono forniti dei valori di riferimento, si può rilevare una distribuzione abbastanza omogenea fra tutte le stazioni.

Per i restanti metalli (**Cu, Cd**) non si rilevano superamenti dei limiti considerati.

Tabella 51 – Concentrazione dei metalli. I dati sono espressi in mg/kg, tranne Al e Fe espressi in %. Sono riportati anche Livello Chimico di Base (LCB) e Livello Chimico Limite (LCL), Standard di Qualità (SQ) e Livello Chimico di Riferimento Nazionale. In neretto sono indicati i valori maggiori di SQ o di LCRN, in verde quelli maggiori di LCB, in rosso quelli maggiori di LCL.

	Al	Fe	As	Ba	Cr tot	Cu	Cd	Mn	Hg	Ni	Pb	Zn
E16 MG6	3,10	2,92	19,70	77,88	96,47	33,63	0,106	553,24	0,243	69,36	17,71	106,47
E16 MG7	2,08	2,38	19,41	53,23	70,80	23,47	0,064	592,92	0,204	56,44	16,68	86,03
E16 MG9	3,03	3,16	30,15	60,07	92,86	29,76	0,045	995,18	0,262	75,10	20,70	101,45
E16 MG10	2,01	2,44	23,97	41,83	70,54	17,80	0,041	834,38	0,152	59,42	15,03	70,62
E16 MG12	1,92	2,31	27,07	42,15	65,54	19,25	0,040	945,14	0,204	51,93	14,34	70,95
E16 MG13	2,64	2,86	27,17	62,68	86,17	29,18	0,052	786,84	0,281	67,24	18,68	96,54
S.Q.	-	-	12	-	50	-	0,30	-	0,30	30	30	-
LCRN	-	-	12	-	50	40	0,30	-	0,30	30	30	100
LCB	-	-	25	-	100	40	0,35	-	0,40	70	40	100
LCL	-	-	32	-	360	52	0,80	-	0,80	75	70	170

Composti organici

Gli idrocarburi policiclici aromatici (Tabella 52) sono scarsamente presenti con concentrazioni molto basse tanto anche nelle le stazioni dove sono stati rilevati la loro somma (IPA totali) è ampiamente inferiori all'Livello Chimico di Base indicato nel Manuale della movimentazione dei sedimenti marini (Apat, Icram, MATTM, 2006).

Tabella 52 – Concentrazione dei contaminanti organici nei sedimenti campionati nell'estate 2016. Standard di Qualità (SQ D.M. 260/2010), Livello Chimico di Base (LCB), Livello Chimico Limite (LCL) tratti dal Manuale per la movimentazione dei sedimenti marini (Apat, Icram, MATTM, 2006) e Limite chimico di riferimento nazionale (DM 173/2016) (LCRN). In neretto i valori >SQ, in verde >LCB, in rosso >LCL.

	E16 MG6	E16 MG7	E16 MG9	E16 MG10	E16 MG12	E16 MG13	S.Q	LCB/PP	LCL	LCRN
Idrocarburi policiclici aromatici (µg/kg)										
Acenaftene	0	0	0	0	0	0		7	89	
Acenaftilene	0	0	0	0	0	0				
Antracene	1	0	0	0	0	1,1	45	47	245	
Benzo (a) antracene	0	0	0	0	0	0		75	693	75
Benzo (a) pirene	3,8	0	0	0	1,1	2,7	30	80	763	30
Benzo (b) fluorantene	5,5	0	0	0	1,4	3,9	40	40		40
Benzo (g, h,i) perilene	1,8	0	0	0	0	1,8	55	55		55
Benzo (k) fluorantene	4,7	0	0	0	1,2	3,2	20	20		20
Crisene	1,3	0	0	0	0	1,8		108	846	108
Dibenzo (a, h) antracene	0	0	0	0	0	0		6	135	
Fenantrene	1,5	0	0	0	0	1,5		87	544	87
Fluorantene	2,8	0	0	0	1,6	3,3	110	113	1494	110
Fluorene	0	0	0	0	0	0		21	144	21
Indeno (1,2,3 - c, d) pirene	1,7	0	0	0	0	1,7		70		70
Naftalene	0	0	0	0	0	0	35	35	391	35
Pirene	5	0	0	0	2,2	5		153	1398	153
IPA Totali	29,1	0	0	0	7,5	26	800	900	4000	
Idrocarburi C<10 (mg/kg)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5				
Idrocarburi C10-C40 (mg/kg)	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5				
Composti organostannici										
Composti Organostannici (come Stagno) (µg/kg)										
Dibutilstagno (µg/kg)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1				
Monobutilstagno (µg/kg)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1				
Tributilstagno (µg/kg)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5				
Carbonio organico totale (TOC) (mg/kg)	10365	10760	8450	8265	9165	11185				

Cloroderivati

Questi composti risultano al di sotto del limite di rilevabilità del metodo, tranne poche eccezioni. In tutti i casi i tenori sono bassi e paragonabili tra stazioni prossime all'FSRU e controlli (Tabella 53).

Tabella 53 – Concentrazione dei composto cloro derivati nei sedimenti campionati nell'estate 2015.

	E16 MG6	E16 MG7	E16 MG9	E16 MG10	E16 MG12	E16 MG13
Acidi Aloacetici (µg/kg)						
Dalapon	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
Acido Dibromoacetico	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Acido Tribromoacetico	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Acido Monobromoacetico	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
Acido Bromodichloroacetico	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
Acido Bromocloroacetico	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
Acido Dichloroacetico	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6
Acido Tricloroacetico	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Acido Monocloroacetico	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0
Acido Clorodibromoacetico	<1,2	<1,2	<1,2	<1,2	<1,2	<1,2
Alometani, Acetonitrili e composti organo volatili (VOC) (µg/kg)						
1,1,1-Tricloro-2-propanone	<1	<1	<1	<1	<1	<1

Tabella 53 – Concentrazione dei composto cloro derivati nei sedimenti campionati nell'estate 2015.

1,1,1-Tricloroetano	0,10	0,10	0,10	<0,05	<0,05	0,11
1,1,2-Tricloroetano	0,14	0,14	<0,05	<0,05	0,13	<0,05
1,1-dicloro-2-propanone	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
1,2,3-Tricloropropano	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
1,2-Dibromo-3-Cloro-propano	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
1,2-Dibromoetano	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Bromodichlorometano	0,06	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Bromoformio	0,07	0,09	0,08	0,09	<0,05	0,09
Cloroformio	<0,05	<0,05	<0,05	0,06	<0,05	<0,05
Dibromoacetnitrile	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
Dibromoclorometano	0,07	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Dicloroacetnitrile	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Tetracloroetilene	0,22	0,25	0,20	0,05	0,24	0,26
Tetracloruro di carbonio	0,14	0,16	0,15	0,15	0,15	0,18
Tricloroacetnitrile	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Tricloroetilene	0,19	0,23	0,20	<0,05	0,21	0,24
Alofenoli(SVOC) (mg/kg)						
2,4,6-tricloro fenolo	<1	<1	<1	<1	<1	<1
2,4-dicloro fenolo	<1	<1	<1	<1	<1	<1
4-cloro-3-metil fenolo	<1	<1	<1	<1	<1	<1

Analisi microbiologiche

Nella seguente tabella sono riportati i risultati delle analisi microbiologiche dalle quali si evidenzia l'assenza di contaminazione fecale (Tabella 54).

Tabella 54 – Risultati delle analisi microbiologiche condotte nei sedimenti durante la stagione estiva 2015. I dati sono espressi in MPN/g.						
	E16 MG6	E16 MG7	E16 MG9	E16 MG10	E16 MG12	E16 MG13
Conta di Streptococchi fecali (Enterococchi)	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Conta di Coliformi Fecali	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Conta di coliformi totali	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10

6.2.2 Saggi eco tossicologici su campioni di sedimento

Paracentrotus lividus

Nella Tabella 55 sono riportati i parametri registrati negli elutriati estratti dai sedimenti da testare.

Il test eseguito con la sostanza di riferimento ha fornito una EC_{50} di $20,32\mu\text{g l}^{-1}$ di Cu ($LC=19,09$ e $UC=21,63$), che rientra nei limiti della carta di controllo del laboratorio. La percentuale media di embrioni allo stadio di pluteo ($85 \pm 1,15\%$) è risultata conforme, in quanto superiore al limite del 75% e inferiore al limite del 95%.

Le percentuali degli embrioni che hanno raggiunto lo stadio di pluteo nel test di embriotossicità (72 ore) con *P. lividus* e successiva stima della tossicità cronica (EC_{20} e EC_{50}) degli elutriati sono riportati nella Tabella 56.

Tabella 55 - Parametri registrati negli elutriati da utilizzare per il saggio con <i>P. lividus</i> .			
Campione	Salinità (‰)	pH	Ossigeno disciolto (mg/l)
controllo	36	8,18	6,48
E16 MG6	36	7,74	6,45
E16 MG7	36	7,93	6,71
E16 MG9	36	7,86	6,73
E16 MG10	36	7,87	6,68
E16 MG12	36	7,93	6,69
E16 MG13	36	7,99	6,54

Tabella 56 - Risultati del saggio biologico di embriotossicità (72 ore) con *P. lividus* (su elutriati) e successiva stima della tossicità cronica.

Campione	Concentrazione (%) dell'elutriato	% media di plutei (\pm dev.st %)	% media di embrioni non sviluppati	Correzione ABBOTT (embrioni non sviluppati)	EC 20 (%)	EC 50 (%)	Stima di tossicità
Controllo		85 \pm 1,15	15	0	-	-	Assente
E16 MG6	100	58 \pm 1,15	42	32	55,3	>100	Bassa
	50	66 \pm 1,53	34	22			
	25	81 \pm 0,58	19	4			
E16 MG7	100	53 \pm 1,15	47	37	46,5	>100	Bassa
	50	62 \pm 1,53	38	26			
	25	80 \pm 1,53	20	5			
E16 MG9	100	17 \pm 1,53	83	80	40,7	64,3	Media
	50	58 \pm 2,08	42	32			
	25	80 \pm 1,73	20	6			
E16 MG10	100	34 \pm 1,73	66	60	31,1	69,4	Media
	50	45 \pm 1,53	55	46			
	25	80 \pm 1,15	20	6			
E16 MG12	100	47 \pm 1,15	53	45	47,4	>100	Bassa
	50	64 \pm 1,53	36	24			
	25	81 \pm 2,31	19	5			
E16 MG13	100	49 \pm 1,15	51	43	44,1	>100	Bassa
	50	61 \pm 1,53	39	28			
	25	81 \pm 0,58	19	5			

In tutti gli elutriati si osserva un aumento delle percentuali degli embrioni che non hanno raggiunto lo stadio pluteo rispetto al controllo. I valori dell'EC50 determinati per gli elutriati E16 MG9 e E16 MG10 testimoniano un livello medio di tossicità cronica. Nelle stazioni prossime al rifassificatore (E16 MG6, E16 MG7, E16 MG12 e E16 MG13) si rileva una tossicità cronica bassa.

Corophium orientale

Nella **Tabella 57** sono riportati i parametri (chimico-fisici) dell'acqua sovrastante i sedimenti, registrati all'inizio ed al termine del test di tossicità a 28 giorni con *C. orientale*.

Tabella 57 - Parametri (chimico-fisici) dell'acqua sovrastante i sedimenti testati registrati all'inizio e al termine del test di tossicità a 28 giorni con il *C. orientale*.

campione	Inizio del test					Fine del test				
	Temp. (°C)	Salinità (‰)	pH	NH ₄ ⁺ (mg/l)	O ₂ (%)	Temp. (°C)	Salinità (‰)	pH	NH ₄ ⁺ (mg/l)	O ₂ (%)
Controllo		37	8,05	0,5			38	8,02	1	
E15 MG6		38	8,07	0,5			38	8,09	0	
E15 MG7		38	8,09	0,5			37	8,09	0	
E15 MG9	15 \pm 1	37	8,11	0,5	>85	15 \pm 1	37	8,06	0	>85
E15 MG10		37	8,10	0,5			38	8,07	0	
E15 MG12		37	8,11	0,5			38	8,07	0	
E15 MG13		37	8,11	0,5			38	8,08	0	

Il valore della LC50 (96h) = 2,61 mg/l (LC = 2,09 mg/l e UC = 3,27 mg/l) ottenuto con la sostanza di riferimento (CdCl₂) rientra nei limiti della carta di controllo del laboratorio. La sopravvivenza degli organismi nel sedimento di controllo dopo 28 giorni è risultata conforme, in quanto superiore al 85%.

Le percentuali di mortalità degli organismi di *C. orientale*, registrate nel test a 28 giorni e la stima della tossicità cronica sono riportate nella **Tabella 58**.

Le percentuali degli organismi morti dimostrano la presenza di tossicità cronica media in tutti i campioni testati.

Tabella 58 - Percentuali di mortalità degli organismi di *C. orientale* osservate nei sedimenti testati e successiva stima della tossicità cronica.

Campione	Numero degli organismi esposti	% degli organismi morti (\pm incertezza %)	% (corretta) degli organismi morti	Giudizio della tossicità
controllo	100	3 \pm 0,80	0	Assente
E16 MG6	100	56 \pm 1,30	55	Media
E16 MG7	100	53 \pm 1,52	52	Media
E16 MG9	100	49 \pm 2,39	47	Media
E16 MG10	100	59 \pm 1,52	58	Media
E16 MG12	100	44 \pm 1,30	42	Media
E16 MG13	100	43 \pm 1,52	41	Media

Vibrio fischeri

Il valore della EC50 (15') = 9,99 mg/l (LC= 8,03 mg/l e UC=12,44 mg/l) ottenuto con la sostanza di riferimento ZnSO₄ · 7H₂O rientra nei limiti della carta di controllo del laboratorio. I valori del *Sediment Toxicity Index* mostrano l'assenza di tossicità in tutti i campioni dei sedimenti testati (Tabella 59).

Tabella 59 - Risultati del test con il *V. fischeri* su sedimento tal quale. R² (%) = coeff. di determinazione; TU=unità tossiche; STI - sediment toxicity index. Pelite (calcolata solo sulle frazioni sabbiosa e pelica) espressa in %.

Campione	TU	Intervallo di confidenza (TU)		R ²	Pelite	Tossicità naturale stimata (UT)	STI	Stima di tossicità
E16 MG6	83,82	56,03	125,43	0,95	77,74	212,35	0,39	Assente
E16 MG7	28,50	20,52	39,56	0,96	58,93	161,03	0,18	
E16 MG9	57,18	43,23	75,61	0,97	90,10	246,07	0,23	
E16 MG10	39,91	28,48	55,93	0,96	79,05	215,93	0,18	
E16 MG12	33,60	27,33	41,32	0,99	52,13	142,50	0,24	
E16 MG13	43,83	32,58	58,96	0,97	77,67	212,17	0,21	

6.3 BIOTA

6.3.1 Macrozoobenthos

Lo studio ha portato alla raccolta e determinazione di 5035 individui appartenenti a 180 specie (Tabella 60) comprendenti policheti, molluschi, crostacei, sipunculidi, echinodermi, nemertini e nematodi.

Tabella 60 - Lista delle specie macrobentoniche rinvenute nell'estate 2016 (E16).

Policheti		
<i>Acmira assimilis</i> (Tebble, 1959)	<i>Harmothoe spinifera</i> (Ehlers, 1864)	<i>Pilargis verrucosa</i> (Saint-Joseph, 1899)
<i>Allia claudiae</i> (Laubier, 1967)	<i>Heterospio mediterranea</i> Laubier, Picard & Ramos, 1972	<i>Pista cristata</i> (O. F. Müller, 1776)
<i>Ampharete acutifrons</i> (Grube, 1860)	<i>Hyalinoecia tubicola</i> (O. F. Müller, 1776)	<i>Poecilochaetus fauchaldi</i> Pilato & Cantone, 1976
<i>Amphiteis gunneri</i> (M. Sars, 1835)	<i>Kefersteinia cirrata</i> (Keferstein, 1862)	<i>Polycirrus aurantiacus</i> Grube, 1860
<i>Ancistrosyllis groenlandica</i> Mc Intosh, 1879	<i>Laonice cirrata</i> (M. Sars, 1851)	<i>Polycirrus</i> sp Grube, 1850
<i>Aonides</i> sp	<i>Levinsenia demiri</i> Çinar, Dagli & Acik, 2011	<i>Polygordius</i> sp
<i>Aphelochaeta marioni</i> (Saint-Joseph, 1894)	<i>Levinsenia gracilis</i> (Tauber, 1879)	<i>Praxillella gracilis</i> (M. Sars, 1861)
<i>Apomatus similis</i> Marion & Bobretzky, 1875	<i>Lumbrineris gracilis</i> (Ehlers, 1868)	<i>Praxillella</i> sp
<i>Chaetozone caputesocis</i> (Saint-Joseph, 1894)	<i>Lysidice unicornis</i> (Grube, 1840)	<i>Prionospio ehlersi</i> Fauvel, 1928
<i>Chaetozone setosa</i> Malmgren, 1867	<i>Maldane glebifex</i> Grube, 1860	<i>Prionospio</i> sp Malmgren, 1867
<i>Chirimia biceps</i> (M. Sars, 1861)	<i>Marphysa bellii</i> (Audouin & Milne-Edwards, 1833)	<i>Prionospio steenstrupi</i> Malmgren, 1867
<i>Chloeia venusta</i> Quatrefages, 1865	<i>Melinna palmata</i> Grube, 1860	<i>Protodorvillea kefersteini</i> (Mc Intosh, 1869)
<i>Dialychone dunerificta</i> T. Hernandez, Licciano & Giangrande, 2007	<i>Microneptyys maryae</i> San Martin, 1982	Sabellidae ind
<i>Diplocirrus glaucus</i> Haase, 1915	<i>Minuspio cirrifera</i> Wiren, 1883	<i>Scalibregma inflatum</i> Rathke, 1843
<i>Drilonereis filum</i> (Claparède, 1868)	<i>Monticellina dorsobranchialis</i> (Kirkegaard, 1959)	<i>Scolecopsis foliosa</i> (Audouin & Milne-Edwards, 1833)
<i>Eteone longa</i> (Fabricius, 1780)	<i>Myriochele oculata</i> Zachs, 1923	<i>Scoletoma fragilis</i> (O.F. Müller, 1776)
<i>Eteone</i> sp	<i>Nephtys assimilis</i> Örsted, 1845	<i>Scoletoma impatiens</i> (Claparède, 1868)

Tabella 60 - Lista delle specie macrobentoniche rinvenute nell'estate 2016 (E16).

<i>Euchone</i> sp	<i>Nephtys hombergii</i> Savigny, 1818	<i>Scoloplos armiger</i> (O.F. Müller, 1776)
<i>Euclymene lumbricoides</i> (Quatrefages, 1865)	<i>Nephtys hystricis</i> Mc Intosh, 1900	<i>Sphaerodoron flavum</i> Örsted, 1845
<i>Euclymene oerstedii</i> (Claparède, 1863)	<i>Nereiphylla</i> sp	<i>Sphaerosyllis</i> sp Taylori Perkins, 1981
<i>Eunice vittata</i> (Delle Chiaje, 1828)	<i>Nothria conchylega</i> (M. Sars, 1835)	<i>Spiophanes kroyeri</i> Grube, 1860
<i>Euphosine foliosa</i> Audouin & Milne-Edwards, 1833	<i>Notomastus latericeus profundus</i> Eisig, 1887	<i>Sternaspis scutata</i> (Renier, 1807)
<i>Exogone verugera</i> (Claparède, 1868)	<i>Ophelina acuminata</i> Örsted, 1843	<i>Sthenelais boa</i> Grube, 1860
<i>Glycera alba</i> Verrill, 1900	<i>Panthalis oerstedii</i> Kinberg, 1855	<i>Syllis alternata</i> Moore, 1908
<i>Glycera rouxii</i> Audouin & Milne-Edwards, 1833	<i>Paradiopatra calliopae</i> Arvanitidis & Koukouras, 1997	<i>Syllis parapari</i> San Martín & López, 2000
<i>Glycera tessellata</i> Grube, 1863	<i>Paradoneis</i> sp	<i>Terebellides stroemi</i> M. Sars, 1835
<i>Glycinde nordmanni</i> (Malmgren, 1866)	<i>Paralacydonia paradoxa</i> Fauvel, 1913	<i>Trypanosyllis coeliaca</i> Claparède, 1868
<i>Harmothoe impar</i> (Johnston, 1839)	<i>Phyllodoce lineata</i> (Claparède, 1870)	
<i>Harmothoe</i> sp	<i>Phyllodoce</i> sp Lamarck, 1818	
Crostacei		
<i>Akanthophoreus gracilis</i> (Krøyer, 1842)	<i>Eriopisa elongata</i> (Bruzelius, 1859)	<i>Maera grossimana</i> (Montagu, 1808)
<i>Alpheus glaber</i> (Olivi, 1792)	<i>Eudorella nana</i> Sars, 1879	<i>Medicorophium rotundirostre</i> (Stephensen, 1915)
<i>Ampelisca brevicornis</i> (Costa, 1853)	<i>Eurydice affinis</i> Hansen, 1905	<i>Metaphoxus simplex</i> Bate, 1857
<i>Ampelisca</i> sp	<i>Eurynome aspera</i> (Pennant, 1777)	<i>Nymphon gracile</i> Leach, 1814
<i>Ampelisca tenuicornis</i> Liljeborg, 1855	<i>Eusirus longipes</i> Boeck, 1861	<i>Paranymphon spinosum</i> Caullery, 1896
<i>Ampelisca typica</i> (Bate, 1856)	<i>Gnathia oxyuraea</i> (Liljeborg, 1855)	<i>Paraphoxus oculatus</i> (G.O. Sars, 1879)
<i>Anapagurus</i> sp	<i>Gnathia</i> sp Leach, 1814	<i>Perioculodes aequimanus</i> (Kossman, 1880)
<i>Anthura gracilis</i> (Montagu, 1808)	<i>Goneplax rhomboides</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Perioculodes l. longimanus</i> (Bate & Westwood, 1868)
<i>Aora spinicornis</i> Afonso, 1976	<i>Halice walkeri</i> (Ledoyer, 1973)	<i>Photis longicaudata</i> (Bate & Westwood, 1862)
<i>Araphura brevimanus</i> (Liljeborg, 1864)	<i>Haploops nirae</i> Kaim Malka, 1976	<i>Phtisica marina</i> Slabber, 1769
<i>Callianassa</i> sp	<i>Harpinia crenulata</i> (Boeck, 1871)	<i>Processa</i> sp
<i>Campylaspis macropthalma</i> Sars, 1879	<i>Harpinia dellavallei</i> Chevreux, 1910	<i>Pseudotanais</i> sp
<i>Carangoliopsis spinulosa</i> Ledoyer, 1970	<i>Harpinia pectinata</i> G.O. Sars, 1891	<i>Scalpellum scalpellum</i> (Linnaeus, 1767)
<i>Cirolana borealis</i> Liljeborg, 1852	<i>Hippomedon bidentatus</i> Chevreux, 1903	<i>Synchelidium haplocheles</i> (Grube, 1864)
<i>Collettea cylindrata</i> (Sars, 1882)	<i>Hippomedon massiliensis</i> Bellan-Santini, 1965	<i>Tuberapseudes echinatus</i> (G.O. Sars, 1882)
<i>Deflexilodes acutipes</i> (Ledoyer, 1983)	<i>Inachus</i> sp	<i>Upogebia deltaura</i> (Leach, 1815)
<i>Desmosoma</i> sp	<i>Leucon</i> sp 2	<i>Urothoe elegans</i> (Costa, 1853)
<i>Ebalia cranchii</i> Leach, 1817	<i>Liljeborgia dellavallei</i> Stebbing, 1906	<i>Westwoodilla rectirostris</i> (Della Valle, 1893)
Echinodermi		
<i>Amphipholis squamata</i> (Chiaje, 1829)	<i>Brissopsis atlantica mediterranea</i> Mortensen, 1913	<i>Ophiura</i> sp Lamarck, 1816
<i>Amphiura chiajei</i> Forbes, 1843	<i>Labidoplax digitata</i> (Montagu, 1815)	<i>Trachythyone elongata</i> (Düben Koren, 1844)
<i>Amphiura filiformis</i> (O. F. Müller, 1776)	<i>Ophiura grubei</i> Heller, 1863	<i>Trachythyone tergestina</i> (Sars, 1857)
Molluschi		
<i>Abra nitida</i> (O.F. Muller, 1776)	<i>Falcidens gutturosus</i> (Kowalevsky, 1901)	<i>Philine aperta</i> (Linnaeus, 1767)
<i>Antalis inaequicostata</i> (Dautzenberg, 1891)	<i>Hyala vitrea</i> (Montagu, 1803)	<i>Pitar rudis</i> (Poli, 1795)
<i>Bathyarca pectunculoides</i> (Scacchi, 1834)	<i>Hydrobia</i> sp	<i>Poromya granulata</i> (Nyst & Westendorp, 1839)
<i>Capulus ungaricus</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Mendicula ferruginosa</i> (Forbes, 1844)	<i>Saccella commutata</i> (Philippi, 1844)
<i>Cardiomya costellata</i> (Deshayes, 1835)	<i>Myrtea spinifera</i> Contraine, 1835	<i>Thyasira alleni</i> Carozza, 1981
<i>Cuspidaria cuspidata</i> (Olivi 1792)	<i>Nucula nucleus</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Thyasira biplicata</i> (Philippi, 1836)
<i>Cuspidaria rostrata</i> (Olivi, 1792)	<i>Nucula sulcata</i> (Bronn, 1831)	<i>Thyasira granulosa</i> (Monterosato, 1874)
<i>Ennucula aegeensis</i> (Forbes, 1844)	<i>Parvicardium minimum</i> (Philippi, 1836)	<i>Timoclea ovata</i> (Pennant, 1777)
Sipunculidi		
<i>Golfingia elongata</i> (Keferstein, 1863)	<i>Golfingia vulgaris</i> (Blainville, 1827)	<i>Phascolion strombus</i> (Montagu, 1804)
<i>Golfingia</i> sp	<i>Onchnesoma s. steenstrupii</i> Koren & Danilssen, 1875	<i>Sipunculus nudus</i> Linnaeus, 1766
Nematoda		
Nemertea		

I policheti risultano essere il gruppo dominante che con 4054 individui rappresentano oltre l'80% dell'abbondanza totale. I crostacei, secondi unicamente ai policheti, rappresentano solo il 13% dell'abbondanza totale (631 individui). Seguono, nell'ordine, molluschi e echinodermi, i primi con 5%, i secondi con appena l'1% di contributo all'abbondanza totale (Figura 55).

Più equilibrata risulta essere la ripartizione delle specie tra i vari gruppi, sebbene anche da questo punto di vista i policheti si confermano il taxon dominante fornendo quasi la metà delle specie rinvenute (47%). Circa un terzo del panorama faunistico è fornito dai crostacei (30%) seguiti dai molluschi che rappresentano il 14% delle specie totali. Gli echinodermi forniscono appena il 5% di specie al panorama faunistico.

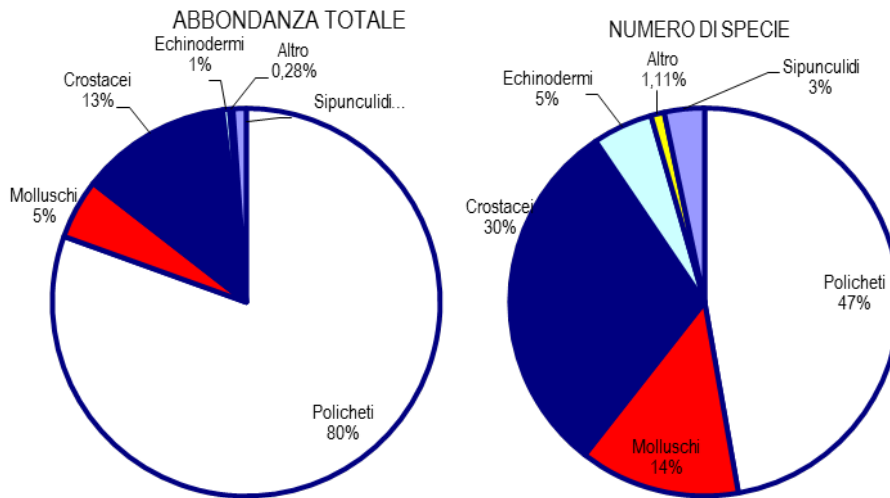


Figura 55 – Ripartizione dell'abbondanza totale e del numero di specie tra i principali taxa rinvenuti. Altro=Nemertini e Nematodi.

Ai policheti appartengono le specie rinvenute col maggior numero di individui, tra le quali *Paradiopatra calliopae* e *Levinsenia demiri* che costituiscono, rispettivamente il 25,5% e il 22,8% dell'abbondanza totale (Figura 56).

Ad esse seguono *Aphelochaeta marioni* e *Glycinde nordmanni* che rappresentano, complessivamente, circa il 12% dell'abbondanza totale.

Il contributo delle altre specie cala sensibilmente tanto che *Carangoliopsis spinulosa* la quarta in ordine di importanza, costituisce poco più del 3% dell'abbondanza totale.

Queste quattro specie rappresentano da sole oltre il 60% dell'abbondanza totale. Questo risultato, che conferma quanto emerso dalla fase di Bianco, dimostra che l'area è caratterizzata da un panorama faunistico dominato da poche specie molto abbondanti affiancate da un elevato numero di specie presenti con pochi individui. Infatti 171 specie (ossia 95 % del totale) contribuiscono per meno dell'1% all'abbondanza totale. Inoltre il 22,7% circa delle specie è presente con un solo individuo.

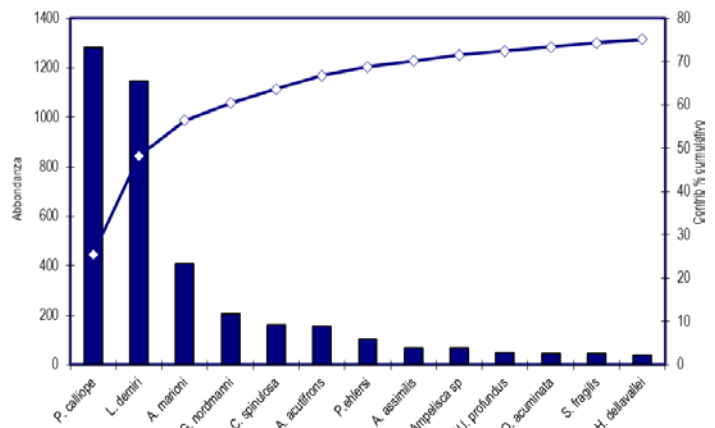


Figura 56 - Abbondanza totale e contributo percentuale cumulativo delle specie dominanti.

Pertanto tutti i pattern osservati dipendono in gran parte dalle variazioni di abbondanza di queste specie.

Dall'analisi di similarità, infatti, si evince che *Levinsenia demiri* e *Paradiopatra calliopae* sono le specie con il maggior contributo alla similarità tra repliche variabile tra il 45,8 (E16 MG10) e il 75,7% valore massimo registrato in E16 MG14.

L'analisi delle differenze mostra inoltre che la dissimilarità percentuale tra stazioni sono abbastanza modeste oscillando tra il 65,4% (E16 MG11 vs E16 MG6) e il 28,2% (E16 MG6 vs E16 MG14).

Tra i valori di dissimilarità più alti si annoverano quelli osservati tra E6 MG11 vs E16 MG14 (64 %), E16 MG8 vs E16 MG6 (58%) e E16 MG8 vs E16 MG2 (54%). Nonostante la vicinanza anche le stazioni E16 MG6 vs E16 MG7, entrambe prossime all'FSRU esibiscono uno dei valore più elevati di dissimilarità (52,25%) di questo survey.

All'estremo opposto, ossia il valore minore di dissimilarità dell'estate 2016, è stato osservato tra E16 MG6 e E16 MG14 (28,2%).

Le differenze sono dovute essenzialmente a *Levinsenia demiri*, *Paradiopatra calliopae* e *Aphelochaeta marioni* anche se, complessivamente, i contributi sono sempre piuttosto modesti, tranne il caso delle stazioni E16 MG6 vs E16 MG11 in cui queste tre specie contribuiscono, nell'ordine, con il 27%, 18%, 9,77%. Tali contributi sono originati dai maggiori valori di abbondanza di queste specie nella stazione E16 MG6 rispetto a E16 MG11.

Tale considerazione trova sostegno nei risultati emersi dal non-Metric Multidimensional Scaling (n-MDS). Nel piano di ordinamento (**Figura 57**) ottenuto da questa routine, infatti, queste stazioni risultano localizzate ai due lati opposti del plot, mentre E16 MG6 e E16 MG14 sono poste entrambe nel lato destro.

Nel complesso, tuttavia, le stazioni risultano essere disperse nel piano senza formare cluster riconducibili alla loro reale distribuzione spaziale né alla presenza dell'FSRU.

Questo dato è in accordo con i valori di (dis)similarità tra repliche e tra stazioni: le differenze tra stazioni sono paragonabili a quelle tra repliche ad indicare che la variabilità spaziale a piccola scala (repliche) è confrontabile con quella a media scala (stazioni).

L'analisi macroscopica dei campioni conferma che l'area di indagine ospita sedimenti che possono variare sia da stazione a stazione sia da replica a replica della medesima stazione.

Il residuo presente è costituito generalmente da fibra vegetale, biodetrito e sabbia minerale, presenti però in percentuali molto variabili. Il detrito vegetale di origine terrigena risulta in molti casi abbondante variando tra il 70 e 80% (E16 MG1, E16 MG2, E16 MG1, E16 MG10), ma talvolta con differenze anche notevoli tra replica e replica come nel caso di E16 MG14 dove la percentuale varia tra 50 e 80%. Questa componente risulta meno cospicua (50-60%), ma comunque abbondante nelle stazioni E16 MG11, E16 MG8, E16 MG6). Nei casi in cui la fibra vegetale rappresenta una piccola parte del campione (20% in E16 MG4; 5% in E16 MG9), il residuo è composto per lo più da biodetrito conchifero.

La componente sabbiosa esibisce percentuali cospicue (30-40%) nelle stazioni E16 MG7, E16 MG8, E16 MG11, E16 MG12.

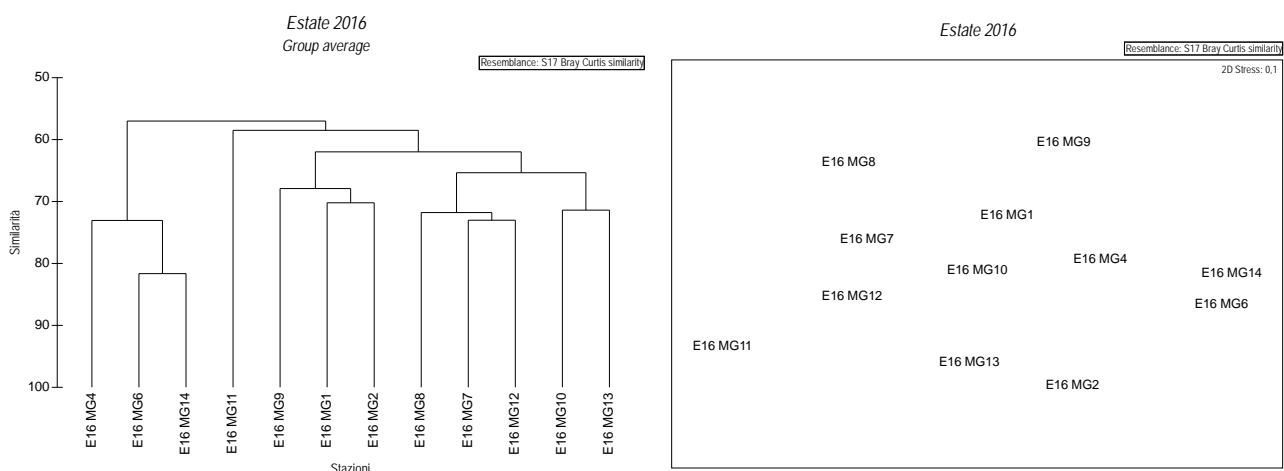


Figura 57 - Risultati della cluster analysis (group average) a sinistra e piano di ordinamento ottenuto dal n-MDS, a destra. La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Bray-Curtis.

Nella **Tabella 61** sono riportati i valori degli indici strutturali. I dati evidenziano differenze pressoché trascurabili tra le stazioni.

La differenza maggiore si riscontra tra la stazione E16 MG6 e tutte le altre a causa dell'elevato valore di abbondanza totale secondo solo alla stazione E16 MG14. Queste due stazioni, infatti, risultano le più simili tra loro di qualunque altra coppia di stazioni.

Tabella 61 – Indici strutturali (\pm DS) relativi al popolamento macrobentonico. Numero di taxa (S), Numero di individui (N), Diversità specifica di Shanno-Weaver (H'), Ricchezza specifica di Margalef (d), Equitabilità di Pielou (J).

Sample	S	N	H'(log ₂)	d	J
E16 MG1	26,50 \pm 3,79	95,75 \pm 11,24	3,63 \pm 0,21	5,60 \pm 0,81	0,77 \pm 0,01
E16 MG2	35,50 \pm 6,24	112,25 \pm 16,58	4,24 \pm 0,25	7,31 \pm 1,20	0,83 \pm 0,02
E16 MG4	29,25 \pm 8,02	123,50 \pm 30,16	3,44 \pm 0,55	5,85 \pm 1,50	0,71 \pm 0,06
E16 MG6	32,75 \pm 4,65	171,00 \pm 28,55	3,44 \pm 0,24	6,17 \pm 0,71	0,69 \pm 0,03
E16 MG7	26,25 \pm 2,22	81,50 \pm 3,00	3,49 \pm 0,29	5,74 \pm 0,46	0,74 \pm 0,05
E16 MG8	25,00 \pm 11,97	75,25 \pm 24,96	3,40 \pm 0,81	5,46 \pm 2,44	0,76 \pm 0,04
E16 MG9	28,50 \pm 5,92	95,75 \pm 20,25	3,96 \pm 0,32	6,02 \pm 1,02	0,82 \pm 0,02
E16 MG10	27,00 \pm 5,29	96,00 \pm 46,78	3,65 \pm 0,28	5,77 \pm 0,57	0,78 \pm 0,10
E16 MG11	26,50 \pm 6,45	62,25 \pm 12,42	3,99 \pm 0,55	6,17 \pm 1,47	0,85 \pm 0,05
E16 MG12	29,50 \pm 4,65	81,50 \pm 11,45	3,91 \pm 0,40	6,51 \pm 1,21	0,80 \pm 0,05
E16 MG13	29,00 \pm 5,60	98,75 \pm 15,11	3,82 \pm 0,38	6,08 \pm 1,04	0,79 \pm 0,05
E16 MG14	28,75 \pm 6,95	165,25 \pm 29,80	3,12 \pm 0,45	5,42 \pm 1,20	0,65 \pm 0,05

6.3.2 Meiobenthos

Dati delle singole stazioni

La stazione E16 MG1 è caratterizzata da sedimento sabbioso misto a silt. La meiofauna è costituita da otto gruppi tassonomici, per un popolamento complessivo di $141,9 \pm 128,8$ ind./10 cm². I Nematodi sono il taxon dominante ($113,7 \pm 89,0$ ind./10 cm²) e rappresentano l'80,1% della meiofauna totale. Seguono i Copepodi ($14,3 \pm 18,9$ ind./10 cm²; 10,1%) e i Nauplii ($7,2 \pm 10,0$ ind./10 cm²; 5,0%). Il quarto gruppo è costituito dai Policheti, con $4,6 \pm 8,2$ ind./10 cm² (3,3%). I taxa meno abbondanti, raggruppati nella categoria "Altri", presentano una densità complessiva pari a $2,1 \pm 3,2$ ind./10 cm² con un apporto percentuale dell'1,5%, nessuno di questi raggiunge l'1% del popolamento (Figura 58, Tabella 62).

Di grande rilievo è il rinvenimento in questo sito di uno stadio larvale del raro phylum dei Loriciferi, con una specie probabilmente nuova per la scienza appartenente al genere *Rugiloricus*. Il valore dell'indice di diversità di Shannon-Wiener risulta di poco superiore alla media riscontrata nell'area, mentre quelli della ricchezza di Margalef e dell'equitabilità di Pielou e risultano inferiori o coincidono con essa (Tabella 64).

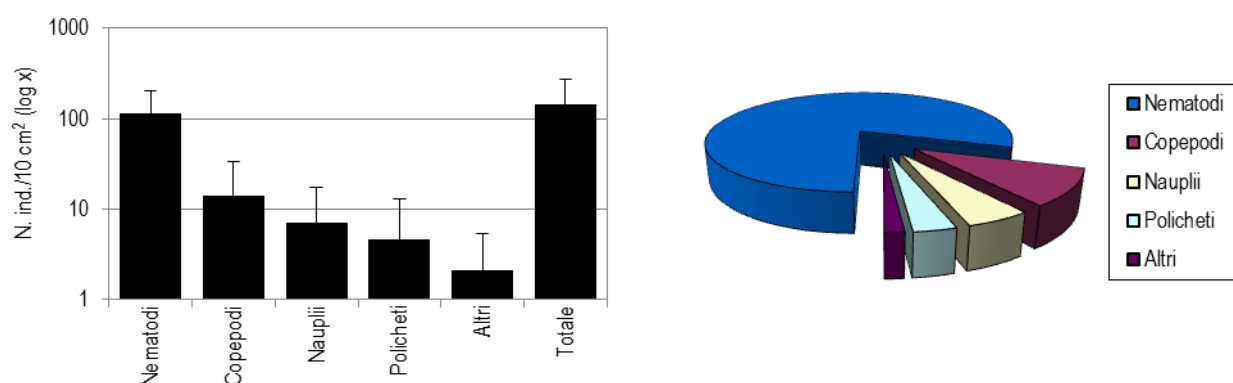


Figura 58 - Stazione E16 MG1. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Tabella 62 - Struttura della comunità meiobentonica nelle stazioni E16 MG1, E16 MG2, E16 MG4, E16 MG6, E16 MG7, E16 MG8. Densità media (±DS) (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. L'abbondanza relativa (%) dei singoli taxa è stata calcolata in relazione alla densità totale.

	E16 MG1		E16 MG2		E16 MG4		E16 MG6		E16 MG7		E16 MG8	
	Media±DS	%	Media±DS	%	Media±DS	%	Media±DS	%	Media±DS	%	Media±DS	%
Nematodi	113,7±89,0	80,1	23,2±6,9	85,8	37,1±12,2	90,8	107,8±118,8	79,7	144,4±167,2	61,4	57,7±40,7	77,9
Copepodi	14,3±18,9	10,1	0,8±1,0	3,1	-	-	6,7±5,5	5,0	33,3±43,0	14,1	10,5±7,3	14,2
Nauplii	7,2±10,0	5,0	1,7±1,4	6,2	-	-	1,3±1,6	0,9	15,6±30,1	6,6	0,4±0,8	0,6
Policheti	4,6±8,2	3,3	-	-	3,8±2,5	9,3	17,3±18,0	12,8	31,6±13,8	13,4	3,8±1,6	5,1
Turbellari	-	-	-	-	-	-	-	-	2,1±4,2	0,9	-	-
Chinorinchi	1,3±2,5	0,9	-	-	-	-	-	-	2,9±5,9	1,3	-	-
Tanaidacei	-	-	0,4±0,8	1,6	-	-	-	-	1,3±1,6	0,5	-	-
Ostracodi	1,2±3,9	0,8	-	-	-	-	-	-	1,7±2,4	0,7	0,4±0,8	0,6
Anfipodi	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4±0,8	0,2	-	-
Ofiuroidi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4±0,6	0,6
Isopodi	-	-	0,4±0,8	1,6	-	-	-	-	-	-	-	-
Cumacei	-	-	0,2±0,6	0,8	-	-	0,4±0,8	0,3	-	-	-	-
Briozoi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bivalvi	-	-	-	-	-	-	-	-	0,8±1,0	0,4	-	-
Caudofoveati	0,4±0,8	0,3	-	-	-	-	0,4±0,8	0,3	0,4±0,8	0,2	0,8±1,0	1,1
Nemertini	-	-	-	-	-	-	0,4±0,8	0,3	0,4±0,8	0,2	-	-
Priapulidi	-	-	-	-	-	-	0,3±0,6	0,2	0,4±0,8	0,2	-	-
Loriciferi	0,4±0,8	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oligocheti	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Acari	-	-	-	-	-	-	0,4±0,8	0,3	-	-	-	-
Altri (ΣTur-Aca)	2,1±3,2	1,5	1,3±0,8	4,7	-	-	2,1±2,1	1,6	10,5±14,3	4,5	1,7±1,9	2,3
Meiofauna totale	141,9±128,8	-	27,0±9,0	-	40,8±14,6	-	135,2±124,3	-	235,4±257,1	-	74,1±48,8	-

La stazione E16 MG2 si caratterizza per il sedimento sabbioso con presenza di silt e detrito vegetale. Il popolamento meiobentonico è costituito da sei taxa principali per una densità complessiva di $27,0 \pm 9,0$ ind./10 cm², la più bassa riscontrata nell'area. Il taxon dominante è quello dei Nematodi, che formano l'85,8% del popolamento meiobentonico complessivo, con una densità di $23,2 \pm 6,9$ ind./10 cm². Seguono i Nauplii ($1,7 \pm 1,4$ ind./10 cm²; 6,2%), i Copepodi ($0,8 \pm 1,0$ ind./10 cm²; 3,1%) e i taxa meno abbondanti, raggruppati sotto la voce "Altri" ($1,3 \pm 0,8$ ind./10 cm²; 4,7%). I tre taxa meno abbondanti costituiscono il 4,7% della biocenosi; di questi i Tanaidacei e gli Isopodi forniscono un apporto superiore all'1,0% del popolamento complessivo (Tabella 62; Figura 59). I valori degli indici di diversità di Shannon-Wiener, equitabilità di Pielou e, seppur di poco, della ricchezza di Margalef risultano inferiori alla media riscontrata nell'area (Tabella 64).

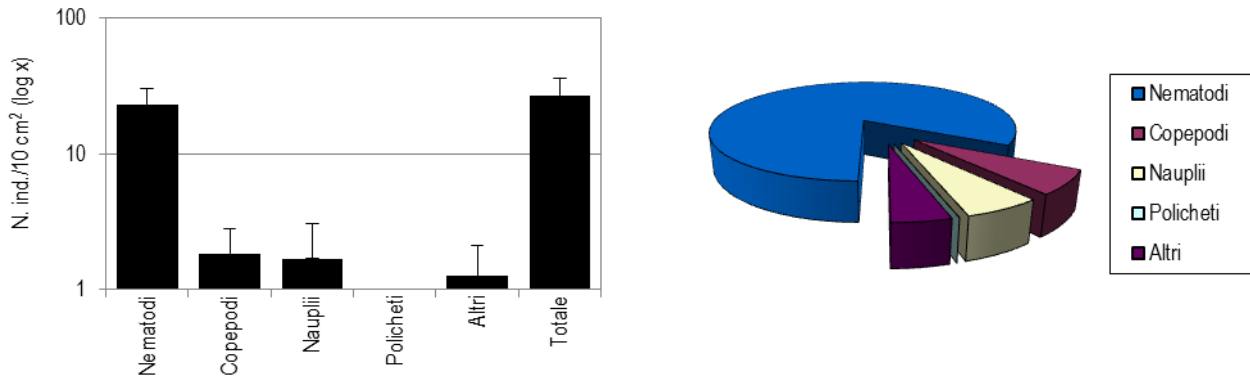


Figura 59 - Stazione E16 MG2. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il sedimento prelevato nella stazione E16 MG4 è costituito da sabbia mista a silt e detrito vegetale. L'analisi faunistica ha portato al rinvenimento di soli due gruppi meiobentonici, Nematodi e Policheti, per una densità media complessiva di $40,8 \pm 14,6$ ind./10 cm². I Nematodi esibiscono una densità pari a $37,1 \pm 12,2$ ind./10 cm², con una percentuale sul meiobenthos totale del 90,8%, mentre i Policheti contribuiscono col 9,3% e una densità di $3,8 \pm 2,5$ ind./10 cm² (Tabella 62; Figura 60). I valori degli indici di diversità di Shannon-Wiener e di ricchezza di Margalef risultano nettamente inferiori alla media rilevata nell'area, mentre l'equitabilità di Pielou è superiore ad essa (Tabella 64).

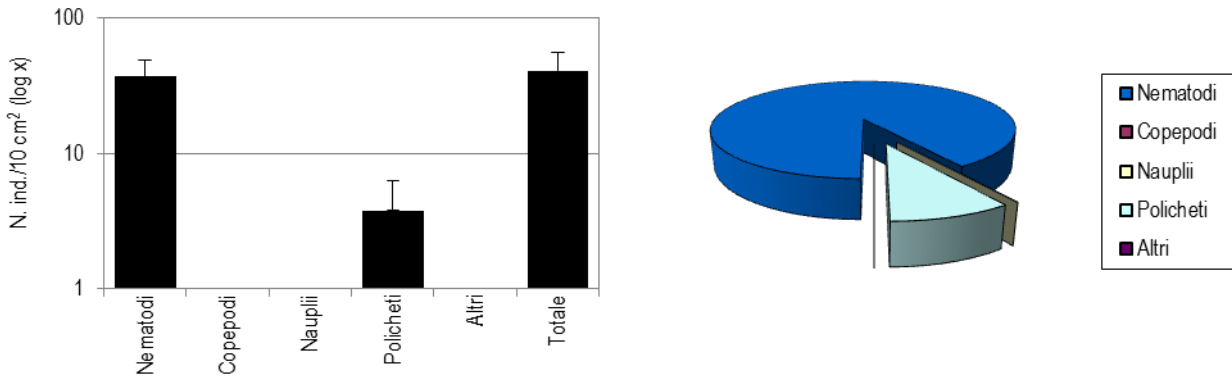


Figura 60 - Stazione E16 MG4. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il sedimento della stazione E16 MG6 è costituito da sabbia fine con silt e a detrito vegetale. Nei campioni sono stati rinvenuti i rappresentanti di nove gruppi tassonomici per una densità complessiva di $135,2 \pm 124,3$ ind./10 cm² (Tabella 1). Il gruppo dei Nematodi, taxon dominante, raggiunge la densità di $107,8 \pm 118,8$ ind./10 cm², contribuendo per il 79,7% al popolamento complessivo; seguono i Policheti ($17,3 \pm 18,0$ ind./10 cm²; 12,8%), i Copepodi ($6,7 \pm 5,5$ ind./10 cm²; 5,0%) e i taxa numericamente meno abbondanti ("Altri"; $2,1 \pm 2,1$ ind./10 cm²; 1,6%) I Nauplii si collocano al quinto (ultimo) posto per abbondanza e percentuale ($1,3 \pm 1,6$ ind./10 cm²; 0,9%). Nessuno dei cinque taxa numericamente inferiori raggiunge l'1% del popolamento complessivo (Tabella 62; Figura 61).

Dal punto di vista faunistico appare rilevante il rinvenimento di alcune larve di Priapulidi verosimilmente appartenenti al raro genere *Maccabeus*. Il valore dell'indice di ricchezza di Margalef risulta superiore alla media riscontrata nell'area, mentre gli indici di diversità di Shannon-Wiener ed equitabilità di Pielou risultano inferiori ad essa (Tabella 64).

