



OLT OFFSHORE LNG TOSCANA SpA



Piano di monitoraggio dell'ambiente marino

IV rapporto annuale

Autunno 2016 (A16)
 Inverno 2017 (I17)
 Primavera 2017 (P17)
 Estate 2017 (E17)

Volume II

Rev. 2	11.04.18	Emissione definitiva			
Rev. 1	12.03.18	Emissione per commenti committente			
Rev. 0	18.01.18	Emissione per commenti committente			
Rev	Data	Descrizione della revisione	Preparato da	Verificato da	Approvato da



OLT OFFSHORE LNG TOSCANA SpA

Piano di monitoraggio dell'ambiente marino

IV rapporto annuale

Autunno 2016 (A16)
 Inverno 2017 (I17)
 Primavera 2017 (P17)
 Estate 2017 (E17)

Volume II

Rev. 2	11.04.18	Emissione definitiva	AMDB	GBP	CP
Rev. 1	12.03.18	Emissione per commenti committente	AMDB	GBP	CP
Rev. 0	18.01.18	Emissione per commenti committente	AMDB	GBP	CP
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 tricornutum</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 2016	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 2017	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 2017.....	15
5.1	COLONNA D'ACQUA.....	15
5.1.1	Profili idrologici	15
	Misure di irradianza e irradianza spettrale	16
5.1.2	Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	17
	Nutrienti inorganici disciolti	17
	Solidi sospesi (Total Suspended Matter).....	19
	Sostanza Organica Disciolta Cromoforica (CDOM).....	20
	Clorofilla a e diversità pigmentaria.....	20
	Tensioattivi	23
	Idrocarburi totali.....	25
	Analisi microbiologiche	25
5.1.3	Plancton.....	26
	Analisi quantitativa e qualitativa del fitoplancton da bottiglia	26
	Analisi qualitativa del fitoplancton da retino	29
	Meroplancton	33
	Ittioplancton	34
5.2	BIOTA.....	34
5.2.1	Macrozoobenthos	34
5.2.2	Bioaccumulo	38
	Metalli	38
	Idrocarburi totali.....	38
	IPA e composti organo stannici	38
	Cloroderivati	39
	Analisi microbiologiche	39
5.2.3	Biomarkers	39
	Neutral Red Retention Time (NRRT)	39
	Comet assay	39
	Analisi istologia del tessuto branchiale	40
5.2.4	Cetacei e tartarughe marine	41
5.3	INDAGINI GENERALI	41
5.3.1	Misura del rumore.....	41

	Risultati delle misure sperimentali	41
	Selezione di simulazioni significative e confronto con i dati reali	46
	5.3.2 Bioacustica	47
6	RISULTATI SURVEY ESTATE 2017	48
6.1	COLONNA D'ACQUA	48
6.1.1	Profili idrologici	48
	Misure di irradianza e irradianza spettrale	49
6.1.1	Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	50
	Nutrienti inorganici disciolti	50
	Solidi sospesi (Total Suspended Matter)	51
	Sostanza organica disciolta cromofora (CDOM)	52
	Clorofilla a (Chl a) e diversità pigmentaria	54
	Tensioattivi	56
	Cloroderivati	56
	Idrocarburi totali	58
	Analisi microbiologiche	58
6.1.2	Saggi eco tossicologici su campioni di acqua	58
	Vibrio fischeri	58
	Pheodactylum tricornutum	59
	Dicentrarchus labrax	59
	Paracentrotus lividus	60
6.1.3	Plancton	61
	Analisi quantitativa e qualitativa del fitoplancton da bottiglia	61
	Analisi qualitativa di fitoplancton da retino	64
	Oloplancton	67
	Ittioplancton	70
6.2	SEDIMENTI	71
6.2.1	Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	71
	Analisi granulometrica	71
	Metalli	71
	Composti organici	71
	Cloroderivati	72
	Analisi microbiologiche	73
6.2.2	Saggi eco tossicologici su campioni di sedimento	73
	Paracentrotus lividus	73
	Corophium orientale	74
	Vibrio fischeri	75
6.3	BIOTA	75
6.3.1	Macrozoobenthos	75
6.3.2	Meiobenthos	78
6.3.3	Bioaccumulo	86
	Metalli	86
	Idrocarburi totali	87
	Cloroderivati	88
	Analisi microbiologiche	88
6.3.4	Biomarkers	88
	Neutral Red Retention Time (NRRT)	88
6.3.5	Fauna ittica bentonectonica	90
6.3.6	Fauna ittica pelagica	101
6.3.7	Cetacei e tartarughe marine	101
6.4	INDAGINI GENERALI	101
6.4.1	Misura del rumore	101
6.4.2	Bioacustica	106
7	CONFRONTO INTERSTAGIONALE E CON LA CAMPAGNA DI BIANCO	107