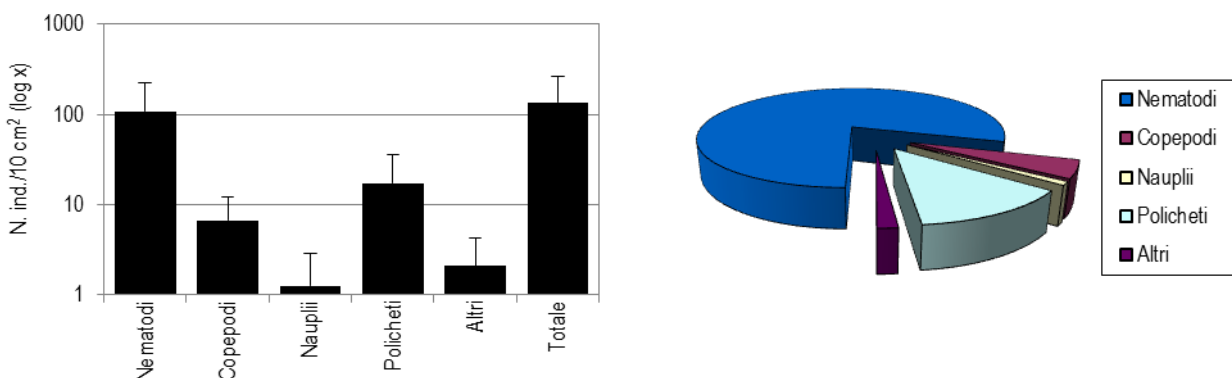


Figura 61 - Stazione E16 MG6. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il sedimento prelevato nella stazione E16 MG7 è costituito da sabbia fine mista a silt, con detrito vegetale. La biocenosi meiobentonica presenta tredici grandi taxa, con una densità media totale di $235,4 \pm 257,1$ ind./10 cm². Il gruppo dominante è quello dei Nematodi, che contribuisce con il 61,4% al popolamento complessivo ($144,4 \pm 167,2$ ind./10 cm²). Seguono i Copepodi ($33,3 \pm 43,0$ ind./10 cm²; 14,1%), i Policheti ($31,6 \pm 13,8$ ind./10 cm²; 13,4%) e, infine, i Nauplii ($15,6 \pm 30,1$ ind./10 cm²; 6,6%). I rimanenti nove gruppi presenti costituiscono il 4,5% della meiofauna totale ($10,5 \pm 14,3$ ind./10 cm²); di questi solo i Chinorinchi superano l'1,0% del popolamento complessivo (Tabella 62; Figura 62). Di particolare rilievo è il rinvenimento in questo sito di Priapulidi, tra cui un adulto del raro *Maccabeus tentaculatus*. Tutti i valori degli indici strutturali calcolati per questa stazione risultano superiori ai valori medi riscontrati nell'area (Tabella 64).

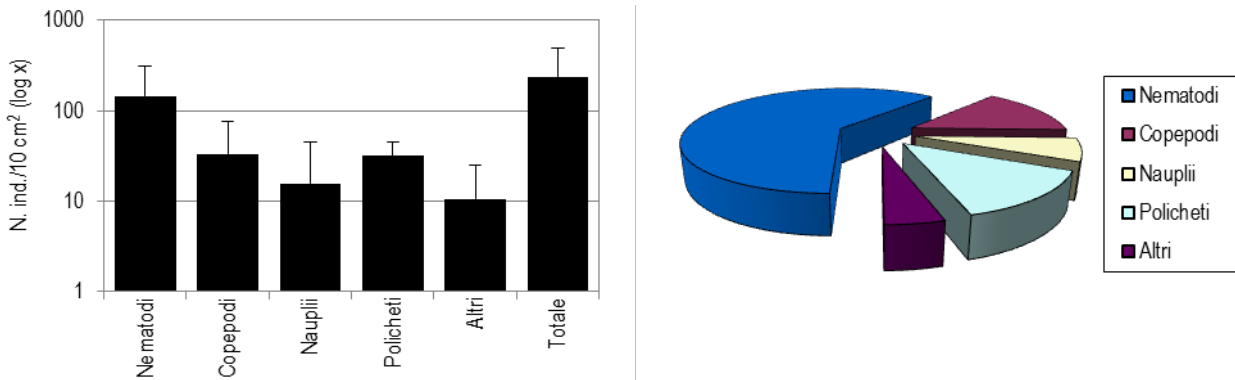


Figura 62 - Stazione E16 MG7. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

La stazione E16 MG8 è caratterizzata dalla presenza di un sedimento di tipo sabbioso fine con una frazione di silt e detrito vegetale. La meiofauna è presente con otto gruppi tassonomici la cui densità complessiva raggiunge i $74,1 \pm 48,8$ ind./10 cm². Ancora una volta i Nematodi risultano il gruppo dominante, con una percentuale che raggiunge il 77,9% (densità = $57,7 \pm 40,7$ ind./10 cm²). Seguono per abbondanza i Copepodi ($10,5 \pm 7,3$ ind./10 cm²; 14,2%) e i Policheti ($3,8 \pm 1,6$ ind./10 cm²; 5,1%). I quattro taxa raggruppati nella categoria "Altri" raggiungono gli $1,7 \pm 1,9$ ind./10 cm² (2,3%) e sono seguiti dai Nauplii ($0,4 \pm 0,8$ ind./10 cm²; 0,6%) (Tabella 62, Figura 63). In questa stazione gli indici di diversità Shannon-Wiener e Margalef risultano inferiori ai valori medi dell'area mentre l'equitabilità di Pielou supera leggermente superiore (Tabella 64).

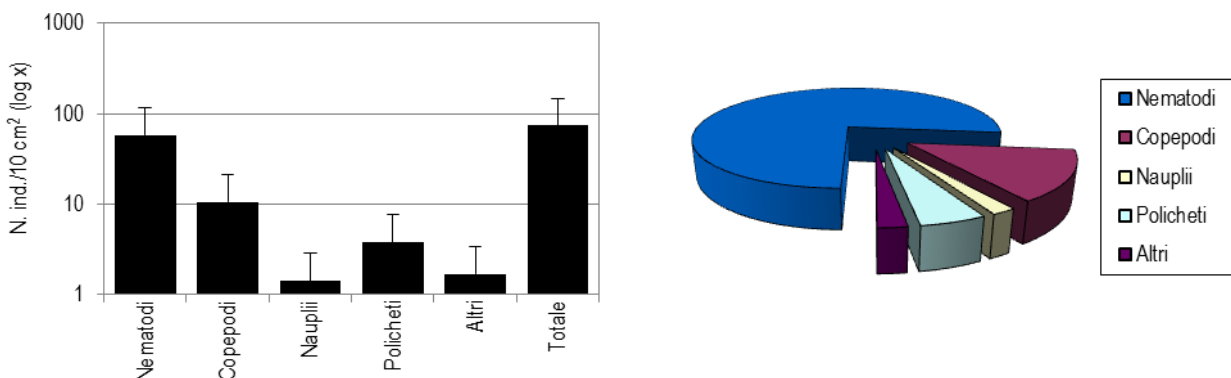


Figura 63 - Stazione E16 MG8. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

La stazione E16 MG9 è caratterizzata da un sedimento di tipo sabbioso molto fine, ricco di fango e limo. La comunità meiobentonica è costituita da soli quattro gruppi tassonomici, per una densità complessiva pari a $51,4 \pm 37,6$ ind./10 cm². I Nematodi risultano il taxon dominante ($48,0 \pm 33,8$ ind./10 cm²) rappresentando il 93,4% della meiofauna totale, seguiti da Policheti ($2,5 \pm 3,2$ ind./10 cm²; 4,9%) e dai Copepodi ($0,4 \pm 0,8$ ind./10 cm²; 0,8%). Il quarto taxon presente è quello degli Ostracodi, con densità di $0,4 \pm 0,8$ ind./10 cm² (0,8%) (Tabella 63; Figura 64).

I valori degli indici di diversità Shannon-Wiener, di ricchezza di Margalef e di equitabilità di Pielou risultano notevolmente inferiori alla media registrata per l'area (Tabella 64).

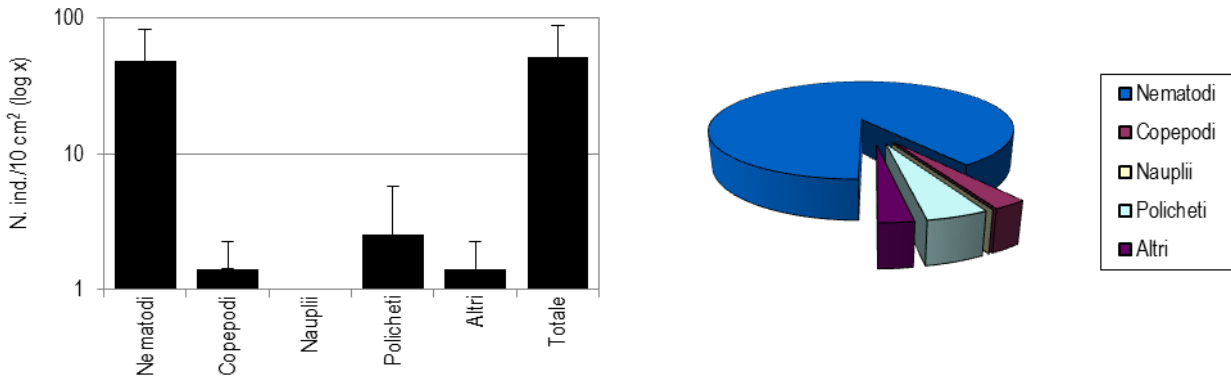


Figura 64 - Stazione E16 MG9. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

La stazione E16 MG10 è caratterizzata dalla presenza di sabbia fine mista a silt e detrito vegetale, nella quale sono stati individuati dieci taxa meiobentonici, con una densità media totale di $155,8 \pm 136,1$ ind./10 cm². I Nematodi rappresentano come altrove il gruppo dominante, con una densità media pari a $120,4 \pm 106,2$ ind./10 cm², contribuendo per il 77,3% al popolamento meiobentonico complessivo. Seguono i Policheti ($14,7 \pm 11,8$ ind./10 cm²; 9,5%), i Copepodi ($12,6 \pm 12,5$ ind./10 cm²; 8,1%) e i Nauplii ($2,1 \pm 4,2$ ind./10 cm²; 1,4%) (Tabella 63, Figura 65). I rimanenti sei taxa costituiscono il 3,8% della meiofauna totale ($5,9 \pm 5,1$ ind./10 cm²). Di questi solo gli Ostracodi superano l'1% del totale. Gli indici strutturali registrati in questa stazione risultano superiori ai valori medi registrati nell'area (Tabella 64).

Tabella 63 - Struttura della comunità meiobentonica nelle stazioni E16 MG9, E16 MG10, E16 MG11, E16 MG12, E16 MG13, E16 MG14. Densità media (\pm DS) (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. L'abbondanza relativa (%) dei singoli taxa è stata calcolata in relazione alla densità totale.

	E16 MG9		E16 MG10		E16 MG11		E16 MG12		E16 MG13		E16 MG14	
	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%
Nematodi	48,0 \pm 33,8	93,4	120,4 \pm 106,2	77,3	87,2 \pm 50,7	79,9	245,9 \pm 142,5	70,0	45,9 \pm 18,7	86,4	136,9 \pm 120,8	73,2
Copepodi	0,4 \pm 0,8	0,8	12,6 \pm 12,5	8,1	9,3 \pm 7,5	8,5	44,2 \pm 20,9	12,6	0,8 \pm 1,7	1,6	24,8 \pm 25,8	13,3
Nauplii	-	-	2,1 \pm 4,2	1,4	1,7 \pm 2,4	1,5	18,5 \pm 16,4	5,3	0,4 \pm 0,8	0,8	4,6 \pm 6,4	2,5
Policheti	2,5 \pm 3,2	4,9	14,7 \pm 11,8	9,5	7,6 \pm 6,4	6,9	26,1 \pm 3,2	7,4	4,2 \pm 2,2	7,9	12,6 \pm 12,2	6,8
Turbellari	-	-	-	-	-	-	0,8 \pm 1,7	0,2	0,4 \pm 0,8	0,8	-	-
Chinorinchi	-	-	0,4 \pm 0,8	0,3	1,3 \pm 1,6	1,2	2,1 \pm 2,5	0,6	-	-	1,7 \pm 2,4	0,9
Tanaidacei	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,4	0,4 \pm 0,8	0,1	-	-	2,1 \pm 2,5	1,1
Ostracodi	0,4 \pm 0,8	0,8	1,7 \pm 1,9	1,1	0,8 \pm 1,0	0,8	7,2 \pm 2,1	2,0	-	-	2,5 \pm 4,0	1,4
Anfipodi	-	-	0,4 \pm 0,8	0,3	-	-	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,2
Ofiuroidi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Isopodi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cumacei	-	-	0,4 \pm 0,8	0,3	-	-	0,4 \pm 0,8	0,1	-	-	-	-
Briozoi	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1 \pm 0,3	0,1	-	-
Bivalvi	-	-	2,1 \pm 2,5	1,4	-	-	1,7 \pm 1,9	0,5	0,4 \pm 0,8	0,8	0,8 \pm 1,7	0,5
Caudofoveati	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,8	0,3 \pm 0,8	0,1
Nemertini	-	-	-	-	-	-	1,7 \pm 3,4	0,5	-	-	-	-
Priapulidi	-	-	-	-	-	-	2,1 \pm 1,6	0,6	-	-	-	-
Loriciferi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oligocheiti	-	-	0,8 \pm 1,7	0,5	0,4 \pm 0,8	0,4	-	-	-	-	-	-
Acari	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,4	-	-	-	-	-	-
Altri (Σ Tur-Aca)	0,4 \pm 0,8	0,8	5,9 \pm 5,1	3,8	3,4 \pm 3,1	3,1	16,4 \pm 6,8	4,7	1,7 \pm 1,4	3,2	8,0 \pm 11,9	4,3
Meiofauna totale	51,4 \pm 37,6	-	155,8 \pm 136,1	-	109,1 \pm 65,8	-	351,2 \pm 178,9	-	53,1 \pm 20,3	-	187,0 \pm 173,3	-

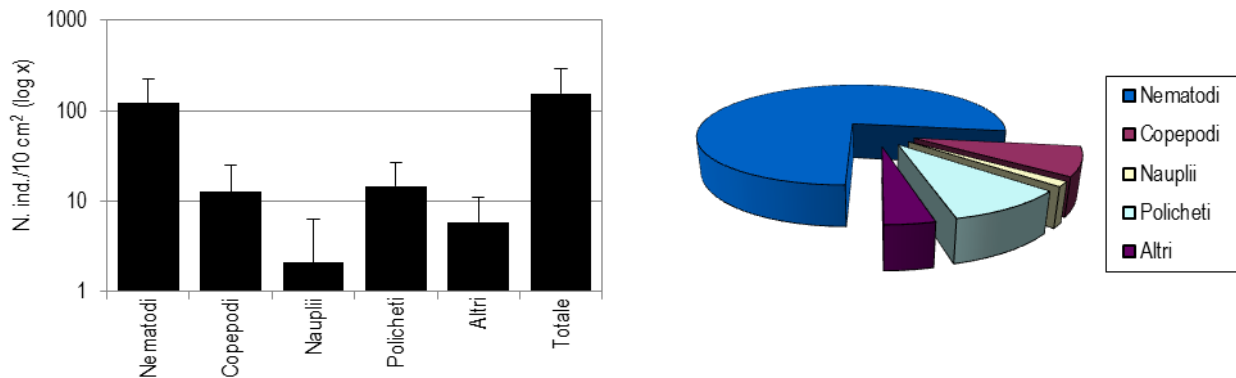


Figura 65 - Stazione E16 MG10. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il sedimento della stazione E16 MG11 è costituito da sabbia fine mista a silt e da una frazione di detrito organogeno e vegetale. Nei campioni analizzati sono stati rinvenuti i rappresentanti di nove gruppi meiobentonici, per una densità media complessiva pari a $109,1 \pm 65,8$ ind./10 cm². Il gruppo dominante è quello dei Nematodi (densità media = $87,2 \pm 50,7$ ind./10 cm²), con un apporto percentuale al popolamento complessivo del 79,9%. Seguono i Copepodi (densità = $9,3 \pm 7,5$ ind./10 cm²; 8,5%), i Policheti ($7,6 \pm 6,4$ ind./10 cm²; 6,9%) ed i Nauplii ($1,7 \pm 2,4$ ind./10 cm²; 1,5%). I cinque taxa rimanenti contribuiscono per il 3,1% al popolamento complessivo; di questi solo i Chinorinchi superano l'1,0% del totale (Tabella 63, Figura 66). I valori degli indici strutturali in questa stazione risultano superiori ai valori medi registrati nell'area (Tabella 64).

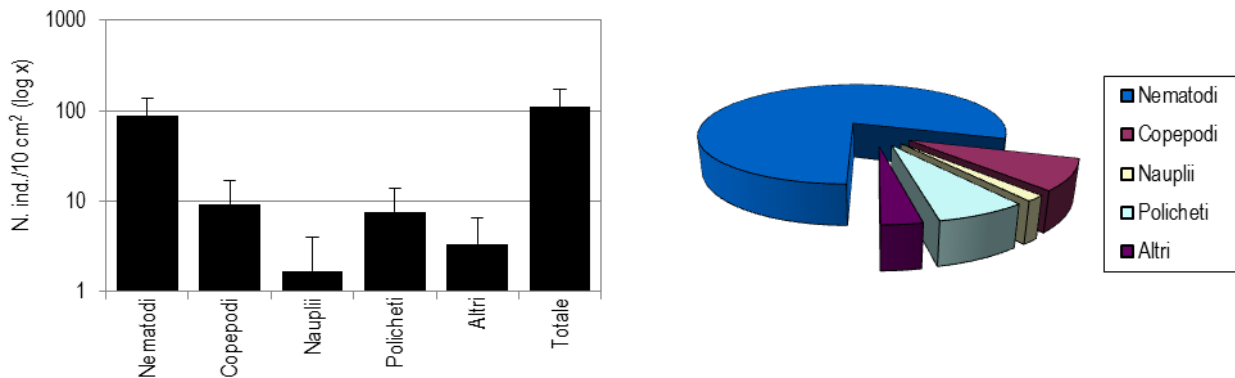


Figura 66 - Stazione E16 MG11. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

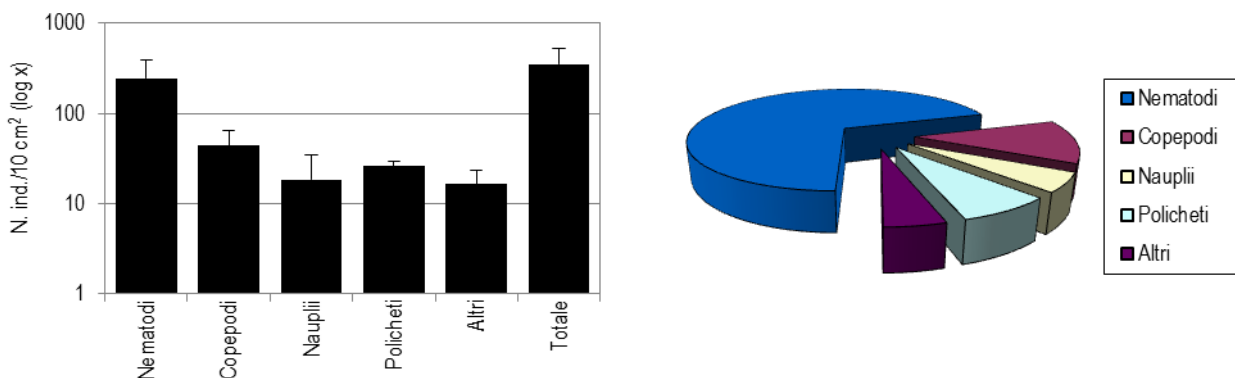


Figura 67 - Stazione E16 MG12. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il sedimento prelevato nella stazione E16 MG12 è costituito da sabbia infangata, contenente una discreta quantità di detriti grossolani e detrito vegetale. In esso sono stati rinvenuti dodici taxa, con abbondanza media totale pari a $351,2 \pm 178,9$ ind./10 cm². I Nematodi risultano essere il taxon dominante, con una densità che si attesta sul valore medio di $245,9 \pm 142,5$ ind./10 cm², corrispondente al 70,0% del popolamento complessivo. Seguono i Copepodi ($44,2 \pm 20,9$ ind./10 cm²; 12,6%), i Policheti ($26,1 \pm 3,2$ ind./10 cm²; 7,4%) e infine i Nauplii ($18,5 \pm 16,4$ ind./10 cm²; 5,3%). I restanti otto taxa, raggruppati sotto la voce "Altri", costituiscono il 4,7% della comunità complessiva; di questi solo gli Ostracodi superano l'1,0% del popolamento. Si rileva la presenza di larve di Priapulidi in questo sito (Tabella 63; Figura 67). In questa stazione i valori degli indici strutturali risultano nettamente superiori ai valori medi dell'area (Tabella 64).

Il sedimento della stazione E16 MG13, costituito da sabbia fine mista a silt e con detrito vegetale, ospita otto taxa meiobentonici, presenti con una densità complessiva pari a $53,1 \pm 20,3$ ind./10 cm². Domina il gruppo dei Nematodi ($45,9 \pm 18,7$ ind./10 cm²), che costituiscono l'86,4% del popolamento totale. Seguono i Policheti ($4,2 \pm 2,2$ ind./10 cm²; 7,9%), i Copepodi ($0,8 \pm 1,7$ ind./10 cm²; 1,6%) e i Nauplii ($0,4 \pm 0,8$ ind./10 cm²; 0,8%). I rimanenti quattro gruppi costituiscono il 3,2% della meiofauna totale (Tabella 63; Figura 68). In questa stazione i valori degli indici di diversità di Shannon-Wiener e di equitabilità di Pielou risultano più bassi dei valori medi registrati nell'area, mentre l'indice di ricchezza di Margalef risulta più alto (Tabella 64).

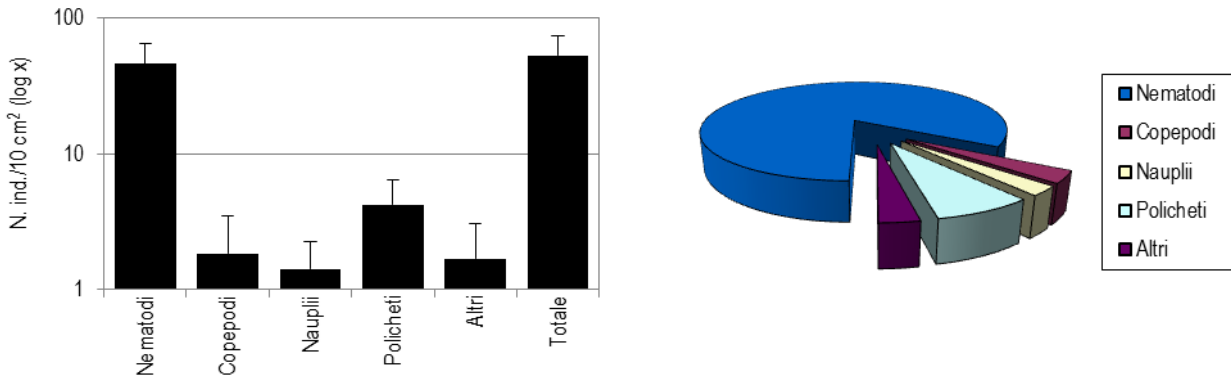


Figura 68 - Stazione E16 MG13. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

La stazione E16 MG14 si caratterizza per il sedimento di tipo sabbioso misto a silt e contenente detrito di origine vegetale. Nei campioni raccolti sono stati rinvenuti dieci taxa meiobentonici, con densità media complessiva pari a $187,0 \pm 173,3$ ind./10 cm² (Tabella 3). Anche in questo caso i Nematodi risultano il taxon dominante, con una densità di $136,9 \pm 120,8$ ind./10 cm² pari al 73,2% della comunità globale. Seguono i Copepodi ($24,8 \pm 25,8$ ind./10 cm²; 13,3%), i Policheti ($12,6 \pm 12,2$ ind./10 cm²; 6,8%) e i Nauplii, che con il 2,5% chiudono il totale della comunità della stazione. I rimanenti sei taxa insieme formano il 4,3% del popolamento; di questi solo i Tanaidacei e gli Ostracodi superano l'1,0% della biocenosi (Tabella 63, Figura 69). I valori degli indici strutturali risultano ben oltre quelli medi registrati nell'area (Tabella 64).

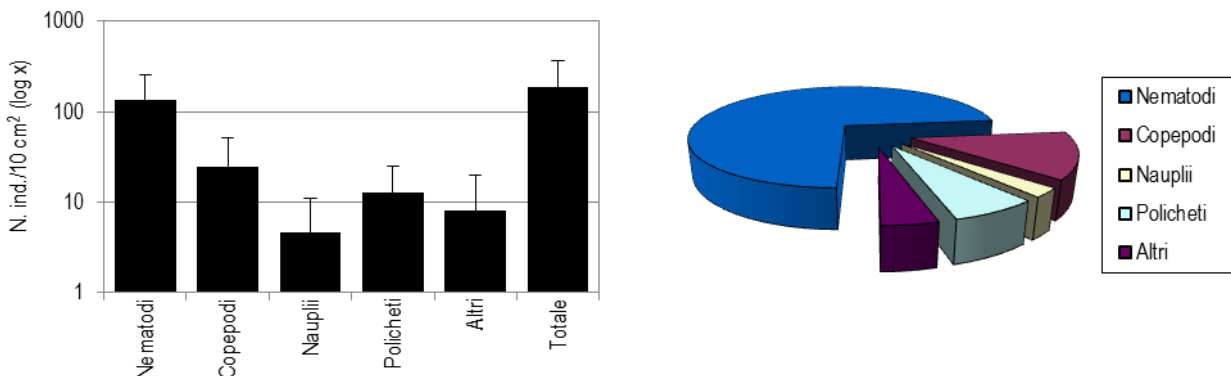


Figura 69 - Stazione E16 MG14. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Dati complessivi

Nell'area investigata sono stati rinvenuti complessivamente organismi appartenenti a venti gruppi tassonomici, di cui solo i Nematodi sono risultati presenti in tutte le stazioni. Copepodi e Policheti sono assenti in stazioni particolari mentre i Nauplii sono assenti in due siti. Dei rimanenti taxa, alcuni, come Ostracodi, Tanaidacei, Chinorinchi, Bivalvi e Caudofoveati risultano abbastanza frequenti, essendo di fatto assenti solo in poche stazioni, al contrario dei Loriciferi, Oligocheti, Isopodi, Acari e Ofiuroidi, rinvenuti solamente in una o due stazioni e in numeri molto bassi.

La densità media totale dell'area investigata è risultata alquanto bassa e pari a $130,2 \pm 142,6$ ind./10 cm². I Nematodi sono risultati il taxon dominante, con una densità media globale di $97,4 \pm 100,7$ pari al 74,8% del popolamento totale, seguiti nell'ordine dai Copepodi (densità media = $13,2 \pm 20,5$ ind./10 cm²; 10,1%), dai Policheti ($10,7 \pm 12,4$ ind./10 cm²; 8,2%) e infine dai Nauplii ($4,5 \pm 11,1$ ind./10 cm²; 3,4%). I primi quattro gruppi costituiscono nel complesso oltre il 96% della biocenosi. Gli altri sedici taxa sono presenti con abbondanze e percentuali molto basse, fornendo un valore di densità complessiva pari al 3,4% dell'intero popolamento meiobentonico; nessuno di essi raggiunge l'1% del totale (Tabella 64). L'analisi della varianza (ANOVA) condotta per verificare la significatività delle eventuali differenze nei valori medi delle abbondanze riscontrate nelle 12 stazioni ha evidenziato differenze statisticamente significative tra le densità di Nematodi, Copepodi, Policheti, taxa meno abbondanti ("Altri") e meiofauna totale. Nello specifico, valori di densità di Nematodi significativamente più bassi sono stati riscontrati nel sito E16 MG2 rispetto a E16 MG12 ($23,2 \pm 6,9$ e $245,9 \pm 142,5$ ind./10 cm², rispettivamente). I Copepodi, assenti nella stazione E16 MG4, hanno presentato densità significativamente più basse nei siti E16 MG2, E16 MG9 e E16 MG13 rispetto a quella riscontrata in E16 MG12 ($0,8 \pm 1,0$; $0,4 \pm 0,8$; $0,8 \pm 1,7$ vs $44,2 \pm 20,9$ ind./10 cm², rispettivamente). I Policheti, in genere poco numerosi, sono risultati completamente assenti in E16 MG2 e, mentre hanno esibito densità inferiori in E16 MG9 rispetto a E16 MG7 e E16 MG12 ($2,5 \pm 3,2$ vs. $31,6 \pm 13,8$ e $26,1 \pm 3,2$ ind./10 cm², rispettivamente). I taxa raggruppati nella categoria "Altri", assenti in E16 MG4, hanno mostrato densità inferiori in E16 MG9 rispetto a E16 MG12 ($0,4 \pm 0,8$ vs $16,4 \pm 6,8$ ind./10 cm², rispettivamente). Densità più basse di meiofauna totale sono state rilevate nelle stazioni E16 MG2 e E16 MG4 rispetto a E16 MG12 ($27,0 \pm 9,0$ e $40,8 \pm 14,6$ vs $351,2 \pm 178,9$ ind./10 cm², rispettivamente).

Tabella 64 - Indici strutturali relativi al popolamento meiobentonico calcolati sui valori medi di abbondanza. Numero di taxa (S), Numero medio di individui (N), Ricchezza di Margalef (d), Diversità di Shannon-Wiener (H'), Equitabilità di Pielou (J).

	S	N	d	H'	J		S	N	d	H'	J
MG1	8,00	143,10	1,41	0,79	0,38	MG9	4,00	51,38	0,76	0,29	0,21
MG2	6,00	26,74	1,52	0,58	0,32	MG10	10,00	191,52	1,71	1,14	0,50
MG4	2,00	40,85	0,27	0,31	0,45	MG11	9,00	111,77	1,70	0,86	0,39
MG6	9,00	135,01	1,63	0,72	0,33	MG12	13,00	353,32	2,05	1,11	0,43
MG7	14,00	235,58	2,38	1,26	0,48	MG13	8,00	52,71	1,77	0,55	0,27
MG8	7,00	74,12	1,39	0,76	0,39	MG14	10,00	186,81	1,72	0,97	0,42

Nella **Tabella 65** sono riportati i parametri strutturali calcolati per le singole stazioni. Numero di taxa (S) e abbondanza media (N) variano nelle stazioni analizzate, da 2 a 13 taxa il primo, e da 27 a 353 ind./10 cm² il secondo. Le stazioni E16 MG2, E16 MG4 e E16 MG9 ospitano il numero più basso di taxa, mentre E16 MG7 ospita il numero più alto. Anche gli indici di ricchezza specifica (d), diversità di Shannon-Wiener (H') ed equitabilità di Pielou (J) variano nei siti indagati. La ricchezza specifica (d) si attesta frequentemente su valori compresi tra 1 e 2, ad eccezione del sito di E16 MG4 che presenta il valore minimo (0,3) e di E16 MG7, che presenta il valore più alto riscontrato (2,4). Similmente, la diversità di Shannon-Wiener (H') è risultata massima nella stazione E16 MG7 (1,3) e minima nei siti E16 MG4 e E16 MG9 (0,3), il secondo dei quali presenta anche il più basso valore dell'indice di equitabilità di Pielou (J = 0,2). Data la distanza reciproca tra queste stazioni e la loro distanza relativa rispetto al rigassificatore non emerge alcuna relazione evidente tra le differenze osservate e la loro collocazione geografica in relazione anche alla posizione del terminale.

Le analisi multivariate hanno evidenziato nel complesso una similarità faunistica medio-bassa tra le stazioni investigate. L'analisi dei cluster, basata sulle abbondanze medie dei diversi taxa e sulla matrice di similarità di Bray-Curtis, evidenzia una prima dicotomia a un valore di similarità faunistica tra le stazioni di poco oltre il 50% (**Figura 70**); in corrispondenza di tale valore i siti E16 MG2, E16 MG4, E16 MG9 e E16 MG13, raggruppati tra loro a un livello di similarità di quasi 60%, risultano separati dagli altri otto. Le densità faunistiche e i valori di diversi parametri strutturali calcolati per questi siti risultano più bassi rispetto a quelli registrati altrove. I restanti otto siti, raggruppati ad un valore di similarità del 70% circa, sono equamente suddivisi in due cluster. Le stazioni E16 MG1, E16 MG6, E16 MG8 e E16 MG11 presentano una similarità del 77% circa, mentre le rimanenti quattro sono tra loro raggruppate ad un livello di similarità del 79%; queste ultime sono caratterizzate dai più elevati valori di densità e di diversità rilevati nell'area. Al momento non sembra emergere alcuna relazione tra raggruppamento e posizione geografica delle stazioni.

Tutto ciò è riflesso anche nel piano di ordinamento bidimensionale ottenuto dall'analisi nMDS, riportato in **Figura 70**. La disposizione dei punti-stazione nel piano prescinde anche in questo caso dalla loro collocazione geografica e dalla distanza rispetto al terminale rigassificatore. Nel dettaglio, il grafico nMDS separa chiaramente il sito E16 MG2 e, in misura minore, E16 MG4, E16 MG9 e E16 MG13 dagli altri a causa della povertà faunistica ivi registrata.

Tabella 65 - Struttura della comunità meiobentonica dell'area interessata dal posizionamento del terminale rigassificatore, incluse le stazioni di controllo. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo rinvenuto. L'abbondanza relativa (%) dei singoli taxa è stata calcolata in relazione alla densità totale..

Taxon	Media \pm DS	%	Taxon	Media \pm DS	%
Nematodi	97,4 \pm 100,7	74,8	Isopodi	0,1 \pm 0,2	<0,1
Copepodi	13,2 \pm 20,5	10,1	Cumacei	0,1 \pm 0,5	0,1
Nauplii	4,5 \pm 11,1	3,4	Briozoi	0,1 \pm 0,2	<0,1
Policheti	10,7 \pm 12,4	8,2	Bivalvi	0,5 \pm 1,2	0,4
Turbellari	0,3 \pm 1,3	0,2	Caudofoveati	0,2 \pm 0,6	0,2
Chinorinchi	0,8 \pm 2,1	0,6	Nemertini	0,2 \pm 1,0	0,2
Tanaidacei	0,4 \pm 1,1	0,3	Priapulidi	0,2 \pm 0,8	0,2
Ostracodi	1,2 \pm 2,5	0,9	Loriciferi	0,1 \pm 0,2	<0,1
Anfipodi	0,1 \pm 0,4	0,1	Oligocheti	0,1 \pm 0,5	0,1
Ofiuroidi	0,1 \pm 0,2	<0,1	Acari	0,1 \pm 0,3	0,1
Altri (iTur-Aca)	4,5 \pm 7,2	3,4			
Meiofauna totale: 130,2 \pm 142,6					

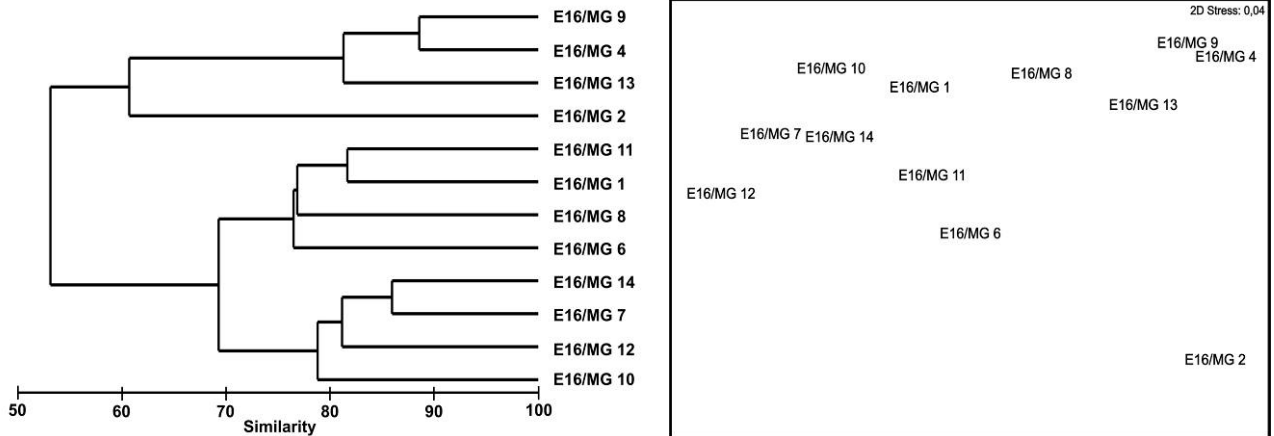


Figura 70 - A sinistra: dendrogramma per il raggruppamento gerarchico delle stazioni basato sul valore delle abbondanze medie dei taxa principali e similarità di Bray-Curtis, previa trasformazione logaritmica dei dati. A destra: piano di ordinamento ottenuto dal non-metric Multi Dimensional Scaling (nMDS), basato sul valore delle abbondanze medie dei taxa principali e similarità di Bray-Curtis, previa trasformazione logaritmica dei dati.

6.3.3 Bioaccumulo

Metalli

I risultati della ricerca dei metalli in *M. galloprovincialis* sono riportati nella **Tabella 66**.

Le concentrazioni dei metalli ricercati non mostrano anomalie negli organismi trapiantati lungo la murata del rigassificatore, tranne lo zinco che tende ad aumentare esibendo un picco in corrispondenza della stazione A (Pos. 1).

Tabella 66 - Concentrazione dei metalli nei mitili. I dati, relativi alla campagna E16, sono espressi in mg/kg s.s. Lr = Limite di rilevabilità.

	Tempo zero	Stazione A Pos. 1	Stazione B Pos. 2	Stazione C Pos. 3	Stazione D Pos. 4	Stazione E (Bianco Gorgona)
Arsenico	8,27	7,69	8,49	7,04	8,55	8,28
Bario	< lr	< lr	< lr	< lr	< lr	< lr
Cadmio	0,26	0,42	0,34	0,26	0,32	0,31
Rame	4,44	2,92	3,21	3,04	2,82	2,66
Cromo	< lr	< lr	< lr	< lr	< lr	< lr
Ferro	128,48	27,08	24,22	26,08	31,88	27,17
Nichel	< lr	< lr	< lr	< lr	< lr	< lr
Manganese	< lr	< lr	< lr	< lr	< lr	< lr
Piombo	1,06	0,94	0,92	0,98	1,11	0,74
Vanadio	2,08	1,46	1,26	1,11	1,04	0,88
Zinco	130,28	175,51	143,56	152,49	150,25	134,22
Mercurio	0,07	0,06	0,06	0,06	0,08	0,06

Idrocarburi totali

Nella **Tabella 67** sono riportati i risultati ottenuti dalla ricerca degli idrocarburi (C<10 e C10-C40).

Gli idrocarburi leggeri (C<10) sono risultati tutti inferiori al limite di rilevabilità del metodo.

Gli idrocarburi C10-C40 mostrano un gradiente di incremento di concentrazione dalla stazione A alla stazione D.

Tabella 67 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna E16, sono espressi in mg/kg.

	Tempo zero	Stazione A Pos. 1	Stazione B Pos. 2	Stazione C Pos. 3	Stazione D Pos. 4	Stazione E (Bianco Gorgona)
Idrocarburi C<10 (mg/kg)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Idrocarburi C10-C40 (mg/kg)	56	61	85	87	120	38

IPA e composti organo stannici

I risultati della ricerca di IPA ed organo stannici sono riportati nella **Tabella 68**. I dati suggeriscono una sostanziale assenza di fenomeni di bioaccumulo.

Si rileva la presenza di Acenafteene unicamente nel Bianco Gorgona, Acenaftilene limitatamente al tempo zero e Naftalene in tutti i siti col tenore maggiore in Bianco Gorgona.

Si tratta in tutti i casi di tenori molto bassi.

Tabella 68 - Concentrazione degli IPA e dei composti organostannici presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna E16, sono espressi in mg/kg.

	Tempo zero	Stazione A Pos. 1	Stazione B Pos. 2	Stazione C Pos. 3	Stazione D Pos. 4	Stazione E (Bianco Gorgona)
Acenaftene	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,0013
Acenaftilene	0,00083	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Antracene	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Benzo (a) antracene	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Benzo (a) pirene	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Benzo (b) fluorantene	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Benzo (g,h,i) perilene	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Benzo (k) fluorantene	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Crisene	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Dibenzo (a,e) pirene	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Dibenzo (a,h) pirene	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Dibenzo (a,h) antracene	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Fenantrene	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Fluorantene	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Fluorene	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Indeno (1,2,3 - c,d) pirene	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Naftalene	0,0072	0,02	0,017	<0,0005	0,011	0,031
Pirene	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Dibutilstagno	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Monobutilstagno	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Tributilstagno	<5	<5	<5	<5	<5	<5

Cloroderivati

I risultati della ricerca dei cloroderivati sono riportati nella **Tabella 69**. I dati suggeriscono una sostanziale assenza di fenomeni di bioaccumulo. E' stata rilevata una lievissima contaminazione da 1,1,1-tricloro etano, carbonio tetracloruro, cloroformio e tricloro etilene limitatamente alla stazione A.

Il 1,1,2-Tricloro Etano è stato rilevato unicamente nel Bianco Gorgona.

Tabella 69 - Concentrazione degli cloroderivati presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna E16, sono espressi in µg/kg.

	Tempo zero	Stazione A Pos. 1	Stazione B Pos. 2	Stazione C Pos. 3	Stazione D Pos. 4	Stazione E (Bianco Gorgona)
Acidi Aloacetici						
Dalapon	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Acido Dibromoacetico	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Acido Tribromoacetico	<20	<20	<20	<20	<20	<20
Acido Monobromoacetico	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Acido Bromodichloroacetico	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Acido Bromocloroacetico	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Acido Dichloroacetico	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Acido Tricloroacetico	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Acido Monocloroacetico	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Acido Clorodibromoacetico	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Fenoli						
2,4,6-tricloro fenolo	<5	<5	<5	<5	<5	<5
2,4-dicloro fenolo	<5	<5	<5	<5	<5	<5
4-cloro-3-metil fenolo	<5	<5	<5	<5	<5	<5
pentacloro fenolo	<5	<5	<5	<5	<5	<5
V.O.C.						
1,1,1-Tricloro Etano	<0,20	0,4	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
1,1,2-Tricloro Etano	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	0,3
Bromo Dichloro Metano	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Bromoformio	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
Carbonio Tetracloruro	<0,20	0,7	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Cloroformio	<0,20	1,6	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Dibromo Cloro Metano	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Tetracloro Etilene	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15

Tabella 69 - Concentrazione degli cloroderivati presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna E16, sono espressi in µg/kg.

	Tempo zero	Stazione A Pos. 1	Stazione B Pos. 2	Stazione C Pos. 3	Stazione D Pos. 4	Stazione E (Bianco Gorgona)
Tricloro Etilene	<0,25	0,4	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25
1,2,3-Tricloro propano	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60
1,2-Dibromo Etano	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25
Dicloroacetoneitrile	<0,80	<0,80	<0,80	<0,80	<0,80	<0,80
Tricloroacetoneitrile	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50

Analisi microbiologiche

Dall'analisi microbiologica emerge una modesta contaminazione fecale limitata alla stazione B Pos. 2 (**Tabella 70**). Streptococchi fecali sono stati rilevati anche nel campione Bianco Gorgona.

Tabella 70 - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna E16, sono espressi in ufc/g.

	Tempo zero	Stazione A Pos. 1	Stazione B Pos. 2	Stazione C Pos. 3	Stazione D Pos. 4	Stazione E (Bianco Gorgona)
Coliformi fecali o termotolleranti	<10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Streptococchi fecali (enterococchi)	<10	< 10	3455	< 10	< 10	400
Coliformi totali a 30°	<10	< 10	40	< 10	< 10	130

6.3.4 Biomarkers

Neutral Red Retention Time (NRRT). Dalla valutazione del tempo di ritenzione del colorante vitale Rosso Neutro (**Figura 71**) all'interno dei lisosomi degli emociti di mitilo si evidenzia una lieve, ma significativa alterazione di questo parametro negli organismi posizionati presso le stazioni A, B e C rispetto a quanto osservato nei mitili di controllo (Stazione E – Bianco Gorgona).

Comet Assay

Questo biomarker di genotossicità non ha evidenziato differenze significative nel grado di frammentazione del DNA tra i mitili di controllo e quelli posizionati nelle varie stazioni lungo il terminale FRSU (**Figura 72**).

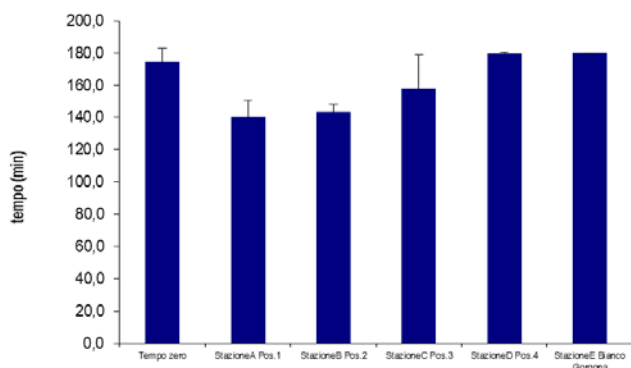


Figura 71 - Valutazione del danno cellulare mediante la misura del tempo di ritenzione del colorante vitale Rosso Neutro (NRRT) nei lisosomi degli emociti di mitilo. Valori alti del tempo di ritenzione corrispondono ad una maggiore integrità.

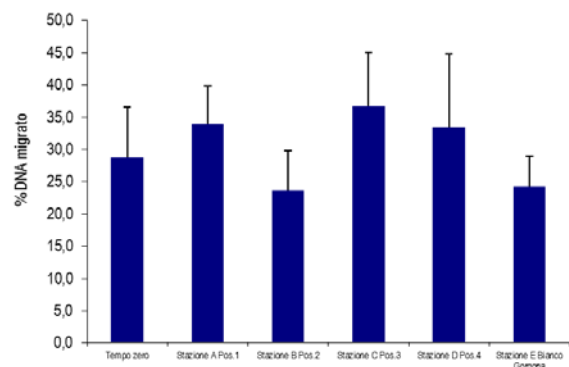


Figura 72 - Valutazione del grado di integrità del DNA mediante Comet assay. Valori elevati della percentuale di DNA migrato corrispondono ad una maggiore entità del danno.

Analisi istologica del tessuto branchiale.

L'analisi istologica delle branchie di mitilo ha mostrato un elevato grado di integrità del tessuto branchiale in tutte le stazioni indagate (**Figura 73**); ciò emerge dal punteggio pari a 1 – 2 misurato nella quasi totalità degli organismi analizzati. In base a questa indagine non sono osservabili evidenze di impatto sulla struttura dell'apparato branchiale di mitilo imputabili all'attività del terminale FRSU (**Tabella 71**).

Tabella 71 - Analisi istologica. Lo score indica lo stato dell'epitelio branchiale secondo la seguente scala 1, normale morfologia epitelio branchiale; 2, lieve riduzione dello spessore dell'epitelio branchiale e dello sviluppo delle ciglia; 3, marcata riduzione dello spessore dell'epitelio e delle ciglia; 4, erosione dell'epitelio branchiale e dello sviluppo ciliare; 5, destrutturazione dei filamenti con estesa erosione dell'epitelio branchiale ed assenza delle ciglia.

Nome sito	replica	Score epitelio	Nome sito	replica	Score epitelio
Mitili tempo zero	1	1	Stazione C (Pos. 3)	1	2
	2	1		2	1
	3	1		3	1
	4	2		4	1
	5	2		5	1
Stazione A (Pos. 1)	1	1	Stazione D (Pos. 4)	1	2
	2	1		2	2
	3	1		3	2
	4	1		4	1
	5	2		5	1
Stazione B (Pos. 2)	1	1	Stazione E (Bianco Gorgona)	1	1
	2	1		2	1
	3	1		3	2
	4	1		4	2
	5	2		5	1

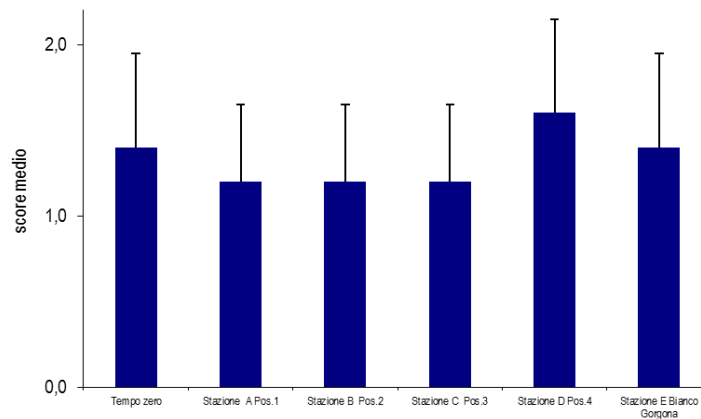


Figura 73 - Analisi istologica delle branchie di mitilo. Nel grafico il punteggio medio (score) per ciascuna delle stazioni indagate. La scala va da 1 a 5; il punteggio 1 indica una condizione di integrità mentre il punteggio 5 indica una forte compromissione della struttura dei filamenti branchiali.

6.3.5 Fauna ittica bentonectonica

Durante i campionamenti E 16 condotti con la rete a strascico (stazioni S1, S2, S3, e S4) e con le reti da posta (stazioni P1, P2, P3 e P4) sono state catturate 67 specie (Tabella 72). Con la rete a strascico sono state raccolte 29 specie di Osteitti, 2 di Condroitti, 1 di Crostacei Decapodi e 12 di Molluschi Cefalopodi; con quelle da posta 17 specie di Osteitti, 3 di Condroitti e 4 di Crostacei Decapodi.

Tabella 72 - Lista delle specie catturate con la rete a strascico e le reti da posta. Strascico: E16 S1-S4 = stazioni campionate in prossimità del terminale; E16 SC = stazione di controllo. Reti da posta: E16 P1-P4 = stazioni campionate in prossimità del terminale; E16 PC = stazione di controllo.

Osteitti	Strascico		Reti da posta		Crostacei decapodi	Strascico		Reti da posta	
	E16 S1-S4	E16 SC	E16 P1-P4	E16 PC		E16 S1-S4	E16 SC	E16 P1-P4	E16 PC
<i>Alosa fallax nilotica</i> (Lacépède, 1803)			*		<i>Dardanus arrosor</i> (Herbst, 1796)			*	
<i>Argentina sphyraena</i> Linnaeus, 1758	*	*			<i>Macropipus tuberculatus</i> (Roux, 1830)			*	
<i>Ascidacea</i> indet.			*		<i>Monodaeus couchii</i> (Couch, 1851)			*	
<i>Boops boops</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	*		<i>Parapenaeus longirostris</i> (H. Lucas, 1846)	*	*	*	*
<i>Capros aper</i> (Linnaeus, 1758)	*				Molluschi cefalopodi				
<i>Chelidonichthys lucerna</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	*		<i>Abralia veranyi</i> (Rüppell, 1844)	*			
<i>Citharus linguatula</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	*	*	<i>Eledone cirrhosa</i> (Lamarck, 1798)	*	*		
<i>Conger conger</i> (Linnaeus, 1758)	*	*			<i>Illex coindetii</i> (Vérany, 1839)	*	*		
<i>Engraulis encrasicolus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	*		<i>Loligo (Alloteuthis) sp.</i>	*			
<i>Lepidorhombus boscii</i> (Risso, 1810)	*	*	*		<i>Loligo forbesi</i> Steenstrup, 1856	*			
<i>Lepidotrigla cavillone</i> (Lacépède, 1801)	*	*			<i>Loligo vulgaris</i> Lamarck, 1798	*			
<i>Lophius budegassa</i> Spinola, 1807	*	*	*	*	<i>Octopus vulgaris</i> Cuvier, 1797	*	*		
<i>Lophius piscatorius</i> Linnaeus, 1758	*			*	<i>Pteroctopus tetracirrhus</i> (Delle Chiaje, 1830)	*			
<i>Macroramphosus scolopax</i> (Linnaeus, 1758)	*			*	<i>Sepia elegans</i> Blainville, 1827	*			

Tabella 72 - Lista delle specie catturate con la rete a strascico e le reti da posta. Strascico: E16 S1-S4 = stazioni campionate in prossimità del terminale; E16 SC = stazione di controllo. Reti da posta: E16 P1-P4 = stazioni campionate in prossimità del terminale; E16 PC = stazione di controllo.

<i>Merluccius merluccius</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	*	*	<i>Sepia obrignyana</i> Férussac, 1826	*			
<i>Mullus barbatus</i> Linnaeus, 1758	*	*	*	*	<i>Sepietta oweniana</i> (d'Orbigny, 1841)	*			
<i>Pagellus acarne</i> (Risso, 1826)	*	*	*	*	<i>Todaropsis eblanae</i> (Ball, 1841)	*			
<i>Pagellus bogaraveo</i> (Brünnich, 1768)	*	*	*	*	Altro				*
<i>Pagellus erythrinus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	*	*	<i>Alcyonium palmatum</i> Pallas, 1766	*			
<i>Phycis blennoides</i> (Brünnich, 1768)	*	*	*	*	<i>Antedon mediterranea</i> Lamarck, 1816	*			
<i>Sardina pilchardus</i> (Walbaum, 1792)	*	*	*	*	Anthozoa indet.	*			
<i>Scomber japonicus</i> Houttuyn, 1782	*	*	*	*	<i>Astropecten i. pentacanthus</i> (Delle Chiaje, 1825)	*			
<i>Scomber scombrus</i> Linnaeus, 1758	*	*	*	*	<i>Cidaris cidaris</i> (Linnaeus, 1758)	*		*	
<i>Scorpaena notata</i> Rafinesque, 1810	*	*	*	*	<i>Echinus melo</i> Lamarck, 1816	*	*		
<i>Scorpaena scrofa</i> Linnaeus, 1758	*	*	*	*	<i>Funiculina quadrangularis</i> (Pallas, 1766)	*		*	
<i>Serranus hepatus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	*	*	<i>Galeodea echinofora</i> (Linnaeus, 1758)	*		*	
<i>Solea vulgaris</i> Quensel, 1806	*	*	*	*	<i>Lepas anatifera</i> Linnaeus, 1767	*		*	
<i>Spicara flexuosa</i> Rafinesque, 1810	*	*	*	*	<i>Leptometra phalangium</i> (J. Müller, 1841)	*	*		
<i>Trachurus m. mediterraneus</i> (Steindachner, 1868)	*	*	*	*	<i>Neopycnodonte cochlear</i> (Poli, 1795)	*		*	
<i>Trachurus trachurus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	*	*	<i>Ophiuroidea</i> indet.	*		*	
<i>Trachinus draco</i> Linnaeus, 1758	*	*	*	*	<i>Pelagia noctiluca</i> (Forsskål, 1775)	*	*		
<i>Trigla Lyra</i> Linnaeus, 1758	*	*	*	*	<i>Pennatulula rubra</i> (Ellis, 1764)	*		*	
<i>Trisopterus minutus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	*	*	<i>Phallusia mamillata</i> (Cuvier, 1815)	*		*	
<i>Zeus faber</i> Linnaeus, 1758	*	*	*	*	<i>Porifera</i> indet.	*		*	
Condroitti					<i>Pteroeides spinosum</i> (Ellis, 1764)	*		*	
<i>Raja asterias</i> Delaroche, 1809	*	*	*	*	<i>Squilla mantis</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	*	*
<i>Raja clavata</i> Linnaeus, 1758	*	*	*	*	<i>Stichopus regalis</i> (Cuvier, 1817)	*	*	*	*
<i>Scyliorhinus canicula</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	*	*					

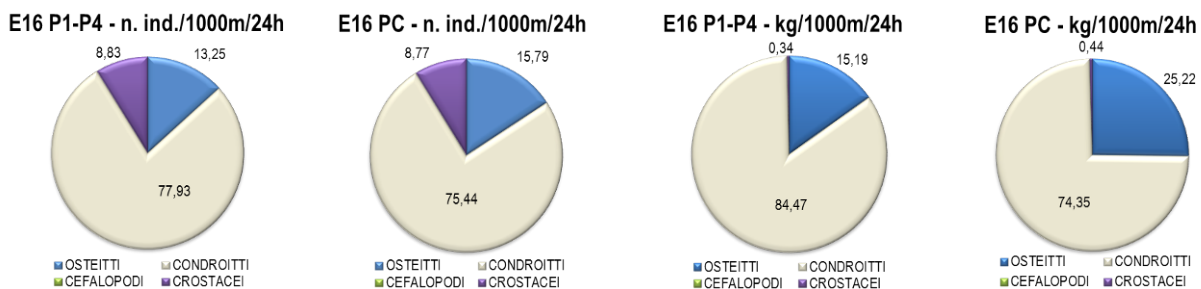
Indici di densità e biomassa per gruppi tassonomici

Nella **Figura 74** si riporta la composizione percentuale delle catture, espressa con indici di densità e biomassa, dei principali gruppi tassonomici campionati con le reti da posta.

Il gruppo dei Condroitti risulta il più rappresentativo, sia nelle stazioni poste in prossimità del terminale (E16 P1-P4) che nella stazione di controllo (E16 PC). Questo gruppo contribuisce per il 78% della densità media delle stazioni E16 P1-P4 e per il 75% per la stazione E16 PC; per quanto riguarda la biomassa media i Condroitti rappresentano l'84% per le stazioni E16 P1-P4 ed il 74% per la stazione E16 PC.

Gli Osteitti contribuiscono per il 13% dell'indice di densità delle stazioni E16 P1-P4 e per il 16% di quello della stazione E16 PC. In biomassa il gruppo degli Osteitti rappresenta il 15% per le stazioni E16 P1-P4 ed il 25% per la stazione E16 PC.

I Crostacei Decapodi mostrano indici simili sia nelle stazioni in prossimità del terminale che nelle stazioni di controllo, con percentuali del 9% per l'indice di densità ed inferiori all'1% per l'indice di biomassa. I Molluschi Cefalopodi risulta assenti.


Figura 74 - Reti da posta: composizione percentuale delle catture, espressa come n. individui/1000m/24h (densità) e kg/1000m/24h (bomassa), dei principali gruppi tassonomici campionati nelle stazioni E16 P1-P4 e E16 PC.

Nella

Figura 75 è riportata la composizione in percentuale delle catture dei principali gruppi tassonomici campionati con la rete a strascico. Il gruppo degli Osteitti rappresenta il 62% della densità registrata nelle stazioni E16 S1-S4 e il 62% di quella registrata nella stazione E16 SC. L'indice di biomassa degli Osteitti risulta pari al 48% per le stazioni E16 S1-S4 ed al 70% per la E16 SC.

I Condroitti mostrano, in termini di densità, un contributo pari al 10% e al 2%, rispettivamente, per le stazioni E16 S1-S4 e per la stazione E16 SC. In biomassa questo gruppo rappresenta il 39% nella stazioni E16 S1-S4 ed il 14% nella stazione di controllo E16 SC.

Il gruppo dei Molluschi Cefalopodi costituisce il 5% ed il 2% della densità nelle stazioni E16 S1-S4 e E16 SC, rispettivamente. L'indice di biomassa per questo gruppo è pari al 7% sia per le stazioni poste in prossimità del terminale (E16 S1-S4) sia per la stazione di controllo (E16 SC).

Il contributo percentuale dell'indice di densità dei Crostacei Decapodi è pari al 23% nelle stazioni E16 S1-S4 e al 35% nella stazione E16 SC. L'indice di biomassa rappresenta invece il 6% per le stazioni E16 S1-S4 e 9% per la stazione E16 SC.

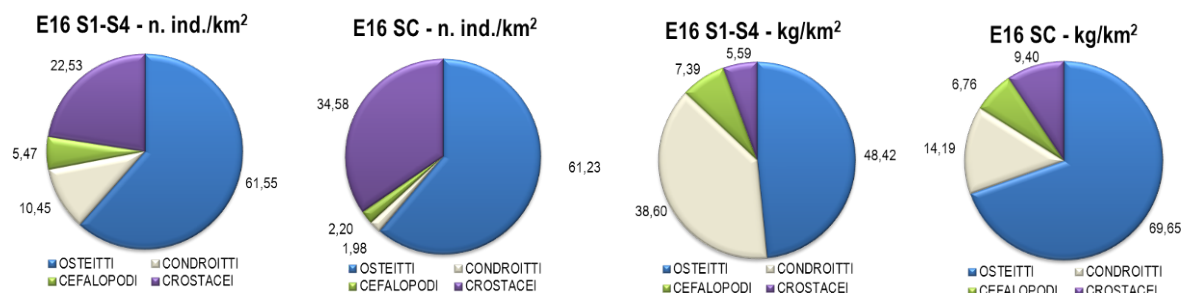


Figura 75 - Rete a strascico: composizione percentuale delle catture, espressa come n. individui/km² (densità) e kg/km² (biomassa), dei principali gruppi tassonomici campionati nelle stazioni E16 S1-S4 e E16 SC.

Reti da posta - Indici di densità e biomassa per specie

Nella Tabella 73 sono riportati gli indici di densità in n. individui/1000m/24h e di biomassa in kg/1000m/24h per le specie catturate con le reti da posta. Sia nelle stazioni poste in prossimità del terminale (E16 P1-P4) sia nella stazione di controllo (E16 PC) la specie più abbondante è il gattuccio, *Scyliorhinus canicula*, con indici di densità di 87 ind./1000m/24h nelle stazioni E16 P1-P4 e di 67 ind./1000m/24h nella stazione E16 PC. Nel caso dell'indice di biomassa i valori sono di 18,682 kg/1000m/24h e 13,408 kg/1000m/24h rispettivamente per le stazioni E16 P1-P4 ed E16 PC. Anche nel caso dei Crostacei Decapodi e degli Osteitti le specie più abbondanti sono le stesse sia nelle stazioni E16 P1-P4 che in E16 PC. Il gambero bianco, *Parapenaeus longirostris*, mostra indici di densità e biomassa pari a 6 ind./1000m/24h e 0,080 kg/1000m/24h rispettivamente nelle stazioni in prossimità del terminale e di 8 ind./1000m/24h e 0,098 kg/1000m/24h rispettivamente nella stazione E16 PC. Nel gruppo tassonomico degli Osteitti le specie con gli indici di densità e biomassa più alti sono la linguattola, *Citharus linguatula* (6 ind./1000m/24h e 0,408 kg/1000m/24h in E16 P1-P4; 7 ind./1000m/24h e 0,343 kg/1000m/24h in E16 PC) e la rana pescatrice, *Lophius budegassa* (2 ind./1000m/24h e 2,139 kg/1000m/24h in E16 P1-P4; 5 ind./1000m/24h e 3,619 kg/1000m/24h in E16 PC).

Tabella 73 - Reti da posta: indici di densità e biomassa (\pm DS), espressi in n. individui/1000m/24h e kg/1000m/24h, stimati per le specie catturate nelle stazioni E16 P1-P4 e nella stazione di controllo E16 PC. *: DS<0,05.

	E16 P1-P4		E16 PC	
	n. ind./1000m/24h	kg/1000m/24h	n. ind./1000m/24h	kg/1000m/24h
OSTEITTI				
<i>Alosa fallax nilotica</i>	0,3 \pm 1,2	0,16 \pm 0,6		
<i>Boops boops</i>	0,3 \pm 1,2	0,02 \pm 0,6		
<i>Chelidonichthys lucerna</i>	0,7 \pm 1,4	1,11 \pm 3,4		
<i>Citharus linguatula</i>	5,9 \pm 4,7	0,41 \pm 0,4	6,5	0,34
<i>Engraulis encrasicolus</i>	0,3 \pm 1,1	0,01*		
<i>Lepidorhombus boschii</i>	0,8 \pm 1,6	0,11 \pm 0,3		
<i>Lophius budegassa</i>	2,0 \pm 4,5	2,14 \pm 4,5	4,9	3,62
<i>Lophius piscatorius</i>			1,6	1,34
<i>Merluccius merluccius</i>	0,7 \pm 1,4	0,11 \pm 0,2	1,6	0,36
<i>Pagellus bogaraveo</i>	0,3 \pm 1,3	0,02 \pm 0,1		
<i>Scorpaena scrofa</i>	1,5 \pm 5,2	0,91 \pm 3,1		
<i>Solea vulgaris</i>	0,3 \pm 1,1	0,08 \pm 0,3		
<i>Spicara flexuosa</i>	1,1 \pm 2,3	0,05 \pm 0,1		
<i>Trachinus draco</i>	0,5 \pm 1,5	0,10 \pm 0,3		
<i>Trigla lyra</i>	0,4 \pm 1,3	0,04 \pm 0,1		
<i>Trisopterus capelanus</i>	0,4 \pm 1,3	0,01*		
CONDROITTI				
<i>Scyliorhinus canicula</i>	87,4 \pm 61,2	18,86 \pm 16,1	67,0	13,41
<i>Raja asterias</i>	1,2 \pm 2,9	1,34 \pm 3,1	3,3	3,28
<i>Raja clavata</i>	4,5 \pm 6,4	9,07 \pm 12,8		
CROSTACEI DECAPODI				
<i>Monadaeus couchii</i>	0,4 \pm 1,3	0,001*		
<i>Parapenaeus longirostris</i>	6,4 \pm 6,7	0,08 \pm 0,1	8,2	0,10
ALTRO				
<i>Alcyonium palmatum</i>			1,6	0,02
Ascidiacea indet.	0,9 \pm 3,1	0,01*		

Tabella 73 - Reti da posta: indici di densità e biomassa (\pm DS), espressi in n. individui/1000m/24h e kg/1000m/24h, stimati per le specie catturate nelle stazioni E16 P1-P4 e nella stazione di controllo E16 PC. *: DS<0,05.

	E16 P1-P4		E16 PC	
	n. ind./1000m/24h	kg/1000m/24h	n. ind./1000m/24h	kg/1000m/24h
<i>Cidaris cidaris</i>	1,1 \pm 2,5	0,08 \pm 0,2		
<i>Dardanus arrosor</i>	0,4 \pm 1,3	0,01*		
<i>Funiculina quadrangularis</i>	0,4 \pm 1,2	0,01*		
<i>Galeodea echinofora</i>	0,8 \pm 1,7	0,01*		
<i>Lepas anatifera</i>	2,7 \pm 9,3	0,01*		
<i>Macropipus tuberculatus</i>	0,4 \pm 1,3	0,01*		
<i>Neopycnodonte cochlear</i>		3,77 \pm 13,1		
<i>Squilla mantis</i>	0,3 \pm 1,1	0,02 \pm 0,1		
<i>Sticopus regalis</i>	0,5 \pm 1,5	0,08 \pm 0,3	3,3	0,23
<i>Pennatula rubra</i>	0,5 \pm 1,5	0,01*		

Reti a strascico - Indici di densità e biomassa per specie

Nella **Tabella 74** sono riportati gli indici di densità in n. individui/km² e di biomassa in kg/km² per le specie catturate con la rete a strascico. Nelle stazioni E16 S1-S4 la specie più abbondante in assoluto è il gambero bianco, *P. longirostris*, con un indice di densità di 3085 ind./km² e un indice di biomassa di 29,498 kg/km². Nel gruppo degli Osteitti la specie più abbondante è la triglia di fango, *Mullus barbatus*, con indici di densità e di biomassa di 2147 ind./km² e di 83,955 kg/km² rispettivamente. Altri Osteitti particolarmente abbondanti sono l'alice, *Engraulis encrasicolus*, con un indice di densità di 1836 ind./km² e un indice di biomassa di 8,927 kg/km², il nasello, *Merluccius merluccius* (1463 ind./km² e 43,217 kg/km²), il caviglione, *Lepidotrigla cavillone* (590 ind./km² e 7,161 kg/km²), il pesce trombetta, *Macroramphosus scolopax* (567 ind./km² e 2,816 kg/km²) e il merluzzetto, *Trisopterus capelanus* (328 ind./km² e 6,390 kg/km²). Tra i Condroitti la specie più abbondante è il gattuccio *S. canicula* con indici di densità e biomassa di 1403 ind./km² e 169,019 kg/km² rispettivamente. Fra i Molluschi Cefalopodi la specie più abbondante è il totano, *Illex coindetii*, con un indice di densità di 605 ind./km² e un indice in biomassa di 33,054 kg/km². Anche per il genere *Alloteuthis* sp. si registrano indici piuttosto elevati (66 ind./km² e 0,303 kg/km²). Nel gruppo indicato come "Altro" il crinoide *Leptometra phalangium* fa registrare il più alto indice di biomassa (78,041 kg/km²). Altre specie particolarmente abbondanti sono l'echinoderma *Echinus melo* (2244 ind./km² e 5,999 kg/km²) e l'oloturoideo *Stichopus regalis* (192 ind./km² e 58,149 kg/km²).

Anche nella stazione E16 SC la specie più abbondante in assoluto è il gambero bianco, *P. longirostris*, con indici di densità e biomassa pari a 3073 ind./km² e 27,988 kg/km² rispettivamente. Tra gli Osteitti la triglia di fango *M. barbatus* è la specie più abbondante con un indice di densità di 1800 ind./km² e un indice di biomassa di 67,857 kg/km². Particolarmente abbondanti sono anche il nasello, *M. merluccius* (1272 ind./km² e 34,036 kg/km²), il rombo quattrocchi, *Lepidorhombus boschii* (646 ind./km² e 3,640 kg/km²), il sugarello maggiore *Trachurus mediterraneus* (548 ind./km² e 15,442 kg/km²) ed il caviglione, *L. cavillone* (294 ind./km² e 3,875 kg/km²). Nella stazione E16 SC il gruppo dei Condroitti è rappresentato solamente dal gattuccio *S. canicula*, con un indice di densità di 176 ind./km² e un indice di biomassa di 42,276 kg/km². Nel gruppo dei Molluschi Cefalopodi la specie più abbondante è il totano *I. coindetii*, con indici di densità e biomassa rispettivamente di 98 ind./km² e 6,028 kg/km², seguito dal moscardino *Eledone cirrhosa* (59 ind./km² e 1,683 kg/km²). Per quanto riguarda le specie inserite nel gruppo "Altro" anche nella stazione E16 SC la specie con il più alto indice di biomassa è il crinoide *L. phalangium* (41,102 kg/km²). Da segnalare anche gli indici piuttosto elevati dello scifozoo *Pelagia noctiluca* (98 ind./km² e 6,850 kg/km²) e dell'antozoo *Pennatula rubra* (98 ind./km² e 2,349 kg/km²).

Tabella 74 - Rete a strascico: indici di densità e biomassa (\pm DS), espressi in n. individui/km² e kg/km², stimati per le specie catturate nelle stazioni E16 S1-S4 e nella stazione di controllo E16 SC. *: DS<0,05.

	E16 S1-S4		E16 SC	
	n. ind./km ²	kg/km ²	n. ind./km ²	kg/km ²
OSTEITTI				
<i>Argentina sphyraena</i>	37,2 \pm 79,5	0,51 \pm 1,2	19,6	0,35
<i>Boops boops</i>	44,2 \pm 77,6	2,83 \pm 6	195,7	9,83
<i>Capros aper</i>	65 \pm 110,9	0,3 \pm 0,5		
<i>Chelidonichthys lucerna</i>	10,8 \pm 21,6	0,80 \pm 1,7	19,6	1,92
<i>Citharus linguatula</i>	5,2 \pm 18	0,28 \pm 0,9	19,6	0,84
<i>Conger conger</i>	11,1 \pm 22,2	3,05 \pm 6,3		
<i>Engraulis encrasicolus</i>	1836,2 \pm 3015,5	8,93 \pm 14,2	645,9	3,64
<i>Lepidorhombus boschii</i>	159 \pm 132	8,12 \pm 4	58,7	3,17
<i>Lepidotrigla cavillone</i>	590,4 \pm 870,7	7,16 \pm 9,9	293,6	3,88
<i>Lophius budegassa</i>	49 \pm 35,1	49,50 \pm 33,4	19,6	47,52
<i>Lophius piscatorius</i>	5,2 \pm 18	4,17 \pm 14,4		

Tabella 74 - Rete a strascico: indici di densità e biomassa (\pm DS), espressi in n. individui/km ² e kg/km ² , stimati per le specie catturate nelle stazioni E16 S1-S4 e nella stazione di controllo E16 SC. *: DS<0,05.				
<i>Macroramphosus scolopax</i>	566,7 \pm 1140,7	2,82 \pm 5,7		
<i>Merluccius merluccius</i>	1462,9 \pm 764,7	43,22 \pm 26	1272,2	34,04
<i>Mullus barbatus</i>	2147,1 \pm 2142,3	83,96 \pm 60,1	1800,6	67,86
<i>Pagellus acarne</i>	5,2 \pm 18	0,26 \pm 0,9	19,6	1,10
<i>Pagellus bogaraveo</i>	10,4 \pm 36,1	0,46 \pm 1,6		
<i>Pagellus erythrinus</i>	185,4 \pm 163,4	11,63 \pm 10,2	156,6	8,18
<i>Phycis blennoides</i>	11,1 \pm 38,6	0,48 \pm 1,7		
<i>Sardina pilchardus</i>	72,4 \pm 250,7	1,01 \pm 3,5		
<i>Scomber japonicus</i>	39 \pm 135	0,78 \pm 2,7		
<i>Scomber scombrus</i>	42,4 \pm 97,1	0,35 \pm 0,9		
<i>Serranus hepatus</i>	145,7 \pm 158,7	1,55 \pm 1,6		
<i>Scorpaena notata</i>			39,1	1,06
<i>Serranus hepatus</i>			19,6	0,18
<i>Spicara flexuosa</i>	16,3 \pm 36,7	0,53 \pm 1,1	19,6	0,57
<i>Trachinus draco</i>	5,6 \pm 19,3	0,45 \pm 1,6	39,1	2,51
<i>Trachurus mediterraneus</i>	299,6 \pm 431,3	9,64 \pm 8,2	548,0	15,44
<i>Trachurus trachurus</i>	255,1 \pm 324,5	5,15 \pm 5,8	58,7	2,64
<i>Trisopterus capelanus</i>	328,3 \pm 209,8	6,39 \pm 7,3	195,7	2,74
<i>Zeus faber</i>	22,3 \pm 77,2	1,16 \pm 4		
CONDROITTI				
<i>Raja clavata</i>	27,1 \pm 57,1	34,65 \pm 69,7		
<i>Scylliorhinus canicula</i>	1403,1 \pm 1586,5	169,02 \pm 181,4	176,2	42,28
CROSTACEI DECAPODI				
<i>Parapenaeus longirostris</i>	3085,5 \pm 1833,3	29,5 \pm 20	3072,8	27,99
MOLLUSCHI CEFALOPODI				
<i>Abralia veranyi</i>	5,6 \pm 19,3	0,01*		
<i>Alloteuthis sp.</i>	66,1 \pm 105,1	0,3 \pm 0,6		
<i>Eledone cirrhosa</i>	22,3 \pm 77,2	0,5 \pm 1,7	58,7	1,68
<i>Illex coindetii</i>	605,3 \pm 463,8	33,05 \pm 38,1	97,9	6,03
<i>Loligo forbesi</i>	5,6 \pm 19,3	0,16 \pm 0,6		
<i>Loligo vulgaris</i>	5,6 \pm 19,3	0,47 \pm 1,6		
<i>Octopus vulgaris</i>	5,6 \pm 19,3	4,1 \pm 14,2	19,6	12,19
<i>Pteroctopus tetracirrhus</i>	5,6 \pm 19,3	0,05 \pm 0,2		
<i>Sepia elegans</i>	5,6 \pm 19,3	0,08 \pm 0,3		
<i>Sepia orbignyana</i>			19,6	0,22
<i>Sepietta oweniana</i>	11,1 \pm 38,6	0,08 \pm 0,3		
<i>Todaropsis eblanae</i>	10,4 \pm 36,1	0,17 \pm 0,6		
ALTRO				
<i>Alcyonium palmatum</i>	66,8 \pm 137,3	0,95 \pm 2		
<i>Antedon mediterranea</i>	61,3 \pm 187,3	0,45 \pm 1,2		
<i>Anthozoa indet.</i>	72,4 \pm 152,3	47,33 \pm 95		
<i>Astropecten irregularis pentacanthus</i>	83,5 \pm 184,7	0,47 \pm 1,1		
<i>Echinus melo</i>	2243,5 \pm 7696,4	6 \pm 9,9	58,7	9,79
<i>Funiculina quadrangularis</i>		0,28 \pm 1		
<i>Galeodea echinofora</i>	39 \pm 91,2	0,90 \pm 1,9		
<i>Leptometra phalangium</i>		78,04 \pm 156,1		41,10
Ophiuroidea indet.	39 \pm 91,2	0,39 \pm 0,9		
<i>Pelagia noctiluca</i>			97,9	6,85
<i>Pennatula rubra</i>	5,6 \pm 19,3	0,17 \pm 0,6	97,9	2,35
<i>Phallusia mamillata</i>	33,4 \pm 73,9	2,00 \pm 5,5		
Porifera indet.	5,6 \pm 19,3	0,17 \pm 0,6		
<i>Pteroeides spinosum</i>		0,17 \pm 0,6		
<i>Stichopus regalis</i>	192 \pm 88,3	58,15 \pm 35,6	58,7	11,74

Indici di densità e biomassa delle specie più rappresentative

Reti da posta

Nella **Figura 76** sono riportati gli indici di densità e biomassa per alcune specie catturate con le reti da posta. I grafici mostrano i valori medi e la deviazione standard degli indici, sia per specie sia per sito (E16 P1-P4: stazioni in prossimità del terminale; E16 PC: stazione di controllo).

Per il gattuccio *S. canicula*, e la linguattola, *C. linguatula*, non esistono sostanziali differenze tra gli indici stimati per le stazioni E16 S1-S4 ed E16 SC. Nel caso della razza stallata *Raja asterias*, e della rana pescatrice *L. budegassa*, gli indici della stazione di controllo sono più elevati rispetto a quelli delle stazioni poste in prossimità del terminale, anche se queste ultime mostrano un'elevata deviazione standard, con un intervallo di variabilità in cui rientrano anche i valori della stazione E16 SC.

Rete a strascico

Nella **Figura 77** sono riportati gli indici di densità e biomassa per alcune specie catturate con la rete a strascico.

Gli indici di densità e biomassa del nasello *M. merluccius*, della triglia di fango *M. barbatus* e del pagello fragolino *Pagellus erythrinus*, non mostrano sostanziali differenze tra quelli stimati per le stazioni in prossimità del terminale (E16 S1-S4) e quelli della stazione di controllo (E16 SC). Questi stessi indici risultano invece più elevati nelle stazioni E16 S1-S4 per il sacchetto, *Serranus hepatus*, per il merluzzetto *T. capelanus* e per il gattuccio *S. canicula*. Nel caso del moscardino *E. cirrhosa* gli indici di densità e biomassa sono più abbondanti nella stazione E16 SC rispetto a quelli stimati per le stazioni E16 S1-S4. Solo per il gambero bianco *P. longirostris* l'indice di biomassa è più elevato nelle stazioni in prossimità del terminale.

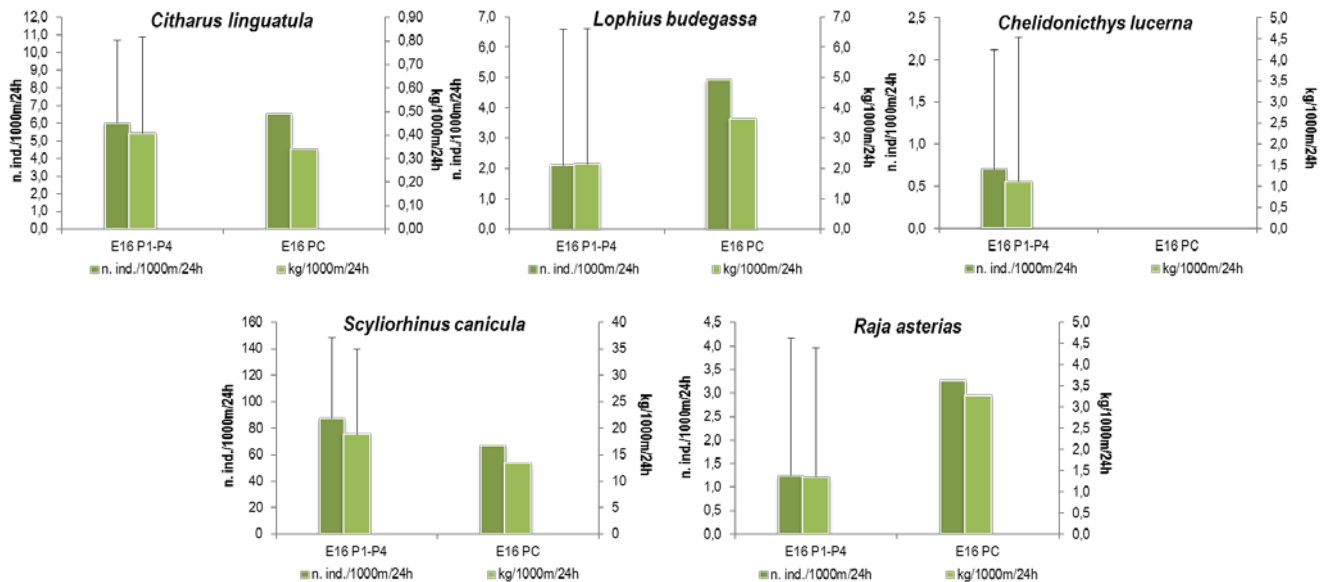


Figura 76 - Reti da posta: indici di densità e biomassa, stimati per le stazioni E16 P1-P4 e per la stazione E16 PC, per specie. Sono riportati i valori medi + la deviazione standard. In verde scuro n. individui/1000m²/24h, in verde chiaro kg/1000m²/24h.

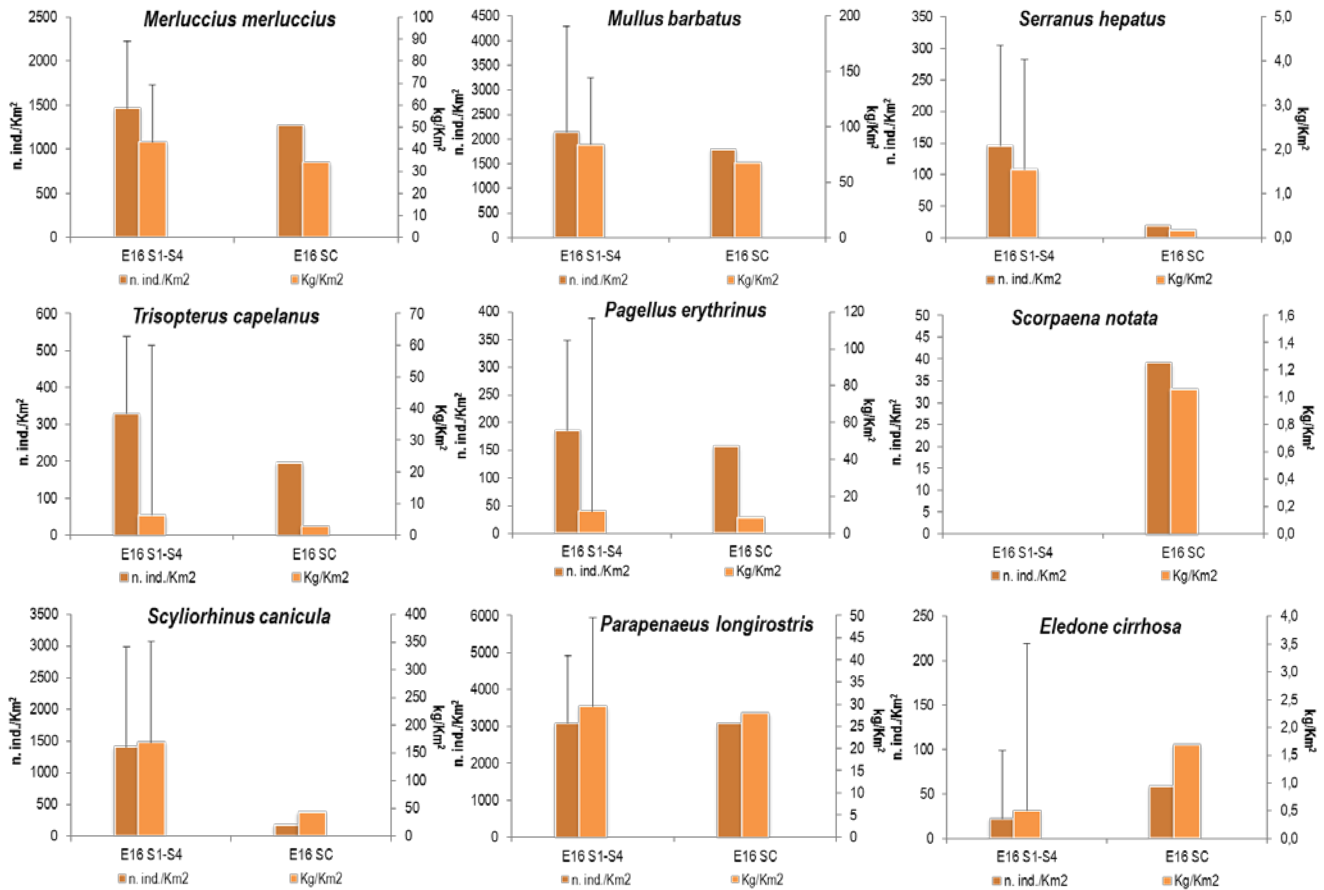


Figura 77 – Rete a strascico: indici di densità e biomassa, stimati per le stazioni E16 S1-S4 e per la stazione E16 SC, per specie. Sono riportati i valori medi + la deviazione standard. In marrone scuro n. individui/km², in marrone chiaro kg/km².

Distribuzioni taglia/frequenza per specie

Reti da posta

La specie più abbondante catturata con le reti da posta è il gattuccio, *S. canicula* (Figura 78). Nelle stazioni E16 P1-P4 sono stati campionati in totale 241 esemplari con taglia compresa tra 24 e 47 cm LT. Nella stazione E16 PC sono stati campionati 41 individui aventi taglia compresa tra 30 e 45 cm LT. le distribuzioni di taglia degli individui catturati nei due siti di campionamento sono molto simili e mostrano entrambe una moda a 39 cm LT. Si può anche notare come le percentuali più elevate degli animali sono comprese tra 37 e 40 cm LT.

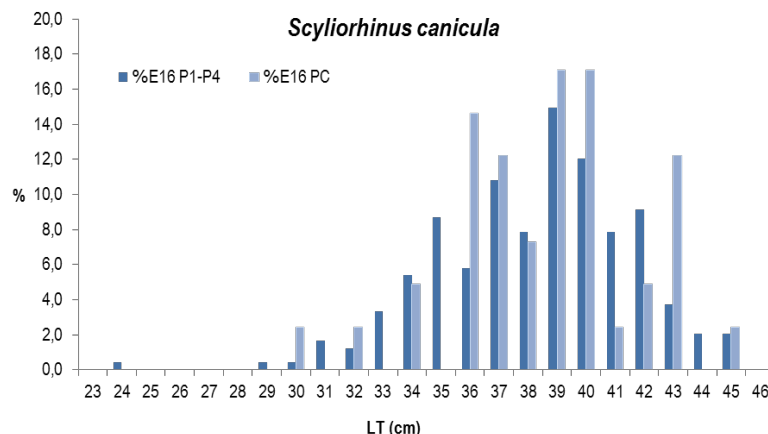


Figura 78 - Rete da posta: distribuzione taglia-frequenza del gattuccio (*Scylliorhinus canicula*). Num. individui: 241 (E16 P1-P4), 41 (E16 PC).

Per le altre specie indicatrici scelte per le reti da posta non sono state elaborate le distribuzioni di taglia-frequenza a causa dello scarso numero di individui campionati. Nel caso della linguattola *C. linguatula* sono stati catturati 16 individui nelle stazioni E16 S1-S4, con taglia compresa tra 15,5 e 23 cm LT. Nella stazione di controllo sono invece stati campionati 4 esemplari di linguattola, con taglia compresa tra 18 e 20 cm LT. La rana pescatrice *L. budegassa* è presente sia nelle stazioni E16 P1-P4, con 5 individui di taglia tra 34 e 50 cm LT, sia nella E16 PC, con 3 individui di taglia 36, 38 e 40 cm LT. La gallinella, *Chelidonichthys. Lucerna*, è stata campionata solo nelle stazioni in

prossimità del terminale (2 animali di 31 e 70,5 cm LT), mentre il sacchetto *S. hepatus* è stato catturato solo nella stazione E16 PC (1 esemplare di 8 cm LT). Per quanto riguarda la razza stellata *R. asterias* in totale sono stati campionati 3 individui nelle stazioni E16 P1-P4 (55, 56 e 58 cm LT) e 2 individui nella E16 PC (53 e 56 cm LT).

Rete a strascico

Nelle catture con la rete a strascico la triglia di fango *M. barbatus* è la specie più abbondante con un totale di 390 esemplari nelle stazioni in prossimità del terminale E16 S1-S4 e con 92 individui nella stazione E16 SC (Figura 79). Gli animali catturati nelle stazioni E16 S1-S4 mostrano una taglia compresa tra 10 e 25 cm LT, mentre nella stazione di controllo E16 SC la taglia degli individui è compresa tra 11,5 e 21 cm LT. La distribuzione di taglia degli organismi provenienti dalle stazioni poste in prossimità del terminale mostra due mode, una a 13 cm LT ed una, meno evidente, a 17,5 cm LT. Nel caso della distribuzione di taglia degli organismi provenienti dalla stazione E16 SC le mode sono meno evidenti, a 12,5 e 17 cm LT.

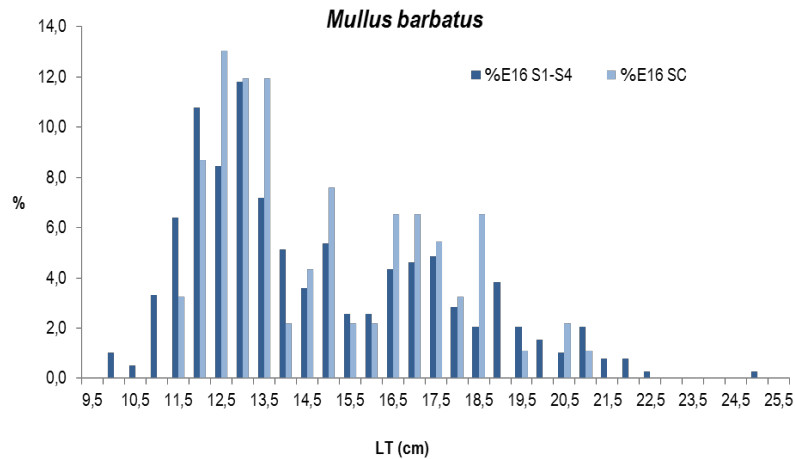


Figura 79 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza della triglia di fango (*Mullus barbatus*). Num. individui: 390 (E16 S1-S4), 92 (E16 SC).

Gli esemplari di nasello, *M. merluccius*, (267 esemplari) catturati nelle stazioni E16 S1-S4 mostrano una taglia compresa tra 7 e 32 cm LT, mentre quelli provenienti dalla stazione E16 SC (65 esemplari) hanno taglia compresa tra 8 e 34 cm LT. La distribuzione di taglia-frequenza degli animali campionati nelle stazioni in prossimità del terminale mostra una moda a 11 cm LT ed un'altra, meno evidente, a 18 cm LT. La distribuzione di taglia-frequenza degli animali campionati nella E16 SC ha una moda a 10 cm LT (Figura 80).

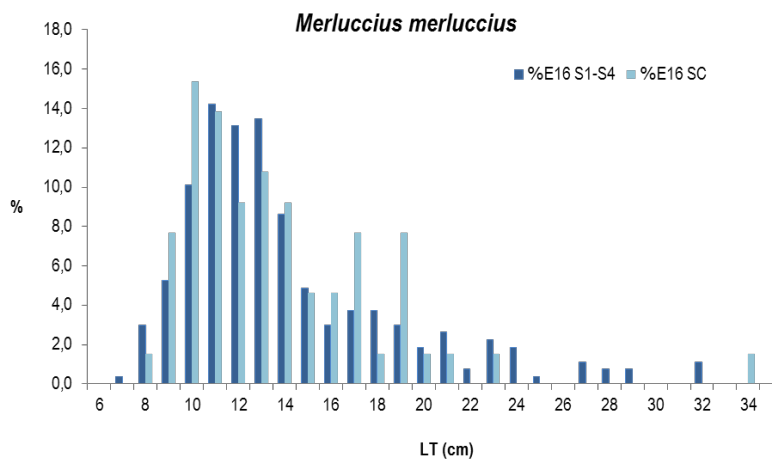


Figura 80 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del nasello (*Merluccius merluccius*). Num. individui: 267 (E16 S1-S4), 65 (E16 SC).

Nel caso del merluzzetto, *T. capelanus* (Figura 81), nelle stazioni E16 S1-S4 sono stati catturati in totale 60 esemplari, con taglia compresa tra 6,5 e 18 cm LT; mentre nella E16 SC 10 esemplari, con taglia tra 7,5 e 16 cm LT. La distribuzione di taglia-frequenza degli organismi proveniente dalle stazioni E16 S1-S4 non permette di evidenziare la presenza di mode. La distribuzione taglia-frequenza per la stazione E16 SC non viene illustrata visto lo scarso numero di esemplari catturati.

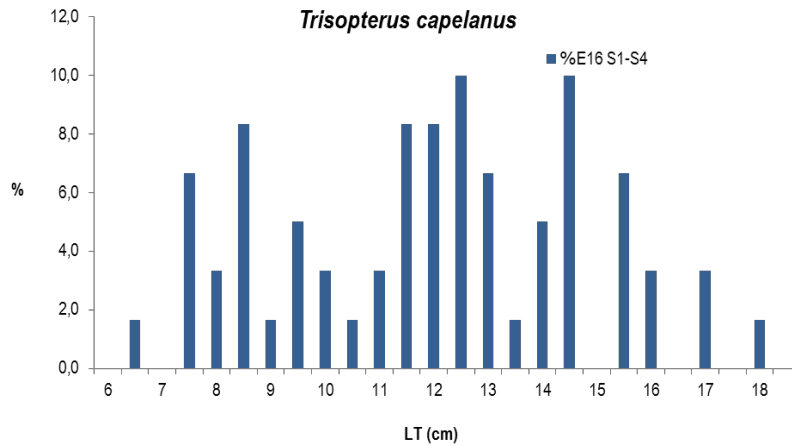


Figura 81 - Reti a strascico: distribuzione taglia-frequenza del merluzzetto (*Trisopterus capelanus*). Num. individui: 60 (E16 S1-S4).

Anche per il sacchetto *S. hepatus* è fornita solo la distribuzione taglia-frequenza degli esemplari campionati nelle stazioni in prossimità del terminale (27 individui), dato che nella stazione E16 SC è stato campionato un solo esemplare di taglia 8 cm LT. Nella distribuzione di taglia, costituita da individui compresi tra 7 e 11,5 cm LT, è possibile apprezzare una moda a 8-8,5 cm LT (Figura 82).

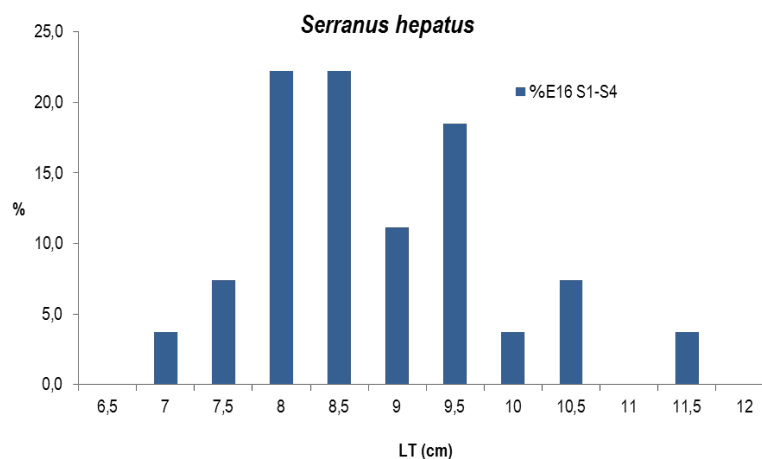


Figura 82 - Reti a strascico: distribuzione taglia-frequenza del sacchetto (*Serranus hepatus*). Num. individui: 27 (E16 S1-S4).

Per le altre specie di Osteitti analizzate non sono fornite le distribuzioni di taglia-frequenza a causa dello scarso numero di individui catturati. Per il pagello fragolino, *P. erythrinus* sono stati campionati in totale 42 esemplari, 34 nelle stazioni E16 S1-S4, con un intervallo di taglia compreso tra 13,5 e 21 cm LT, e 8 nella stazione E16 SC, con taglie comprese tra 14,5 e 19 cm LT. Lo scorfanotto, *Scorpaena notata*, è stato campionato solo nella stazione E16 SC, con 2 esemplari di taglia 10,5 e 12,5 cm LT.

Il gattuccio *S. canicula* è presente nelle stazioni E16 S1-S4 con un totale di 256 individui, con taglia compresa tra 22 e 44 cm LT, e nella stazione E16 SC con 9 individui, con un intervallo di taglia tra 36 e 43 cm LT (Figura 83). Viene fornita solo la distribuzione di taglia-frequenza degli animali campionati nelle stazioni in prossimità del terminale, da cui si evince una struttura polimodale corrispondente a più classi di taglia.

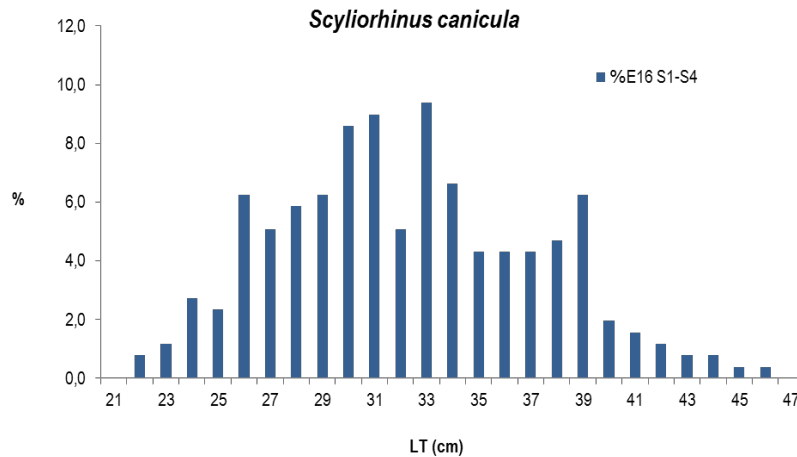


Figura 83 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del gattuccio (*Scylliorhinus canicula*). Num. individui: 256 (E16 S1-S4).

Nel corso della campagna estiva sono stati catturati in totale 720 esemplari di gambero bianco, *P. longirostris*, 563 nelle stazioni E16 S1-S4, con taglia tra 14 e 32 mm LC, e 157 nella stazione E16 SC, con un intervallo di taglia compreso tra 14 e 34 mm LC. Le distribuzioni di taglia-frequenza mostrano, nel caso degli animali catturati nelle stazioni in prossimità del terminale, una moda a 28 mm LC, mentre per gli animali provenienti dalla stazione di controllo sono evidenti due mode: una a 17 mm LC e una a 28 mm LC (Figura 84).

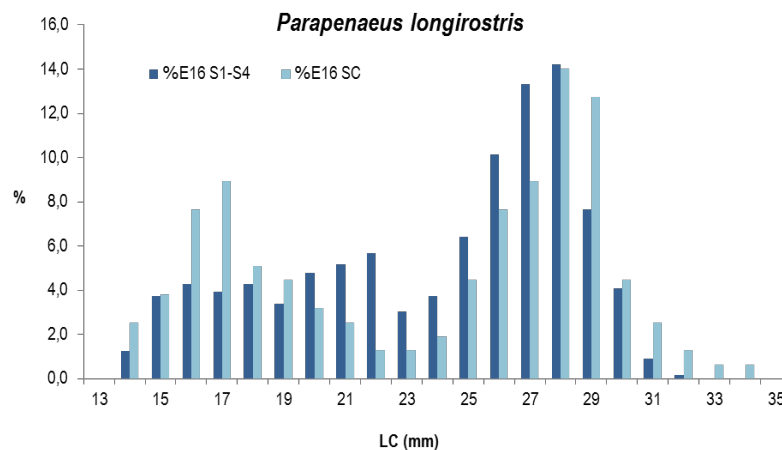


Figura 84 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del gambero bianco (*Parapenaeus longirostris*). Num. individui: 563 (E16 S1-S4), 157 (E16 SC).

Passando al moscardino, *E. cirrhosa*, sono stati campionati in totale 4 esemplari nelle stazioni E16 S1-S4, con taglia tra 3 e 6 cm LM e 3 esemplari nella stazione E16 SC, con taglia tra 4 e 6 cm LM.

6.3.6 Fauna ittica pelagica

Nel corso della campagna estiva E16 non sono state registrate catture con le reti da posta pelagiche. Ciò è da mettere in relazione con le caratteristiche di questo tipo di pesca e delle specie che si vanno ad insidiare. La concentrazione degli esemplari in genere è molto bassa ed organizzata in branchi che non hanno una distribuzione continua.

6.3.7 Cetacei e tartarughe marine

Per questa indagine sono state percorse 310 nm per un totale di 69h e 35' di navigazione. Nella Figura 85 sono riportate le rotte effettuate per il monitoraggio visivo condotto durante l'estate 2016.

Sono stati effettuati 5 avvistamenti di delfini. 5 avvistamenti appartenenti alla specie *Tursiops truncatus* in data 07 settembre 10 adulti ed 1 piccolo in posizione lat N 43° 44.378" e long E 10° 04.514", 5,9 nm N-NE dal terminale; in data 08 settembre 12 adulti e 2 piccoli in posizione lat N 43° 38.426" e long E 10° 03.948" 3,4 nm E dal terminale; in data 09 settembre 6 adulti e 1 piccolo in posizione lat N 43° 39.567" e long E 10° 05.751", 4,6 nm E dal terminale; in data 12 settembre 4 adulti in posizione lat N 43° 43.925 e long E 10° 00.310" 5,8nm N dal terminale; in data 13 settembre 2 adulti in posizione lat N 43° 38.621 e long E 10° 07.703" 5,9 E dal terminale. In totale sono stati avvistati 38 delfini di cui 34 adulti e 4 piccoli.

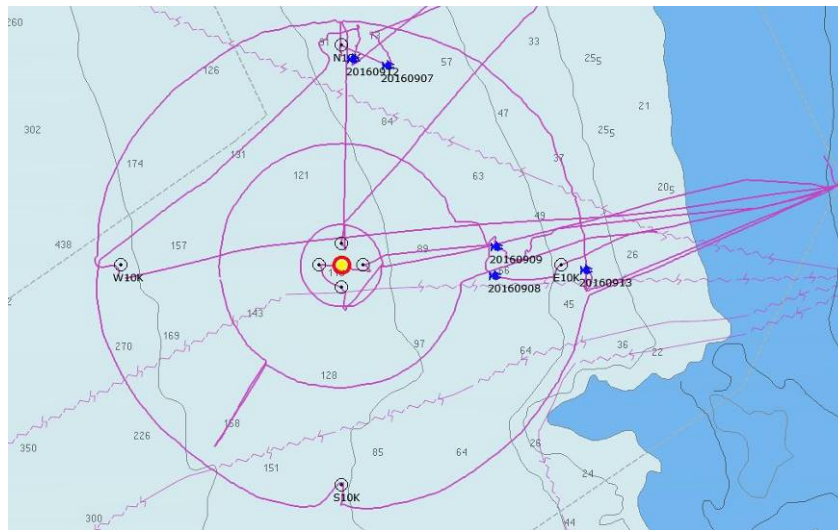


Figura 85 – Rotte effettuate per il monitoraggio visivo, acustico e bioacustico nella estate 2016 (E16) con i punti di avvistamento.