7.1	COLONNA D'ACQUA.....	107
7.1.1	Profili idrologici	107
	Metodi di elaborazione dati.....	107
	Risultati.....	107
7.1.2	Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	112
	Metodi di elaborazione dati.....	112
	Risultati.....	112
	Misure di irradianza e irradianza spettrale.....	112
	Clorofilla e diversità pigmentaria.....	114
	Tensioattivi, cloroderivati e analisi microbiologiche	115
7.1.3	Saggi ecotossicologici su campioni di acqua	115
	Metodi di elaborazione dati.....	115
	Risultati.....	115
7.1.4	Plancton.....	115
	Metodi di elaborazione dati.....	115
	Risultati.....	116
	Metodi di elaborazione dati.....	118
	Risultati.....	118
7.2	SEDIMENTI.....	119
7.2.1	Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	119
	Metodi di elaborazione dati.....	119
	Risultati.....	119
7.2.2	Saggi ecotossicologici su campioni di sedimento.....	120
7.3	BIOTA.....	121
7.3.1	Macrozoobenthos	121
	Metodi di elaborazione dati.....	121
	Risultati.....	122
7.3.2	Meiobenthos	124
	Metodi di elaborazione dati.....	124
	Risultati.....	125
7.3.3	Bioaccumulo	126
7.3.4	Biomarkers	126
	Metodi di elaborazione dati.....	126
	Risultati.....	127
7.3.5	Fauna ittica bentonectonica.....	128
	Metodi di elaborazione dati.....	128
	Risultati.....	128
7.3.6	Fauna ittica pelagica.....	135
7.3.7	Cetacei e tartarughe marine	135
7.4	INDAGINI GENERALI	136
7.4.1	Misura del rumore.....	136
8	CONCLUSIONI.....	139
9	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	141