6.4 INDAGINI GENERALI

6.4.1 Misura del rumore

In questo paragrafo sono riportati i risultati delle misure di rumore acustico subacqueo effettuate nei punti più vicini (a 100 m di distanza dalla posizione della piattaforma) alla profondità di 55 m, con rappresentazione della funzione di densità spettrale di potenza (PSDf) basata sul calcolo della FFT, e analisi in terzi d'ottava sovrapposta (Figura 86, Figura 87, Figura 88).

Come in precedenza si evidenziano righe spettrali che rappresentano interferenze elettromagnetiche derivanti da strumentazioni dell'imbarcazione di supporto. Esse non sono significative per l'analisi acustica.

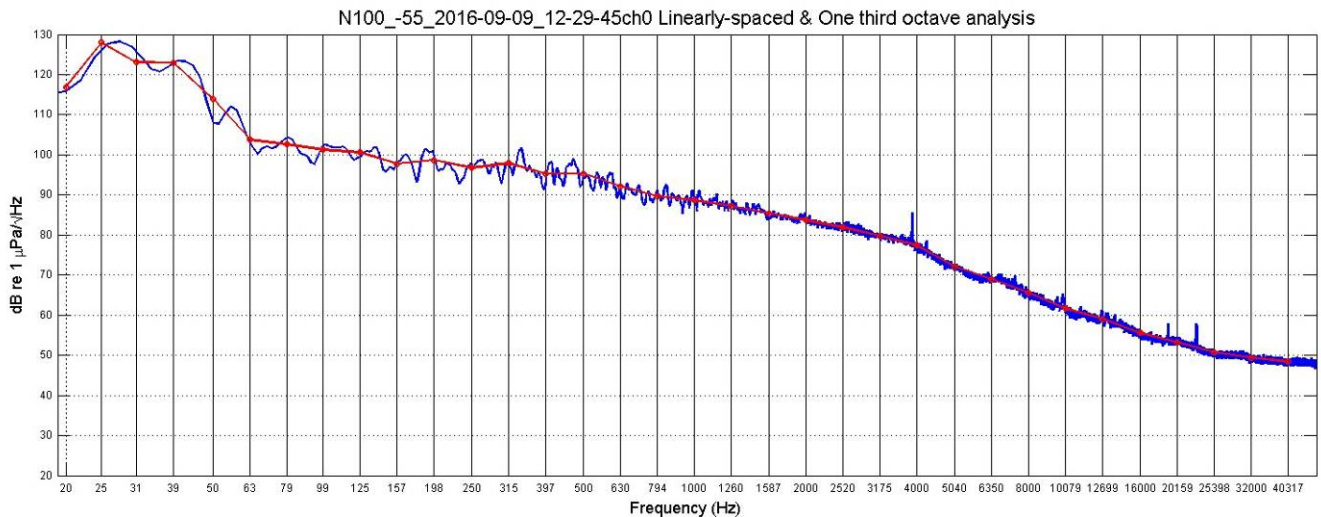


Figura 86 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N100 a 55 m di profondità. Lo spettro presenta un massimo a bassissima frequenza (31 Hz circa) dovuto probabilmente alla Guardian in transito a distanza ravvicinata e rimane mediamente elevato per tutta la banda.

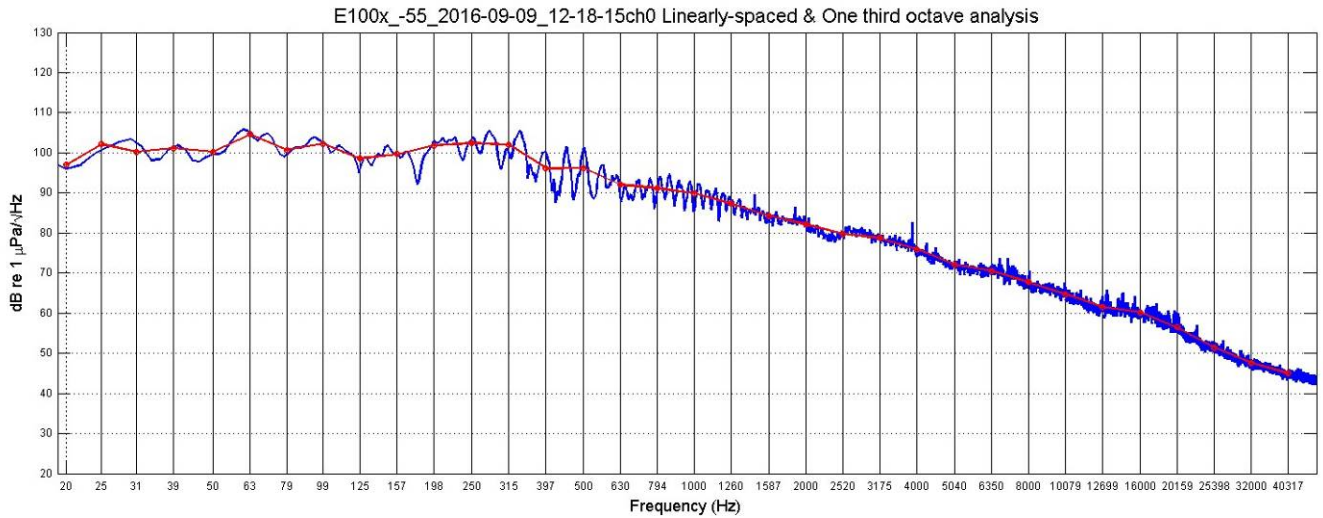


Figura 87 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto E100 a 55 m di profondità.

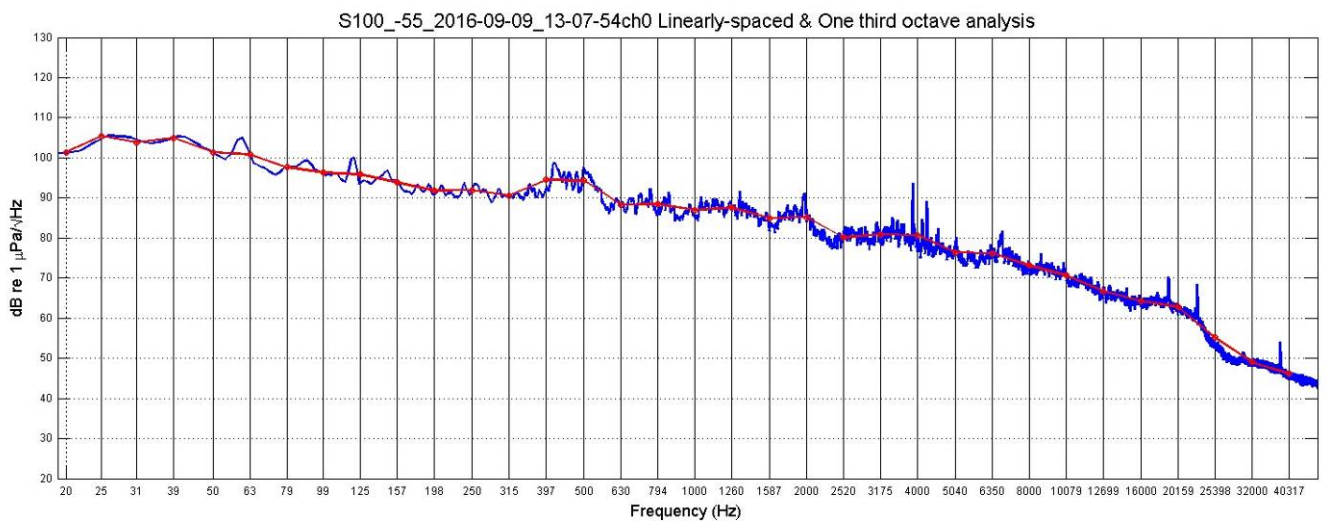


Figura 88 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S100 a 55 m di profondità.

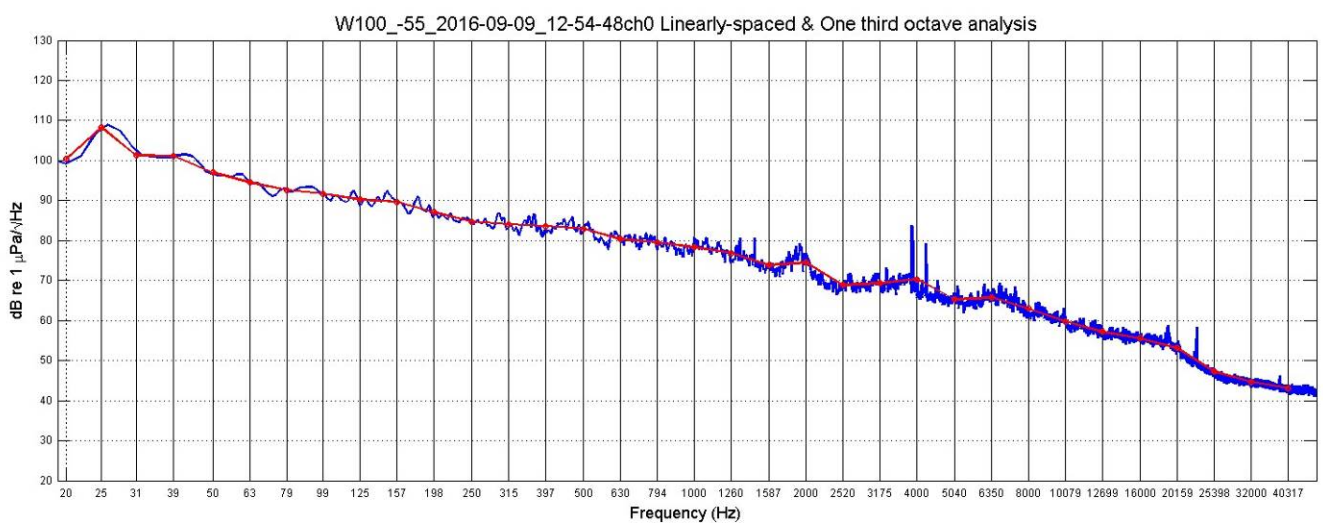


Figura 89 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto W100 a 55 m di profondità. Sono sempre presenti righe spettrali dovute a interferenze elettromagnetiche dalla strumentazione di bordo.

Nella **Figura 90** si evidenzia una notevole variabilità dei livelli misurati a 100m nella banda interessata dalle emissioni del Terminale. L'assunzione di una sorgente puntuale a questa distanza non è più applicabile e diventa significativa la posizione dell'idrofono rispetto all'orientamento dello scafo, suggerendo la presenza di una sorgente parzialmente direttiva.

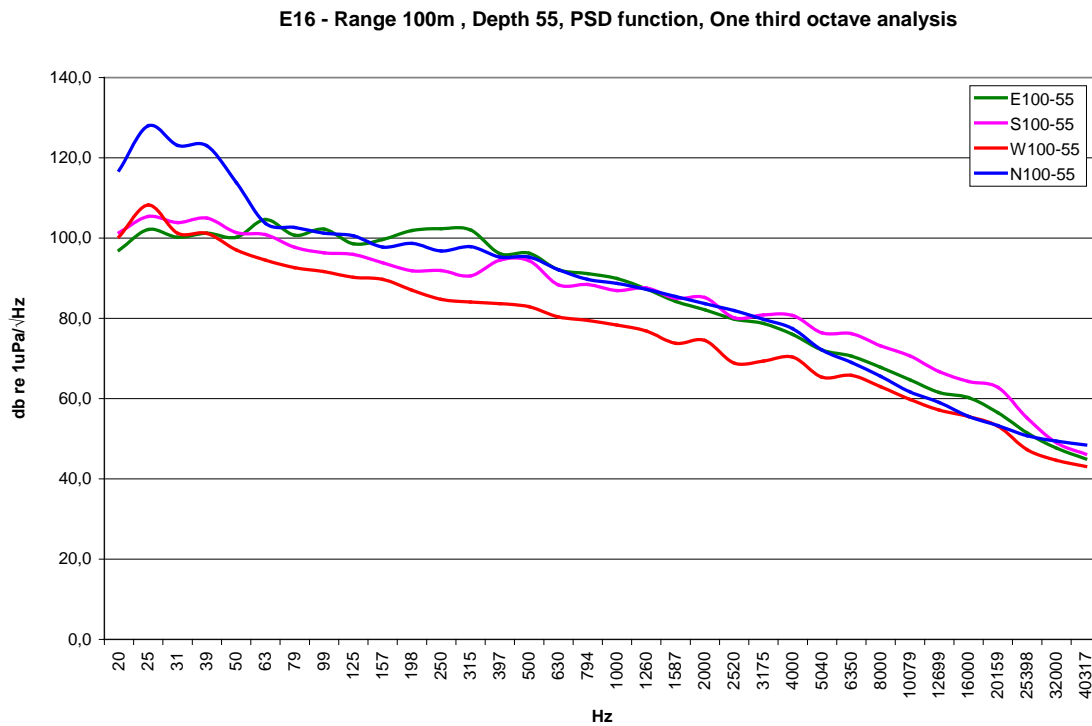


Figura 90 - Confronto dei livelli misurati a distanza di 100 m e a 50 m di profondità.

Tra le misure a distanza, sono state selezionate quelle registrate nei punti S1K (**Figura 91**) e S10K (**Figura 92**), per permettere il confronto sulla direttrice Sud che appare la più adatta per mettere in evidenza il contributo del Terminale al livello di rumore, ed appare anche quella con il livello più alto.

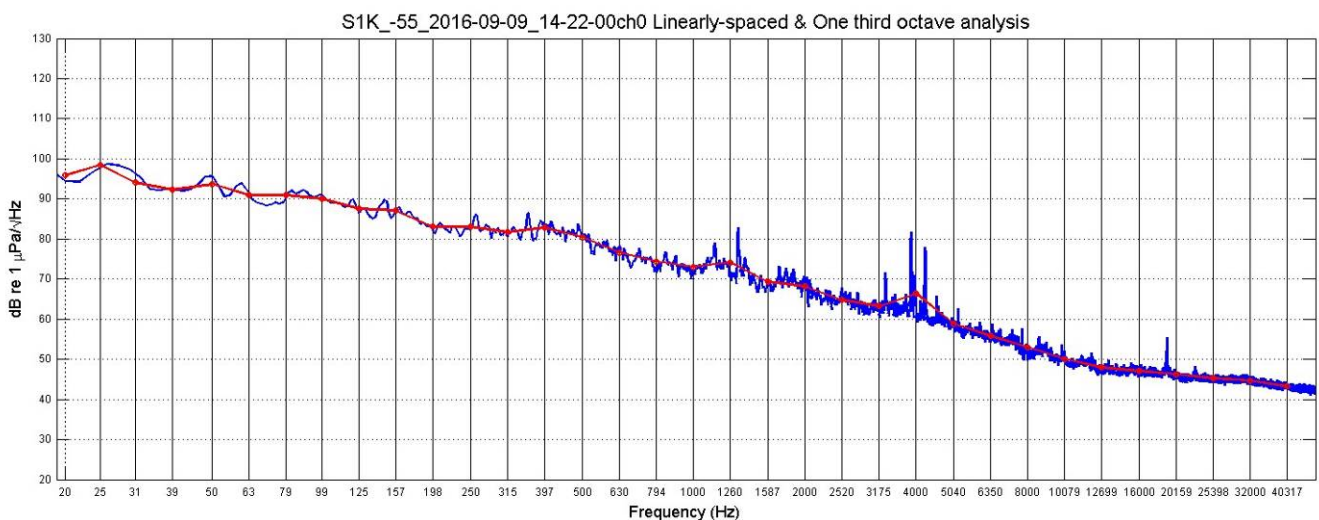


Figura 91 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S1K a 55m di profondità.

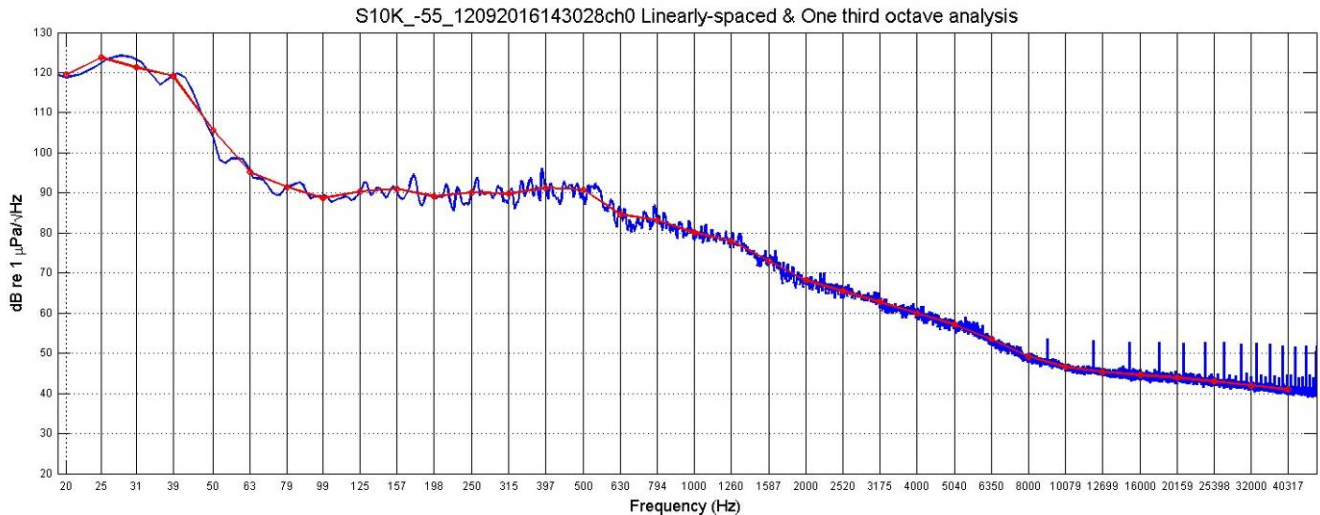


Figura 92 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S10K a 55m di profondità.

Per cercare di individuare possibili componenti di rumore che provengano dal Terminale è necessario prima di tutto trovare, fra i campioni sonori acquisiti, quelli che non contengano in misura significativa rumore proveniente da sorgenti diverse dal Terminale.

Per ottenere una stima del rumore emesso da Terminale si è seguita una procedura di confronto tra misure. Si sono quindi:

- confrontati gli spettri registrati alla distanza minore, quella dei 100 m a 55 m di profondità, per trovare possibili correlazioni;
- confrontati gli spettri registrati sulla stessa direttrice a diverse distanze (100, 1000 e 10000 m) per individuare possibili cadute di segnale con la distanza. E' stata scelta la direttrice Sud come la più adatta a verificare il contributo di rumore del Terminale.

La **Figura 93** mostra il confronto dei livelli di rumore a 55m di profondità registrati sulla direttrice Sud a 100, 1000 e 10000 m. Tralasciamo i livelli a bassissima frequenza, sotto i 100 Hz, che spesso risentono del passaggio di imbarcazioni anche a grande distanza non correlate con il Terminale. La banda superiore ai 25 kHz, dove le curve tendono a riunirsi, è influenzata per lo più da fattori ambientali. La correlazione con la distanza appare più evidente nel range di frequenze da 1 kHz a 16 kHz confermando i risultati delle precedenti analisi.

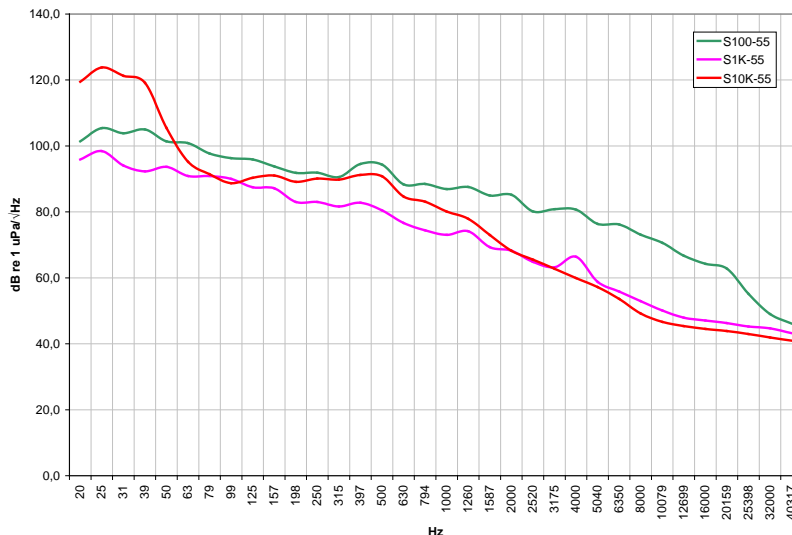


Figura 93 – Confronto delle funzioni PSD in terzi d'ottava, relative a dati raccolti sulla direttrice Sud a distanza 100, 1000 e 10000 m dal Terminale e a profondità 55m.

La verifica mediante simulazione

Tutte le ipotesi e assunzioni proposte nei survey precedenti rimangono valide, pertanto i parametri geometrici, geofisici e relativi alla sorgente rimangono inalterati. Poiché anche dalle attuali misure e dal confronto con le campagne precedenti risulta che la banda in cui si rileva una certa variazione è centrata intorno a 10 - 12 kHz, prenderemo a riferimento la frequenza di 12 kHz per il modello della sorgente a cui vengono calcolati i risultati di Transmission Loss (TL). Tale frequenza viene utilizzata anche per uniformità con le precedenti relazioni, ed è comunque rappresentativa di tutto l'insieme di frequenze interessate dalla correlazione con la distanza.

Parametri oceanografici

I profili di velocità del suono misurati durante questa campagna (Figura 94) sono tutti simili, a parte quello misurato in E10K che differisce nei valori, ma non per la forma. E' da tenere presente che la stazione E10K è quella più vicina alla costa, con un fondale di 43 metri. In generale, trascurando la variabilità nel primo metro dovuta al riscaldamento superficiale, i profili presentano un primo layer fino a circa 20 metri (10m per la stazione E10K) in cui la velocità del suono non presenta significative variazioni con la profondità. In questo strato quindi, nel quale si trova la nostra sorgente di riferimento costituita dal Terminale, il suono si propaga senza deviazioni. Al di sotto dei 20 metri la velocità del suono presenta un termocline con gradiente negativo, fino ad approssimare un valore costante intorno ai 75 metri, come dimostra il profilo della stazione N10K in cui è stata fatta una misura più profonda. In questo strato quindi il suono avrà un andamento down refracting.

Selezione di simulazioni significative e confronto con i dati reali

Sulla base delle considerazioni sui dati reali e delle assunzioni formulate per i parametri di input al modello di propagazione acustica ed utilizzando le misure di profilo di velocità del suono ottenuta dalla sonda multi-parametrica CTD, applichiamo lo strumento di simulazione di propagazione del suono Bellhop a 12 kHz di frequenza emesso da una sorgente isotropica sul piano orizzontale e con irradiazione $\pm 80^\circ$ su piano verticale posta a 15 m di profondità. I risultati ottenuti a frequenza 12 kHz possono essere considerati validi per tutta la banda di interesse 7-20 kHz con piccole variazioni.

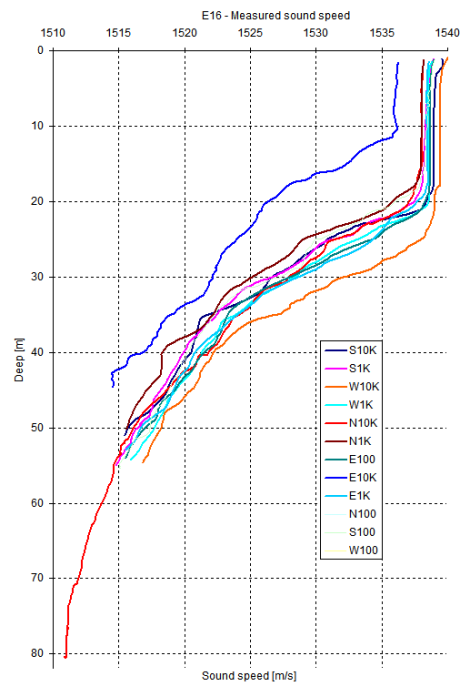


Figura 94 - Confronto sullo stesso grafico di tutti i profili di velocità del suono misurati durante la campagna E16.

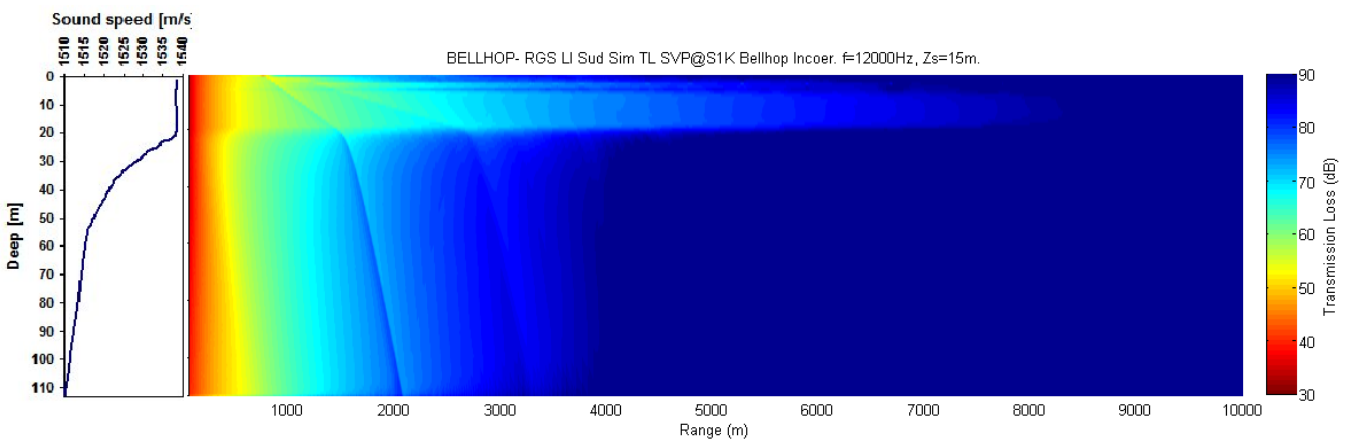


Figura 95 - Simulazione della Transmission Loss TL alla frequenza di 12 kHz, corrispondente al profilo verticale di velocità del suono misurato.

Il layer superficiale fino a 20 metri costituisce un canale preferenziale per la propagazione del suono ben evidente nella simulazione. Nello strato più profondo alla normale propagazione si aggiunge il contributo delle riflessioni dalla superficie.

La caduta di livello del rumore predetta dal modello tra le stazioni S100 e S1K a 55 metri di profondità è di circa 23 dB, anche a causa del fatto che gran parte del rumore si mantiene entro i 20 metri dalla superficie.

Nel confronto con i livelli misurati fra le stazioni S100 e S1K abbiamo una differenza di quasi 19 dB, compatibile con i livelli predetti dal modello considerando le indeterminazioni del modello assunto. E' possibile che la lettura nella stazione S1K contenga anche il contributo di altre sorgenti di rumore, non ascrivibili al Terminale, che hanno innalzato il livello misurato riducendo la TL rispetto alla stazione S100. Inoltre anche l'inevitabile approssimazione nelle caratteristiche della sorgente simulata rispetto a quella reale possono aver contribuito a tale differenza. La caduta di livello predetta dal modello a 100 metri dalla sorgente, a 55 metri di profondità per una frequenza di 12kHz, è di 40 dB. Considerando quindi il valore misurato sperimentalmente in S100 di 66,7 dB è possibile stimare un Source Level della sorgente (Terminale) di circa 107 dB re μPa @ 1m. Tale valore appare in linea con quanto calcolato nelle campagne precedenti, e rimane al di sotto delle soglie di sicurezza per i cetacei che indicano un valore di 110-120 dB per livelli di rumore che possano causare le prime risposte comportamentali.

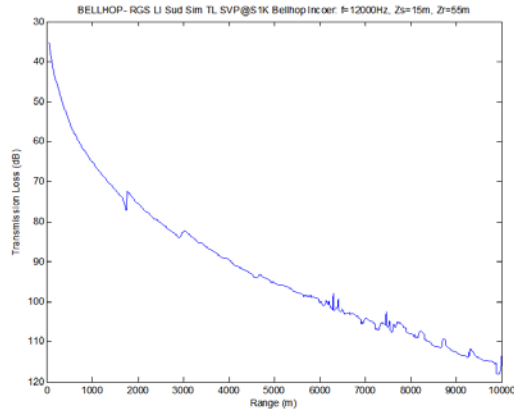


Figura 96 - Trasmission Loss prevista dal modello in funzione della distanza alla profondità di 55 metri.

6.4.2 Bioacustica

Durante la campagna di misura e durante gli avvistamenti sono state effettuate registrazioni delle vocalizzazioni di tursiopi (Figura 97, Figura 98).

In questa sezione riportiamo alcuni spettrogrammi dei dati registrati.

Si tratta di sequenze di click (biosonar) a larga banda e di vocalizzazioni (fischii). Gli spettrogrammi rappresentano il metodo più efficace per distinguere le veloci sequenze di click e verificare la loro natura a larga banda.

Per entrambe le specie i clicks coprono tutta la banda dello spettro (oltre 96kHz), mentre i fischii dei Tursiopi si attestano tra i 5 e i 15 kHz.

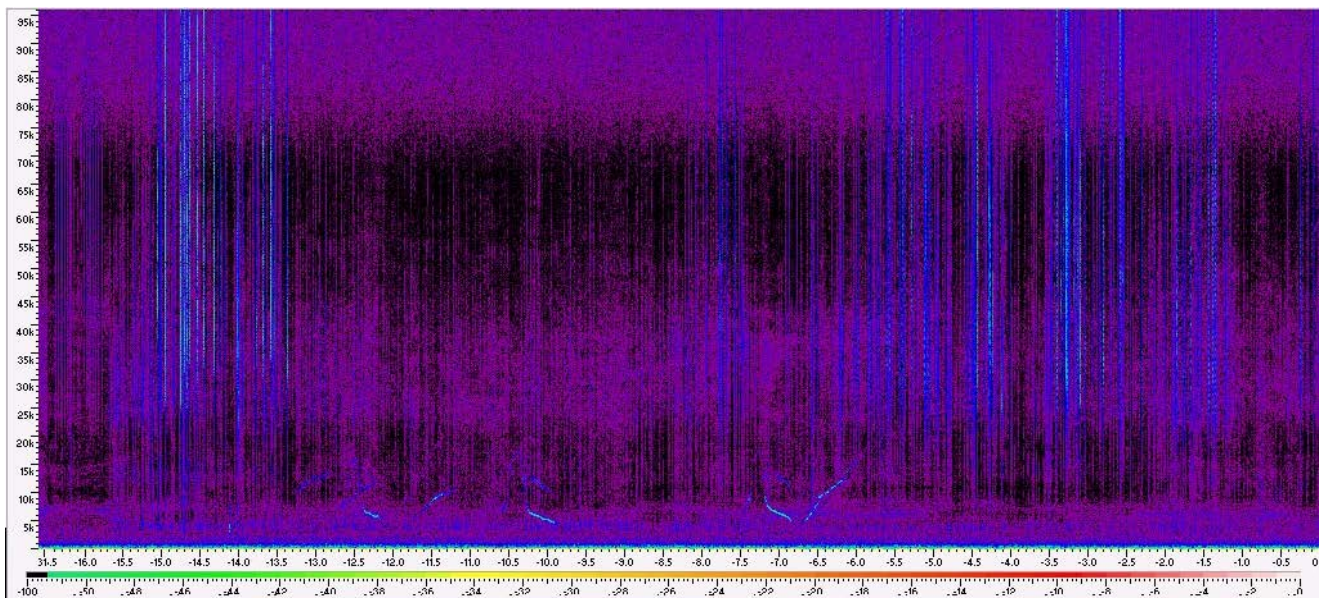


Figura 97 - Click e fischii dei tursiopi registrati durante l'avvistamento.

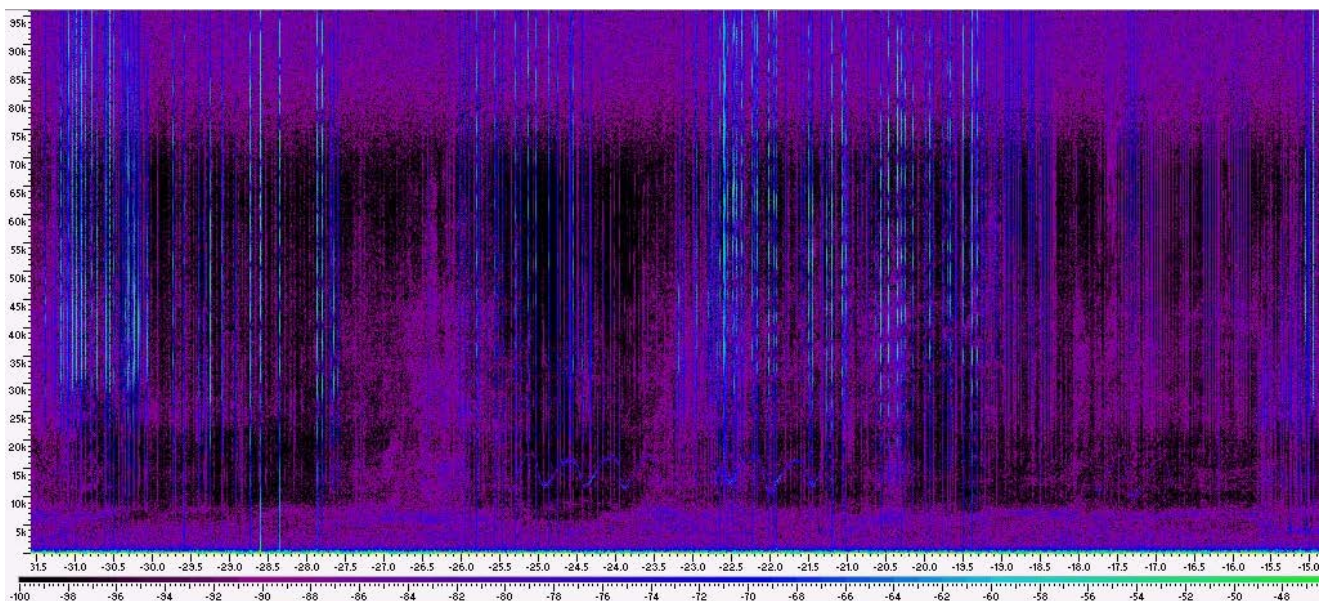


Figura 98 - Click molto forti rappresentati dalle righe verticali, particolarmente interessanti le vocalizzazioni come fischii modulati presenti nella banda intorno a i 15 kHz.

7 CONFRONTO INTERSTAGIONALE E CON LA CAMPAGNA DI BIANCO

Nel presente capitolo vengono riportati i confronti interstagionali riferiti ai primi tre anni di esercizio e con la Campagna di Bianco, effettuata nell'estate 2012. In particolare, i confronti tra le diverse stagioni hanno riguardato l'autunno, l'inverno, la primavera e l'estate a cavallo tra il 2013 ed il 2016 (si ricorda che l'inizio dell'anno di esercizio avviene nell'autunno di ogni anno).

7.1 COLONNA D'ACQUA

7.1.1 Profili idrologici

L'indagine condotta nel periodo compreso tra il Bianco e l'Estate 2016 tramite CTD ha consentito di apprezzare le variazioni dei vari parametri oggetto di monitoraggio; esse risultano più o meno marcate a seconda del parametro analizzato. Nel complesso le caratteristiche fisiche della massa d'acqua non risultano modificate dalla presenza del rigassificatore e risentono soprattutto delle dinamiche stagionali tipiche della zona interessata dal monitoraggio.

Temperatura: nelle campagne estive (B, E14, E15, E16) essa varia in un *range* ampio, come tipicamente accade in questa stagione dell'anno variando tra 13,59 e 26,85 °C, con una differenza tra i valori minimo e massimo che si mantiene relativamente costante nel tempo (Δ Bianco (E12): 13,26°C, Δ E14: 11,51°C, Δ E15: 12,01°C, Δ E16: 11,94°C). Solo nell'E14 è stato evidenziato un termoclino completamente formato.

In autunno questo parametro risulta più omogeneo variando tra 14,36 e 19,05°C, con una differenza tra i valori minimo e massimo piuttosto variabile nelle tre campagne (Δ A13: 1,4°C, Δ A14: 3,65°C, Δ A15: 3,31°C). In A14 si nota ancora un residuo di termoclino dell'estate precedente. La temperatura nella campagna invernale varia in un *range* molto ristretto tra 13,06 e 14,75°C con differenze ridotte tra minimo e massimo nelle singole campagne (Δ I14: 0,66°C, Δ I15: 1,31°C, Δ I16: 0,37°C). Come di consueto le masse d'acqua risultano più omogenee rispetto alle altre stagioni a causa della dinamica invernale nell'area di indagine.

Analogamente a quanto osservato in estate, la temperatura primaverile della colonna d'acqua risulta eterogenea variando tra 14,25 e 25,61°C e la differenza tra i valori minimo e massimo nelle singole campagne è elevata (Δ P14: 11,09°C, Δ P15: 9,45°C, Δ P16: 5,51°C). Dai profili si evince che in questa stagione le masse d'acqua presentano un elevato grado di rimescolamento.

Salinità: nelle quattro campagne estive (B, E14, E15, E16) questo parametro varia tra 36,95 e 39,02 ppt. Questo range relativamente ampio è tipico dell'estate che presenta una buona stratificazione delle masse d'acqua. Anche la differenza tra minimo e massimo nelle singole campagne di monitoraggio (Δ Bianco (E12): 1,02 ppt, Δ E14: 0,87 ppt, Δ E15: 2,07 ppt, Δ E16: 0,33) risulta relativamente alta.

Al contrario tale parametro misurato in autunno varia debolmente. Tale andamento è tipico di questa stagione durante in cui avviene un rimescolamento importante delle masse d'acqua con valori che oscillano tra 37,09 e 38,2 ppt e con scarse differenze tra minimo e massimo nelle singole campagne (Δ A13: 0,3 ppt; Δ A14: 0,45 ppt; Δ A15: 0,61 ppt).

Analogamente a quanto osservato nelle stagioni autunnali in inverno la salinità mostra variazioni minime, comprese tra 37,19 e 38,2 ppt. Tale andamento riflette un marcato rimescolamento delle masse d'acqua che si verifica tipicamente anche in questa stagione. Di conseguenza le differenze misurate tra minimo e massimo nelle singole campagne sono basse (Δ I14: 0,6 ppt; Δ I15: 0,67 ppt; Δ I16: 0,11).

In primavera questo parametro varia tipicamente in un *range* decisamente più ampio rispetto a quello invernale compreso tra 35,73 e 38,23 ppt a testimonianza di un fenomeno di stratificazione delle acque e la differenza tra minimo e massimo nelle singole campagne è bassa (Δ P14: 1,85 ppt; Δ P15: 1,32 ppt; Δ P16: 2,5).

Diagramma T/S (Temp/Sal): in tutte le campagne estive (B, E14, E15, E16) il diagramma evidenzia la stratificazione delle masse d'acqua e la formazione di un termoclino.

Nel periodo autunnale, al contrario, si verifica una chiara omogeneizzazione delle medesime, situazione che si mantiene anche nei periodi invernali. In questa stagione i diagrammi hanno uno sviluppo limitato sia lungo la temperatura sia lungo la salinità, in accordo al periodo dell'anno analizzato. In primavera, in tutte le campagne, il diagramma evidenzia sia l'omogeneizzazione delle masse d'acqua sia l'inizio della stratificazione; il diagramma ha uno sviluppo lungo la temperatura e limitato lungo la salinità, come tipicamente si verifica in questa stagione dell'anno.

DO%: Nella quasi totalità delle campagne estive (B, E14, E15) questo parametro varia da 80% a 116,9%; la differenza tra minimo e massimo è alta, ad indicare una condizione di relativa calma delle masse d'acqua (Δ Bianco (E12): 36,9%, Δ E14: 24,7%, Δ E15: 30%). Unica eccezione è rappresentata dall'estate 2016 in cui si assiste al contrario ad una variazione minima di questo parametro (Δ E16: 0,78%) ma che si colloca sempre all'interno del range di variazione sopra osservato.

In autunno la percentuale di ossigeno varia in maniera minore andando da 75% a 101,7%; la differenza tra minimo e massimo è relativamente bassa, ad indicare una omogeneizzazione delle masse d'acqua. Anche in inverno la percentuale di ossigeno disciolto varia in un *range* ristretto passando da 70 a 108,4; l'elevato grado di omogeneizzazione delle masse d'acqua si evince anche dalle differenze tra massimo e minimo nelle differenti campagne di monitoraggio (Δ I14: 20%; Δ I15: 16,9%; Δ I16: 8,3%).

In primavera il range di variazione aumenta rispetto ad autunno ed inverno assestandosi tra 87% e 161%; la differenza tra minimo e massimo inizia ad aumentare indicando una stratificazione delle masse d'acqua (Δ P14: 25%; Δ P15: 70%; Δ P16: 0,69%-).

Clorofilla: i valori di questo parametro variano con il variare della stagione e non evidenziano situazioni anomale o particolari trend da segnalare.

Torbidità: Per tutto il periodo di indagine nelle campagne estive sono stati osservati valori bassi di torbidità, compresi per lo più tra 0 ed 2 NTU. Essi tendono ad aumentare con l'aumentare della profondità in tutte le stazioni indipendentemente dalla loro distanza dall'FSRU, fatto, tuttavia, non osservato nella campagna di bianco (estate 2012).

Analogamente, durante i periodi autunnali la torbidità conserva valori bassi, con profili omogenei senza oscillazioni evidenti al variare della profondità. Soltanto nell'autunno 2016 è stato apprezzato un leggero incremento di torbidità in prossimità del fondo in tutte le stazioni.

Nelle stagioni invernali sono stati misurati valori più eterogenei rispetto alle altre stagioni di monitoraggio. Valori più elevati sono presumibilmente riconducibili alle notevoli precipitazioni avvenute in tutta l'area negli inverni 2014, 2015 e 2016.

Durante i monitoraggi primaverili i valori di torbidità sono bassi (spesso inferiori a 1 NTU) e molto omogenei tra loro. Solo i valori superficiali (entro i 10 metri di profondità) della primavera 2014 hanno mostrato qualche anomalia.

I pattern descritti hanno interessato tutta l'area di indagine e pertanto non possono essere ricondotti alla presenza ed alla attività del Terminale..

In particolare, in prossimità del fondo non si rilevano anomalie riconducibili a fenomeni di risospensione dei sedimenti relazionabili alla presenza degli scarichi dell'FSRU.

pH: il pH subisce variazioni, a volte anche importanti (I14) con andamenti che non sono univocamente relazionabili alla presenza ed attività della nave gasiera.

ORP: i valori del potenziale *redox* hanno un andamento opposto a quello del pH, anch'essi presentano una elevata variabilità temporale senza anomalie nell'intorno dell'FSRU.

Misure di irradianza e irradianza spettrale

La profondità della zona eufotica (Z_{eu}), cioè la profondità alla quale arriva 1% della radiazione PAR superficiale, è un indice sintetico della trasparenza delle acque. Z_{eu} è variabile in relazione alle concentrazioni delle sostanze otticamente attive (LAS), fra le quali le più importanti sono il fitoplancton, il particolato sospeso non fitoplanctonico di cui il TSM rappresenta un proxy, e la sostanza organica disciolta cromoforica (CDOM).

Nella **Figura 99** sono riportate le variazioni stagionali della Z_{eu} nelle stazioni MG7 e MG10, la prima situata alla distanza di 100 m e la seconda a 2000 m dal terminale. Le due stazioni hanno un andamento stagionale e valori molto simili. La profondità della zona eufotica raggiunge i valori massimi in primavera-estate ed i minimi in autunno-inverno. Questa condizione si conferma anche per l'ultimo anno di campionamento, durante il quale emerge una differenziazione in A15. La profondità della Z_{eu} in A15 MG7 è 65 m, cioè valori paragonabili a quelli della condizione estiva, al contrario in A15 MG10 risulta di 39 m e quindi molto più bassa, con un valore simile a quelli più tipicamente invernali. Questa differenza è dovuta essenzialmente al momento di campionamento differente fra le due stazioni: prima di una forte perturbazione A15 MG7, dopo, A15 MG10. In I16 la Z_{eu} è abbastanza simile nelle due stazioni così come in P16 ed E16. Si conferma quindi che le due stazioni prese come riferimento, la MG7 per la prossimità con il terminale e quindi influenzabile dalla sua attività, e la MG10, alla sua massima distanza, hanno la trasparenza della colonna d'acqua molto simile nelle diverse stagioni.

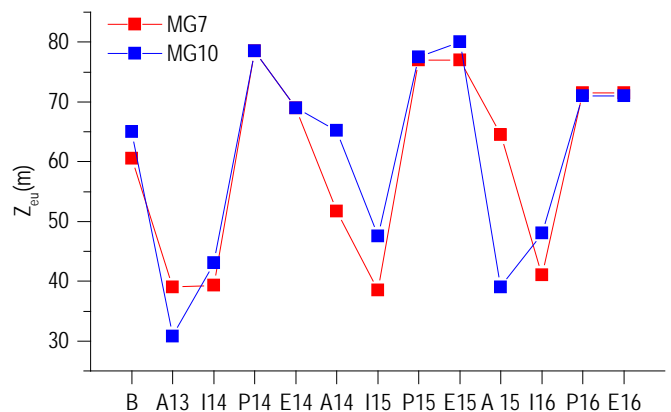


Figura 99 - Variazione della profondità (m) della zona eufotica (Z_{eu}) delle stazioni MG7 e MG10 nelle campagne effettuate.

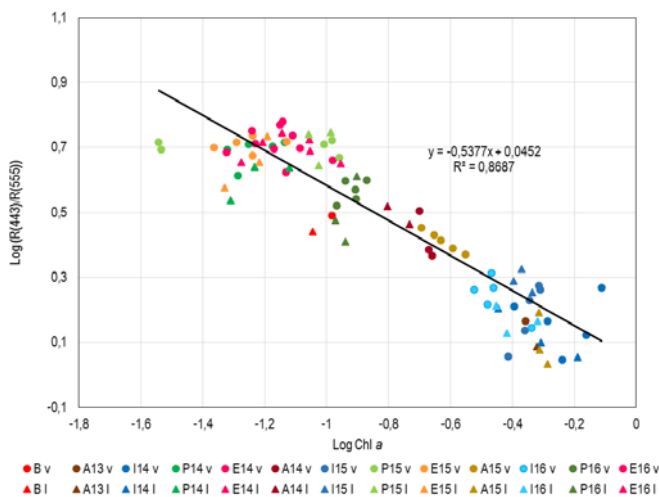


Figura 100 - Relazione fra il log del rapporto fra le riflettanze a 443 nm e quelle a 555 nm ($R(443)/R(555)$) ed il log della concentrazione della clorofilla a (Chl a). Sono riportati l'equazione della retta di regressione ed il coefficiente di determinazione R^2 . Il simbolo v rappresenta le stazioni più vicine e il simbolo l le stazioni lontane.

I dati delle irradianze spettrali superficiali ascendenti (E_u) e discendenti (E_d) sono stati elaborati per ottenere le riflettanze spettrali (R). Il rapporto fra la riflettanza nel blu a 443 nm ($R(443)$) e quella nel verde a 555 nm ($R(555)$), che generalmente viene messo in relazione con la concentrazione della clorofilla negli strati superficiali, mostra una correlazione altamente significativa ($p < 0,01$) (Figura 100), evidenziando che la clorofilla, e quindi la biomassa fitoplanctonica, è il principale componente otticamente attivo in queste acque e che persiste una proporzionalità della concentrazione delle altre LAS in relazione a Chl *a* nell'attenuare la luce solare alle stazioni indagate indipendentemente dalla distanza dal terminale.

7.1.1 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche

Nutrienti inorganici disciolti

Le concentrazioni nutritive nel terzo anno di campionamento presentano una variazione del tutto simile a quella rilevata nei due anni precedenti (Tabella 75), con le quantità più elevate nei mesi autunnali e invernali (A15, I16) e la diminuzione in primavera-estate (P16, E16), pur essendo il range di concentrazione diverso da nutriente a nutriente a causa della diversa origine e del diverso utilizzo dei singoli nutrienti. Questa variazione è particolarmente evidente per quanto riguarda l'azoto (DIN) che presenta l'incremento autunno-invernale con i massimi in I15, A15, I16 (Tabella 75, Figura 101) con un forte aumento rispetto ai valori delle campagne estive e al primo anno di campionamento. Il confronto tra Bianco, E14, E15, E16, non evidenzia differenze da sottolineare.

Il fosfato (PO_4) presenta un minore intervallo di variazione e una maggiore variabilità nell'andamento dei tre anni, soprattutto nello strato 0-12,5 m (Figura 101). I silicati (SiO_2) variano in un intervallo di concentrazioni più alte (Tabella 75) e il ciclo è caratterizzato da una tendenza alla diminuzione dal primo anno di campionamento al terzo nello strato 0-12,5 m (Figura 101).

Il ciclo stagionale dei silicati si differenzia da quello del DIN perché le concentrazioni estive diminuiscono meno, probabilmente a causa del minore utilizzo fitoplanctonico, in quanto le variazioni sono soprattutto legate al consumo dovuto alla sola classe delle diatomee.

Generalmente è maggiore la variabilità dello strato 0-12,5 m rispetto allo strato 50-70 m (Figura 101) dove prevale la mineralizzazione della sostanza organica rispetto al consumo fitoplanctonico maggiore nelle acque più superficiali e dal confronto tra le stazioni più vicine al terminale e la più lontana non emergono differenze univocamente interpretabili.

L'analisi delle concentrazioni mostra quindi livelli nutritivi in linea con lo stato oligo-mesotrofico delle acque liguri-tirreniche con andamento e variabilità legati alla variazione stagionale e interannuale.