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 – Profili di temperatura (°C), salinità (ppt), pH e torbidità (NTU); survey primavera 2017.	15
Figura 2 – Profili di ossigeno disciolto (% saturazione), clorofilla (µg/l), e potenziale di ossidoriduzione (mV); survey primavera 2017.	16
Figura 3 - Profilo del rapporto fra l'irradianza quantica PAR (Photosynthetic Available Radiation) disponibile alle varie profondità con quella contemporanea in superficie, PAR (0 m), nelle stazioni P17 MG7 e P17 MG10.	16
Figura 4 - 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 d'onda dove si colloca (λ_{max}).	17
Figura 5 - Profili delle concentrazioni dei nutrienti inorganici disciolti: NO ₂ (nitriti), NO ₃ (nitrati), PO ₄ (fosfati), SiO ₂ (silicati).	17
Figura 6 - Profili delle concentrazioni dei solidi sospesi (TSM) e delle concentrazioni di particolato organico (POM).	19
Figura 7 - Profili degli assorbimenti della CDOM a 325 nm ($a_{CDOM(325)}$) nelle diverse stazioni.	20
Figura 8 - Profili della concentrazione di clorofilla <i>a</i> tot, alle diverse stazioni.	20
Figura 9 - 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).	23
Figura 10 - Profili verticali delle densità fitoplanctoniche totali (cell/ml) nelle diverse stazioni.	26
Figura 11 - Abbondanza relativa delle classi fitoplanctoniche indicate in legenda nelle diverse stazioni.	27
Figura 12 - Ripartizione dell'abbondanza totale e del numero di specie tra i principali taxa rinvenuti. Altro=nemertini.	36
Figura 13 - Abbondanza totale e contributo percentuale cumulativo delle specie dominanti.	36
Figura 14 - Risultati della cluster analysis (group average) in alto e piano di ordinamento ottenuto dal n-MDS, in basso. La matrice triangolare di similarità è stata ottenuta tramite l'indice di Bray-Curtis.	37
Figura 15 - 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 16 - Valutazione del grado di integrità del DNA mediante Comet assay. Valori elevati della percentuale di DNA migrato corrispondono ad una maggiore entità del danno.	40
Figura 17 - 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.	40
Figura 18 – Rotte effettuate per il monitoraggio visivo, acustico e bioacustico nella primavera 2017 (P17) con i punti di avvistamento.	41
Figura 19 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N100 a 55 m di profondità.	41
Figura 20 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto E100 a 55 m di profondità.	42
Figura 21- PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S100 a 55 m di profondità.	42
Figura 22 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto W100 a 55 m di profondità.	42
Figura 23 - Confronto dei livelli in terzi d'ottava misurati a distanza di 100 m a 55m di profondità.	43
Figura 24 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N1K a 55m di profondità.	43
Figura 25 - Confronto dei livelli in terzi d'ottava misurati a distanza di 1.000m a 55m di profondità.	43
Figura 26 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N10k a 55m di profondità.	44
Figura 27 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto E10k a 55m di profondità.	44
Figura 28 - Confronto dei livelli in terzi d'ottava misurati a distanza di 10 Km a 55m di profondità.	45
Figura 29 - Confronto dei livelli in terzi d'ottava misurati a 55m di profondità lungo la direzione Nord.	45
Figura 30 - Profili di velocità del suono misurati con CTD a differenti stazioni durante la campagna P17.	46
Figura 31 - Simulazione della Transmission Loss TL alla frequenza di 12 kHz.	46
Figura 32 - Trasmission Loss prevista dal modello in funzione della distanza alla profondità di 55m.	47
Figura 33 – Profili di temperatura (°C), salinità (ppt), pH e torbidità (NTU); survey estate 2017.	48
Figura 34 – Profili di ossigeno disciolto (% saturazione), clorofilla (µg/l), e potenziale di ossidoriduzione (mV); survey estate 2017.	49
Figura 35 - 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 E17 MG7 e E17 MG10.	50
Figura 36 - 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}).	50
Figura 37 - Profili delle concentrazioni dei nutrienti inorganici disciolti: NO ₂ (nitriti), NO ₃ (nitrati), PO ₄ (fosfati), SiO ₂ (silicati).	51
Figura 38 - Profili delle concentrazioni dei solidi sospesi (TSM) e delle concentrazioni di particolato organico (POM) nelle diverse stazioni.	52
Figura 39 – Profili degli assorbimenti della CDOM a 325 nm ($a_{CDOM(325)}$) nelle diverse stazioni.	53
Figura 40 - - Profili della concentrazione di clorofilla <i>a</i> tot, alle diverse stazioni.	53
Figura 41 – 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).	55
Figura 42 - Profili verticali delle densità fitoplanctoniche totali (cell L ⁻¹ 10 ³) nelle diverse stazioni	62
Figura 43 – Abbondanza relativa delle classi fitoplanctoniche indicate in legenda nelle diverse stazioni (da bottiglia).	63
Figura 44 - Ripartizione dell'abbondanza totale e del numero di specie tra i principali taxa rinvenuti. Altro=nemertini.	76
Figura 45 - Abbondanza totale e contributo percentuale cumulativo delle specie dominanti.	77
Figura 46 - Risultati della cluster analysis (group average) in alto e piano di ordinamento ottenuto dal n-MDS, in basso. La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Bray-Curtis.	78
Figura 47 - Stazione E17 MG1. Densità media ± 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).	79
Figura 48 - Stazione E17 MG2. Densità media ± 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 49 - Stazione E17 MG4. Densità media ± 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 50 - Stazione E17 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 51 - Stazione E17 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).	81
Figura 52 - Stazione E17 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).	81
Figura 53 - Stazione E17 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).	82
Figura 54 - Stazione E17 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 55 - Stazione E17 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).	83
Figura 56 - Stazione E17 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 57 - Stazione E17 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).	84
Figura 58 - Stazione E17 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 59 – 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.	86
Figura 60 - 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 61 – 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 62 - 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 63 - 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 E17 P1-P4 e E17 PC.	91
Figura 64 - 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 E17 S1-S4 e E17 SC.	92
Figura 65 - Reti da posta: indici di densità e biomassa, stimati per le stazioni E17 P1-P4 e per la stazione E17 PC, per specie. Sono riportati i valori medi + la deviazione standard. In verde scuro n. individui/1000m/24h, in verde chiaro kg/1000m/24h.	96
Figura 66 – Rete a strascico: indici di densità e biomassa, stimati per le stazioni E17 S1-S4 e per la stazione E17 SC, per specie. Sono riportati i valori medi + la deviazione standard. In marrone scuro n. individui/km ² , in marrone chiaro kg/km ² .	97
Figura 67 - Rete da posta: distribuzione taglia-frequenza del gattuccio (<i>Scylliorhinus canicula</i>). Num. individui: 229 (E17 P1-P4).	98
Figura 68 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza della triglia di fango (<i>Mullus barbatus</i>). Num. individui: 437 (E17 S1-S4), 84 (E17 SC).	98
Figura 69 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del nasello (<i>Merluccius merluccius</i>). Num. individui: 107 (E17 S1-S4), 49 (E17 SC).	99
Figura 70 - Reti a strascico: distribuzione taglia-frequenza del merluzzetto (<i>Trisopterus capelanus</i>). Num. individui: 96 (E17 S1-S4), 31 (E17 SC).	99
Figura 71 - Reti a strascico: distribuzione taglia-frequenza del sacchetto (<i>Serranus hepatus</i>). Num. individui: 77 (E17 S1-S4).	99
Figura 72 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del gattuccio (<i>Scylliorhinus canicula</i>). Num. individui: 121 (E17 S1-S4), 23 (E17 SC).	100
Figura 73 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del gambero bianco (<i>Parapenaeus longirostris</i>). Num. individui: 701 (E17 S1-S4), 59 (E17 SC).	100
Figura 74 – Rotte effettuate per il monitoraggio visivo, acustico e bioacustico in E17.	101
Figura 75 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N100 a 55 m di profondità.	102
Figura 76 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto E100 a 55 m di profondità.	102
Figura 77 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S100 a 55 m di profondità.	102
Figura 78 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto W100 a 55 m di profondità.	103
Figura 79 - Confronto dei livelli in terzi d'ottava misurati a distanza di 100 m a 55m di profondità.	103
Figura 80 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N1K a 55m di profondità.	104
Figura 81 - Confronto dei livelli in terzi d'ottava misurati a distanza di 1000 m a 55m di profondità.	104
Figura 82 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N10k a 55m di profondità.	104
Figura 83 - Confronto dei livelli in terzi d'ottava misurati a distanza di 10 Km a 55m di profondità.	105
Figura 84 - Profili di velocità del suono misurati con CTD a differenti stazioni.	105
Figura 85 - Simulazione della Transmission Loss TL alla frequenza di 12 kHz.	106
Figura 86 - Trasmission Loss prevista dal modello in funzione della distanza alla profondità di 55 metri.	106
Figura 87 – Confronto tra i dati di Temperatura del Bianco e delle campagne estive 2014-2017.	108
Figura 88 – Confronto tra i dati di Salinità del Bianco e delle campagne estive 2014-2017.	109
Figura 89 – Confronto tra i dati di pH del Bianco e delle campagne estive 2014-2017.	109
Figura 90 – Confronto tra i dati di Torbidità del Bianco e delle campagne estive 2014-2017.	110
Figura 91 – Confronto tra i dati di Ossigeno Disciolto del Bianco e delle campagne estive 2014-2017.	110
Figura 92 – Confronto tra i dati di Clorofilla a del Bianco e delle campagne estive 2014-2017.	111
Figura 93 – Confronto tra i dati di ORP del Bianco e delle campagne estive 2014-2017.	111
Figura 94 – Variazione della profondità (m) della zona eufotica (Z_{eu}) nelle due stazioni rappresentative, per tutte le campagne effettuate	112
Figura 95 - 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 chl-a. Sono riportati l'equazione della retta di regressione ed il coefficiente di determinazione R^2 . I simboli pieni rappresentano le stazioni più vicine al Terminale e quelli vuoti le stazioni lontane.	113