Campagna	DIN				PO_4				SiO_2			
	Media	DS	Max	Min	Media	DS	Max	Min	Media	DS	Max	Min
Bianco	0,276	0,180	0,573	0,027	0,052	0,007	0,072	0,040	0,778	0,156	1,112	0,575
E14	0,210	0,209	0,971	0,023	0,084	0,025	0,170	0,048	1,192	0,335	2,248	0,716
E15	0,208	0,098	0,475	0,061	0,084	0,040	0,225	0,031	1,061	0,047	1,198	0,977
E16	0,315	0,113	0,558	0,127	0,052	0,006	0,065	0,042	0,634	0,090	0,846	0,521
A13	0,561	0,193	1,161	0,273	0,112	0,031	0,192	0,056	1,722	0,213	2,103	1,287
A14	0,315	0,235	0,853	0,068	0,109	0,122	0,418	0,009	0,526	0,326	2,141	0,194
A15	1,356	0,478	2,251	0,548	0,125	0,050	0,315	0,074	1,295	0,242	2,071	0,981
I14	0,438	0,201	0,970	0,215	0,083	0,067	0,296	0,005	2,228	1,201	6,863	1,466
I15	1,381	0,422	2,285	0,701	0,080	0,044	0,195	0,038	0,749	0,109	1,243	0,651
I16	1,374	0,171	1,835	1,120	0,041	0,010	0,074	0,030	1,239	0,061	1,401	1,153
P14	0,069	0,047	0,214	0,019	0,052	0,022	0,092	0,002	1,367	0,251	1,889	0,960
P15	0,292	0,200	1,241	0,102	0,087	0,026	0,179	0,057	1,010	0,074	1,138	0,868
P16	0,575	0,253	1,162	0,274	0,058	0,010	0,083	0,041	0,853	0,198	1,309	0,585

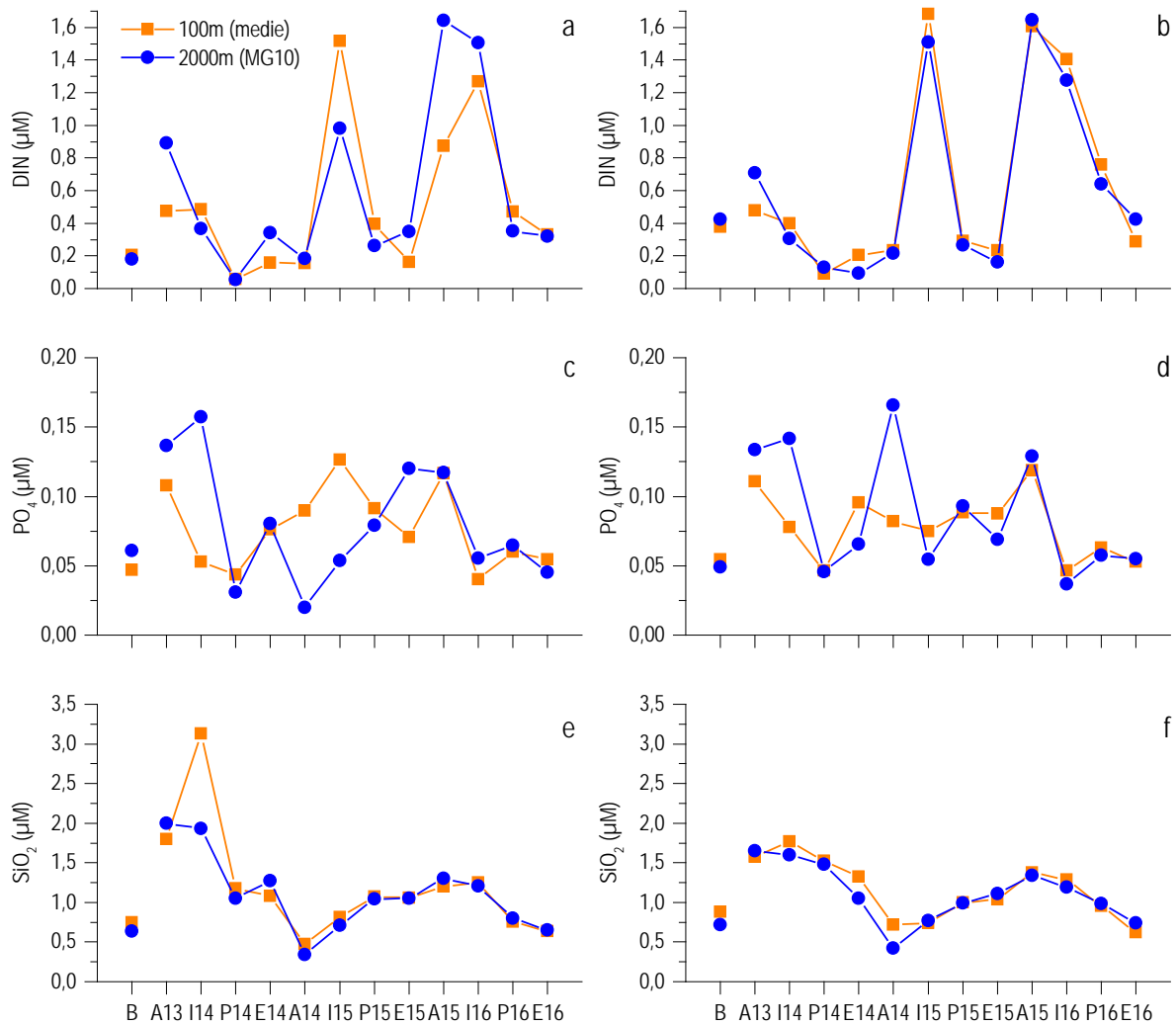


Figura 101 - Confronti tra le concentrazioni medie per campagna dei nutrienti inorganici disciolti delle 4 stazioni (MG6, MG7, MG12, MG13) più vicine al terminale (100m) e le concentrazioni medie per campagna della stazione a 2000 m (MG10). a) c) e) media tra 0 e 12,5 m; b) d) f) media tra 50 e 70 m.

Solidi sospesi (Total Suspended Matter)

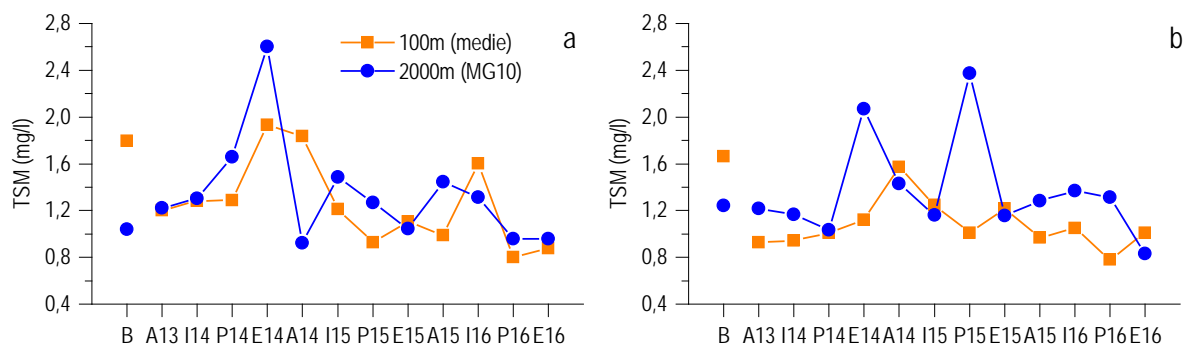
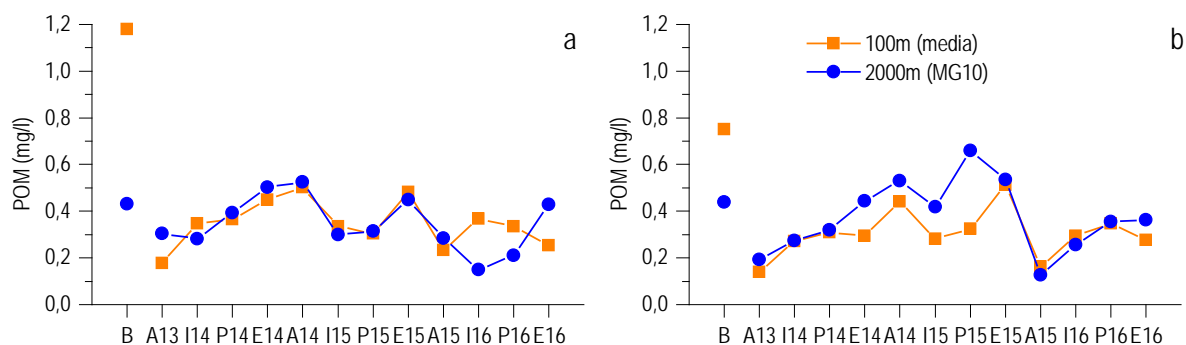
Le concentrazioni delle medie generali per campagna dei solidi sospesi nella colonna d'acqua (TSM) variano in un ambito piuttosto limitato, dai minimi di 0,861 e 0,898 mg/l rispettivamente in P16 e E16 al massimo di 1,563 in A14 (Tabella 76). Le variazioni stagionali (Figura 102) mostrano alcune differenze nei tre anni di monitoraggio. Mentre nel primo anno si registrano valori più alti in estate, nel secondo e terzo i massimi sono in autunno-inverno con minimi primaverili ed estivi. Questi risultano più bassi rispetto a quelli di E14 e del Bianco (Tabella 76). In Figura 102 è mostrato il confronto fra le medie delle concentrazioni di TSM delle stazioni più vicine al terminale e quella della stazione MG10, collocata a 2000 m. Nello strato superficiale (Figura 102a) i valori di TSM hanno una variazione stagionale simile, e nell'ultimo anno i valori di TSM differiscono in A15, quando alla MG10 si registra il massimo, mentre nelle stazioni vicine al terminale le concentrazioni di TSM sono tra le più basse misurate (Figura 102b). Nello strato profondo la stazione MG10 ha concentrazioni di TSM sempre leggermente maggiori anche nell'ultimo anno di campionamento, tranne che in E16 dove le stazioni vicine al terminale hanno concentrazioni leggermente maggiori (Figura 102b).

Le concentrazioni medie della componente organica, POM, variano da un massimo di 0,801 mg/l nel Bianco ai 0,207 mg/l in A13 (Tabella 76). Le variazioni stagionali del POM mostrano nell'ultimo anno un andamento simile a quello del primo anno di monitoraggio: è crescente dall'autunno alla primavera e diminuisce leggermente in estate, mentre nel secondo è presente un massimo in autunno (A14) e un incremento fra la primavera (P15) e l'estate (E15). Nei tre anni di monitoraggio le medie estive del POM si mantengono più basse rispetto a quelle del Bianco (Tabella 76).

Confrontando le concentrazioni medie di POM delle stazioni vicine al terminale e quella di MG10 si nota la loro generale similarità nelle concentrazioni e nelle variazioni stagionali sia in profondità che nello strato superficiale (Figura 103a, b). In quest'ultimo sono anche evidenti le differenze tra la media della stazione MG10 e quella delle stazioni più prossime in I16, P16 ed E16. Nelle prime due stagioni il POM è maggiore nelle stazioni prossime al terminale mentre in E16 è maggiore alla stazione MG10 (Figura 103a). Negli strati profondi le concentrazioni di POM si mantengono molto simili (Figura 103b).

Tabella 76 - Medie, deviazioni standard, massimo e minimo per campagna (N=32) delle concentrazioni di clorofilla a (Chl a), solidi sospesi (TSM), particolato organico (POM), sostanza organica disciolta cromoforica (CDOM).

Campagna	Chl a (mg/m ³)				TSM (mg/l)				POM (mg/l)				CDOM (m ⁻¹)			
	Media	DS	Max	Min	Media	DS	Max	Min	Media	DS	Max	Min	Media	DS	Max	Min
Bianco	0,117	0,062	0,264	0,032	1,492	0,746	3,187	0,270	0,801	0,646	2,223	0,191	0,251	0,059	0,410	0,124
E14	0,166	0,117	0,472	0,061	1,500	0,961	3,514	0,590	0,339	0,184	0,783	0,128	0,285	0,071	0,379	0,173
E15	0,103	0,063	0,240	0,035	1,027	0,262	1,716	0,676	0,421	0,178	0,902	0,080	0,274	0,132	0,723	0,142
E16	0,117	0,072	0,268	0,041	0,898	0,445	2,430	0,535	0,294	0,111	0,556	0,109	0,241	0,110	0,601	0,109
A13	0,318	0,112	0,492	0,162	1,176	0,829	4,927	0,590	0,207	0,176	1,061	0,030	0,346	0,051	0,484	0,270
A14	0,183	0,032	0,221	0,097	1,563	1,254	7,155	0,733	0,506	0,278	1,475	0,099	0,283	0,073	0,484	0,197
A15	0,259	0,128	0,590	0,099	1,118	0,384	2,433	0,536	0,202	0,112	0,633	0,074	0,143	0,088	0,352	0,017
I14	0,459	0,180	1,029	0,149	1,146	0,222	1,499	0,621	0,292	0,138	0,583	0,050	0,314	0,073	0,640	0,247
I15	0,420	0,073	0,542	0,264	1,191	0,261	2,186	0,914	0,294	0,124	0,540	0,082	0,253	0,096	0,625	0,162
I16	0,352	0,056	0,490	0,262	1,311	0,783	5,004	0,774	0,304	0,149	0,955	0,086	0,243	0,051	0,417	0,203
P14	0,104	0,069	0,285	0,033	1,337	0,787	4,485	0,828	0,377	0,139	0,904	0,240	0,249	0,061	0,446	0,147
P15	0,143	0,088	0,352	0,017	1,047	0,476	3,561	0,725	0,301	0,158	0,884	0,066	0,285	0,104	0,674	0,144
P16	0,232	0,178	0,677	0,102	0,861	0,304	2,139	0,600	0,335	0,070	0,618	0,192	0,293	0,041	0,374	0,231


Figura 102 - Confronti tra le concentrazioni medie per campagna dei solidi sospesi (TSM) delle 4 stazioni (MG6, MG7, MG12, MG13) più vicine al terminale (100m) e della stazione a 2000 m (MG10). a) media tra 0 e 12,5 m; b) media tra 50 e 70 m.

Figura 103 - Confronti tra le concentrazioni medie per campagna della sostanza organica particellata (POM) delle 4 stazioni (MG6, MG7, MG12, MG13) più vicine al terminale (100m) e della stazione a 2000 m (MG10). a) media tra 0 e 12,5 m; b) media tra 50 e 70 m.

Sostanza organica disciolta cromoforica (CDOM)

Le stime di concentrazione di CDOM (ottenute sulla base dell'assorbimento a 325 nm, $a_{CDOM(325)}$) nei tre anni di campionamento (Tabella 76) presentano valori medi più alti in A13 e quelli più bassi in A15. Nell'ultimo anno di campionamento si registra un massimo in P16 e un netto minimo in A15, con E16 che mostra valori molto simili a quelli dei precedenti campionamenti estivi Bianco incluso. Il confronto fra la variazione stagionale di $a_{CDOM(325)}$ nelle stazioni vicine al terminale e MG10 nello strato superficiale (Figura 104a) evidenzia che gli andamenti e le concentrazioni sono in generale simili, con le maggiori differenze in E15 in cui $a_{CDOM(325)}$ è più alto alla stazione MG10. Nell'ultimo anno di campionamento le medie di $a_{CDOM(325)}$ sono molto vicine, con massimi in I16 e P16. Anche nello strato profondo

(Figura 104b) le variazioni stagionali di $a_{CDOM}(325)$ sono comparabili specialmente per i campionamenti dell'ultimo anno. In entrambi gli strati i valori del Bianco sono sovrapponibili con i corrispondenti estivi.

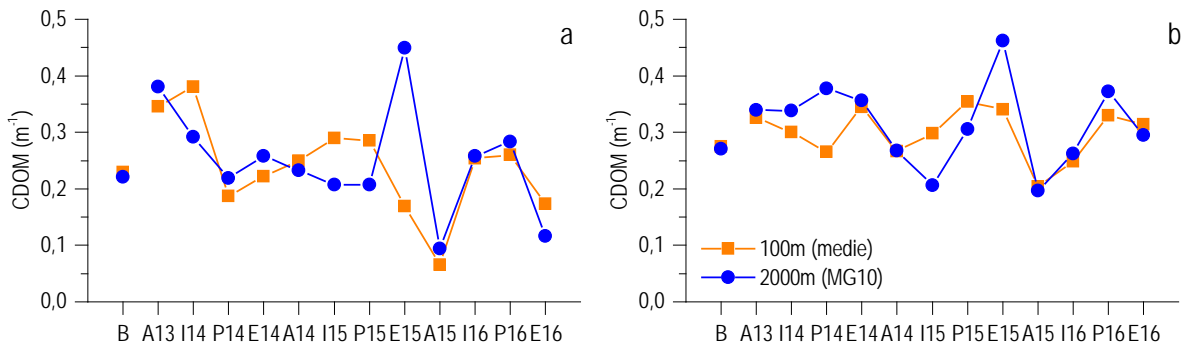


Figura 104 - Confronti tra le concentrazioni medie per campagna della sostanza organica disciolta cromofora (CDOM) delle 4 stazioni (MG6, MG7, MG12, MG13) più vicine al terminale (100m) e della stazione a 2000 m (MG10). a) media tra 0 e 12,5 m; b) media tra 50 e 70 m.

Clorofilla *a* e diversità pigmentaria

La variazione stagionale delle medie delle concentrazioni della clorofilla *a* presenta nei tre anni di indagine andamenti simili. I massimi sono invernali con I14 che presenta i valori medi più alti (0,459 mg/m³) e I16 quelli più bassi (0,352 mg/m³) (Tabella 76). I minimi sono generalmente primaverili (P14) ed estivi (E15, E16) con concentrazioni non diverse da quelle del Bianco (Tabella 76). Nell'ultimo anno di campionamento le concentrazioni medie dei massimi invernali (I16) risultano più basse di quelle degli inverni precedenti, mentre sono più alte in primavera (P16) (Tabella 76)

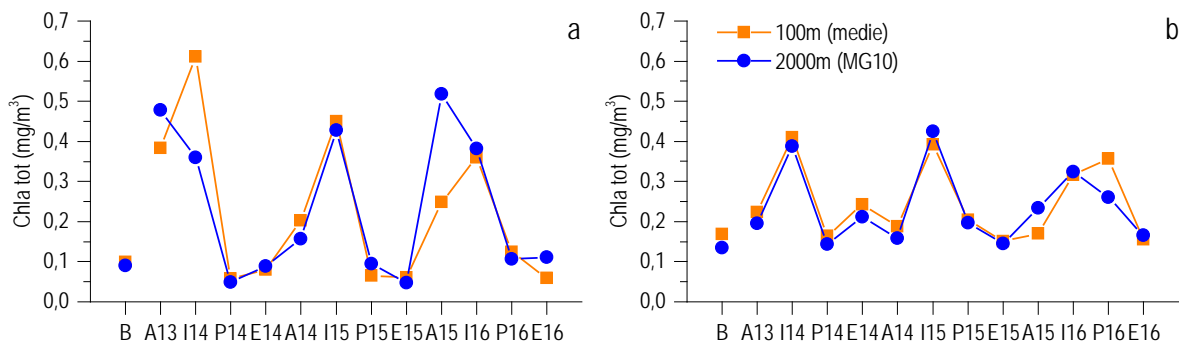


Figura 105 - Confronti tra le concentrazioni medie per campagna della clorofilla *a* delle 4 stazioni (MG6, MG7, MG12, MG13) più vicine al terminale (100m) e della stazione a 2000 m (MG10); a) media tra 0 e 12,5 m; b) media tra 50 e 70 m.

Il confronto fra le stazioni vicine al terminale ed MG10 (Figura 105) evidenzia andamenti e valori molto simili e le concentrazioni estive rispecchiano quelle del Bianco. Nell'ultimo anno di campionamento nello strato superficiale le concentrazioni medie delle stazioni prossime al terminale risultano più basse in A15. Questa differenziazione è legata alle modalità del campionamento che alla stazione A15 MG10 è stato effettuato dopo il passaggio di una forte perturbazione. Molto probabilmente, questa, modificando le condizioni quasi estive del campionamento della maggior parte delle altre stazioni, ha innescato una crescita fitoplanctonica che ha determinato il massimo annuale di Chl *a* (Figura 105a). Nelle stazioni prossime al terminale il massimo annuale si verifica in I16. Per quanto riguarda lo strato profondo (Figura 105b) le concentrazioni medie della clorofilla *a* hanno valori e modalità di variazione praticamente identici, permane comunque una sfasatura dei massimi nell'ultimo anno, in MG10 si verifica in I16 mentre nelle stazioni prossime al terminale scivola a P16.

La composizione pigmentaria (Figura 106) è caratterizzata nei tre anni di indagine da una elevata diversificazione che evidenzia la diversità di composizione tassonomica fitoplanctonica. La composizione pigmentaria presenta una struttura di base caratterizzata da alcuni pigmenti che hanno un peso elevato indipendentemente dalle variazioni stagionali, questi sono in ordine decrescente Hex-Fuco (Prymnesiophyceae coccolitofori), Chl*b* (Chlorophyta) e But-Fuco (Dictyochophyceae, Chrysophyceae, Prymnesiophyceae non Coccolitofori). Nelle stagioni la loro presenza varia rimanendo comunque significativa, ma si fa significativa anche la presenza di altri pigmenti caratterizzanti come Fuco (diatomee) e Allo (Cryptophyceae) in inverno-primavera, o come Zea (Cyanobatteri del tipo *Synecococcus*) e DVA (Cyanobatteri del tipo *Prochlorococcus*) che insieme alla Perid (dinoflagellati fotosintetici) caratterizzano maggiormente la composizione pigmentaria in estate.

Nelle quattro estati (Bianco, E14, E15 ed E16) la composizione pigmentaria risulta molto simile (Figura 106) con significativa presenza di Hex-Fuco ($\geq 20\%$), di Chl*b* ($10\% \leq \text{Chl}b \leq 40\%$), Zea ($10\% \leq \text{Zea} \leq 30\%$) e DVA ($5\% \leq \text{DVA} \leq 30\%$) e la scarsa presenza di Fuco ($< 10\%$), con Zea che è presente maggiormente in superficie e DVA in profondità. Per quanto riguarda l'autunno e inverno, A13, I14, A15 ed I16 risultano caratterizzati da una maggiore presenza di Fuco ($10\% \leq \text{Fuco} \leq 30\%$) (Figura 106). Mentre in A14 ed I15 la presenza di Fuco

diminuisce e aumenta Hex-Fuco. Per tutte le campagne primaverili la composizione pigmentaria mostra il contributo prevalente di Hex-Fuco che supera il 40-50 % e la significativa presenza di Zea in superficie e DVA nel fondo insieme con Chlb, But-Fuco e Perid (Figura 106).

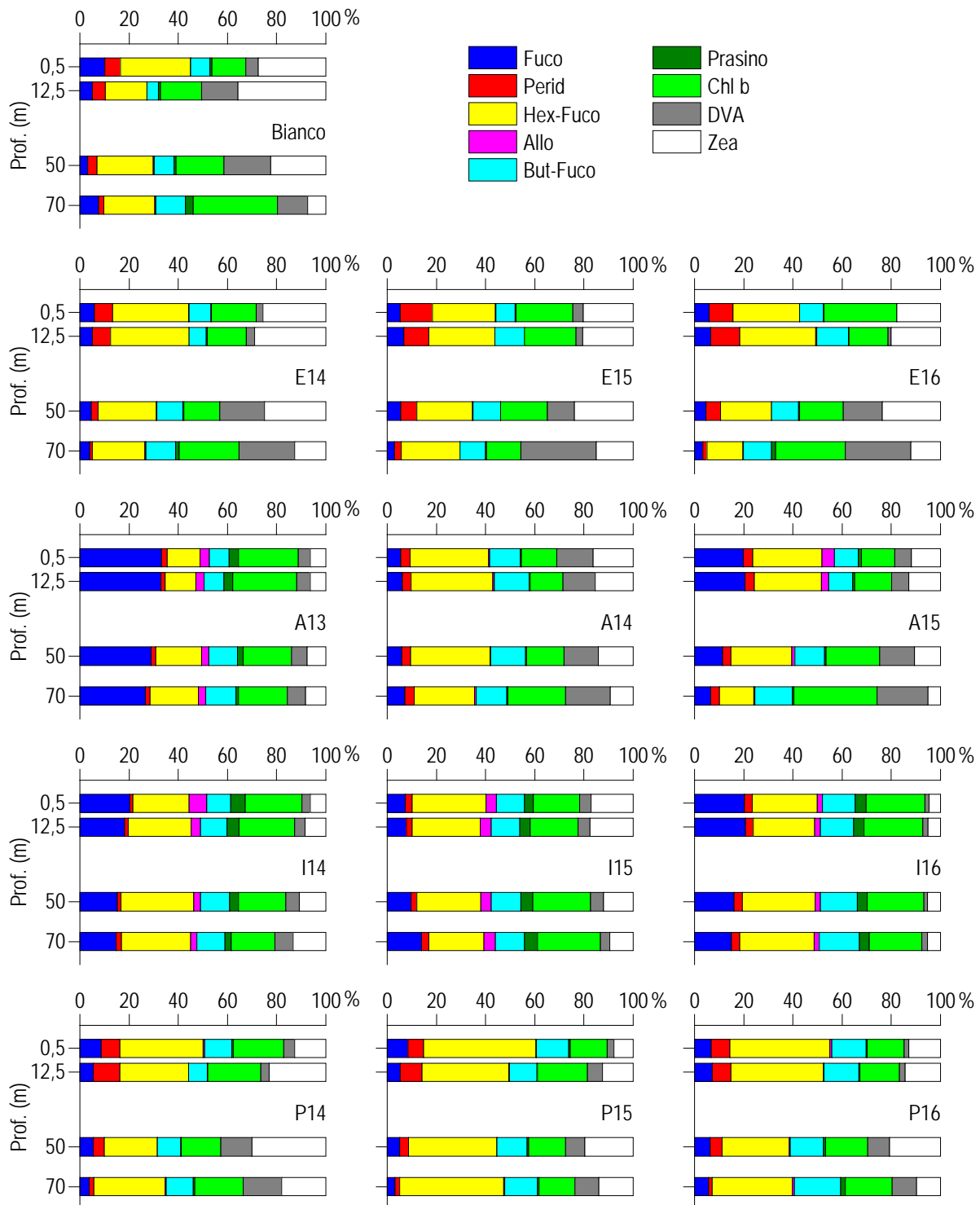


Figura 106 – Istogrammi della composizione percentuale (media per profondità per campagna) di ognuno dei singoli pigmenti diagnostici in rapporto al totale delle concentrazioni dei nove Pigmenti Diagnostici (PD= Fuco+Perid+Hex-Fuco+But-Fuco+Allo+Prasino+Chlb+DVA+Zea).

Tensioattivi, cloroderivati e analisi microbiologiche

Per i tensioattivi non ionici, gli idrocarburi totali e i cloroderivati non sono state osservate anomalie degne di nota.

La presenza di idrocarburi in tutti i campioni analizzati nell'estate 2016 con livelli di concentrazione bassi ed omogenei è riconducibile all'impiego di un diverso metodo analitico e non ascrivibile alla presenza del terminale.

Per quanto riguarda i tensioattivi anionici, come già rilevato in precedenza, i dati suggeriscono che questi contaminanti esibiscono le concentrazioni più elevate durante le stagioni invernali indipendentemente dalla stazione e dal livello considerato. I valori assoluti sono diffusamente bassi. Il picco registrato in A14 MG12 (livello superficiale), osservato anche per i tensioattivi non ionici, rimane un caso isolato e pertanto insufficiente per identificare uno stato di alterazione dell'area.

7.1.2 Saggi eco tossicologici su campioni di acqua

I risultati ottenuti con i saggi biologici sulla colonna d'acqua effettuati nell'estate 2016 hanno evidenziato livelli di tossicità bassa in diverse stazioni di campionamento limitatamente alle prove relative allo sviluppo embrionale di *P. lividus* ed all'inibizione della crescita algale di *P. tricornutum*. In tutte le stazioni in prossimità del terminale E16 MG6, E16 MG7, E16 MG12 e E16 MG13 è stata rilevata, al livello 0,5 m, la presenza di tossicità cronica bassa in entrambi i saggi. Nelle stazioni E16 MG12 e E16 MG7 la tossicità cronica bassa viene osservata alla profondità di 12,5 m e nelle stazioni più distanti E16 MG3 e E16 MG9 alla profondità di 50 m. Alla distanza di 2000 m dal terminale (MG10) è stata rilevata la presenza di tossicità bassa a 12,5 m e a 0,5 m, rispettivamente dal test con *P. tricornutum* e *P. lividus*.

Rispetto all'inverno 2016 e alle campagne del 2015 si evidenzia un aumento del numero delle stazioni e dei livelli della colonna d'acqua con tossicità cronica bassa per *P. lividus* e *P. tricornutum*; nell'estate 2014 la tossicità bassa era emersa solo con il saggio di embriotossicità con *P. lividus*. Sebbene sia osservabile un trend di aumento della tossicità nel tempo (sempre a livelli bassi) limitatamente ai saggi di tipo cronico, tale aspetto è difficilmente correlabile ad un effetto del terminale.

7.1.3 Plancton

7.1.3.1 Fitoplancton

Analisi quantitativa e qualitativa del fitoplancton da bottiglia

La variazione stagionale delle densità fitoplanctoniche medie (media di tutte le profondità di MG6, MG7, MG10, MG12, MG13 nelle 4 campagne del terzo anno di attività) presenta i valori più alti (Tabella 77) in A15, I16, P16, cioè tra l'autunno e la primavera, confermando l'andamento annuale dei primi due anni di campionamento, seppure con alcune differenze (Figura 107). Si conferma cioè il ciclo stagionale prevedibile per le acque dei nostri mari con il periodo di maggiore accrescimento fitoplanctonico dall'autunno alla primavera e i minimi tardo-primaverili/estivi.

Nel ciclo del terzo anno (A15, I16, P16, E16) le densità fitoplanctoniche si mantengono sui livelli presenti nell'anno precedente, quindi con un calo rispetto al primo anno (Figura 107) che comunque non cambia l'ordine di grandezza dei massimi, come visibile in Tabella 77. Anche la composizione tassonomica mantiene mediamente le caratteristiche attese, con la prevalenza generale della componente "Altro" (Tabella 77) tranne che in A13, A15, I16, quando prevale la classe delle diatomee (Figura 107).

I dinoflagellati presentano la fase di aumento in primavera-estate (P14-E14, P15-E15, P16-E16); i coccolitofori contribuiscono soprattutto ai massimi invernali, pur presentando una maggiore variabilità. Il confronto tra Bianco e le successive campagne estive, E14, E15, E16, come anche per gli altri periodi (Tabella 77), presenta differenze sia nelle abbondanze che nella composizione tassonomica che al momento appaiono in relazione alla variabilità stagionale interannuale.

Campagna	Densità totale (cell/ml)			Composizione tassonomica relativa media			
	media \pm d.s.	max	min	Diato	Dino	Cocco	Altro
Bianco	30,7+9,0	52,1	18,1	8,20%	22,43%	23,09%	46,28%
E14	49,0+11,9	70,4	30,2	8,38%	27,74%	19,40%	44,48%
E15	34,3+9,1	47,7	19,9	6,47%	30,06%	22,37%	41,10%
E16	36,7+11,7	60,1	17,5	6,2%	35,8%	17,3%	40,6%
A13	80,0+28,9	158,4	37,1	40,03%	9,04%	16,94%	33,99%
A14	39,3+8,7	53,7	20,6	9,47%	22,58%	19,88%	48,08%
A15	60,9+28,8	113,3	16,8	32,5%	13,1%	24,3%	30,1%
I14	125,0+36,9	224,2	68,6	20,57%	4,35%	23,13%	51,95%
I15	75,0+10,8	102,2	59,3	16,59%	5,39%	24,24%	53,78%
I16	56,0+11,7	74,1	30,7	48,1%	2,8%	13,2%	35,8%
P14	64,2+15,9	102,5	47,3	7,34%	26,70%	16,66%	49,30%
P15	34,6+16,5	67,7	8,4	4,66%	35,95%	2,91%	56,48%
P16	65,5+23,8	120,0	28,8	7,5%	16,4%	8,8%	67,3%

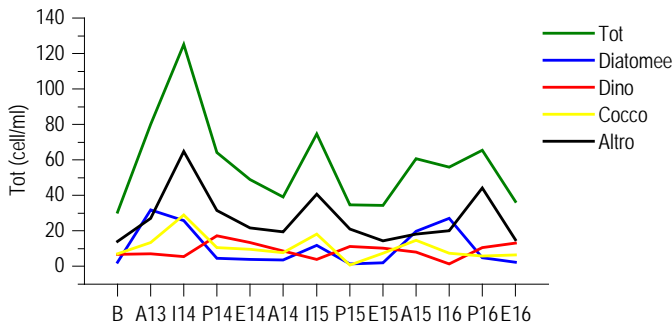


Figura 107 - Variazione stagionale delle densità cellulari medie totali per campagna e dei diversi gruppi fitoplanctonici.

Una considerazione simile può essere fatta osservando la composizione media per campagna (Figura 108) dove è mostrato il contributo dettagliato dei gruppi che compongono la categoria "Altro". Nel terzo anno si ha la dominanza delle diatomee in A15 e I16, diversamente che in I14 e I15, a scapito particolarmente di Cryptophyceae e Coccolitofori mentre in P16 si registra un minor contributo di dinoflagellati rispetto a P15 e P14, per un aumento di Prymnesiophyceae non Coccolitofori particolarmente alle maggiori profondità. Le comunità appaiono comunque notevolmente differenziate presentando nella distribuzione pluriennale non tanto una differenziazione nella composizione assoluta quanto una variazione nei contributi reciproci dei diversi gruppi. Anche la variazione del numero di taxa medio per campagna nelle diverse stazioni (Figura 109), con i massimi generalmente in autunno (soprattutto A13), segue un andamento comune con una notevole ricchezza specifica.

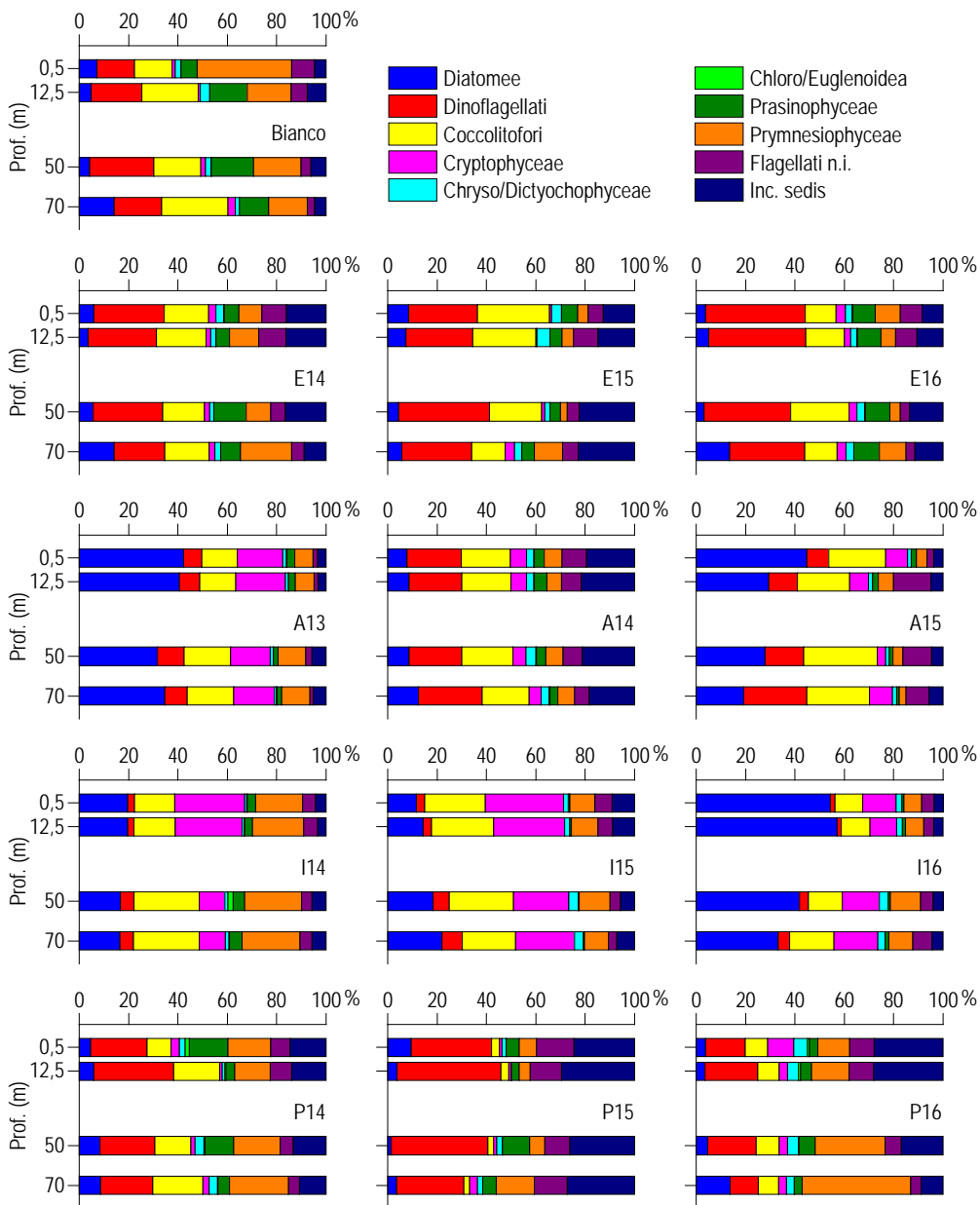


Figura 108 – Abbondanza relativa (media per profondità per campagna) delle classi fitoplanctoniche indicate in legenda nelle diverse campagne.

Per una comparazione generale delle campagne effettuate nei tre anni in base alla composizione tassonomica del fitoplancton, è stato elaborato il dendrogramma di **Figura 110** utilizzando le densità fitoplanctoniche (per ogni taxa) mediate tra 0 e 12,5 m e tra 50 e 70 m. Ad un primo livello di distanza si separano due cluster principali. Un cluster raggruppa I14, I15, I16, A13, A15, l'altro raggruppa Bianco, E14, E15, E16, P14, P15, P16, A14. Si vede quindi che la variazione stagionale rappresenta il fattore principale di associazione senza evidenziare differenze tra le stazioni in base alla loro localizzazione (distanza dal terminale): i cluster che si formano ai livelli minimi di distanza (**Figura 109**) raggruppano infatti quasi sempre le stazioni di una stessa campagna, con alcune differenze, come già notato per A14 nel confronto del secondo anno, che ci appaiono imputabili alla variabilità interannuale.

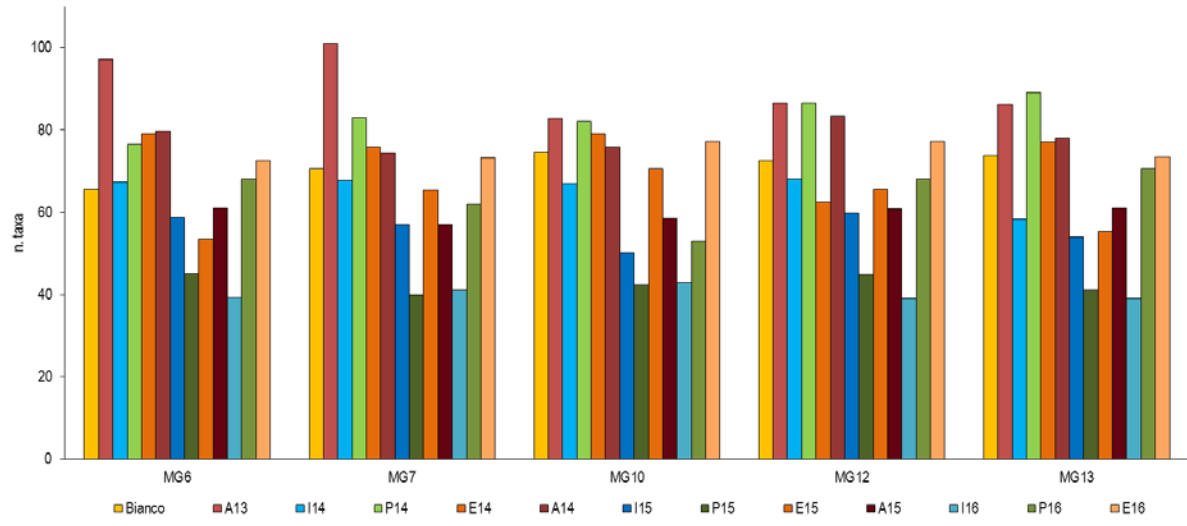


Figura 109 - Numero di taxa medio (media 0-70m) per stazione per ogni campagna nei tre anni.

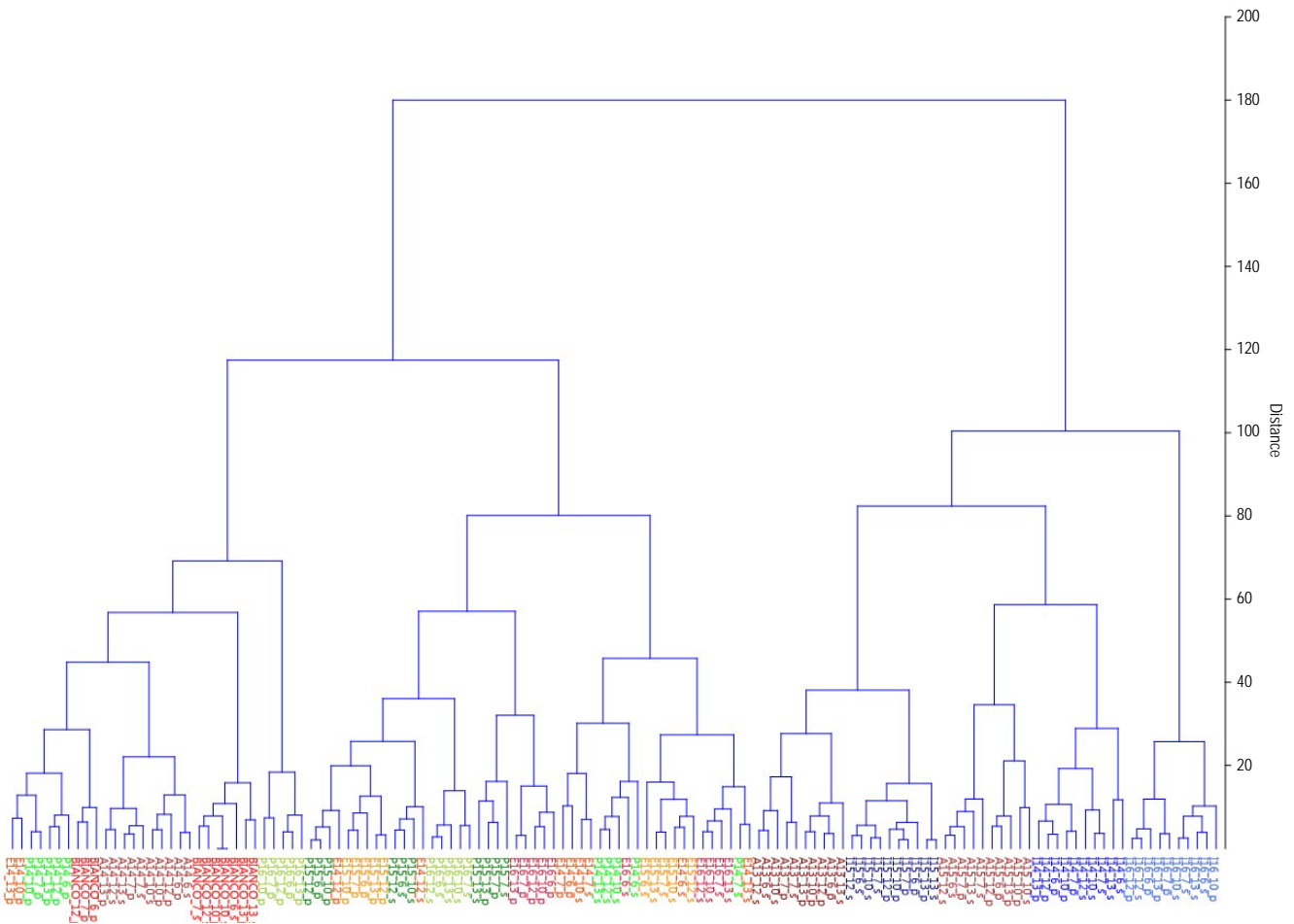


Figura 110 - Classificazione gerarchica (N=130) in base alle densità fitoplanctoniche medie 0-12,5m (s) e 50-70m (p) dei 93 taxa più abbondanti e frequenti (96% delle abbondanza totale). I campioni sono rappresentati da sigle e colori corrispondenti a: campagna (B-rosso, E14, E15, E16: rosso-

arancione; A13, A14, A15: marrone; I14, I15, I16: blu scuro-blu chiaro; P14, P15, P16: verde scuro-verde chiaro), numero stazione (6=MG6, 7=MG7, 10=MG10, 12=MG12, 13=MG13). Metodo Ward, distanza euclidea (software Past).

Per valutare con maggiore dettaglio i taxa che prevalentemente differenziano le comunità è stata utilizzata la routine SIMPER per confrontare il popolamento nel tempo a parità di stagione. In generale si confermano i taxa individuati nel confronto tra i due anni precedenti, taxa che sono sostanzialmente sempre presenti, ma con contributi variabili. Per le comunità estive e primaverili sono stati individuati *Phaeocystis* sp., *Telonema* sp., *Leucocryptos marina*, con la differenza della maggior presenza in P14 e P16 delle forme coloniali di *Phaeocystis* sp., particolarmente alle maggiori profondità. La stessa situazione è descrivibile per le comunità autunnali caratterizzate da Cryptophyceae spp., *Cylindrotheca closterium* e *Chaetoceros curvisetus* che in particolare differenzia A15 e A13 da A14. Anche per le campagne invernali i taxa sono quelli precedentemente individuati (*Emiliana huxleyi*, Cryptophyceae spp., *Cylindrotheca closterium*, *Plagiotropis* sp.) con l'aggiunta di una diatomea, assimilabile alla *Pseudonitzschia* cf. *galaxiae* nel suo morfotipo piccolo presente in I16 e non presente negli inverni precedenti (I14, I15).

Dal confronto delle densità fitoplanctoniche tra le stazioni più vicine al terminale (MG6, MG7, MG12, MG13) e la stazione più lontana (MG10) (Figura 111) è visibile la ripetizione del ciclo stagionale nei tre anni di campionamento sia nelle stazioni più vicine che in quella più lontana senza variazioni macroscopiche in quanto la diminuzione dei massimi autunno-invernali è una caratteristica generale. Una differenza nel ciclo annuale, come visibile anche nella Figura 107, è data dall'anticipo del massimo superficiale nel terzo anno in A15 (Figura 111a) e da un aumento in P16 (Figura 107) che è in realtà attribuibile solo alle profondità di 50 e 70 m (Figura 111b) per la presenza già citata della forma coloniale di *Phaeocystis* sp..

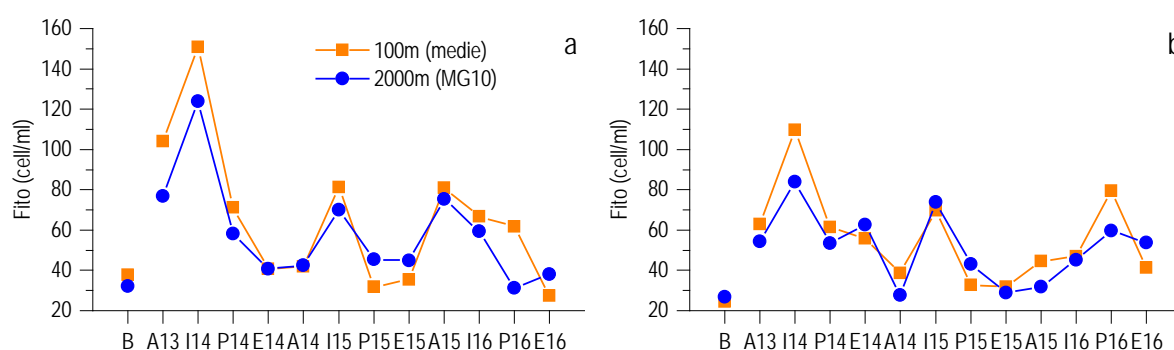


Figura 111 - Variazione stagionale delle densità cellulari totali medie delle stazioni a 100m dal terminale (MG6, MG7, MG12, MG13) e a 2000 m (MG10) nei due anni di campionamento; a) media tra 0 e 12,5 m; b) media tra 50 e 70 m.

Analisi qualitativa del fitoplancton da retino

Attraverso l'analisi qualitativa del microfitoplancton raccolto con retino nelle stazioni MG6, MG7, MG10, MG12 e MG13 durante la campagna di Bianco (B) e i tre anni successivi, sono stati identificati in totale 525 taxa (Tabella 78). Il valore minimo si riscontra in P16 con 110 taxa, mentre il massimo si ha in A14 con 211 taxa. Nel primo anno di campionamento il numero più elevato di taxa si è registrato nel periodo primaverile-estivo (P14-E14), mentre nel secondo anno di campionamento durante il periodo autunnale (A14) (Tabella 78), nel terzo anno il numero massimo di taxa è stato registrato in autunno (A15) ed in secondo luogo in estate (E16).

Considerando la distribuzione dei taxa tra i diversi gruppi tassonomici, osserviamo (Tabella 78) che il numero più elevato di taxa appartiene alla classe dei dinoflagellati (248), seguito da diatomee (197) e coccolitofori (56). Le diatomee sono risultate la classe più rappresentata rispetto agli altri gruppi esclusivamente in I16 (65) ed A13 (59 taxa). Nell'arco dei tre anni il numero di taxa appartenenti a questa classe varia da 30 (E16) a 76 (A14).

Tabella 78 - Numero di taxa appartenenti ai diversi gruppi fitoplanctonici per ciascun campionamento

Gruppi tassonomici	Generale	B	A13	I14	P14	E14	A14	I15	P15	E15	A15	I16	P16	E16
Diatomee	197	48	59	60	63	55	76	55	44	54	71	65	44	30
Dino	248	64	42	81	104	107	101	65	73	73	81	42	47	116
Cocco	56	9	17	21	27	24	26	16	17	13	21	8	13	28
Chryso/Dictyocho	7	3	2	3	1	2	5	5	3	2	4	3	3	3
Eugleno/Chloro/Prasino	12	1	0	2	5	2	1	0	3	1	3	2	3	1
Prymnesio non cocco	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0
Altro	4	0	1	1	0	2	2	0	0	0	1	2	0	1
Totale	525	125	121	169	201	193	211	142	141	143	181	122	110	179

Il numero totale di taxa osservati nell'arco dei tre anni di campionamento per ciascuna stazione è compreso tra un minimo di 337 in MG6 ed un massimo di 354 in MG10. Se si considera il numero di taxa osservati nelle singole stagioni si osserva un andamento generale, con

un'elevata diversità microalgale nei periodi A14, P14, E14, A15 e E16, ed una diversità omogeneamente più bassa nel resto delle stagioni. Per quanto riguarda il numero di taxa nelle singole stazioni, nessun sito si distingue in modo univoco dagli altri (Tabella 79).

Campagna	MG6	MG7	MG10	MG12	MG13
Bianco	71	68	81	60	71
A13	69	78	79	77	46
I14	80	88	92	85	81
P14	128	112	114	122	111
E14	113	79	121	107	82
A14	121	131	119	118	121
I15	65	76	60	85	87
P15	88	72	76	79	74
E15	68	85	80	85	95
A15	103	96	121	85	88
I16	41	58	85	46	53
P16	52	48	53	57	53
E16	104	73	110	84	79
Totale	337	340	354	346	342

Nella Tabella 80 è riportato il numero di taxa osservati in tutte le 13 campagne (Bianco e da A13 a E16) in base alla loro frequenza (frequenza massima $f=13$, frequenza minima $f=1$): la maggior parte dei taxa è stata rilevata solo in 1 o poche campagne (da 2 a 5, $f=1-5$), mentre il numero di taxa comune a tutti e 13 i campionamenti è molto basso. I dinoflagellati sono la classe con il numero maggiore di taxa comune alle tredici campagne, con 8 taxa con $f=13$. È evidente quindi che la presenza della maggior parte dei taxa è fortemente dipendente dalla stagione di campionamento e che è presente un numero elevato di specie rare che mostrano una notevole diversità.

	f=1	f=2	f=3	f=4	f=5	f=6	f=7	f=8	f=9	f=10	f=11	f=12	f=13	totale
Diatomee	74	30	22	15	8	11	7	3	9	6	4	5	3	197
Dino	90	37	18	15	23	10	12	5	9	7	7	7	8	248
Cocco	19	8	5	1	4	6	2	1	1	3	4	2	0	56
Altro	9	4	3	3	1	0	2	1	0	0	0	0	1	24
Totale	192	79	48	34	36	27	23	10	19	16	15	14	12	525

Se si confronta infine il numero di taxa osservati nelle campagne estive (Bianco, E14, E15 ed E16) vediamo che tale numero varia tra un minimo di 125 taxa nel Bianco ed un valore massimo di 193 taxa in E14 (Tabella 78).

Dalla ripartizione dei taxa nei diversi gruppi tassonomici (Figura 112), si evince che i dinoflagellati sono sempre la classe numericamente dominante, come da attendersi data la stagione, in particolar modo in E16 ed E14 (E16 con 116, E14 con 107), seguiti da diatomee e coccolitofori.