Figura 96 - Andamenti temporali delle concentrazioni della chl-a, medie per campagna delle 4 stazioni (MG6, MG7, MG12, MG13) più vicine al Terminale (100m) e della stazione a 2000 m (MG10); a) strato 0 e 12,5 m; b) 50 e 70 m.	114
Figura 97 - Variazione stagionale delle densità cellulari medie totali per campagna e dei diversi gruppi fitoplanctonici.	116
Figura 98 – Piano di ordinamento ottenuto tramite Analisi delle Corrispondenze (CA) in base alla composizione tassonomica (dati quantitativi cell/l) media per ogni stazione.	117
Figura 99 – Principali classi granulometriche nei sedimenti campionati durante la campagna di Bianco (E12) e nelle successive campagne estive (E14, E15, E16, E17).	119
Figura 100 – Risultati dell'Analsi delle Componenti Principali (PCA) relativa ai dati acquisti durante i periodi estivi (Bianco, E14, E15, E16, E17). Prima dell'analisi i dati sono stati normalizzati.	120
Figura 101 – Piano di ordinamento ottenuto dal n-MultiDimensional Scaling applicato alla matrice generi x stazioni dopo aver trasformato i dati secondo la radice quarta. La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Brey-Curtis.	122
Figura 102 – Piano di ordinamento ottenuto dal n-MultiDimensional Scaling applicato alla matrice generi x stazioni (limitatamente ai campionamenti estivi) dopo aver trasformato i dati secondo da radice quarta. La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Brey-Curtis. Nel plot sono stati superimposte le label (C, FSRU, I) che indicano la posizione delle stazioni rispetto al Terminale.	123
Figura 103 – Piano di ordinamento ottenuto dal non-metric Multi Dimensional Scaling (n-MDS), basato sul valore delle abbondanze medie dei taxa principali e similarità di Bray-Curtis, previa trasformazione logaritmica dei dati. Sono stati analizzati i dati acquisti dal Bianco (B) all'Estate 2017 (E17).	125
Figura 104 – Piano di ordinamento ottenuto dal non-metric Multi Dimensional Scaling (n-MDS), basato sul valore delle abbondanze medie dei taxa principali e similarità di Bray-Curtis, previa trasformazione logaritmica dei dati. Sono stati analizzati i dati acquisti durante i periodi estivi dal Bianco (B) all'Estate 2017 (E17). Nel piano sono sovrapposti i label in base alle distanze delle stazioni dal Terminale (FSRU: prossime al Terminale, I: distanza intermedia, C: controlli).	126
Figura 105 - Variazione temporale del grado di frammentazione del DNA nelle cellule branchiali di mitilo	127
Figura 106 - Integrazione ponderata dei risultati dei biomarker mediante il programma <i>SediquaSoft</i> , da cui emerge un impatto assente o moderato del Terminale nella quasi totalità delle campagne di monitoraggio effettuate.	127
Figura 107 – Avvistamenti di cetacei antecedenti la fase di Bianco.	135
Figura 108 - Avvistamenti nella campagna di Bianco E12	135
Figura 109 - Avvistamenti 3° anno (A15-I16-P16-E16)	135
Figura 110 - Avvistamenti 4° anno (A16-I17-P17-E17)	136
Figura 111 - Confronto fra i livelli PSDf in terze d'ottava del Bianco (B), i valori minimi, medi e massimi calcolati tra le campagne A13 ed E17 (escluso A15) ed i livelli misurati in A15 nella stazione E100m a 55m di profondità.	137

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 - Concentrazioni dei nutrienti inorganici disciolti (μM).	18
Tabella 2 - Concentrazione (mg/l) dei solidi sospesi (TSM).	19
Tabella 3 - Assorbimento della CDOM alla lunghezza d'onda di 325 nm	20
Tabella 4 - Clorofilla a totale (somma della clorofilla a, della Divinil Clorofilla a e della Alloclorofilla a, se presenti).	21
Tabella 5 - Concentrazioni (mg/m^3) dei principali pigmenti diagnostici fitoplanctonici (per le sigle vedere i metodi).	22
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.	23
Tabella 7 - Concentrazione dei cloroderivati nelle acque. I livelli indicano la profondità di prelievo del campione.	24
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.	25
Tabella 9 - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di acqua superficiale. I dati sono espressi in ufc/100 ml.	25
Tabella 10 - Densità fitoplanctonica totale e delle classi o gruppi identificati (cell/ml).	26
Tabella 11 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni osservati.	28
Tabella 12 - Lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative microscopiche.	28
Tabella 13 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni da retino osservati durante il campionamento P17.	29
Tabella 14 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni P17 MG6, P17 MG7, P17 MG10, P17 MG12 e P17 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13).	29
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.	33
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 <i>in toto</i> .	34
Tabella 19 – Lista delle specie rinvenute nella campagna Primavera 2017 (P17).	34
Tabella 20 – Indici strutturali ($\pm\text{DS}$) relativi al popolamento macrobentonico. Numero di taxa (S), Numero di individui (N), Diversità specifica di Shannon-Weaver (H'), Ricchezza specifica di Margalef (d), Equitabilità di Pielou (J).	37
Tabella 21 - Concentrazione dei metalli nei mitili. Dati relativi alla campagna P17 espressi in mg/kg. Sono riportati i dati riferiti sia alla sostanza secca (s.s.) sia al peso fresco (p.f.) in accordo alla prescrizione 13 delle Determinine 2990 DVA R.D.R 0000100.04-04-2017 e 3337 DVA R.D.R 0000277.28-09-2017.	38
Tabella 22 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna P17, sono espressi in mg/kg.	38