Il numero di taxa appartenenti alla classe delle diatomee in E16 risulta inferiore rispetto a quello delle altre tre estati, dove la quantità di taxa è più simile. Per la classe dei coccolitofori il numero maggiore di taxa, invece, si ha in E16 (28) ed in secondo luogo in E14 (24), mentre il numero più basso si riscontra nel Bianco. I taxa appartenenti alle altre classi fitoplanctoniche sono in numero irrilevante o assente. Si osserva quindi una elevata ricchezza tassonomica comune a tutte le stazioni campionate con differenze in numerosità e composizione attribuibili alle dominanze stagionali delle diverse classi.

7.1.3.2 Zooplancton

Oloplancton

La frazione oloplanctonica dello zooplancton è dominata dai crostacei copepodi in termini di biomassa e abbondanza qualitativa per tutto il periodo di indagine.

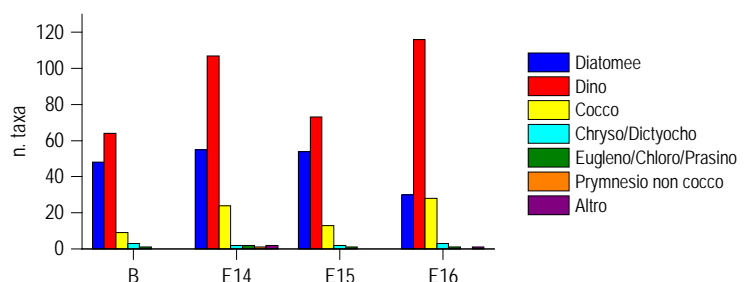


Figura 112 - Numero di taxa totali (totale dei 5 campionamenti con retino) per campagna estiva delle diverse classi o altri raggruppamenti fitoplanctonici.

I copepodi oloplanctonici rappresentano oltre il 50% della comunità zooplanctonica di piattaforma continentale investigata, confermandosi tra i principali indicatori dello stato di conservazione della colonna d'acqua.

Complessivamente lo studio ha permesso di identificare 163 taxa pari al 70% della biodiversità a copepodi planctonici segnalata in tutti i settori biogeografici dei mari italiani. Il dato assume una duplice valenza dal punto di vista scientifico:

- 1) il numero di taxa identificati nei tre anni è costante, dimostrando come lo *species pool* caratterizzante l'area non abbia subito variazioni (se non quelle attese e di natura ecologica) durante il periodo investigato. In particolar modo rimane invariato il numero delle famiglie e delle specie più abbondanti ad ampia distribuzione e che maggiormente concorrono a descrivere la comunità in esame.
- 2) il triennio di monitoraggio appena concluso contribuisce in maniera determinante all'approfondimento delle conoscenze su diffusione, variabilità stagionale e interannuale, distribuzione verticale, ruolo ecologico e trofico di un altissimo numero di specie di copepodi dei mari italiani, rappresentando una serie storica di assoluta valenza scientifica.

In **Figura 113** è riportato il numero di taxa identificati nei tre anni di monitoraggio e nella fase di Bianco (B). Complessivamente i valori oscillano da un massimo di 101 taxa (I14) a un minimo di 83 (A13), con valori intermedi osservati nel terzo anno di indagine (max = 98 in A15; min = 89 in P16). Dieci specie sono state identificate per la prima volta durante l'ultimo anno: *Haloptilus mucronatus* (A15, P16, I16, E16), *Haloptilus validus* (I16), *Ctenocalanus vanus* (P16, E16), *Lucicutia gemina* (A15), *Parapontella brevicornis* (I16), *Scolecithricella ovata* (E16), *Farranula* sp (E16), *Copilia vitrea* (E16), *Sapphirina intestinata* (E16) e *Vettopia granulosa* (A15). Fra queste meritano menzione la specie mesopelagica *H. mucronatus*, campionata tutto l'anno anche se con valori di abbondanza molto bassi; l'epiplanctonico *C. vanus*, ampiamente distribuito nei mari italiani ma mai campionato in prossimità del rigassificatore prima della primavera 2016 e *Farranula* sp. Durante l'estate 2016 la specie è stata segnalata lungo tutto il gradiente verticale di una congenerica della comune *Farranula rostrata*. Al momento i tratti morfologici non consentono di ricondurla ad alcuna specie precedentemente identificata negli oceani. Rimane, pertanto, incerta la sua determinazione a livello specifico. Analizzando la distribuzione verticale della biodiversità (**Figura 114**) nel corso del terzo anno di monitoraggio, si evidenzia che in autunno e in inverno, ossia quando lo strato superficiale registra le temperature più basse,) i taxa sono distribuiti in maniera più omogenea lungo la colonna d'acqua, con valori massimi in superficie. La distribuzione dei taxa, meno omogenea e direttamente proporzionale alla profondità, caratterizza invece le stagioni più calde, con decrementi superiori al 30% nelle peschate orizzontali 0 – 5 m. Tali variazioni sono ascrivibili alle diverse condizioni di omeotermia (periodo freddo) ed eterotermia (periodo caldo) della colonna d'acqua, che determinano la presenza di vere e proprie barriere chimico-fisiche in opposizione alla migrazione verticale di alcune specie di copepodi.

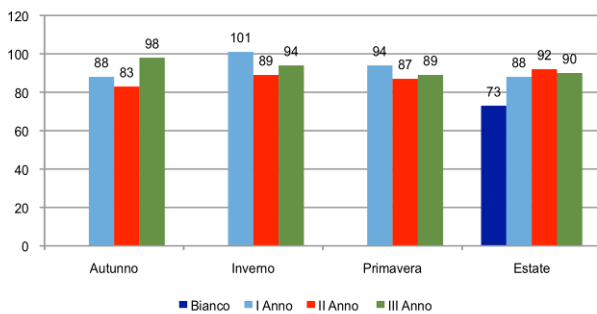


Figura 113 – Copepodi: confronto taxa (n) totali nel Bianco e nei tre anni di survey.

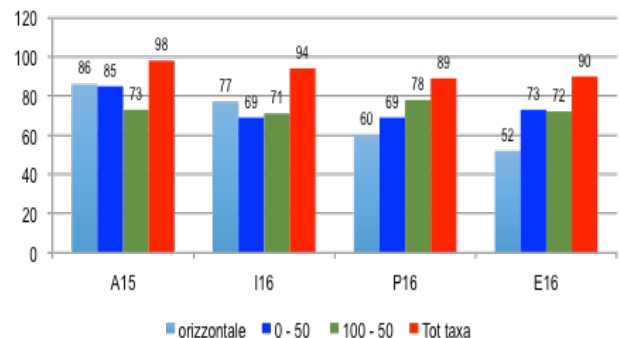


Figura 114 – Copepodi: confronto taxa totali (n) nel periodo A15-E16 e distribuzione verticale.

Osservando in **Figura 115** l'andamento quantitativo (individui per m⁻³) della comunità zooplanctonica lungo il gradiente verticale si evince che in tutte le stagioni la maggiore concentrazione di individui si verifica nella porzione 0 – 50 m della colonna. Notevole è la variabilità quantitativa interannuale, con valori di abbondanza invernali fino a 5 volte superiori rispetto a quelli dell'autunno. L'abbondanza di copepodi decresce con la profondità, soprattutto durante le stagioni autunnali e invernali. Dai retinaggi orizzontali, ottenuti filtrando i primi metri della colonna d'acqua, si ottengono bassi valori di abbondanza durante tutto il terzo anno di monitoraggio (A15-E16). Confrontando i dati ottenuti con gli anni precedenti si osserva una buona sovrapposizione del gradiente di distribuzione verticale, evidenziando apprezzabili variazioni solo nella stagione estiva. Nei due anni precedenti (E13 ed E14), i copepodi erano maggiormente concentrati sotto 50 m di profondità. I dati acquisiti sono in accordo con quelli bibliografici riguardanti il Mar Mediterraneo occidentale secondo i quali la popolazione planctonica sarebbe principalmente concentrata durante il giorno nello strato 70 – 90 m, migrando poi verso la porzione più superficiale durante la notte (25 – 50 m). Caratterizzano la porzione più profonda della colonna d'acqua diversi generi raccolti durante i monitoraggi (*Aetideus*, *Euchirella*, *Haloptilus*, *Euchaeta*, *Heterorhabdus*, *Lucicutia*, *Pleuromamma*, *Scolecithricella* e *Scaphocalanus*) sempre con abbondanze contenute o individui singoli (*singleton*). L'analisi della distribuzione stagionale media lungo la colonna d'acqua delle 6 famiglie che maggiormente concorrono alla caratterizzazione dell'area di studio, viene illustrata in **Figura 116**.

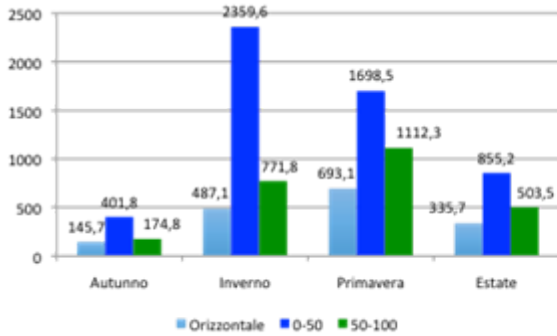


Figura 115 – Abbondanza ind/m³ della comunità a Copepodi in ciascuna delle profondità investigate nel III anno.

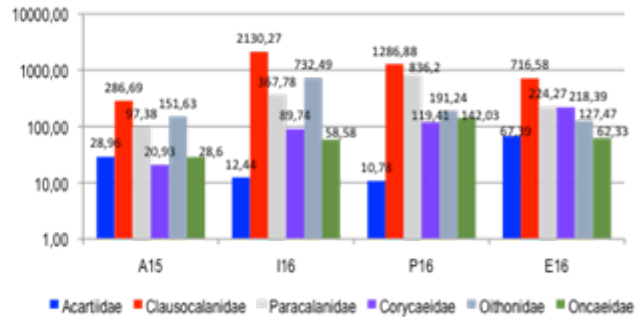


Figura 116 – Abbondanza ind/m³ delle principali famiglie di Copepodi in ciascuna stagione del terzo anno di monitoraggio.

I Clausocalanidae sono la famiglia maggiormente rappresentata durante tutto il periodo di indagine. Essa assomma dal 40% al 59% del totale dell'intera comunità di piattaforma continentale investigata. Appartengono al genere *Clausocalanus* 8 delle 9 specie di clausocalanidi identificate, caratterizzate da picchi di abbondanza stagionali differenti da specie a specie e confermati nel corso dei tre anni di studio. Maggiormente rappresentati sono *taxa* di piccole dimensioni (≤ 1 mm) come le specie *Clausocalanus paululus* e *Clausocalanus pergens*. *C. paululus* ha il massimo picco riproduttivo durante il periodo invernale in tutti e tre gli anni di *survey*, con abbondanze più contenute durante le altre stagioni. *C. pergens* è invece scarsamente rappresentato in autunno e inverno, mentre mostra picchi di abbondanze in primavera/estate. L'alternanza stagionale asincrona di picchi riproduttivi differenti in specie congeneriche permette alle più abbondanti di ridurre la competizione interspecifica, così come si osserva in ecosistemi ben strutturati di altri comparti ecologici. Questo, al momento, è un indice di buona naturalità dell'area oggetto di studio.

In Figura 117 è illustrata la variabilità stagionale delle 4 specie dominanti (con esclusione dei Clausocalanidae), nel corso dei tre anni di monitoraggio.

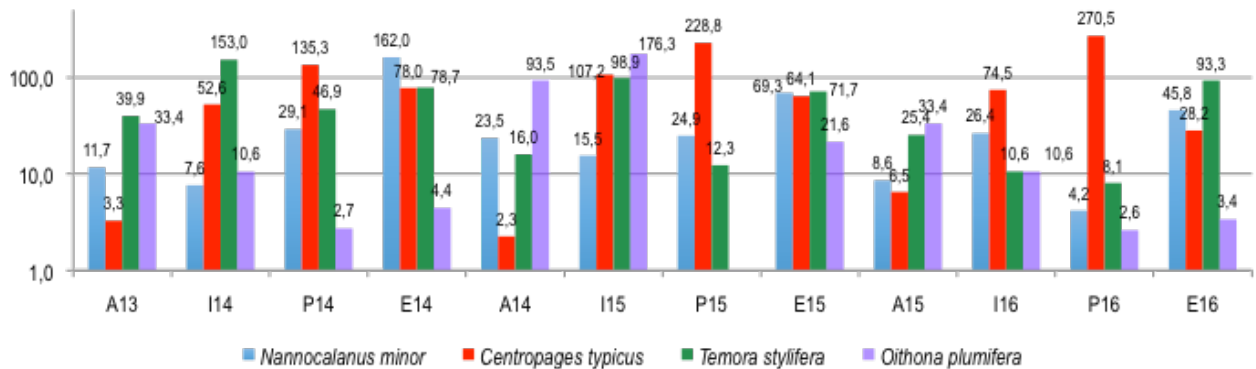


Figura 117 - Andamento stagionale ind/m³ delle specie dominanti nei tre anni di indagine.

Il Calanidae *Nannocalanus minor* conferma massimi valori di abbondanza durante il periodo di maggiore stratificazione della colonna d'acqua, anche se con numero di individui per m³ inferiori agli anni precedenti. La specie si distribuisce principalmente nella fascia compresa tra 50 e 100 m di profondità, con valori inferiori nello strato più superficiale. Il Clausocalanidae *Centropages typicus* è costantemente più abbondante durante la stagione primaverile, raggiungendo nell'Anno III picchi più alti con 373,4 ind./m³ nello strato 0-50 m. Il Temoridae *Temora stylifera* mostra invece un andamento temporale non esattamente sovrapponibile con quanto segnalato in letteratura per le acque neritiche italiane dove raggiunge valori di abbondanza più alti in tarda estate/inizio autunno. La variabilità stagionale della specie nell'area di studio sembra essere bimodale, con la presenza di un secondo picco riproduttivo invernale e valori inferiori in autunno e soprattutto primavera. Nel terzo anno di monitoraggio è stato invece osservato esclusivamente il picco riproduttivo estivo come ampiamente sostenuto in letteratura.

Centropages typicus e *Temora stylifera*, specie dominanti e caratteristiche di tutte le acque costiere del Mar Mediterraneo Occidentale, sono fra le specie di copepodi planctonici maggiormente studiate e per tale motivo fondamentali per individuare potenziali cambiamenti delle popolazioni planctoniche nei nostri mari.

L'Oithonidae *Oithona plumifera* durante i tre anni di studio è più abbondante durante il periodo autunno/invernale, con valori di ind/m³ molto bassi durante il periodo primaverile/estivo. In particolare, l'abbondanza stagionale della specie durante l'anno III di monitoraggio è sovrapponibile con quanto registrato dall'analisi nell'anno I.

Costantemente monitorata nell'area di studio la presenza del Miraciidae *Distiocolus minor*, specie segnalata per la prima volta nei mari italiani durante la fase di Bianco (B). L'arpacticoida *D. minor* registra un aumento durante il terzo anno di studio, con valori più alti in E16 lungo tutta la colonna d'acqua.

In Figura 118 è riportato il piano di ordinamento ottenuto dall'analisi multivariata tramite non-metric MultiDimensional Scaling.

I punti di campionamento sono distribuiti e raggruppati nel piano in accordo alla variabile stagionale.

Il grafico raggruppa nella sua porzione superiore i campioni delle stagioni primaverile ed estiva e nella porzione inferiore i campioni provenienti dai mesi più freddi. La separazione del campione rappresentato dal Bianco (B) può essere ricondotta a una naturale variazione interannuale e non al diretto effetto del terminale sul popolamento oloplanctonico a copepodi. Il dato è dimostrato dalle successive campagne, nelle quali non è mai emersa alcuna differenza significativa nel test statistico (ANOVA two-way crossed) di confronto tra la stazione di controllo MG10 e le altre stazioni intorno all'FSRU nelle differenti stagioni.

Durante il periodo estivo i campioni registrano il maggiore livello di similarità, riconducibile proprio alla condizione della colonna d'acqua, caratterizzata da marcata eterotermia. Complessivamente, l'elevato grado di similarità evidenziato all'interno della medesima stagione nei tre anni di campionamento suggerisce che, al momento, la comunità a copepodi è ben strutturata e non interessata da alterazioni riconducibili a stress antropici.

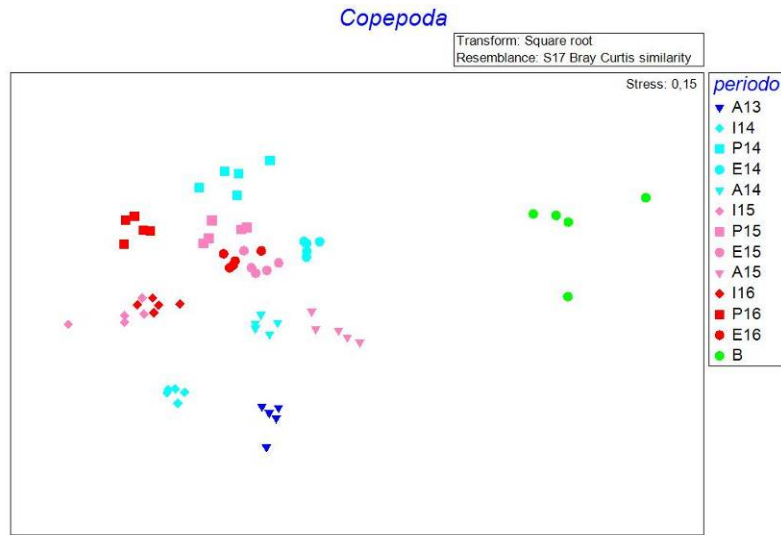


Figura 118 – Piano di ordinamento ottenuto dal n-MDS applicato ai dati di abbondanza della comunità a Copepodi investigata durante i tre anni di monitoraggio (A13-E16) e il Bianco (B)

L'analisi del volume sedimentato (Figura 119; biomassa umida) relativo alla componente oloplanctonica campionata con retino con vuoto di maglia di 200 µm evidenzia valori confrontabili con quanto osservato nei precedenti anni in almeno tre delle quattro stagioni analizzate. Durante l'inverno è invece significativa la riduzione complessiva del volume di sedimento del comparto oloplanctonico. Il dato, osservate le temperature lungo la colonna d'acqua in linea con quelle del 2014 e 2015, potrebbe essere esclusivamente imputabile alle fisiologiche variazioni interannuali caratteristiche dello zooplancton, ampiamente descritte in letteratura. In particolar modo è stata osservata una notevole riduzione dei crostacei misidacei ed eufausiacei, componenti principali del krill di dimensioni centimetriche in grado di formare sciami con elevatissima biomassa. Come precedentemente descritto, rimane invece costante il picco invernale della componente a copepodi. Per quanto concerne la distribuzione della biomassa raccolta tra 0 e 100 m di profondità i valori sono illustrati in Figura 120.

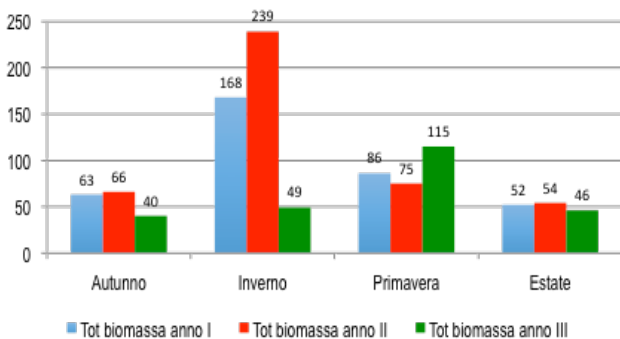


Figura 119 - Biomassa oloplanctonica (ml): confronto I (A13-E14), II (A14-E15) e III (A15-E16) anno.

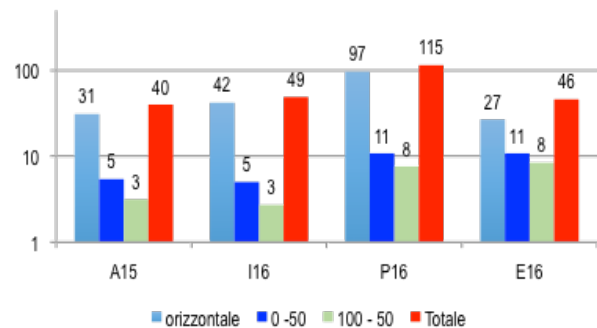


Figura 120 - Biomassa oloplanctonica (ml): confronto stagionale III anno (A15-E16).

Meroplancton

I *taxa* identificati nei tre anni di monitoraggio e nella fase di Bianco (B) sono riportati in **Figura 121**. Complessivamente il numero totale dei *taxa* può essere considerato omogeneo, con variazioni che oscillano da valori minimi di 103 nell'anno I e massimi nell'anno II con 115. Intermedio l'anno III con 109 *taxa*. La variazione può essere generalmente attribuibile al differente numero di specie di decapodi che sono stati osservati esclusivamente nei campioni *in toto*. E' possibile sostenere, sulla base dei risultati, che lo sforzo di campionamento abbia consentito ad oggi di raggiungere uno *stock* specifico (*species pool*) che descrive con buona approssimazione il contingente meroplanctonico presente nell'area. Ciò è dimostrato dai risultati del III anno (A15-E16) che hanno una sovrapposizione di specie con gli anni precedenti del 79,8%. Le differenze che emergono nelle *checklist* specifiche sono quindi imputabili a fenomeni puntuali (stagionali), soprattutto correlate alle variazioni di temperatura che condizionano fortemente i cicli riproduttivi delle specie zooplanctoniche. Questa serie storica, unica per quantità d'informazioni, comprende complessivamente 187 *taxa* meroplanctonici. Nel III anno di monitoraggio (A15-E16) il maggior numero di *taxa* (72) è stato registrato in E16 (**Figura 122**), a seguire P16 con 51, I16 (50) e A15 (35). Il risultato era in parte già emerso nell'anno II, definendo quindi la stagione estiva cruciale per la presenza e lo sviluppo di numerosi *taxa*, in particolare di decapodi. L'aumento della temperatura media dell'acqua, congiuntamente all'aumento del fotoperiodo, favoriscono infatti la disponibilità trofica ossia di fitoplancton e conseguente aumento delle specie erbivore. Ciò è maggiormente evidente negli strati più superficiali della colonna dove si concentra il maggior contingente meroplanctonico dello zooplancton.

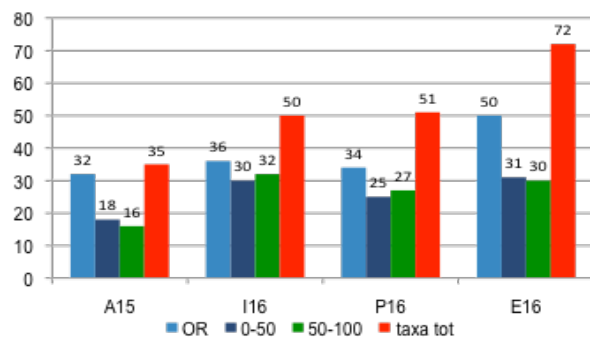
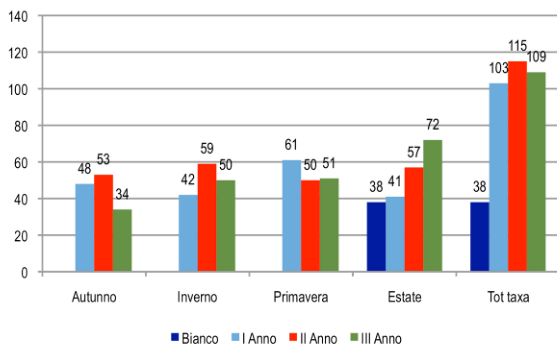


Figura 121 - Numero totale (n) di *taxa* meroplanctonici nel Bianco e nei tre anni di survey in ciascuna stagione investigata. (include le specie osservate in toto).

Figura 122 – Terzo anno (da A15 a E16): distribuzione dei *taxa* meroplanctonici nei livelli investigati.

I risultati inoltre rilevano che negli ultimi due anni di monitoraggio (A14-E15; A15-E16) le stagioni estive e invernali hanno registrato il maggior numero di *taxa*. La spiegazione può essere, in parte, attribuita alla presenza/assenza di termoclini tipici della stagione più calda, quando il progressivo riscaldamento delle masse d'acqua superficiali determina la variazione di densità della colonna, impedendo ai popolamenti zooplanctonici di attraversare le porzioni più fredde e dense dell'acqua sottostante. In inverno, al contrario, le condizioni di omeotermia consentono una omogenea distribuzione delle larve lungo il profilo batimetrico, in accordo al numero di *taxa* presenti nelle tre stazioni a differente profondità. Ciò che rimane costante negli ultimi due anni di *survey* è la distribuzione spaziale (profondità); il meroplancton continua a concentrarsi preferenzialmente nelle fasce superficiali del corpo idrico a prescindere dalla stagione. Il numero di *taxa* rimane omogeneo nelle batimetriche comprese tra 100 e 50 m e tra 50 m e la superficie. Si apprezzano quindi maggiormente variazioni di natura qualitativa e temporale. Questa tendenza, strutturata negli ultimi due anni di indagine, non è del tutto in linea con il campione del primo anno di *survey*.

Le differenze emergenti sono ancora una volta imputabili alle variazioni di temperatura della colonna d'acqua. Rispetto infatti alle temperature medie degli ultimi due anni, quella dell'anno I (A13-E14) è stata più alta rispettivamente di 5° C e di 2° C gradi durante la campagna primaverile. Questo dato ha quindi influenzato i cicli riproduttivi favorendo la presenza di *taxa* (n = 61) che generalmente compaiono nel campione solo nella campagna estiva (**Figura 124**).

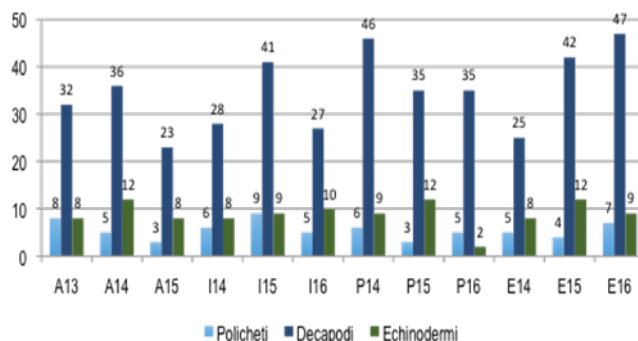
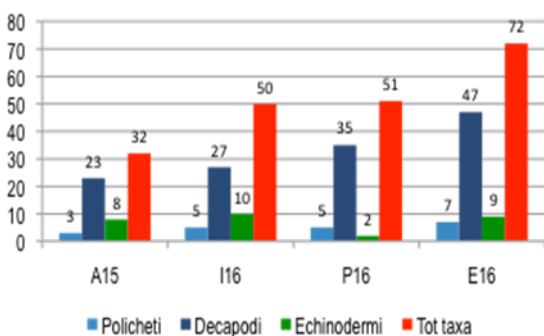


Figura 123 - Principali *taxa* meroplanctonici e loro numero (n) nel III anno di survey (A15-E16).

Figura 124 - Numero (n) dei principali *taxa* meroplanctonici nelle stagioni del I (A13-E14), II (A14-E15) e III (A15-E16) anno di survey.

Il gruppo largamente dominante dal punto di vista qualitativo nei tre anni di monitoraggio, è rappresentato dai crostacei decapodi. Nell'anno III (A15-E16) di monitoraggio assommano il 66% dei *taxa* del campione totale. Risultati analoghi sono stati registrati già nell'anno I (A13-E14) (66,1%) e nell'anno II (A14-E15) (64,4%) Il 69,4% dei crostacei decapodi identificati nell'anno III risulta già presente in almeno uno dei due anni di indagine precedenti.

Suddividendo il campione in ulteriori tre grandi gruppi (natanti, brachiuri e anomuri) è possibile evidenziare che le percentuali di abbondanza sul totale dei crostacei decapodi identificati sono sostanzialmente sovrapponibili a quelle dell'anno II: natanti e brachiuri (41,8%) e anomuri 12,1% (anno III) e 16,4% (anno II). Così come per il campione complessivo anche nel caso dei crostacei decapodi la distribuzione è preferenzialmente superficiale e concentra il maggior numero di *taxa* nel campione E16 (Figura 125). Il dato conferma quanto già evidenziato nell'anno II (Figura 126).

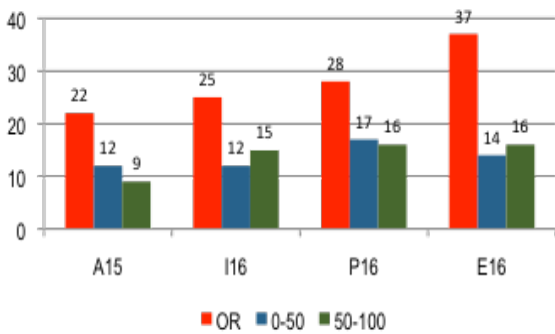


Figura 125 - III anno: distribuzione delle larve di Decapodi in ciascuna delle fasce batimetriche investigate.

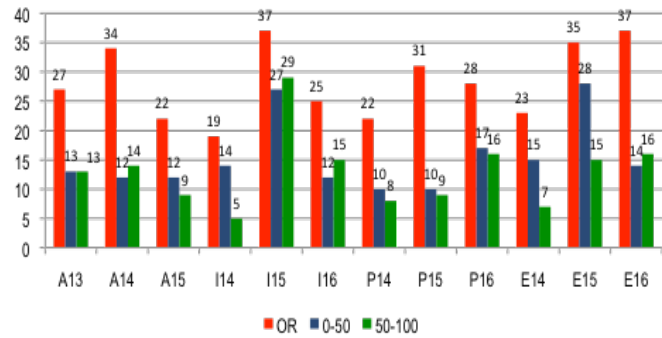


Figura 126 - Distribuzione batimetrica e numero (n) delle larve di Decapodi nel I, II e III anno di survey.

Tre specie di crostacei decapodi sono dominanti: i caridei *Alpheus glaber* (0,21 ind /m³ nell'anno I e prima specie dominante, 0,36 ind/m³ nell'anno II e 0,26 ind/m³ nell'anno III) e *Processa edulis edulis* (0,12 ind /m³ anno I, 0,65 ind /m³ anno II, 0,44 ind /m³ anno III) e il brachiuro *Pirimela denticulata* abbondante negli ultimi due anni di survey e prima specie dominante nell'anno III (0,27 ind /m³ anno II, 0,44 ind /m³ anno III).

Distribuzione inversa rispetto alle larve dei crostacei è manifestata dal secondo gruppo dominante del campione meroplanctonico, gli echinodermi. In tutti i campioni dei tre anni di monitoraggio presentano una diffusione preferenzialmente profonda, privilegiando la fascia compresa tra - 50 m e la superficie.

I valori di abbondanza in questo settore della colonna d'acqua sono omogenei in tutti e tre gli anni d'indagine con il numero d'individui per m³ pari a 28,2 (anno I), 24,55 (anno II) e 27,43 (anno III). La specie largamente prevalente è la larva dell'ofiuroido *Ophiotrix fragilis* quarto *taxa* più abbondante dell'intero comparto meroplanctonico dopo le efire di Cnidari, le larve indeterminate di gasteropodi e bivalvi, ma prima specie dominante con media di 2,14 ind/m³.

Nella Figura 127 è riportato il piano di ordinamento ottenuto dall'n-MDS applicato ai dati di abbondanza di meroplancton campionato tra la fase di Bianco (B) e l'estate 2016 (E16). Come per il comparto oloplanctonico, si osserva la sostanziale divisione tra i popolamenti campionati nelle stagioni primaverile-estiva (nella parte superiore della figura) e autunno-invernale (in basso). Tale separazione sottolinea che le associazioni meroplanctoniche sono condizionate prevalentemente dalla temperatura e quindi dall'alternanza delle stagioni, principale variabile responsabile della distribuzione zooplanctonica nell'area di studio.

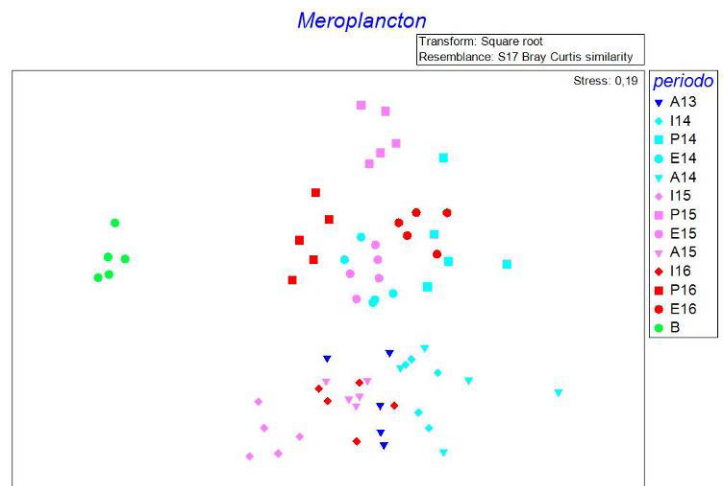


Figura 127 - Risultati dell'analisi n-MDS sui dati di meroplancton campionato nella fase di esercizio (da B a E16). La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Bray-Curtis.

L'ANOSIM conferma questa ipotesi, indicando una netta differenza tra campioni provenienti da stagioni diverse con valori di *global R* = 0,949 e significatività pari a *P* < 0,001.

Ittioplancton

Nella **Figura 128** è mostrato il numero di *taxa* identificato durante la fase di Bianco (B) e nei campioni del I, II e III anno. Così come già verificatosi nell'anno I, anche per l'anno III il maggior numero di *taxa* è stato campionato nella stagione primaverile. La distribuzione spaziale delle larve ittioplanctoniche è prevalentemente superficiale. Nell'anno III del *survey* i valori del numero di *taxa*, risultato dalle peschate orizzontali, sono sempre maggiori in tutte le stagioni fatto salvo che nell'E16 dove si registra la minore presenza di specie ittioplanctoniche (7 in totale e soltanto 4 nel campione superficiale). (**Figura 129**).

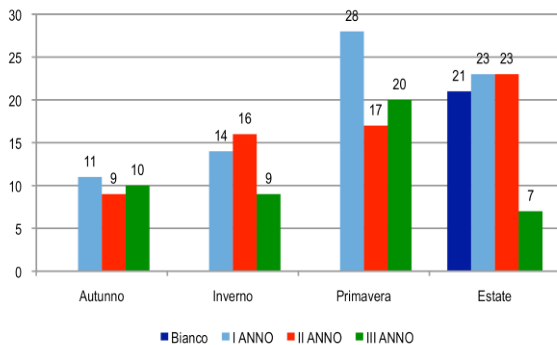


Figura 128 - Numero di *taxa* (n) ittioplanctonici nel Bianco e nei campioni del I (A13-E14), II (A14-E15) e III (A15-E16) anno di *survey*.

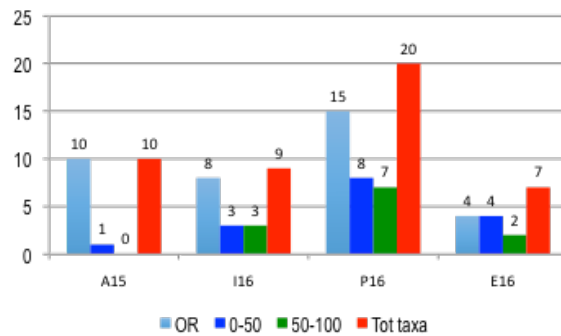


Figura 129 - Anno III (A15-E16): Distribuzione batimetrica e numero di *taxa* ittioplanctonici.

Come si evince dalla **Figura 130** questo risultato era stato largamente registrato anche durante il primo e il secondo anno di campionamento, mantenendo quindi sostanzialmente invariate le dinamiche di dispersione dell'ittioplancton nella colonna d'acqua tra la superficie e la fascia profonda a - 100 m.

Due le specie che influenzano maggiormente le variazioni quantitative dell'ittioplancton durante l'arco dell'anno: il Clupeidae *Sardina pilchardus* - sardina - (abbondanza media = 0,10 ind/m³) e l'Engraulidae *Engraulis encrasicolus* - acciuga - (0,43 ind/m³) come mostrato in **Figura 131**.

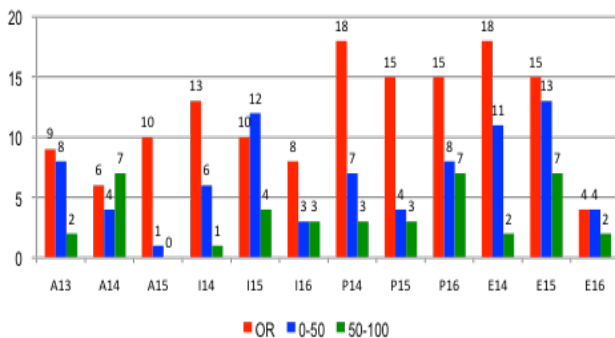


Figura 130 - Distribuzione batimetrica e numero (n) di *taxa* ittioplanctonici nel I, II e III anno di *survey*.

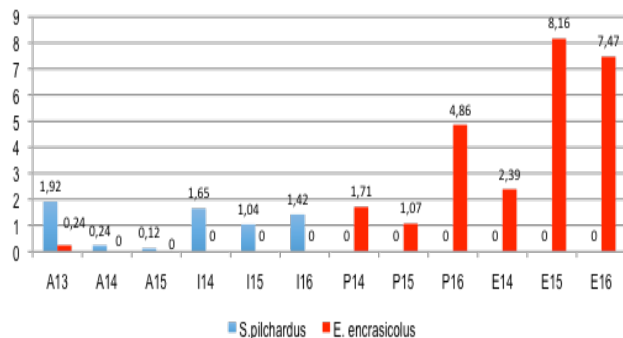


Figura 131 - Distribuzione delle due specie ittioplanctoniche più abbondanti nei tre anni di *survey*.

Come già largamente segnalato nei rapporti trimestrali e nel report finale del II anno, le due specie dominanti alternano la loro presenza nei campioni in funzione della variabile temporale-stagionale; d'inverno e autunno prevale *S. pilchardus*, durante la primavera e l'estate *E. encrasicolus* è la specie largamente dominante.

Tuttavia dopo tre anni di campionamento un'altra specie risulta essere ai primi tre posti nei valori di dominanza quantitativa. E' il pesce abissale appartenente alla famiglia Gonostomatidae *Cyclothone braueri* (0,17 ind/m³). Si tratta delle fasi giovanili di uno tra i più comuni pesci meso-batipelagici, largamente diffuso in tutto l'Oceano Atlantico orientale e Mar Mediterraneo. La fase adulta vive in fasce comprese tra 200 e 900 m di profondità, ma le larve e i giovani sono frequenti anche nella fascia più superficiale della colonna d'acqua compresa tra 0 e - 100 m. Non è l'unico rappresentante dei Gonostomatidae raccolti nell'area di studio; nell'anno II tra le tre specie dominanti era presente *Gonostoma denudatum* altra specie ittica meso-batipelagica caratterizzata dalla presenza di fasi giovanili in grado di compiere migrazioni nictemerali lungo la colonna d'acqua tra - 200 e - 50 m.

Così come precedentemente mostrato per la frazione meroplanctonica dello zooplancton anche la *n*-MDS *analysis* condotta su tutti i campioni ittioplanctonici conferma quanto già emerso dall'analisi quali-quantitativa. Nel piano di ordinamento (**Figura 132**) la distribuzione dei punti è in accordo alla presenza di un gradiente stagionale: i punti relativi alle le stagioni autunnali e invernali (nella figura in basso)

risultano infatti separati da quelli relativi alle stagioni primaverili ed estive (in alto). La fase di B risulta omogeneamente distribuita fra le stagioni più calde per due principali ragioni: il popolamento è costituito da un numero limitato di taxa ed è largamente dominato da una specie tipicamente associata all'estate (*Engraulis encrasicolus*, acciuga) che rappresenta la maggior parte del campione.

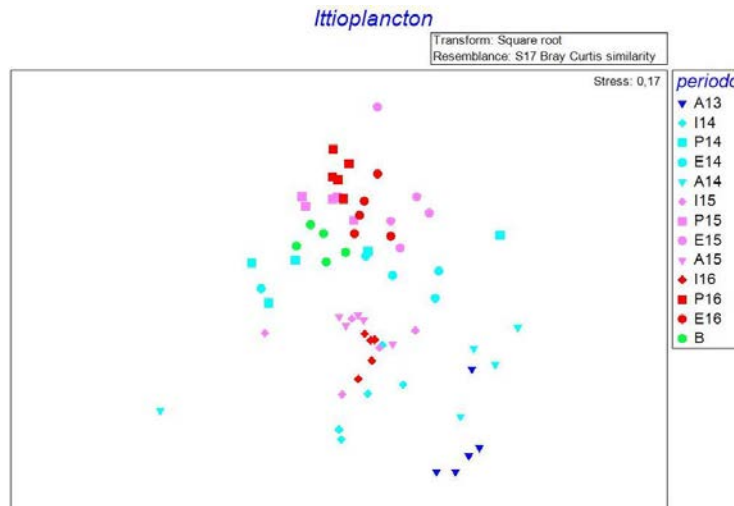


Figura 132 - Risultati dell'analisi n-MDS relativa all'ittioplankton nelle tre stagioni di survey e in ciascuna delle stagioni investigate.

In conclusione per la componente meroplanktonica e ittioplanktonica dello zooplankton, in riferimento al terzo anno di monitoraggio, e dal confronto con i survey degli anni precedenti non si riscontrano né si segnalano variazioni nella distribuzione spazio-temporale dei popolamenti imputabili all'esercizio dell'impianto di rigassificazione FSRU Toscana.

7.2 SEDIMENTI

Per una corretta interpretazione dei dati, occorre premettere che l'area in cui è stato collocato il Terminale è stata, in passato, sede di sversamenti dei fanghi di dragaggio portuale. Pertanto, come già stato osservato nella fase di Bianco, le concentrazioni dei contaminanti possono mostrare un'elevata variabilità spaziale ed esibire tenori talvolta maggiori del livello chimico di base indicato nel Manuale per la Movimentazione dei Sedimenti marini (Icram, Apat, MATTM) o del Livello Chimico di Riferimento Nazionale riportato nel D.M. 173/2016.

7.2.1 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche

I sedimenti indagati mostrano elevata variabilità spaziale senza seguire un andamento temporale ben definito o riconducibile alla presenza del rigassificatore (Figura 133).

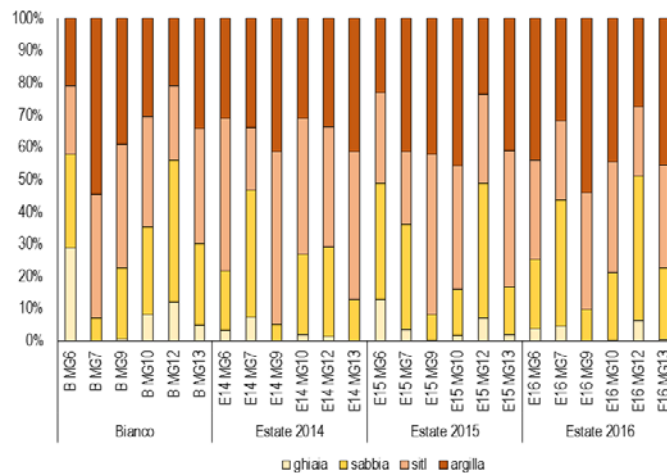


Figura 133 – Principali classi granulometriche nei sedimenti campionati nel Bianco e nei tre successivi anni di monitoraggio limitatamente alla stagione estiva.

Nell'estate 2016 si è assistito ad un generale modesto aumento della frazione sabbiosa e in alcuni casi (E16 M9, E16 MG12, E16 MG 13) di quella argillosa, compensato dal calo della frazione siltosa. Unica eccezione a questo trend è rappresentata dalla stazione E16 MG6 dove la sabbia ha subito un calo a vantaggio dell'argilla.

Per quanto riguarda i metalli si osserva un unico caso di incremento della concentrazione di arsenico nel campione E16 MG9 rispetto alla campagna estiva del 2015, ma la concentrazione rilevata è comunque inferiore a quella che era stata determinata nella campagna di Bianco e per questo motivo tale aumento non può essere legata alla presenza del Terminale.

Per tutti gli altri metalli, ad esclusione del piombo che risulta lievemente diminuito in tutte le stazioni non si osservano variazioni significative.

Non ci sono anomalie da segnalare riguardo agli IPA che, nell'E16 esibiscono un diffuso decremento, così come gli idrocarburi sia leggeri sia pesanti.

Anche per quanto riguarda i cloroderivati, la presenza in bassissime concentrazioni (prossime al limite di quantificazione) di alcuni di questi composti (alometani, cloroetileni), non sono significative di cambiamenti da ricondurre alla presenza dell'FSRU.

Non sono stati segnalati fenomeni di inquinamento fecale.

7.2.2 Saggi eco tossicologici su campioni di sedimento

Analogamente alla campagna del Bianco e al periodo successivo di monitoraggio, anche nell'estate 2016 si osserva presenza di tossicità cronica per *C. orientale* e *P. lividus* in tutte le stazioni. Il livello medio di tossicità cronica per *C. orientale* rilevata nell'estate 2016 in tutti i sedimenti risulta analoga al Bianco e solo nella stazione E16 MG9 (posta a 1000 m dal Terminale) si osserva un aumento di tossicità.

Le proprietà ecotossicologiche dei sedimenti risultano nel complesso stabili rispetto al Bianco, anche se durante le campagne effettuate nel 2014 e nel 2015 sono state osservate alcune variazioni del livello di tossicità cronica.

Considerazioni simili riguardano anche la risposta del test di embriotossicità con il *P. lividus* applicato agli elutriati estratti dai medesimi sedimenti. Nell'estate 2016 la presenza di tossicità cronica media per *P. lividus* nelle stazioni E16 MG9 e E16 MG10, ossia distanti dal Terminale, evidenzia, in accordo al saggio con *C. orientale*, l'aumento della tossicità cronica rispetto alle campagne precedenti e al Bianco. La tossicità degli elutriati restanti risulta abbastanza costante nel tempo e simile al Bianco.

Sulla base delle considerazioni riportate si può affermare che la tossicità dei sedimenti non può essere attribuita alle attività del Terminale.

7.3 BIOTA

7.3.1 Macrozoobenthos

Confrontando i dati dell'intero periodo di studio (**Figura 134**) emerge che, nell'area di indagine, complessivamente i valori di abbondanza totale e del numero di specie seguono andamenti non sempre concordi tra loro.

I valori di abbondanza hanno mostrato un crescente aumento dal bianco all'inverno 2014 per poi esibire un'inversione di tendenza sino alla conclusione del primo anno di monitoraggio (E14). Durante il secondo anno di monitoraggio (A14-E15) l'abbondanza è gradualmente aumentata fino alla primavera (P15) e nuovamente calata nell'estate seguente (E15). Nel terzo anno di monitoraggio (A15-E16) le variazioni sono molto modeste e, contrariamente agli anni precedenti, il valore minimo è stato osservato in primavera (P16) anziché in estate (E16).

Anche il numero di specie è aumentato tra il Bianco e l'autunno 2013 ed è gradualmente calato fino all'estate 2014. Anche nel secondo anno di monitoraggio (A14-E15) il picco è stato osservato nell'autunno (A14) a partire dal quale il numero di specie è progressivamente calato raggiungendo il minimo nel periodo estivo (E15).

Nel terzo anno di indagine (A15-E16) il numero di specie esibisce un andamento altalenante con valori più elevati e simili tra loro in l'autunno (A15) e primavera (P16) e valori più bassi in inverno (I16) ed estate (E16).

Rispetto al Bianco, anch'esso condotto nel periodo estivo, nell'estate 2016 si registra, nel complesso, un minor numero di individui (da 6555 a 5035), ma un maggior numero di specie (da 154 a 180).

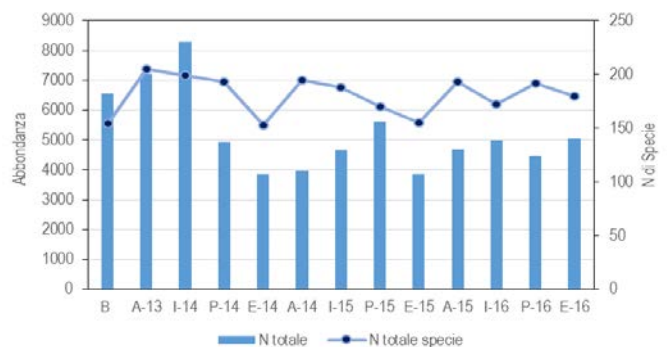


Figura 134 – Andamento dell'abbondanza totale e del numero di specie totali nell'arco dell'intero periodo di studio.

Il panorama faunistico complessivo risulta dominato, per l'intero periodo di studio, dai policheti (linea blu con pallini) i cui valori di abbondanza hanno seguito il trend dell'abbondanza totale (**Figura 135**).

Ad esso seguono i crostacei che, come i policheti, mostrano un picco di abbondanza nell'inverno 2014.

Analogamente, policheti e crostacei sono anche i gruppi che maggiormente contribuiscono in termini di numero di specie (**Figura 136**).

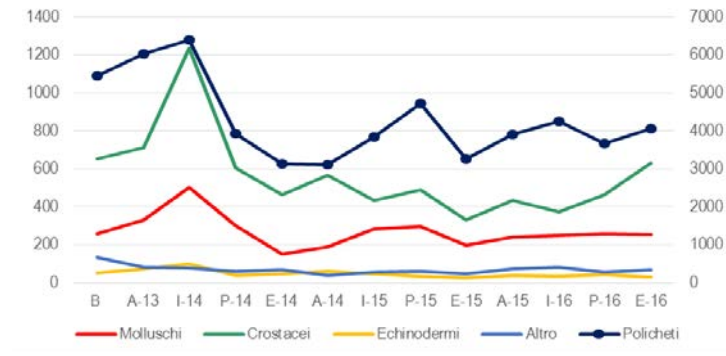


Figura 135 – Andamento dell'abbondanza totale dei principali taxa nella campagna di Bianco (B) e nelle successive campagne di monitoraggio condotte nella "fase di esercizio". L'asse secondario (a destra) riporta unicamente i valori dei policheti (linea blu con pallini). L'uso dei due assi si è reso necessario a fronte degli elevati valori di abbondanza di questo taxon.

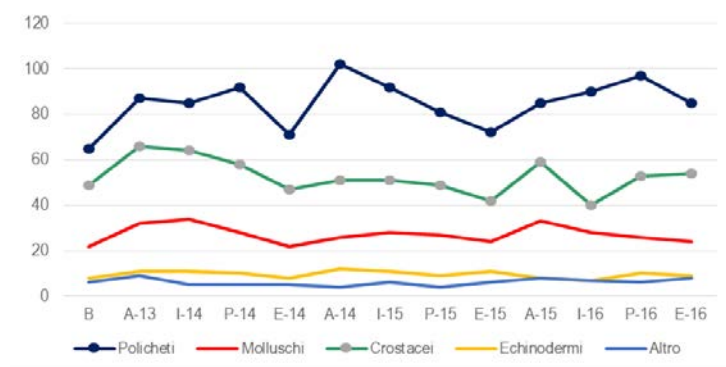


Figura 136 – Andamento del numero di taxa complessivo dalla campagna di Bianco (B) alle successive campagne di monitoraggio condotte nella "fase di esercizio".

Dall'analisi multivariata condotta tramite n-MultiDimensional Scaling (n-MDS), applicata alla matrice di abbondanza (dati trasformati secondo la doppia radice quadrata) si evince che i punti stazione si dispongono, prevalentemente, in accordo al periodo di campionamento, rispecchiando, pertanto, la naturale dinamica temporale dei popolamenti bentonici (**Figura 137**).

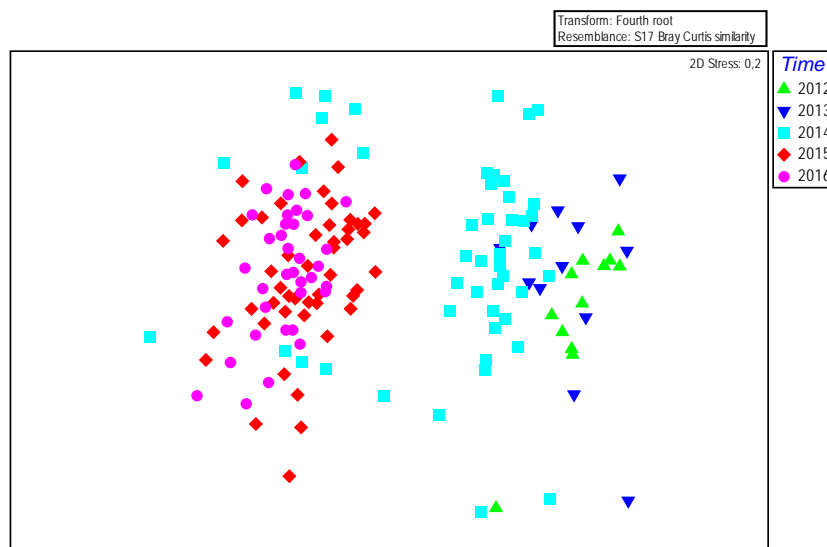


Figura 137 – Piano di ordinamento ottenuto dal n-MDS. Le analisi sono state effettuate con i dati di abbondanza dalla campagna di Bianco (B) all'estate 2016. La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Bray-Curtis. I dati sono stati trasformati secondo la doppia radice quadrata.

Al fine di valutare gli andamenti temporali dei popolamenti in relazione alla distanza dall'FSRU i 12 punti di campionamento sono stati raggruppati in tre gruppi: FSRU (MG6, MG7, MG12, MG13), I (Intermedi, MG 4, MG8, MG14, MG11), C (Controlli, MG9, MG10, MG1, MG2) e analizzati nuovamente (**Figura 138**).

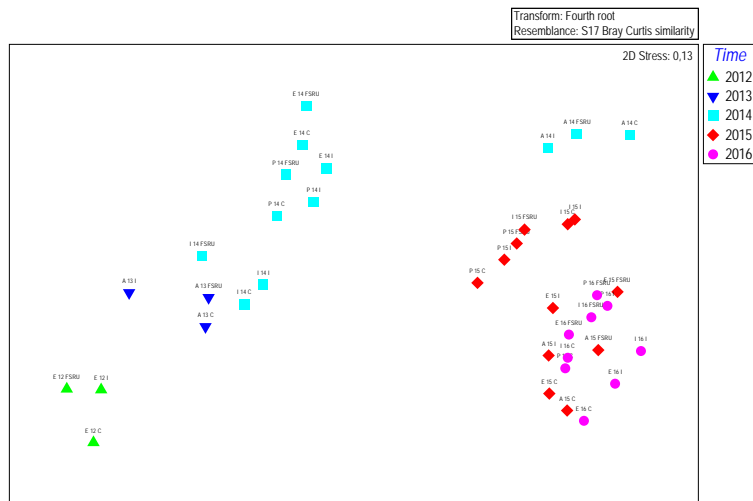


Figura 138 – Piano di ordinamento ottenuto dal n-MDS applicato ai dati di abbondanza dopo aver raggruppato le stazioni in ragione della loro distanza dell'FSRU. La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Bray-Curtis. I dati sono stati trasformati secondo la doppia radice quadrata. FSRU (MG6, MG7, MG12, MG13), I (Intermedi, MG 4, MG8, MG14, MG11), C (Controlli, MG9, MG10, MG1, MG2).

Da questo approfondimento si evince che i popolamenti evolvono nel tempo in maniera del tutto simile indipendentemente dalla distanza dell'FSRU. Per valutare meglio le eventuali variazioni riconducibili alla presenza del terminale l'analisi è stata rifatta utilizzando unicamente i dati acquisiti nella medesima stagione del Bianco, ossia E14, E15 e E16.

Dal piano di ordinamento (**Figura 139**) si conferma l'importanza della deriva temporale che interessa tutti i siti indipendentemente dalla loro distanza dell'FSRU. Tale deriva, appare, più importante nel determinare la dinamica dei popolamenti rispetto al fattore stagione.

La variazione maggiore si è verificata tra il 2014 e il 2015. In questo intervallo di tempo la dissimilarità è pari al 60,64%. Al contrario la dissimilarità risulta minima tra il 2015 e il 2016 (46,5%); infatti i campioni E15 e E16 tendono a raggrupparsi nella parte sinistra del piano di ordinamento dell'nMDS testimoniando che le differenze tendono a ridursi nel tempo.

Infine per verificare ulteriormente se le variazioni temporali siano riconducibili alla presenza dell'FSRU sono state calcolate le dissimilarità tra il Bianco e le successive campagne estive dopo aver raggruppato le stazioni secondo la loro distanza dal rigassificatore: FSRU (MG6, MG7, MG12, MG13), Intermedi (MG4, MG1, MG8, MG4), Controlli (MG1, MG2, MG9, MG10).

La dissimilarità è stata calcolata tramite la Simper analysis. Da questo calcolo di evince che il popolamento presente nelle stazioni prossime al rigassificatore aveva subito una maggiore variazione tra il Bianco e l'E14 (**Figura 140**). Questo dato, è stato confermato negli anni successivi, ma le differenze non tendono ad aumentare indicando che ad oggi il popolamento non si sta progressivamente modificando rispetto al Bianco.

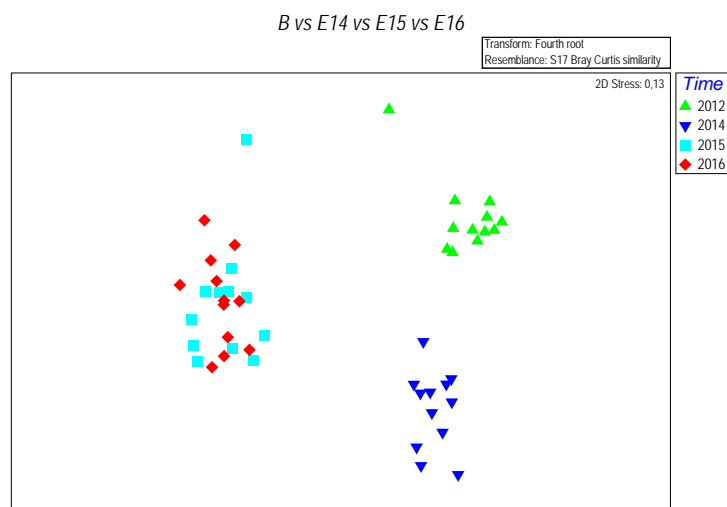


Figura 139 - Piano di ordinamento ottenuto dal n-MDS applicato ai dati di abbondanza acquisiti nei survey estivi (Bianco, E14, E15, E16). Le analisi sono state effettuate dopo aver trasformato i dati secondo la doppia radice quadrata. La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Bray-Curtis.

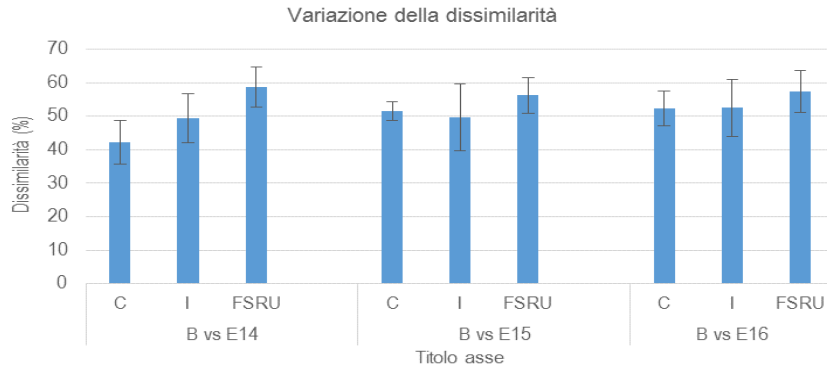


Figura 140 – Dissimilarità media calcolata tra gruppi di stazioni FSRU (MG6, MG7, MG12, MG13), Intermedi = I (MG4, MG1, MG8, MG4), Controlli = C (MG1, MG2, MG9, MG10) confrontando il Bianco vs E14, Bianco vs E15 e Bianco vs E16.

Da tutte le analisi effettuate si evince, inoltre, che alcune specie, in particolare *Levinsenia demiri* e *Paradiopatra calliopae*, rimangono dominanti nel tempo e caratterizzano tutta l'area di indagine. Le differenze spaziali e temporali osservate sono dovute alla specie rare che si avvicendano nel tempo.

Per questo motivo tali specie, caratterizzate da bassi valori di abbondanza, apportano, ciascuna, bassi contributi percentuali alle differenze, sia spaziali sia temporali. Nel complesso pertanto, i popolamenti rimangono strutturati intorno alle medesime specie che, nel tempo, conservano elevati valori di abbondanza.

Per quanto riguarda gli aspetti strutturali è stata applicata l'ANOVA a due vie considerando il fattore Tempo (B, E14, E16) e il fattore Sito (C, I, FSRU) per testare il numero di specie e l'abbondanza totale.

Dal test è emerso che il Tempo è significativo ad indicare che questi fattori cambiano nel tempo, come evidenziato in Figura 141. Inoltre, dall'ANOVA, risulta non significativa l'interazione Tempo x Sito ad indicare che le variazioni osservate nei tre siti sono simili nelle tre campagne analizzate. Pertanto il popolamento intorno all'FSRU non cambia in termini di numero di specie e di abbondanza diversamente dagli altri siti investigati.

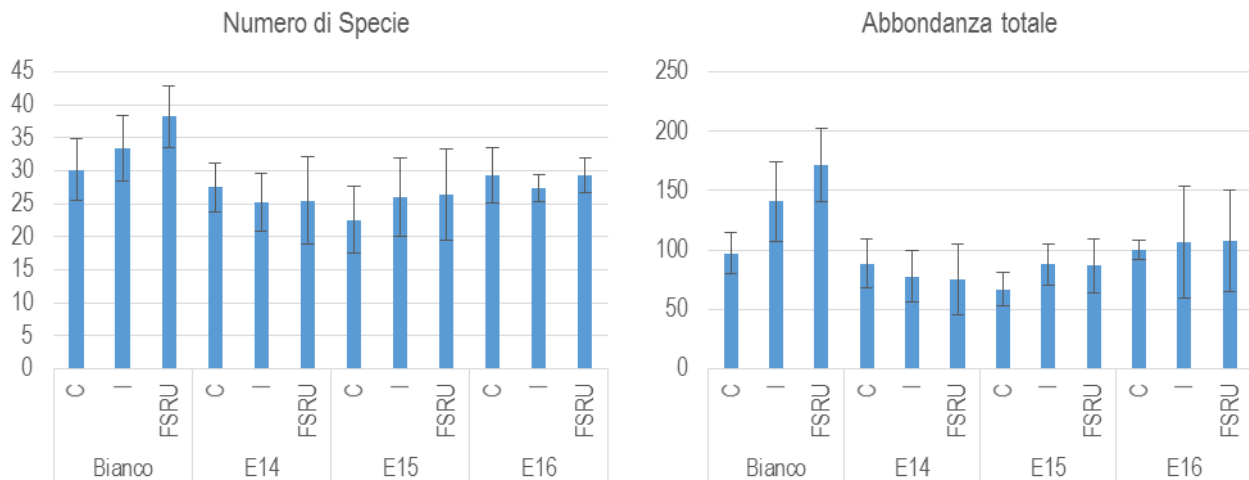


Figura 141 – Numero di specie e abbondanza totale calcolate tra gruppi di stazioni FSRU (MG6, MG7, MG12, MG13), Intermedi (MG4, MG1, MG8, MG4), Controlli (MG1, MG2, MG9, MG10) confrontando il Bianco vs E14, Bianco vs E15 e Bianco vs E16.

7.3.2 Meiobenthos

Nel terzo anno di monitoraggio (I16, E16) è stata identificata una comunità meiobentonica costituita globalmente da organismi appartenenti a 24 gruppi tassonomici, dei quali 16 presenti in entrambe le fasi del monitoraggio. Gasteropodi, Solenogastri, Idrozoi e Ciliati risultano presenti nella sola fase invernale, mentre gli Caudofoveati, Briozoi, Acari e Ofiuroidi sono stati rinvenuti solamente nella fase estiva (Tabella 81). Il rinvenimento di questi taxa nella campagna invernale o in quella estiva è verosimilmente legato più alla rarità di questi organismi, caratteristica che ne rende occasionale il prelievo, che ad altre cause.

Dai confronti statistici univariati tra le due campagne del 2016 (ANOVA) non emergono variazioni statisticamente significative riguardo alle densità medie dei taxa rinvenuti nell'area, con l'eccezione dei Nematodi e della meiofauna totale che risultano significativamente meno abbondanti in estate (E16) rispetto all'inverno (I16).

L'analisi statistica multivariata Cluster Analysis evidenzia una similarità medio-bassa (55%) tra le stazioni analizzate nel corso delle due fasi. Il dendrogramma mostra le stazioni E16 MG2, E16 MG13 e MG4 e MG9 in entrambe le stagioni (I16 e E16) separate dalle altre (similarità 63%) a testimonianza della scarsa densità e dalla bassa diversità faunistica ivi riscontrate (Figura 142). I restanti siti sono raggruppati ad un valore di similarità faunistica prossimo al 70% e risultano suddivisi in due clusters costituiti rispettivamente da 7 e 11

stazioni. Il cluster minore include siti caratterizzati da valori di densità e diversità intermedie, mentre il maggiore raggruppa le stazioni che presentano le maggiori abbondanze e diversità faunistica. Nel complesso, i raggruppamenti non evidenziano relazioni con la posizione geografica o la fase di monitoraggio considerata, ad eccezione di quanto riportato per i siti MG4 e MG9.

Tabella 81 - Confronto dati campagne Esercizio I16 e E16. Struttura della comunità meiobentonica dell'area interessata dal posizionamento del terminale rigassificatore, incluse le stazioni di controllo. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo rinvenuto. L'abbondanza relativa (%) dei singoli taxa è stata calcolata in relazione alla densità totale.

Taxon	I16		E16	
	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%
Nematodi	176,6 \pm 116,4	81,4	97,4 \pm 100,7	74,8
Copepodi	11,5 \pm 16,0	5,3	13,2 \pm 20,5	10,1
Nauplii	9,0 \pm 14,8	4,2	4,5 \pm 11,1	3,4
Policheti	13,3 \pm 12,2	6,1	10,7 \pm 12,4	8,2
Turbellari	1,0 \pm 2,0	0,5	0,3 \pm 1,3	0,2
Chinorinchi	0,5 \pm 1,2	0,2	0,8 \pm 2,1	0,6
Tanaidacei	0,9 \pm 2,0	0,4	0,4 \pm 1,1	0,3
Ostracodi	0,9 \pm 1,3	0,4	1,2 \pm 2,5	0,9
Anfipodi	0,5 \pm 1,9	0,2	0,1 \pm 0,4	0,1
Isopodi	0,1 \pm 0,2	<0,1	0,1 \pm 0,2	<0,1
Cumacei	0,1 \pm 0,3	<0,1	0,1 \pm 0,5	0,1
Idrozo	0,1 \pm 0,3	<0,1	-	-
Gasteropodi	0,1 \pm 0,3	<0,1	-	-
Bivalvi	0,6 \pm 1,1	0,3	0,5 \pm 1,2	0,4
Solenogastri	0,1 \pm 0,5	0,1	-	-
Nemertini	0,6 \pm 1,2	0,3	0,2 \pm 1,0	0,2
Priapulidi	0,1 \pm 0,5	0,1	0,2 \pm 0,8	0,2
Loriciferi	0,1 \pm 0,2	<0,1	0,1 \pm 0,2	<0,1
Oligocheti	0,7 \pm 1,5	0,3	0,1 \pm 0,5	0,1
Ciliati	0,1 \pm 0,5	<0,1	-	-
Ofiuroidi	-	-	0,1 \pm 0,2	<0,1
Briozoi	-	-	0,1 \pm 0,2	<0,1
Caudofoveati	-	-	0,2 \pm 0,6	0,2
Acari	-	-	0,1 \pm 0,3	0,1
Altri (Σ Tur-Aca)	6,4 \pm 6,1	2,9	4,5 \pm 7,2	3,4
Meiofauna totale	216,8 \pm 150,2	-	130,2 \pm 142,6	-

Le informazioni appena riportate sono riflesse anche nel piano di ordinamento bidimensionale ottenuto dall'analisi nMDS, riportato in **Figura 142**. Anche in questo caso la disposizione delle stazioni prescinde dalla loro collocazione geografica e dalla fase di monitoraggio considerata. Complessivamente nei due periodi investigati non emergono sostanziali e perduranti differenze tra le stazioni investigate, ad eccezione dei siti MG4 e MG9, caratterizzati da bassi valori di densità e di diversità in entrambe le stagioni analizzate.

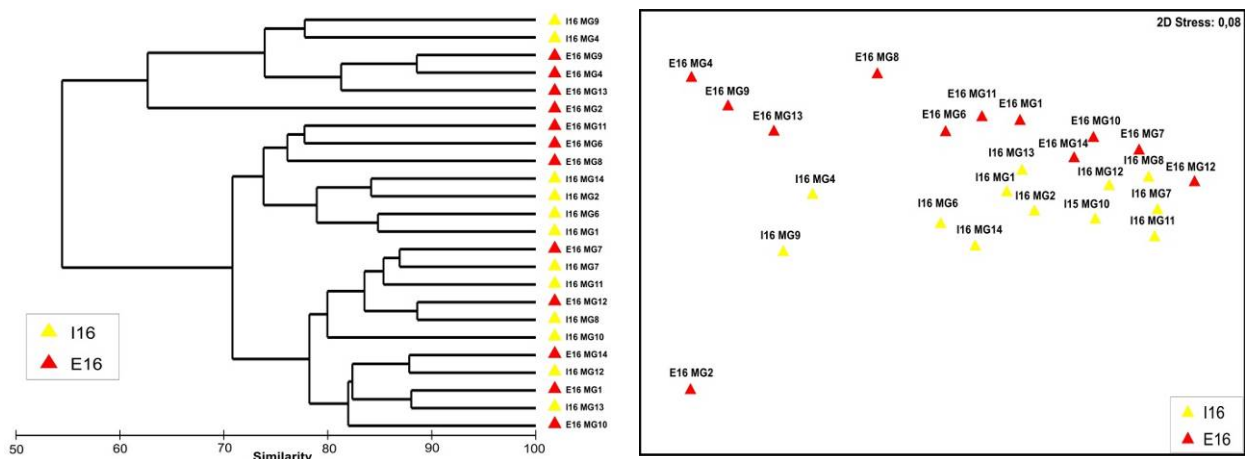


Figura 142 - Confronto dati acquisiti nel 2016 (I16, E16). A sinistra: dendrogramma per il raggruppamento gerarchico delle stazioni basato sul valore delle abbondanze medie dei taxa principali e similarità di Bray-Curtis, previa trasformazione logaritmica dei dati. A destra: piano di ordinamento ottenuto dal non-metric Multi Dimensional Scaling (nMDS), basato sul valore delle abbondanze medie dei taxa principali e similarità di Bray-Curtis, previa trasformazione logaritmica dei dati.

Per valutare eventuali cambiamenti a seguito dell'arrivo del terminale, vengono confrontati unicamente i dati acquisiti nelle stagioni estive (E14, E15, E16) con quelli del Bianco anch'esso condotto in estate.

Nel Bianco erano stati rinvenuti 19 gruppi tassonomici di cui otto presenti in tutte le stazioni; quattro di questi, Nematodi, Copepodi, Nauplii e Policheti sono risultati di gran lunga più abbondanti, seguiti in ordine di importanza numerica da Ciliati, Ostracodi, Turbellari ed Anfipodi. Dei rimanenti taxa, alcuni, come Chinorinchi, Tanaidacei e Bivalvi, sono risultati abbastanza frequenti, poiché assenti solo in alcune stazioni, al contrario di Gastrotrichi, Loriciferi, Gasteropodi e Caudofoveati rinvenuti in qualche stazione ed in numeri molto bassi. La densità media totale dell'area investigata è risultata pari a $358,8 \pm 168,3$ ind./10 cm². I Nematodi si sono rivelati essere il taxon dominante, con una densità media complessiva di $272,0 \pm 118,8$ ind./10 cm², pari a circa 76% del popolamento totale, seguiti nell'ordine dai Copepodi (densità media = $34,9 \pm 28,7$ ind./10 cm²; 9,7%), dai Policheti ($18,4 \pm 8,9$ ind./10 cm²; 5,1%) ed infine dai Nauplii ($15,2 \pm 14,8$ ind./10 cm²; 4,2%). I restanti gruppi erano presenti con densità e percentuali molto basse, ad eccezione dei Ciliati e degli Ostracodi che hanno superato l'1% del popolamento totale. La somma dei taxa meno abbondanti fornisce, tuttavia, un valore di densità complessiva di circa $18,2 \pm 9,1$ ind./10 cm², pari a oltre il 5% dell'intero popolamento meiobentonico (**Tabella 82**).

In E14, sono stati rinvenuti 20 gruppi tassonomici, di cui solo tre presenti in tutte le stazioni: Nematodi, Nauplii e Policheti. I Copepodi sono risultati assenti in un unico sito. Dei rimanenti taxa, alcuni, come Chinorinchi, Tanaidacei e Ostracodi, sono risultati alquanto frequenti, al contrario di Ciliati, Rotiferi, Sipunculidi e Priapulidi, rinvenuti solamente in qualche sito e con densità molto basse. L'abbondanza media totale dell'area investigata è risultata pari a $260,7 \pm 161,6$ ind./10 cm². I Nematodi hanno rappresentato il taxon dominante, con una densità media complessiva di $212,2 \pm 133,8$ pari a oltre l'81% del popolamento totale, seguiti nell'ordine dai Copepodi (densità media = $19,2 \pm 18,7$ ind./10 cm²; 7,4%), dai Policheti ($13,9 \pm 11,0$ ind./10 cm²; 5,3%) e infine dai Nauplii ($8,2 \pm 10,0$ ind./10 cm²; 3,1%). I primi quattro gruppi hanno costituito nel complesso oltre il 97% della biocenosi. Gli altri taxa erano presenti con abbondanze e percentuali molto basse, fornendo un valore di densità complessiva pari al 2,8% dell'intero popolamento meiobentonico; solo gli ostracodi sfiorano la soglia dell'1% del popolamento meiobentonico (**Tabella 82**).

In E15 sono stati rinvenuti 19 gruppi tassonomici, di cui cinque presenti in tutte le stazioni: Nematodi, Copepodi, Nauplii, Policheti e Tanaidacei. Tra i restanti taxa, alcuni, come Ostracodi, Chinorinchi e Bivalvi sono abbastanza frequenti, risultando assenti solo in poche stazioni, al contrario di Priapulidi, Cumacei, Solenogastri, Ofiuroidi e Ciliati rinvenuti in uno o due siti e in numeri molto bassi. La densità media totale dell'area investigata è risultata pari a $257,2 \pm 156,1$ ind./10 cm². I Nematodi si sono confermati il taxon dominante, con una densità media complessiva di $220,4 \pm 135,1$, pari all'85,7% del popolamento totale, seguiti da Copepodi (densità media = $15,3 \pm 15,8$ ind./10 cm²; 5,9%), Policheti ($11,8 \pm 9,6$ ind./10 cm²; 4,6%) e Nauplii ($4,6 \pm 5,7$ ind./10 cm²; 1,8%). I primi quattro gruppi hanno costituito, insieme, circa il 98% della biocenosi. I rimanenti taxa sono stati rinvenuti con abbondanze e percentuali molto basse, fornendo un valore di densità complessiva pari al 2,0% dell'intero popolamento meiobentonico; nessuno di essi ha costituito il valore soglia dell'1% della biocenosi complessiva (**Tabella 82**).

In E16 sono stati rinvenuti 20 gruppi tassonomici, di cui solo i Nematodi sono risultati presenti in tutte le stazioni. Copepodi e Policheti erano assenti in alcune stazioni e i Nauplii solamente in due di esse. Dei rimanenti taxa, alcuni, come Ostracodi, Tanaidacei, Chinorinchi, Bivalvi e Caudofoveati risultano abbastanza frequenti, al contrario di Loriciferi, Oligocheti, Isopodi, Acari e Ofiuroidi, rinvenuti unicamente in una o due stazioni e in numeri molto bassi. La densità media totale dell'area investigata è risultata pari a $130,2 \pm 142,6$ ind./10 cm². Anche in questo caso i Nematodi sono risultati il taxon dominante, con una densità media globale di $97,4 \pm 100,7$ pari al 74,8% del popolamento totale, seguiti nell'ordine dai Copepodi (densità media = $13,2 \pm 20,5$ ind./10 cm²; 10,1%), dai Policheti ($10,7 \pm 12,4$ ind./10 cm²; 8,2%) e infine dai Nauplii ($4,5 \pm 11,1$ ind./10 cm²; 3,4%). I primi quattro gruppi hanno costituito nel complesso oltre il 96% della biocenosi. Gli altri sedici taxa sono stati rinvenuti con abbondanze e percentuali molto basse, fornendo un valore di densità complessiva pari al 3,4% dell'intero popolamento meiobentonico; nessuno di essi raggiunge l'1% del totale.

Dall'analisi congiunta delle quattro campagne estive (Bianco, E14, E15, E16) emerge una comunità meiobentonica costituita globalmente da organismi appartenenti a 26 gruppi tassonomici maggiori, dei quali 15 presenti in tutte le fasi di monitoraggio. I Gastrotrichi risultano presenti nella sola fase di Bianco mentre Rotiferi, Briozoi, Oligocheti, Sipunculidi, Solenogastri, Acari e Ofiuroidi sono stati rinvenuti in una (Rotiferi, Briozoi, Sipunculidi) o più fasi di Esercizio. I Gasteropodi sono stati rinvenuti nella fase di Bianco e nella prima fase di esercizio, i Loriciferi e i Caudofoveati sono stati rinvenuti nella fase di Bianco e nella terza fase di esercizio. Il rinvenimento o meno di questi 11 taxa nei campioni delle diverse fasi è verosimilmente legato di più alla loro rarità, caratteristica che ne rende occasionale il prelievo, che ad altre cause. La densità media totale dell'area investigata è variata da $358,8 \pm 168,3$ ind./10 cm², durante il Bianco, a $260,7 \pm 161,6$ ind./10 cm² nella fase E14, $257,2 \pm 156,1$ ind./10 cm² nella fase E15, e a $130,2 \pm 142,6$ ind./10 cm² nella fase E16. I Nematodi sono risultati sempre il taxon dominante (range: 97-272 ind./10 cm²), con percentuali variabili tra il 74,8% della fase E16 e l'85,7% di E15, seguiti nell'ordine da Copepodi (range: 13-34 ind./10 cm²; 5,9-10,1%), Policheti (range: 11-18 ind./10 cm²; 4,6-8,2%) e infine Nauplii (range: 4-15 ind./10 cm²; 1,8-4,2%). I primi quattro gruppi costituiscono nel complesso e a seconda delle campagne il 95-98% del popolamento. Gli altri taxa sono presenti con densità e percentuali molto basse, fornendo un valore di abbondanza variabile tra il 2,0% (E15) e il 5,1% (B) dell'intera biocenosi meiobentonica. Tra questi solo Ostracodi, Turbellari e Ciliati raggiungono in alcune occasioni l'1% del totale.

L'ANOVA ha evidenziato una differenza significativa della densità media dei gruppi analizzati nel passaggio tra le diverse fasi, in particolare dal Bianco alle fasi di esercizio (E14, E15 e E16). Nello specifico, Copepodi, Nauplii e taxa meno abbondanti (Altri) mostrano una riduzione delle abbondanze. La densità dei Policheti si riduce significativamente tra il Bianco e E15 e E16, ma non rispetto a E14. I valori di densità dei Nematodi e della Meiofauna totale risultano significativamente inferiori in E16 rispetto al Bianco. Emergono inoltre alcune differenze significative nel confronto tra le prime due fasi di esercizio (E14 e E15) e la terza (E16). Ad esempio, i valori di densità dei Nematodi e della Meiofauna totale risultano significativamente inferiori in E16 rispetto a E14 e E15. La riduzione generalizzata delle abbondanze verificatasi tra il Bianco e le campagne di Esercizio (E14, E15, E16) risulta particolarmente accentuata nei siti lontani dal terminale (ad esempio E16 MG2, E14 MG9, E16 MG9) e quindi, verosimilmente, non influenzati da eventuali effetti stressogeni da esso generati.

NMDS e Cluster Analysis (Figura 143), tendono a separare la campagna di Bianco dalle successive, in particolare l'E16 per i bassi valori di densità e diversità faunistica. Tale povertà risulta particolarmente accentuata in 4 stazioni (E16 MG2, E16 MG4, E16 MG9, E16 MG13) che, pertanto, nei grafici appaiono distinte dalle altre, ma vicine a E14 MG9, in precedenza rivelatasi povera di meiofauna. Poiché la classificazione e l'ordinamento delle stazioni prescinde dalla loro collocazione geografica e dalla distanza dal rigassificatore non è possibile imputare al Terminale le riscontrate differenze inter-campagna (in particolare Bianco vs Esercizio).

Tabella 82 - Confronto dati tra le campagne Bianco e le fasi di esercizio (E14, E15, E16). Struttura della comunità meiobentonica dell'area interessata dalla presenza del terminale, incluse le stazioni di controllo. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo rinvenuto. L'abbondanza relativa (%) dei singoli taxa è stata calcolata in relazione alla densità totale.

Taxon	B		E14		E15		E16	
	Media±DS	%	Media±DS	%	Media±DS	%	Media±DS	%
Nematodi	272,0±118,8	75,8	212,2±133,8	81,4	220,4±135,1	85,7	97,4±100,7	74,8
Copepodi	34,9±28,7	9,7	19,2±18,7	7,4	15,3±15,8	5,9	13,2±20,5	10,1
Nauplii	15,2±14,8	4,2	8,2±10,0	3,1	4,6±5,7	1,8	4,5±11,1	3,4
Policheti	18,4±8,9	5,1	13,9±11,0	5,3	11,8±9,6	4,6	10,7±12,4	8,2
Turbellari	3,5±2,7	1,0	0,7±2,0	0,3	0,6±1,3	0,2	0,3±1,3	0,2
Chinorinchi	1,2±1,1	0,3	1,2±1,9	0,5	0,9±1,6	0,4	0,8±2,1	0,6
Tanaidacei	1,1±0,9	0,3	1,0±1,5	0,4	0,8±1,2	0,3	0,4±1,1	0,3
Ostracodi	4,5±3,6	1,3	2,2±3,1	0,9	0,8±1,5	0,3	1,2±2,5	0,9
Anfipodi	0,7±0,3	0,2	0,2±0,7	0,1	0,2±0,7	0,1	0,1±0,4	0,1
Isopodi	0,2±0,4	<0,1	0,3±0,7	0,1	0,4±1,7	0,2	0,1±0,2	<0,1
Cumacei	0,1±0,1	<0,1	0,2±0,5	0,1	0,1±0,3	<0,1	0,1±0,5	0,1
Acari	-	-	0,1±0,4	<0,1	0,1±0,4	<0,1	0,1±0,3	0,1
Gasteropodi	0,1±0,1	<0,1	0,1±0,6	0,1	-	-	-	-
Bivalvi	1,0±1,0	0,3	0,4±1,0	0,2	0,4±0,7	0,1	0,5±1,2	0,4
Solenogastri	-	-	0,2±0,6	0,1	0,1±0,3	<0,1	-	-
Caudofoveati	0,2±0,5	<0,1	-	-	-	-	0,2±0,6	0,2
Nemertini	0,1±0,1	<0,1	0,5±2,2	0,2	0,3±1,1	0,1	0,2±1,0	0,2
Priapulidi	0,1±0,2	<0,1	0,1±0,2	<0,1	0,1±0,3	<0,1	0,2±0,8	0,2
Loriciferi	0,1±0,2	<0,1	-	-	-	-	0,1±0,2	<0,1
Gastrotrichi	0,1±0,1	<0,1	-	-	-	-	-	-
Ofiuroidi	-	-	-	-	0,1±0,2	<0,1	0,1±0,2	<0,1
Oligocheti	-	-	-	-	0,2±0,7	0,1	0,1±0,5	0,1
Sipunculidi	-	-	0,1±0,2	<0,1	-	-	-	-
Rotiferi	-	-	0,1±0,2	<0,1	-	-	-	-
Briozoi	-	-	-	-	-	-	0,1±0,2	<0,1
Ciliati	5,7±3,0	1,6	0,1±0,2	<0,1	0,2±1,0	0,1	-	-
Altri (ΣTur-Cil)	18,2±9,1	5,1	7,2±7,0	2,8	5,1±4,6	2,0	4,5±7,2	3,4
Meiofauna totale	358,8±168,3	-	260,7±161,6	-	257,2±156,1	-	130,2±142,6	-

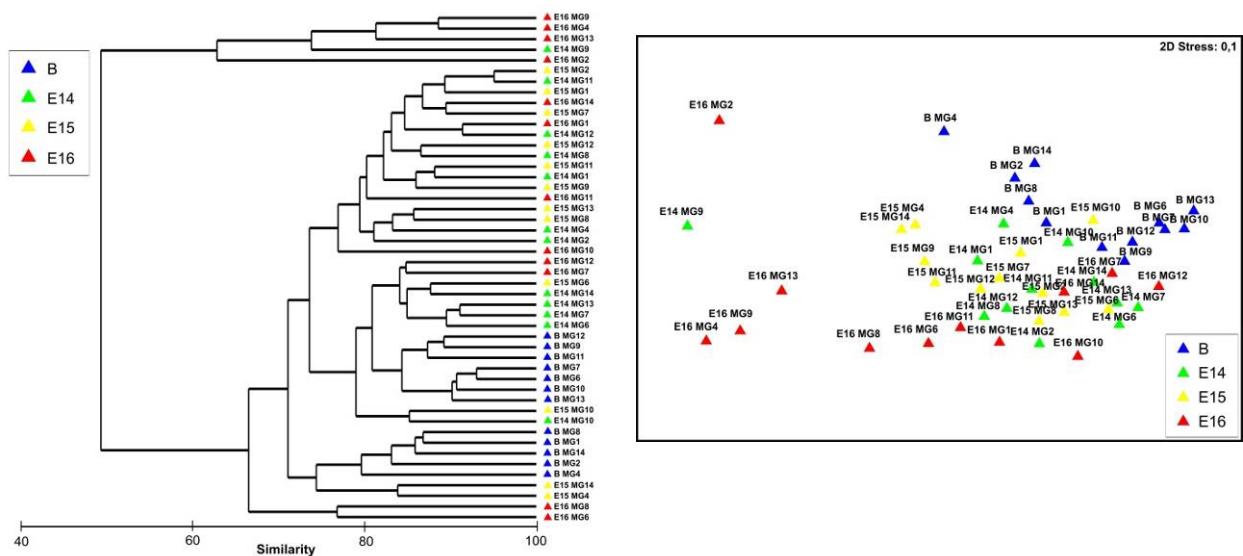


Figura 143 - Confronto dati Bianco e fasi di esercizio (E14, E15, E16). A sinistra: dendrogramma per il raggruppamento gerarchico delle stazioni basato sul valore delle abbondanze medie dei taxa principali e similarità di Bray-Curtis, previa trasformazione logaritmica dei dati. A destra: piano di ordinamento ottenuto dal non-metric Multi Dimensional Scaling (nMDS), basato sul valore delle abbondanze medie dei taxa principali e similarità di Bray-Curtis, previa trasformazione logaritmica dei dati.

7.3.3 Bioaccumulo

Non ci sono segni evidenti di processi di bioaccumulo in atto. Inoltre non sono stati rilevati segnali di contaminazione fecale.

Il lieve incremento di concentrazione di idrocarburi pesanti, avente un probabile carattere stagionale in quanto si era verificato anche nella precedente campagna estiva 2015, non è tale da poter essere attribuito agli effetti del terminale, sia per i bassi livelli di concentrazione raggiunti sia perché nelle due campagne in cui esso si è manifestato, non ha riguardato le stesse stazioni.

7.3.4 Biomarkers

Neutral Red Retention (Time NRRT), Comet assay e Analisi istologica del tessuto branchiale

Nel corso del terzo anno di monitoraggio i risultati dei biomarker cellulari hanno mostrato un andamento sostanzialmente simile a quanto riportato nella relazione relativa al primo biennio di attività (Figura 144, Figura 145, Figura 146). Considerando singolarmente i tre biomarker indagati si può notare che in sette campagne di monitoraggio su dieci non è stato rilevato alcun decremento significativo dello stato di integrità dei mitili posizionati presso il terminale FRSU rispetto agli organismi di controllo (mitili mantenuti a Gorgona). In occasione di tre campionamenti su dieci è stata osservata una riduzione significativa del grado di integrità in almeno una delle stazioni di campionamento lungo il terminale (Tabella 83). In occasione di una sola campagna (I15) è stata osservata concordanza in almeno due dei tre biomarker indagati (Tabella 83).

In conclusione, per la loro natura episodica, i casi in cui si è manifestata una differenza significativa nei mitili del terminale rispetto ai controlli non descrivono una condizione di impatto ambientale riferibile all'attività del terminale FRSU, almeno in base ai parametri indagati. Infatti, una variabilità simile nei risultati di indagini basate su biomarker cellulari si osserva frequentemente nei mitili campionati in aree marine soggette ad una lieve pressione antropica, ma non definibili come contaminate.

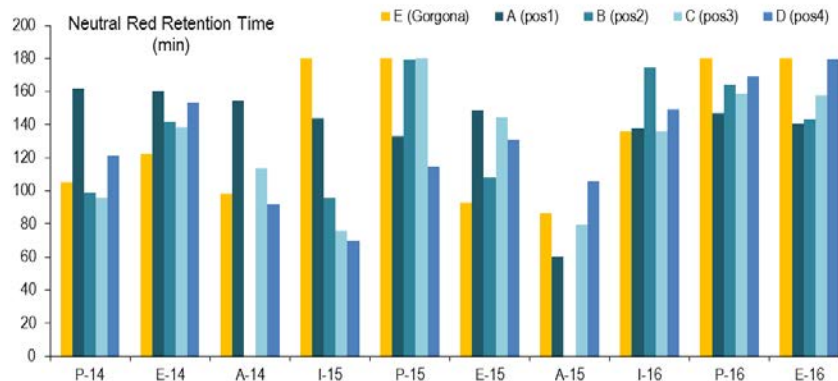


Figura 144 - Valutazione del tempo di ritenzione del Rosso Neutro (NRRT) nei lisosomi di mitilo; valori più bassi sono indicativi di danno cellulare. Nelle campagne A14 e A15 non è stato possibile analizzare i mitili della stazione B (pos. 2).

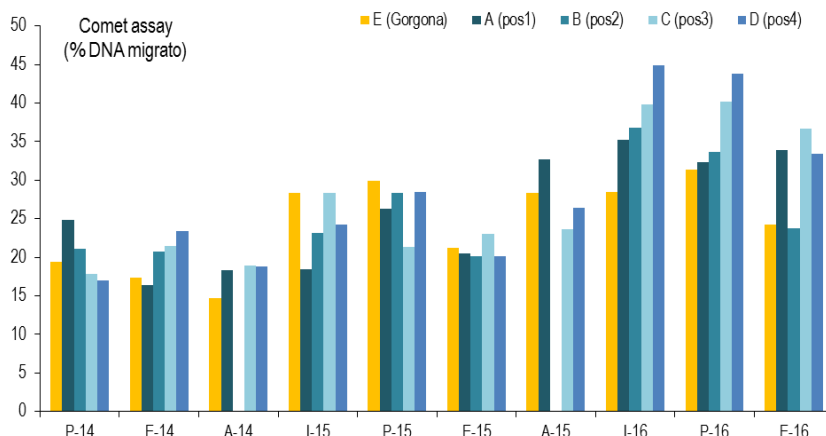


Figura 145 - Valutazione del grado di frammentazione del DNA (Comet assay) nelle cellule branchiali di mitilo; valori più alti sono indicativi di un livello di danno più elevato. Nelle campagne A14 e A15 non è stato possibile analizzare i mitili della stazione B (pos. 2).

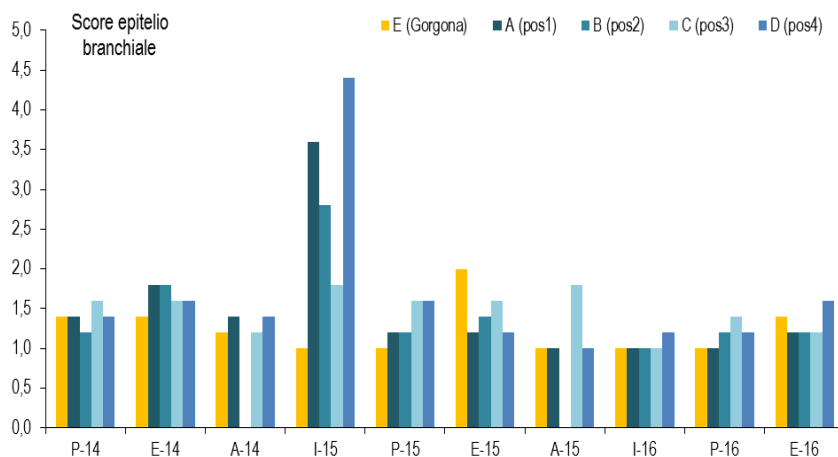


Figura 146 - Valutazione del grado di integrità del tessuto branchiale (analisi istologica) di mitilo; valori più alti dello score sono indicativi di una minore integrità del tessuto. Nelle campagne A14 e A15 non è stato possibile analizzare i mitili della stazione B (pos. 2).

Tabella 83 - Differenze significative tra mitili di controllo (Gorgona) e mitili del terminale FRSU.

	NRRT	Comet assay	Istologia branchie
P 14	-	-	-
E14	-	**	-
A14 †	-	-	-
I15	**	-	***
P15	*	-	**
E15	-	-	-
A15 †	-	-	*
I16	-	**	-
P16	-	*	-
E16	***	-	-

Nota. Gli asterischi indicano il numero di stazioni del terminale che hanno mostrato una riduzione significativa del grado di integrità dei mitili rispetto ai controlli. †: Stazione B (Pos. 2) non disponibile per le analisi).

7.3.5 Fauna ittica bentonectonica

Reti a strascico

Il confronto tra le due campagne di Bianco (B ed BP), le campagne dell'anno 2014 (I14 ed E14), del 2015 (I15 ed E15) e del 2016 (I16 ed E16) effettuate con rete a strascico mostra una riduzione delle specie catturate con una leggera ripresa nelle campagne dell'anno 2016 (Tabella 84). In quest'ultimo caso si evidenzia anche un aumento della percentuale delle specie comuni nelle stazioni poste in prossimità del terminale (S1-S4) e nella stazione di controllo (SC) ed una diminuzione nel numero delle specie esclusive della stazione SC rispetto a quanto osservato nelle campagne precedenti. Tra i due survey del 2016 (I16, E16), inoltre, non si osservano differenze tra le percentuali stimate a differenza di quanto osservato nelle campagne precedenti caratterizzate da una maggiore ricchezza in specie nel periodo estivo.

Tabella 84 - Numero totale di specie catturate per campagna tramite rete a strascico.

Rete a strascico								
	B	BP	I14	E14	I15	E15	I16	E16
Specie Totali (S1-S4+SC)	80	68	60	63	57	53	59	59
Specie comuni	51%	41%	35%	45%	37%	27%	44%	46%
Specie esclusive delle stazioni S1-S4	41%	46%	55%	41%	53%	38%	51%	51%
Specie esclusive della stazione SC	8%	13%	10%	14%	11%	11%	5%	3%

L'analisi degli indici strutturali del popolamento ittico non mostra sostanziali differenze tra le stazioni S1-S4 e la stazione SC, fatta eccezione per il numero totale di individui campionati nella stazione S2 nella campagna I16 che risulta più elevato rispetto a quanto registrato nelle altre stazioni (Figura 147). Il numero totale d'individui è l'indice che ha mostrato la maggiore variabilità, con valori particolarmente elevati in alcune stazioni delle due campagne invernali I14 e I15.

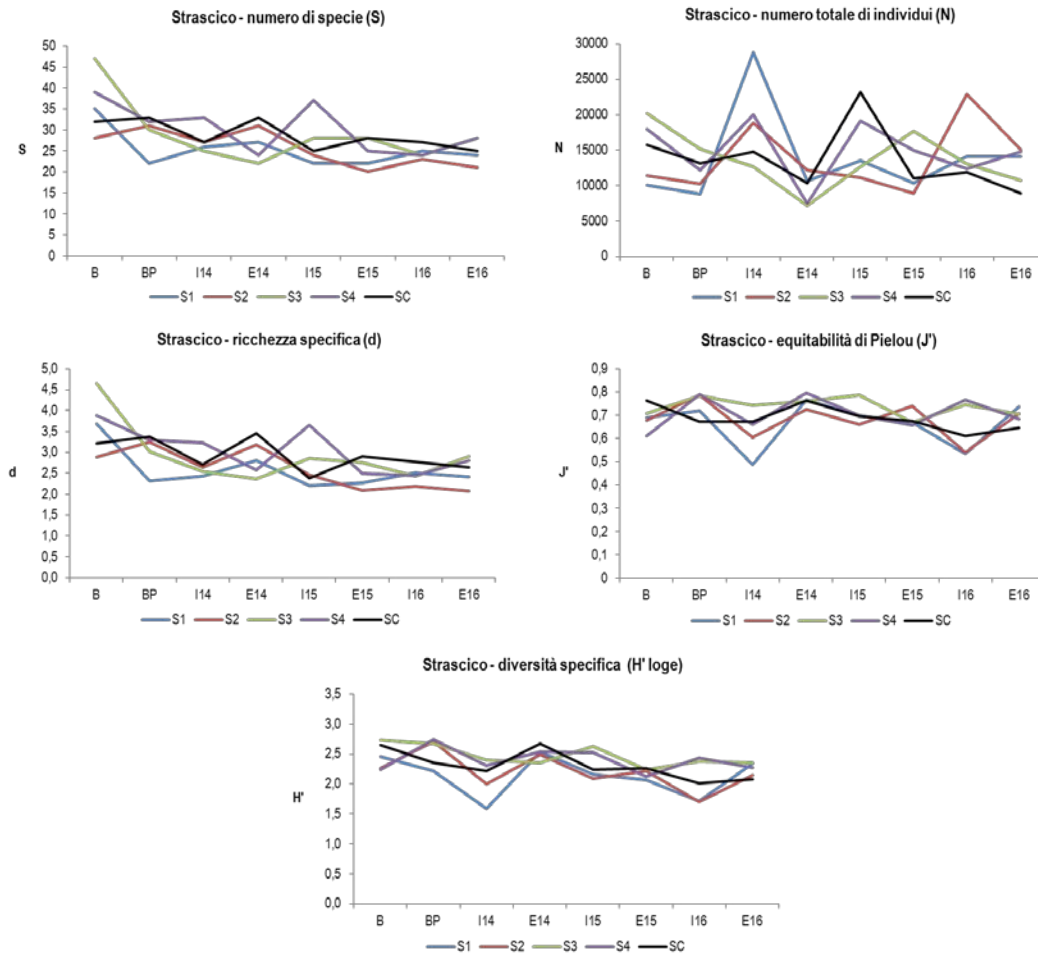


Figura 147 – Indici strutturali relativi ai popolamenti ittici catturati con reti a strascico.

Il dendrogramma riportato in **Figura 148** mostra un'elevata similarità tra tutte le stazioni campionate con la rete a strascico comprese le stazioni SC, con un grado di similarità intorno al 55%.

Dal piano di ordinamento ottenuto dall'n-MDS non si rilevano sostanziali differenze tra le stazioni in prossimità del terminale S1-S4 e la stazione di controllo SC. Al contrario si osserva una separazione tra i campionamenti invernali e quelli estivi a testimonianza di un effetto stagionale sulla dinamica del popolamento ittico (**Figura 149**).

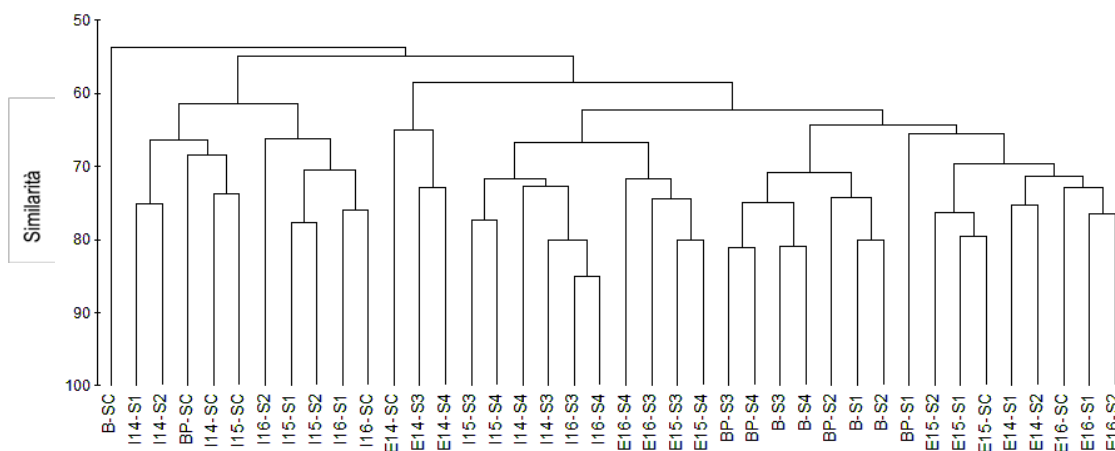


Figura 148 - Dendrogramma delle stazioni campionate con reti a strascico. Le analisi sono state effettuate considerando le due campagne di Bianco (B e BP), le due campagne del 2014 (I14 ed E14), del 2015 (I15 ed E15) e del 2016 (I16 e E16) del periodo di monitoraggio "fase di esercizio".

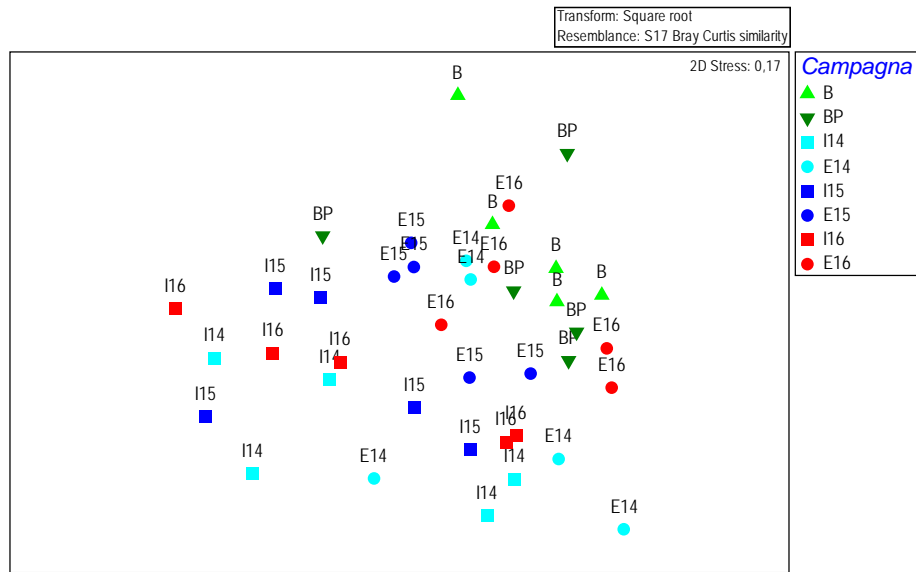


Figura 149 – Ordinamento n-MDS delle stazioni campionate con reti a strascico. Le analisi sono state effettuate considerando le due campagne di Bianco (B e BP), le due campagne del 2014 (I14 ed E14), del 2015 (I15 ed E15) e del 2016 (I16 e E16) del periodo di monitoraggio “fase di esercizio”.

La **Figura 150** e la **Figura 151** riportano la comparazione tra le due campagne di Bianco e le campagne estive E14, E15 ed E16 realizzate con rete a strascico durante la fase di esercizio dell’FSRU.

Il dendrogramma risultante dall’analisi delle 5 campagne, effettuate tutte quante nel periodo estivo (**Figura 150**), evidenzia un’elevata similarità complessiva tra le stazioni (57%); lo stesso risultato è evidente anche nell’analisi dell’ordinamento n-MDS (**Figura 151**). Non è possibile riscontrare differenze apprezzabili tra le stazioni poste in prossimità del terminale FSRU S1-S4 e le stazioni di controllo SC.

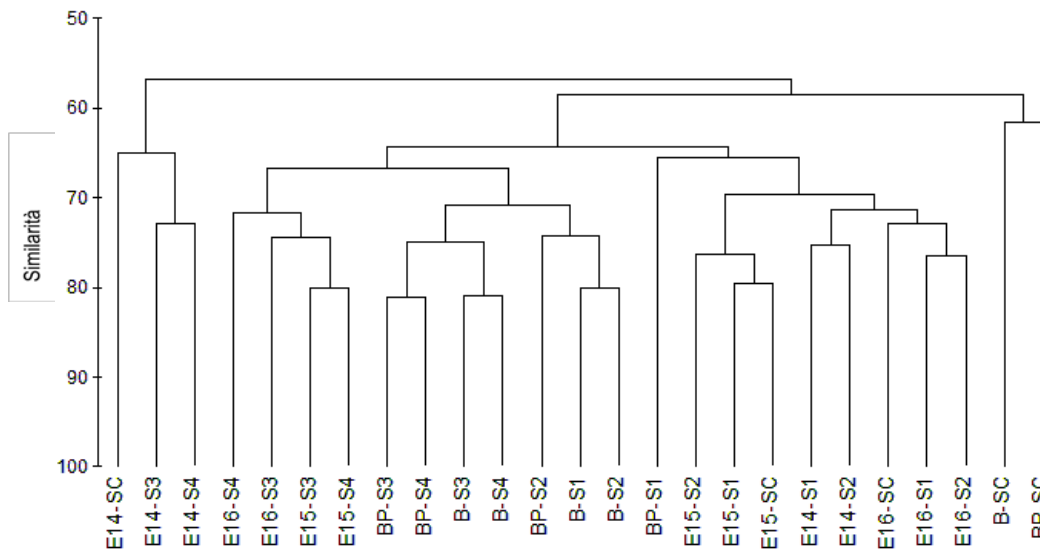


Figura 150 – Dendrogramma delle stazioni campionate con reti a strascico. Le analisi sono state effettuate considerando le due campagne di Bianco (B e BP) e le tre campagne estive E14, E15 ed E16.

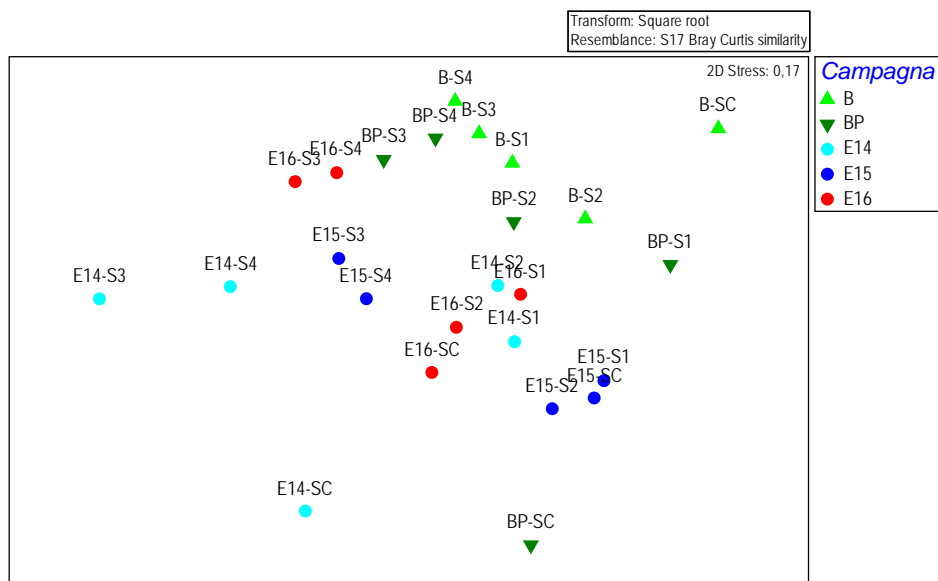


Figura 151 – Ordinamento n-MDS delle stazioni campionate con reti a strascico. Le analisi sono state effettuate considerando le due campagne di Bianco (B e BP) e le tre campagne estive E14, E15 ed E16.

Reti da posta

Il confronto tra le due campagne di Bianco (B ed BP), le campagne dell'anno 2014 (I14 ed E14), del 2015 (I15 ed E15) e del 2016 (I16 ed E16) effettuate con le reti da posta mostra un aumento del numero totale delle specie catturate nella campagna E 16 (**Tabella 85**).

Tabella 85 - Numero totale di specie catturate per campagna tramite reti da posta.								
Reti da posta	B	BP	I14	E14	I15	E15	I16	E16
Specie Totali (P1-P4+PC)	30	22	19	26	19	27	23	33
Specie comuni	40%	36%	21%	34%	21%	19%	35%	21%
Specie esclusive delle stazioni P1-P4	50%	59%	79%	58%	74%	52%	57%	73%
Specie esclusive della stazione PC	10%	5%	0%	8%	5%	30%	9%	6%

In questo survey si è registrato anche il numero più alto in assoluto di specie catturate nel corso di tutti i campionamenti fino ad ora effettuati. L'andamento altalenante del numero di specie osservato nel corso delle varie campagne va ricondotto alla dinamica stagionale dei popolamenti ittici che esibiscono una maggiore ricchezza specifica nel periodo estivo rispetto a quello invernale. Per quanto riguarda la composizione specifica, non si osservano differenze tra le stazioni poste in prossimità del terminale (P1-P4) e quella di controllo (PC), fatta eccezione per un incremento delle specie esclusive nel sito di controllo, registrato nel campionamento estivo E15 (30%) ed una percentuale più elevata di specie esclusive delle stazioni P1-P4 nella campagna E16 rispetto alle altre campagne estive.

Gli indici strutturali non mostrano, nel tempo, una sostanziale differenza tra le stazioni poste in prossimità del terminale (P1-P4) e la stazione di controllo PC. Fa eccezione la stazione P2 campionata nell'estate 2016 in cui il numero di specie (N), la ricchezza specifica (d) e la diversità specifica ($H' \log_e$) sono più elevati rispetto alle altre stazioni (**Figura 152**).

Nel complesso, gli indici S, N e d risultano più elevati nelle campagne estive (B, E14, E15 ed E16) rispetto a quelle invernali (I14, I15 e I16) fatto è dovuto alla maggiore ricchezza in specie e in numero degli organismi osservati nel periodo estivo. Va tenuto presente che un aspetto ricorrente della pesca con reti da posta è il basso numero sia di specie sia di esemplari catturati e soprattutto l'elevata variabilità dei rendimenti

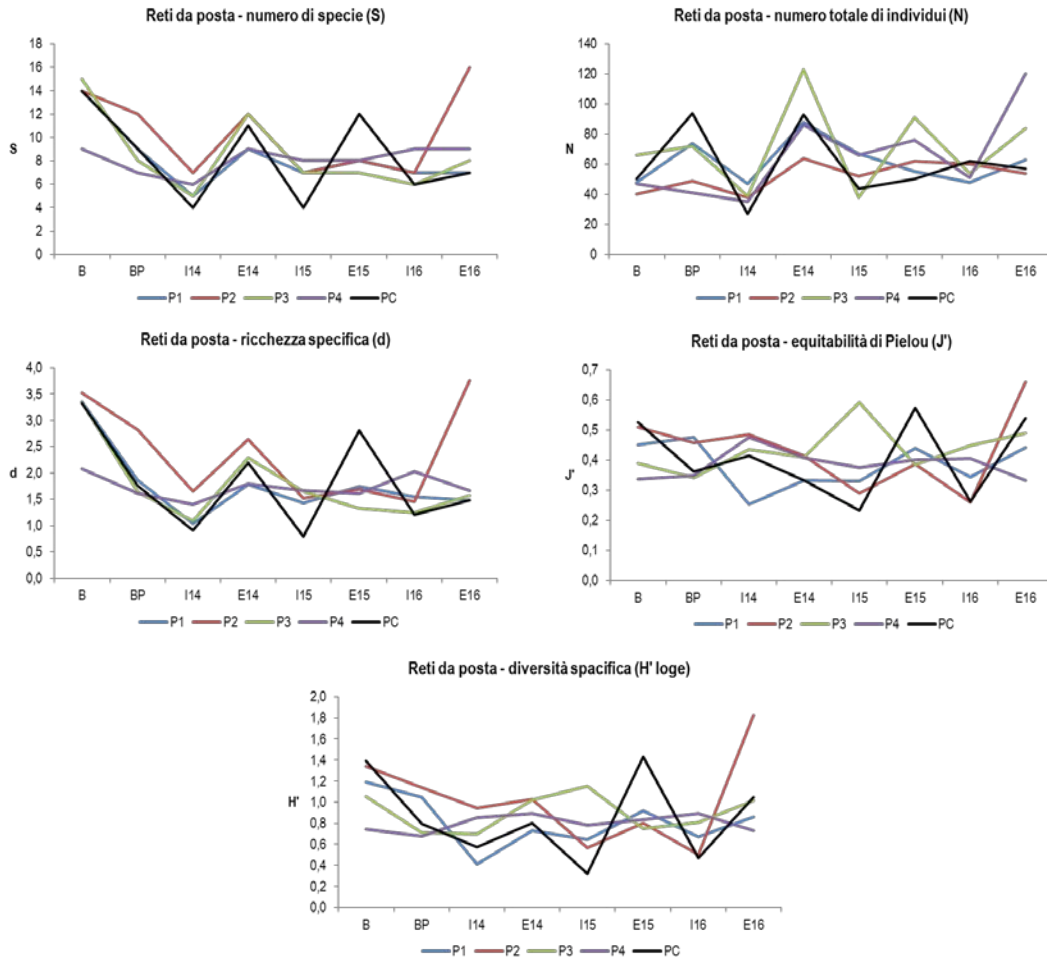


Figura 152 – Indici strutturali relativi ai popolamenti ittici catturati con reti da posta.

La **Figura 153** mostra il dendrogramma, mentre la **Figura 154** l'ordinamento n-MDS delle stazioni effettuate con le reti da posta, ottenuti sulla base della matrice di similarità di Bray Curtis. Dal dendrogramma si evince che i popolamenti sono simili al 45% circa. La medesima analisi consente anche di rilevare un effetto stagionale: la maggior parte delle stazioni delle tre campagne invernali (I14, I15 e I16) si differenziano, infatti, da quelle delle campagne estive. Nel piano di ordinamento dell'n-MDS non si evidenziano sostanziali differenze tra le stazioni poste in prossimità del terminale FSRU (P1-P4) e le stazioni di controllo (SC).

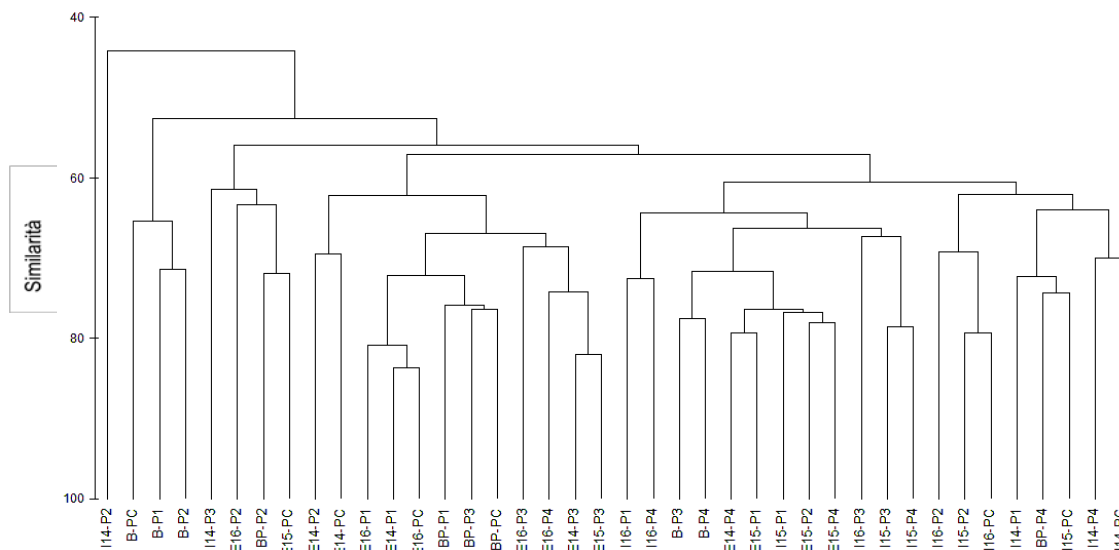


Figura 153 – Dendrogramma delle stazioni campionate con reti da posta. Le analisi sono state effettuate considerando le due campagne di Bianco (B e BP), le due campagne del 2014 (I14 ed E14), del 2015 (I15 ed E15) e del 2016 (I16 e E16) del periodo di monitoraggio “fase di esercizio”.

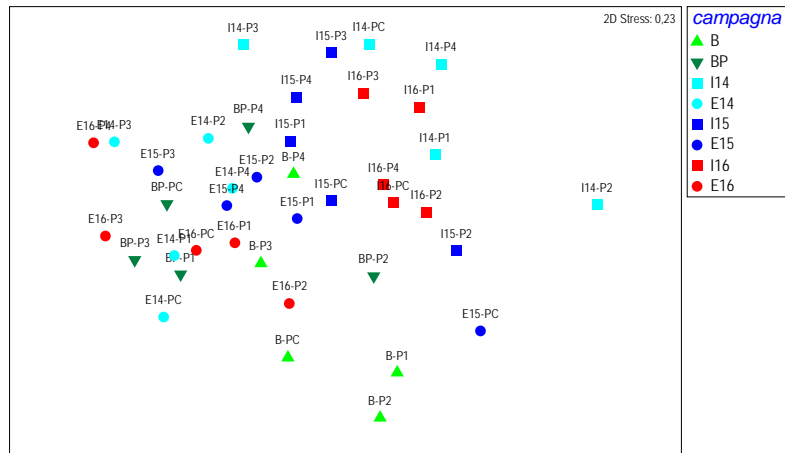


Figura 154 – Ordinamento n-MDS delle stazioni campionate con reti da posta. Le analisi sono state effettuate considerando le due campagne di Bianco (B e BP), le due campagne del 2014 (I14 ed E14), del 2015 (I15 ed E15) e del 2016 (I16 e E16) del periodo di monitoraggio “fase di esercizio”.

La Figura 155 e la Figura 156 mostrano rispettivamente il dendrogramma e l'ordinamento n-MDS ottenuti analizzando le due campagne di Bianco (B e BP) e le tre campagne estive E14, E15 ed E16 effettuate con le reti da posta. Non sono apprezzabili raggruppamenti, né tra stazioni di differenti campagne, né tra stazioni prossime al Terminale e controllo.

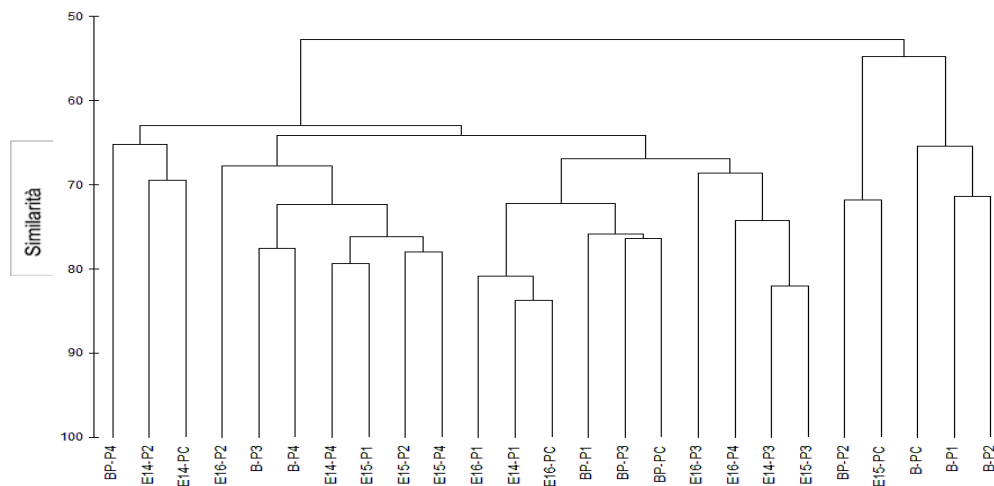


Figura 155 – Dendrogramma delle stazioni campionate con reti da posta. Le analisi sono state effettuate considerando le due campagne di Bianco (B e BP) e le tre campagne estive E14, E15 ed E16.

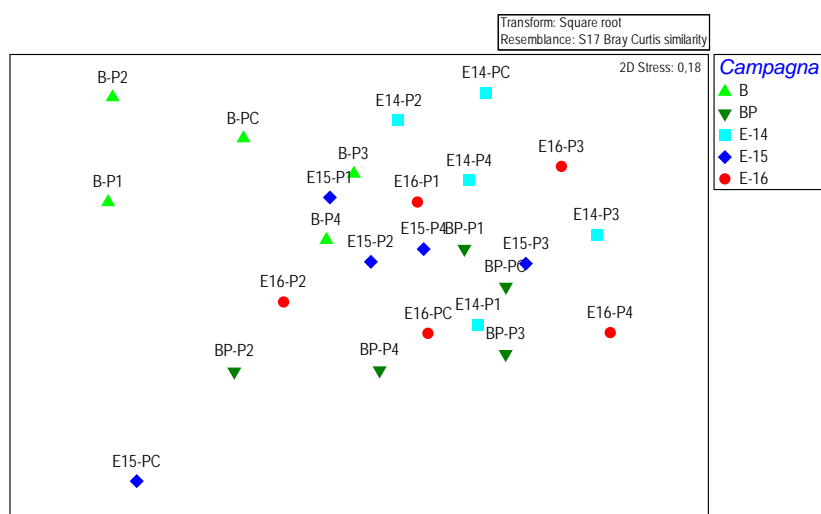


Figura 156 – Ordinamento MDS delle stazioni effettuate con reti da posta. Le analisi sono state effettuate considerando le due campagne di Bianco (B e BP) e le tre campagne estive E14, E15 ed E16.

7.3.6 Fauna ittica pelagica

Gli scarsi risultati ottenuti nello studio della fauna ittica pelagica sono da mettere in relazione con le caratteristiche di questo tipo di pesca e delle specie che si vanno a studiare. La concentrazione degli esemplari in genere è molto bassa ed organizzata in branchi che non hanno una distribuzione continua. L'impiego di reti più lunghe rispetto agli attuali 2000m utilizzati non risulta compatibile con la scala spaziale che si deve investigare.

7.3.7 Cetacei e tartarughe marine

L'area scelta per il posizionamento del Terminale FSRU Toscana ricade all'interno del Santuario Pelagos, istituito alla fine degli anni '90 e pienamente funzionante dal 2002. I dati di monitoraggio della presenza di cetacei e tartarughe nella zona coprono quindi gli ultimi 14 anni. Nella **Figura 157** sono riportati gli avvistamenti antecedenti alla campagna di Bianco condotta nell'estate 2012.

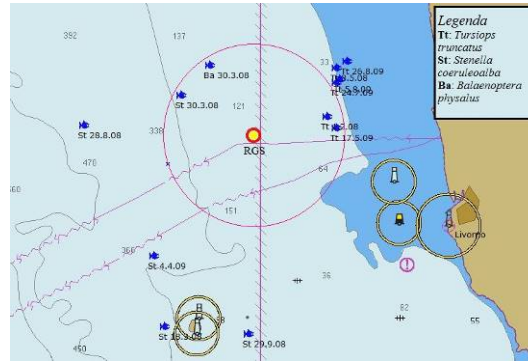


Figura 157 – Dati storici sulla presenza di cetacei risalenti agli anni 2000 antecedenti il monitoraggio ambientale del Terminale.

Nella campagna di Bianco (B) gli avvistamenti sono stati effettuati principalmente nelle zone Est e Sud all'interno delle 6 nm dal Terminale e Sud-Ovest all'esterno dell'area (**Figura 158**) destinata ad accogliere il Terminale.

Nel primo anno di monitoraggio della fase di esercizio (A13, I14, P14, E14) era stata segnalata una maggiore concentrazione di cetacei nelle zone a Nord e Nord-Est.

Nel secondo anno di monitoraggio (A14, I15, P15, E15) erano stati registrati tre avvistamenti: due di delfini della specie tursiope (*Tursiops truncatus*) a Nord-Est ed Est al limite e all'esterno dell'area di interdizione e uno di tartaruga comune (*Caretta caretta*) a circa 1nm a Nord dal Terminale (**Figura 159**). Nel terzo anno di monitoraggio (A15, I16, P16, E16) sono stati registrati avvistamenti nei settori N ed E; di questi, il 75% ricade all'interno dell'area di monitoraggio (ossia entro le 6 miglia nautiche dal Terminale), con un avvistamento in particolare a soli 200 m dal Terminale. Rispetto al secondo anno di monitoraggio è stato riscontrato un aumento considerevole degli incontri e del numero degli individui componenti i gruppi di delfini. Si sottolinea l'avvistamento di stenella striata (*Stenella coeruleoalba*) al limite interno dell'area di monitoraggio del settore posto a W del Terminale: per le caratteristiche pelagiche della specie, il settore W 6 nm dal Terminale rappresenta l'unica zona dell'area monitorata nella quale vi è la possibilità di incontro con questa specie, solitamente presente a batimetrie superiori a 200 m.

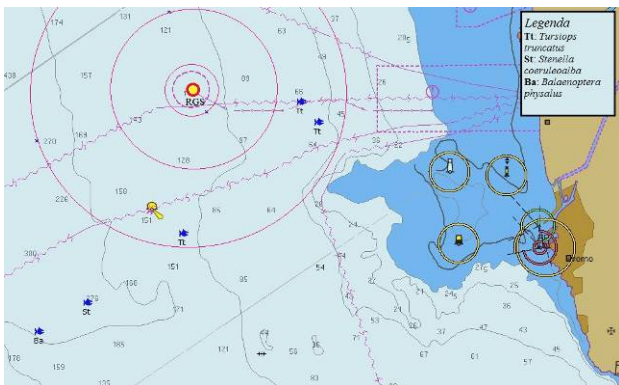


Figura 158 - Avvistamenti nella campagna di Bianco B.

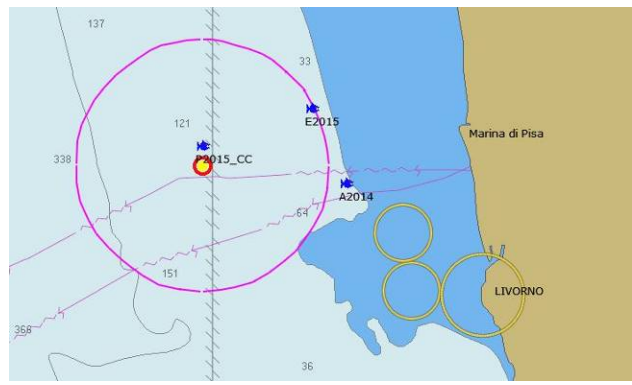


Figura 159 - Avvistamenti nel secondo anno di monitoraggio (A14, I15, P15, E15).

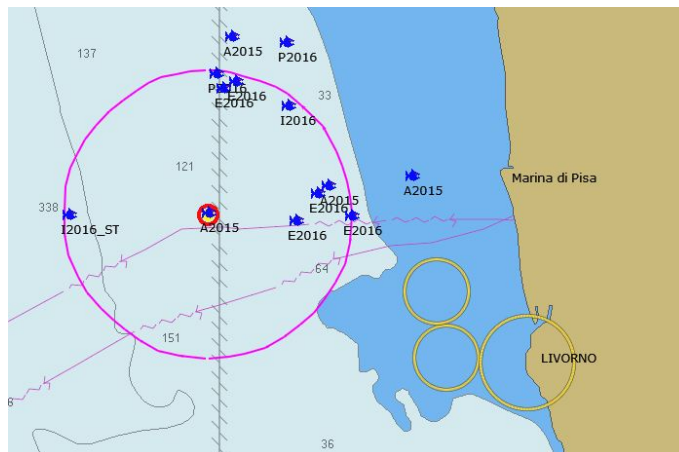


Figura 160 - Avvistamenti nel terzo anno di monitoraggio (A15, I16, P16, E16).

Come già emerso dal confronto tra i dati relativi al secondo anno e quelli precedenti, gli spostamenti dei delfini tursiopi appartenenti al Gruppo ALFA (gruppo di tursiopi stanziale dell'area compresa tra Viareggio e Marina di Pisa) avvengono in funzione della ricerca del cibo e della normale vita sociale. Alcuni di tali spostamenti sono il risultato di comportamenti appresi dai delfini nell'interazione con le attività di pesca sia a strascico che con reti fisse. Tali comportamenti possono rappresentare una facilitazione durante la ricerca del cibo (alimentazione opportunistica). La presenza del Terminale e della corrispondente area di interdizione alla navigazione e alla pesca influenza gli spostamenti dei tursiopi soprattutto durante il momento della caccia; questi comportamenti acquisiti durante la vita, per trasmissione delle informazioni madre, figlio e di branco, tendono quindi a subire piccole modifiche.

In conclusione, gli avvistamenti del terzo anno di monitoraggio (Figura 160) risultano incrementati rispetto al secondo anno, presumibilmente in relazione al comportamento opportunistico degli animali che seguono i movimenti dei pescherecci. Infatti il 70% degli avvistamenti riguarda tursiopi che seguono lo strascico dei pescherecci.

La presenza di tartarughe nell'area risulta di difficile valutazione per il comportamento dell'animale, che ha apnee molto prolungate intervallate da brevi riemersioni. I dati in nostro possesso non ci permettono ancora di esprimere pareri in merito.

7.4 INDAGINI GENERALI

7.4.1 Misura del rumore

Per uniformità con le precedenti relazioni annuali, sono stati selezionati i dati acquisiti in ognuna delle quattro campagne di indagine del terzo anno di monitoraggio (A15, I16, P16, E16) nelle stazioni di misura a 100 m e a 1000 m dal punto del Terminale, alla profondità di 55 m sulla direttrice Est. Le misure sono state confrontate con quelle di "Bianco" condotte nell'estate 2012 (B). I punti più prossimi al Terminale sono stati scelti per avere livelli di segnale più significativi. I grafici descrivono il livello di rumore mediante la funzione di densità spettrale di potenza (PSD) nel dominio delle frequenze, con rappresentazione dei dati in terzi d'ottava che è ritenuta più adeguata per un confronto di sintesi. I confronti sono mostrati nelle figure seguenti.

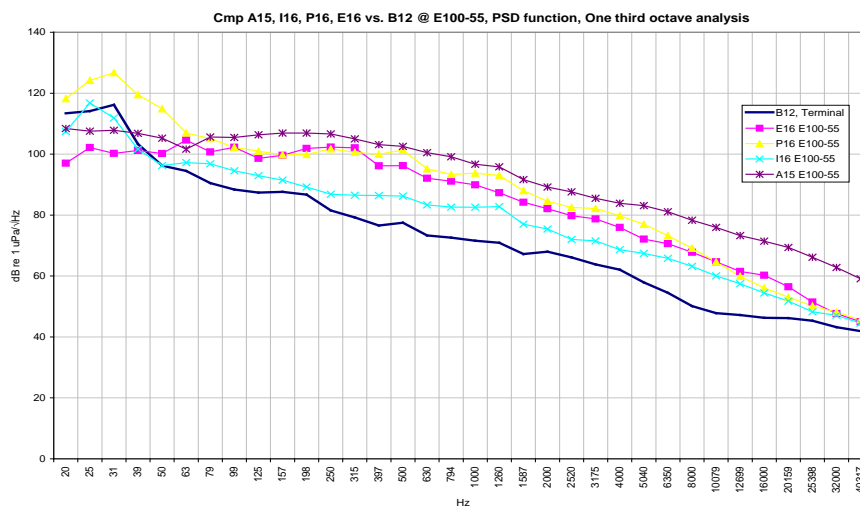


Figura 161 - Confronto dei dati delle ultime 4 campagne (A15, I16, P16, E16) con i dati di Bianco nella stazione E100 a 55 m di profondità.

Dal confronto delle curve **Figura 161** si evince che nella stazione E100 gli andamenti risultano simili durante tutto l'anno: si osserva un generale innalzamento di livello di rumore rispetto a quello del Bianco in tutta la banda tra 50 Hz e 32 kHz confermando quanto osservato nei precedenti confronti annuali. Come già sottolineato, questo non significa necessariamente che il Terminale emetta rumore in tutta la banda da 60 Hz a 32 kHz, poiché si deve tenere conto della presenza di imbarcazioni e del passaggio di navi che influenzano maggiormente i valori di rumore soprattutto nella banda inferiore a 1000, 2000 Hz. Nel caso di barche veloci di piccole dimensioni si può arrivare fino a 5000 Hz. L'impossibilità di effettuare una misura del rumore emesso dal Terminale senza il contributo di altre sorgenti è evidenziata anche dalla significativa variabilità presente nelle varie campagne. L'innalzamento rispetto ai valori del Bianco (B) varia in frequenza ed è massimo nella campagna A15 con un valore di circa 28 dB intorno ai 10 kHz e minimo nella campagna I15 con un aumento di 12 db rispetto al Bianco. Nel confronto dell'anno precedente (da A14 a E15) era stato misurato un aumento di 15 dB rispetto a B12 per la stessa frequenza.

I dati del terzo anno di monitoraggio confermano la medesima frequenza alla quale il divario rispetto a B è più elevato.

La stessa variabilità si riscontra nella **Figura 162** dove è possibile confrontare i livelli misurati nella stazione E1K nelle quattro campagne (A15, I16, P16, E16) con il Bianco(B). La banda al di sotto dei 5000 Hz, nella quale sono maggiormente presenti i contributi di rumore provenienti da vari tipi di imbarcazione, presenta una discreta variabilità fra le campagne, ma per le frequenze superiori i livelli tendono a uniformarsi a quanto misurato nella campagna di Bianco.

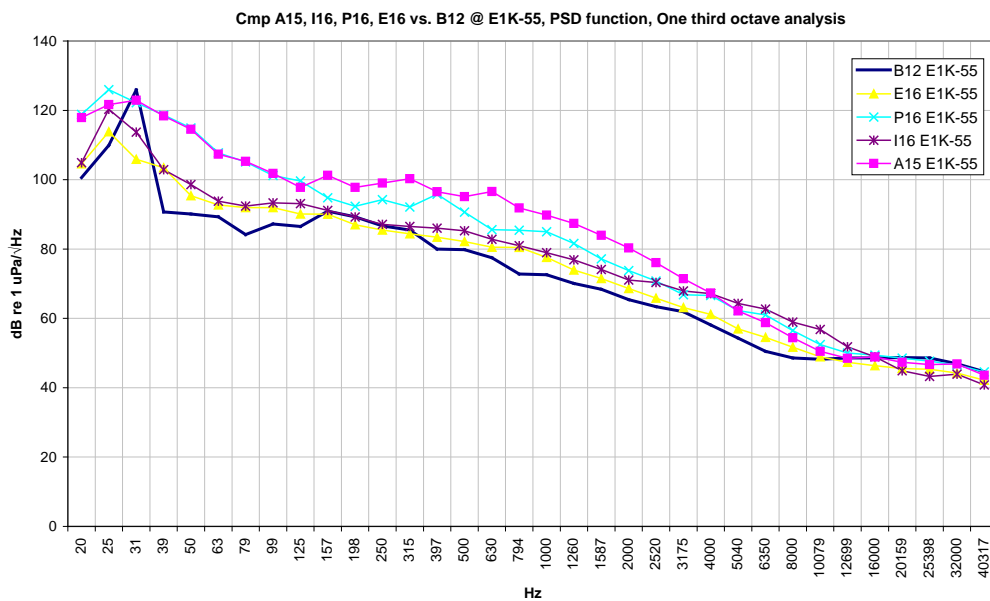


Figura 162 - Confronto dei dati delle ultime 4 campagne (15, I16, P16, E16) con i dati di "Bianco" (B) nella stazione E1K a 55 m di profondità.

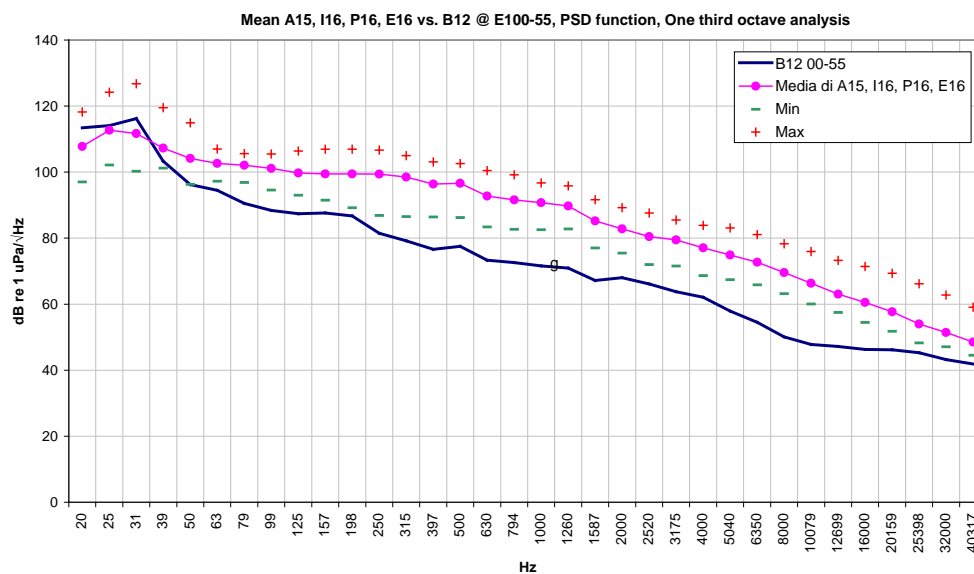


Figura 163 - Valori medi misurati nelle campagne A15, I16, P16, E16 in E100, 55, minimi e massimi, e confronto con il Bianco.

Tali considerazioni sono confermate dai dati riportati in **Figura 163** e **Figura 164** dove sono rappresentate le curve con il valore medio delle campagne A15, I16, P16, E16.

Nelle figure seguenti (**Figura 164**, **Figura 165**) vengono confrontati i valori medi acquisiti nel terzo anno di monitoraggio nelle due stazioni (E100 e E1K) con i quelli del Bianco.

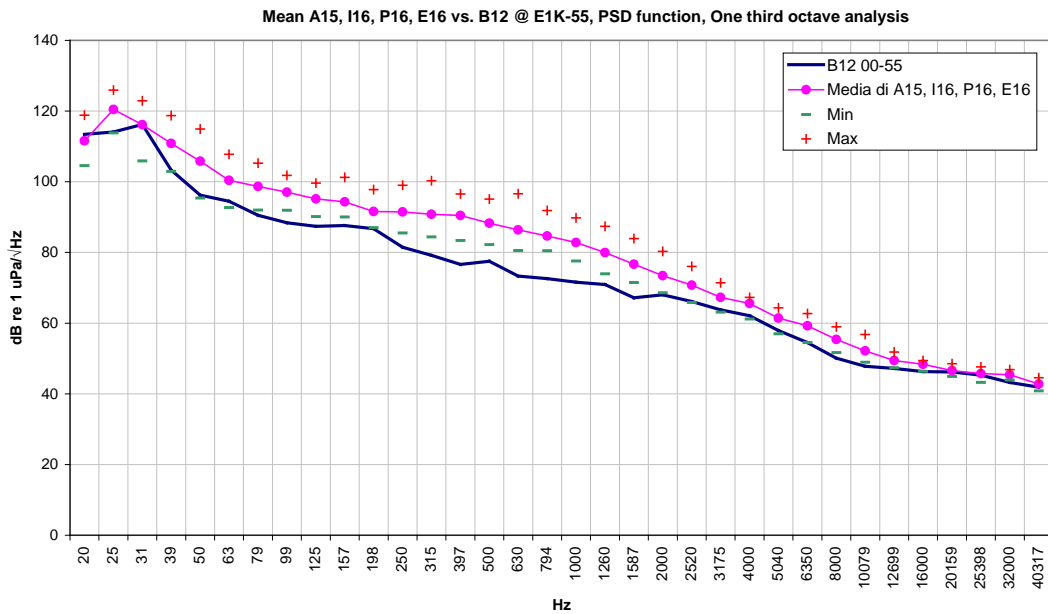


Figura 164 - Valori medi, minimi e massimi, misurati nelle campagne A15, I16, P16, E16 in E1K, 55 e confronto con il Bianco.

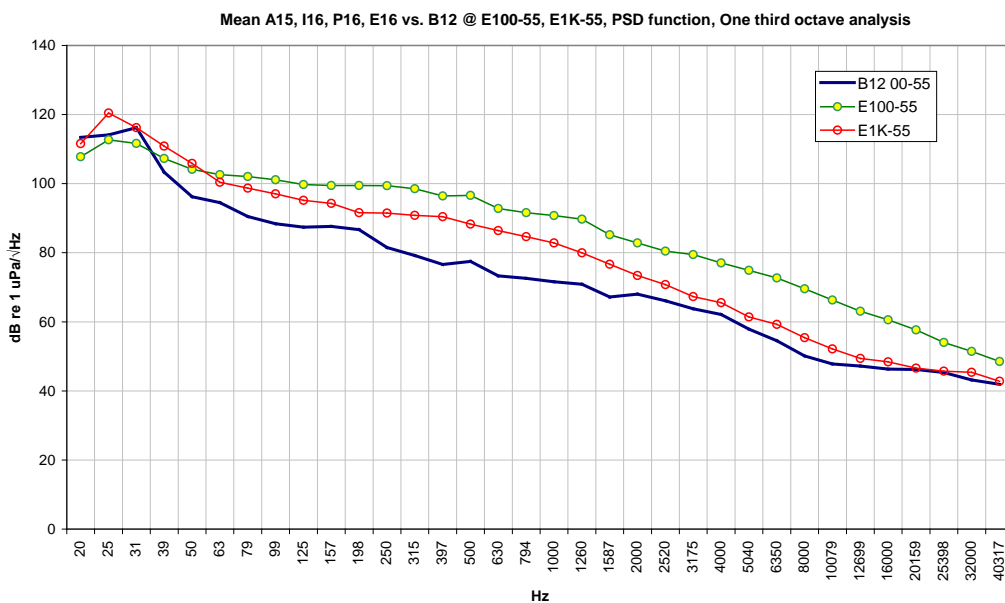


Figura 165 - Valori medi misurati nelle ultime quattro campagne (A15, I16, P16, E16) in E100 e E1K, 55 e confronto con il Bianco.

Concentrandosi sulle frequenze al di sopra dei 5000 Hz, non influenzate dalla presenza di imbarcazioni, si osserva che l'andamento dei valori della stazione E1K tende ad allinearsi con quelli del Bianco, mantenendosi, tuttavia, a livelli più alti. In particolare, nella banda da 5000 a 12000 Hz si verifica una diminuzione di livelli fra le stazioni a diversa distanza dal Terminale e rispetto alla curva di Bianco compatibile con la Trasmission Loss presente in quell'area. I dati, pertanto, confermano quanto emerso dalle analisi delle singole campagne, ossia che il Terminale emette rumore prevalentemente nella banda suddetta.

Il calo di livelli causato dalla Trasmission Loss al crescere della distanza dalla sorgente di rumore è stato confermato dalle simulazioni realizzate per ogni campagna nelle diverse condizioni ambientali di propagazione acustica. Tali simulazioni hanno individuato la frequenza di 12kHz come rappresentativa dell'intera banda interessata. Prendendo tale frequenza come la più significativa nella banda di interesse, il valore medio di rumore a 100 m dal Terminale, per tutte le campagne, è circa 63 dB re 1uPa/√Hz. Considerando, per ciascuna campagna, i risultati delle simulazioni ottenute con il modello acustico Bellhop nelle stazioni a 100 m, si ottiene sempre una Trasmission Loss tra 38 e

40 dB a 55 m di profondità, a 100 m di distanza dal Terminale. In ogni campagna le simulazioni tengono conto dell'effettivo profilo di velocità del suono in funzione delle condizioni ambientali realmente verificate durante le misure.

Misurando, quindi, un livello di rumore di 63 dB re 1uPa/√Hz a 12 kHz per le stazioni a 100 m ed una caduta di segnale di 38/40 dB su 100 m, si può dedurre che il Source Level medio di emissione da parte del Terminale sia tra i 101 e i 103 dB re 1uPa @ 1m. Questo valore medio è molto vicino, a quello stimato nei confronti annuali precedenti (97-100 dB nella media delle campagne A13, I14, P14, E14, e 95-96 dB nella media delle campagne A14, I15, P15, E15).

Le Linee Guida per lo studio e la regolamentazione del rumore di origine antropica in mare e nelle acque interne, Parte II" (ISPRA Borsani, Farchi, 2011) definiscono i valori soglia per rumori di natura sia impulsiva sia continua, in grado di provocare risposte comportamentali, danni temporanei o permanenti ai cetacei. Nel nostro caso di studio occorre riferirsi alla tipologia di rumore non impulsivo per il quale la tabella riporta valori soglia di 110 dB in grado di provocare prime risposte comportamenti nei "cetacei a media frequenza" quali quelli presenti nell'area. Il livello di emissione medio del Terminale intorno ai 101-103 dB rimane quindi al di sotto del valore soglia.

Il documento di "Valutazione previsionale di impatto acustico subacqueo" redatto nella fase progettuale prevedeva un valore stimato per eccesso fortemente cautelativo con una pressione acustica stimata di 148 dB re 1uPa @ 1 m, mentre i livelli misurati, ascrivibili all'attività del Terminale, sono dell'ordine dei 103 dB re 1uPa @ 1m. I livelli di rumore del Terminale in esercizio misurati sperimentalmente appaiono quindi notevolmente inferiori a quanto ipotizzato nell'analisi di progetto. Le misure di rumore ambientale di fondo eseguite per lo studio preliminare (pag. 37 e succ.) riportano valori ben confrontabili con quelli rilevati nella successiva campagna di Bianco.

Si conferma, inoltre, un'elevata variabilità alle basse frequenze dovuta al traffico marittimo.

8 CONCLUSIONI

Il presente documento si riferisce allo studio dei potenziali impatti prodotti dal Terminale "FSRU Toscana" sull'ambiente marino circostante. Lo studio è stato condotto con un approccio multidisciplinare prendendo in considerazione sia il comparto biotico sia quello abiotico relativi alla colonna d'acqua e ai sedimenti ed è stato redatto sulla base del Piano di Monitoraggio dell'Ambiente Marino predisposto da CIBM su incarico di OLT, in accordo con ISPRA (ex ICRAM), sulla base del quadro di riferimento progettuale e delle indicazioni contenute nelle prescrizioni n. 26 del Decreto VIA e n.7 del Provvedimento MATTM DVA-2010-0025280 del 20/10/10. In particolare, la Prescrizione n°7 del Provvedimento del MATTM integrava quanto previsto nel primo Decreto VIA, come di seguito riportato:

"In accordo con ISPRA e con costi a carico del proponente, dovranno essere definiti ed attuati, prima dell'arrivo della nave-terminale (per definire l'ante operam) e durante tutto il periodo di funzionamento del terminale, i seguenti monitoraggi in mare con cadenza almeno trimestrale:

- a. misura delle componenti chimico-fisiche-biotiche su 4 punti a distanza di 100 m da terminale ad intervalli regolari su tutta la colonna d'acqua;*
- b. verifica delle biocenosi esistenti sul fondo del mare lungo due transetti ortogonali fino ad una distanza di almeno 200 m dal terminale e monitoraggio della loro evoluzione nel tempo;*
- c. misura del rumore in acqua su due profili perpendicolari dalla distanza di 100 m fino a una distanza di 5 km dal terminale sia durante il funzionamento normale che durante i periodi di massima rumorosità al fine di verificare quanto affermato nello studio ambientale preliminare;*
- d. verifica visiva della presenza/passaggio di cetacei fino ad una distanza di almeno un miglio dal terminale; verifica della presenza di cetacei tramite idrofoni posti su due transetti ortogonali a 5 e 10 km dal terminale;*
- e. verifica dell'eventuale risospensione dei sedimenti di fondo nei periodi considerati critici a causa del getto di acqua di riscaldamento emesso dalla nave."*

(omissis)

Di seguito è riportata la sintesi dei risultati ottenuti dal confronto interannuale tra l'estate 2014 (E14), l'estate 2015 (E16) e il "Bianco" (B) condotto nell'estate 2012 con riferimento ai punti a-e della Prescrizione n. 7. Si precisa che per eliminare l'effetto stagionalità i dati del Bianco sono stati confrontati unitamente a quelli dei periodi estivi.

Inoltre al fine di effettuare un confronto completo interstagionale ed annuale, sono stati confrontati i dati ottenuti nelle varie stagioni (Autunno, Inverno, Primavera ed Estate) del primo e secondo anno di esercizio.

Risposte ai punti a-e della Prescrizione 7

Lo studio ha consentito di rispondere puntualmente a quanto richiesto dalla suddetta prescrizione, come meglio specificato di seguito:

- a. Non sono state rilevate variazioni spaziale e/o temporali delle componenti chimico-fisiche-biotiche riconducibili alla presenza dell'FSRU.
- b. Le biocenosi non mostrano nel tempo sostanziali cambiamenti e i popolamenti che le costituiscono esibiscono cambiamenti relazionabili alla naturale dinamica temporale e non dipendenti dalla presenza del Terminale.
- c. I livelli di rumore dell'FSRU in fase di esercizio misurati in campo hanno esibito, nel tempo, valori medi annuali compresi tra 95 e 103dB re 1µPa@ 1m, ossia ampiamente inferiori a 148 dB re 1µPa@ 1m valore riportato nel documento di "Valutazione previsionale di impatto acustico subacqueo" redatto durante la fase progettuale.
- d. Nella fase di esercizio, complessivamente, si sono ridotti gli avvistamenti rispetto alla campagna di Bianco. A tale proposito si sottolinea che la presenza dei pescatori rappresenta un forte richiamo per i mammiferi marini. Intorno all'FSRU la pesca è interdetta e pertanto la riduzione di presenze dei cetacei è presumibilmente correlabile a tale interdizione.
- e. I dati di torbidità lungo il profilo di colonna d'acqua (0-120 metri) evidenziano che non avvengono cambiamenti relazionabili a fenomeni di risospensione dei sedimenti di fondo causati dal getto di acqua di rigassificazione dello scarico principale. Infatti, in prossimità del fondo non si verificano anomali incrementi di torbidità, come tipicamente accade nei casi in cui si verificano fenomeni di risospensione di sedimenti.

CONCLUSIONE GENERALE

I risultati delle Campagne oggetto della presente Relazione, permettono di asserire che non si sono verificate durante i primi tre anni di esercizio del Terminale, situazioni di rischio per la flora e la fauna marina.

9 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Bonaglia S., Nascimento F. J. A., Bartoli M., Klawonn I., Brüchert V. 2014. Meiofauna increases bacterial denitrification in marine sediments. *Nat. Commun.* 5: 5133. doi:10.1038/ncomms6133.
- Carman K. R., Fleeger J. W., Means J. C., Pomarico S., McMillin D. J. 1995. Experimental investigation of the effects of polynuclear aromatic hydrocarbons on an estuarine sediment food web. *Mar. Environ. Res.* 40: 289-318.
- Clarke K. R., Warwick R. M. 2001. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation, 2nd edition, Primer-E, Plymouth, UK.
- Clarke K. R., Gorley R. N. 2006. PRIMER v.6: User Manual/Tutorial. Primer-E, Plymouth, UK.
- Curini-Galletti M., Artois T., Delogu V., De Smet W. H., Fontaneto D., Jondelius U., Leasi F., Martinez A., Meyer-Wachsmuth I., Nilsson K. S., Tongiorgi P., Worsaae K., Todaro M. A. 2012. Patterns of Diversity in Soft-Bodied Meiofauna: Dispersal Ability and Body Size Matter. *PLoS ONE* 7, e33801. doi:10.1371/journal.pone.0033801.
- Danovaro R., Gambi C., Mirto S., Sandulli R., Ceccherelli V. U. 2003. Meiofauna. In: Gambi M. C., Dappiano M., (eds), Manuale di metodologie di campionamento e studio del benthos marino mediterraneo. *Biol. Mar. Medit.* 10 (suppl.): 61-108.
- Giere O. 2009. Meiobenthology. The Microscopic Motile Fauna of Aquatic Sediments, pp.1-328. Springer-Verlag, Berlin.
- Meadows A. S., Ingels J., Widdicombe S., Hale H., Rundle S. D. 2015. Effects of elevated CO₂ and temperature on an intertidal meiobenthic community. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 469: 44-56.
- Pfannkuche O., Thiel H. 1988. Sampling processing. In: R. P. Higgins & H. Thiel (eds), Introduction to the Study of Meiofauna. Smithsonian Institution Press, Washington D.C. pp. 134-145.
- Salvini-Plawen L. von. 1977. Caudofoveata (Mollusca), Priapulida und apode Holothurien (*Labidoplax*, *Myriotrochus*) bei Banyuls und im Mittelmeer allgemein. *Vie Milieu* 27: 55-81.
- Semprucci F., Frontalini F., Sbrocca C., du Chatelet E. A., Bout-Roumazelles V., Coccioni R., Balsamo M. 2015. Meiobenthos and free-living nematodes as tools for biomonitoring environments affected by riverine impact. *Environ. Monit. Assess.* 187, doi: 10.1007/s10661-015-4493-7.
- Todaro M. A., Virno-Lamberti C., Pulcini M., Pellegrini D., De Ranieri S. 2001. Monitoring of a dredged material disposal site: evidence of rapid meiofaunal recolonization of the dumped sediments. *Biol. Mar. Medit.* 8: 1-10.
- Todaro M. A., Virno-Lamberti C., Pulcini M., Pellegrini D., De Ranieri S. 2002. Meiofauna of a dredging disposal site. *Biol. Mar. Medit.* 9: 647-650.
- Warwick R. M., Platt H. M., Clarke K. R., Agard J., Gobin J. 1990. Analysis of macrobenthic and meiobenthic community structure in relation to pollution and disturbance in Hamilton Harbour, Bermuda. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 138: 119-142.
- Zeppilli D., Sarrazin J., Leduc D., Martinez-Arbizu P., Fontaneto D., Fontanier C., Gooday A.J., Kristensen R. M., Ivanenko V. N., Sørensen M. V., Vanreusel A., Thébault J., Mea M., Allio N., Andro T., Arvigo A., Castrec J., Danielo M., Foulon V., Fumeron R., Hermabessiere L., Hulot V., James T., Langonne-Augen R., Le Bot T., Long M., Mahabror D., Morel Q., Pantalos M., Pouplard E., Raimondeau L., Rio-Cabello A., Seite S., Traisnel G., Urvoy K., Van Der Stegen T., Weyand M., Fernandes D. 2015. Is the meiofauna a good indicator for climate change and anthropogenic impacts? *Mar. Biodiv.* doi10.1007/s12526-015-0359-z.