Tabella 23 - Concentrazione degli IPA e dei composti organostannici presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna P17, sono espressi in mg/kg.	38
Tabella 24 - Concentrazione dei cloroderivati rilevati nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna P17, sono espressi in µg/kg.	39
Tabella 25 - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna P17, sono espressi in ufc/g.	39
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.	40
Tabella 27 - Concentrazioni dei nutrienti inorganici disciolti (µM).	51
Tabella 28 - Concentrazione dei solidi sospesi (TSM) nelle diverse stazioni rilevate.	51
Tabella 29 - Assorbimento della CDOM alla lunghezza d'onda di 325 nm	53
Tabella 30 - Clorofilla a totale (somma della clorofilla a, della Divinil Clorofilla a e della Alloclorofilla a, se presenti).	54
Tabella 31 - Concentrazioni (mg m ⁻³) dei principali pigmenti diagnostici fitoplanctonici (per le sigle vedere i metodi).	54
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.	56
Tabella 33 - Risultati della ricerca dei cloroderivati in acqua di mare lungo il profilo batimetrico investigato in E17. I dati sono espressi in µg/l. Le profondità di prelievo (0,5; 12,5; 50; 70) sono espresse in metri.	56
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.	58
Tabella 35 - Risultati delle analisi microbiologiche condotte nelle acque superficiali durante la stagione estiva. I dati sono espressi in ufc/100ml.	58
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).	58
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 %.	58
Tabella 38 - Risultati del test con <i>Phaeodactylum tricorutum</i> condotti su campioni di acqua (incubazione 72 h) prelevati a diverse profondità (espresse in metri). EC 20, EC 50 (L.C. 95%) espressa in %.	59
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 8,11-8,28, salinità ‰ 37-38, temperatura 20,5±1 °C.	59
Tabella 40 - Risultati del test di embriotossicità (72 ore) con <i>P.lividus</i> e successiva stima della tossicità cronica.	60
Tabella 41 - Densità fitoplanctonica totale e delle classi o gruppi identificati (cell L ⁻¹ 10 ⁻³).	61
Tabella 42 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni da bottiglia.	63
Tabella 43 - Lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative microscopiche.	63
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 E17.	65
Tabella 45 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni E17 MG6, E17 MG7, E17 MG10, E17 MG12 e E17 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13)	65
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> .	68
Tabella 47 - Biomassa: volumi di sedimentazione dell'oloplancton (espresse in ml). OR = campionamento orizzontale; 50-0 = campionamento verticale da 0 a 50 metri; 100-50: campionamento verticale da 100 a 50 metri.	69
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.	69
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> .	70
Tabella 50 - Ripartizione delle principali classi granulometriche e relativa classificazione dei sedimenti. I dati sono espressi in percentuale.	71
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 (LCRN). In neretto sono indicati i valori maggiori di SQ o di LCRN, in verde quelli maggiori di LCB, in rosso quelli maggiori di LCL.	71
Tabella 52 - Concentrazione dei contaminanti organici nei sedimenti campionati nell'estate 2017. 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) sono tutti espressi in mg/kg. In neretto i valori >SQ, in verde >LCB, in rosso >LCL.	72
Tabella 53 - Concentrazione dei composti cloro derivati nei sedimenti campionati nell'Estate 2017.	72
Tabella 54 - Risultati delle analisi microbiologiche condotte nei sedimenti durante la stagione estiva 2017. I dati sono espressi in MPN/g.	73
Tabella 55 - Parametri registrati negli elutriati da utilizzare per il saggio con <i>P. lividus</i> .	73
Tabella 56 - Risultati del saggio biologico di embriotossicità (72 ore) con <i>P. lividus</i> (su elutriati) e successiva stima della tossicità cronica.	73
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> .	74
Tabella 58 - Percentuali di mortalità degli organismi di <i>C. orientale</i> osservate nei sedimenti testati e successiva stima della tossicità cronica.	74
Tabella 59 - Risultati del test con il <i>V. fischeri</i> sul sedimento tal quale. R ² (%) = coeff. di determinazione; TU=unità tossiche; STI - sediment toxicity index. Pelite (calcolata solo sulle frazioni sabbiosa e pelica) espressa in %.	75
Tabella 60 - Lista delle specie rinvenute nella campagna Estate 2017 (E17).	75
Tabella 61 - Indici strutturali (±DS) relativi al popolamento macrobentonico. Numero di taxa (S), Numero di individui (N), Diversità specifica di Shannon-Weaver (H'), Ricchezza specifica di Margalef (d), Equitabilità di Pielou (J).	78
Tabella 62 - Struttura della comunità meiobentonica nelle stazioni E17 MG1, E17 MG2, E17 MG4, E17 MG6, E17 MG7, E17 MG8. Densità media (±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.	79

Tabella 63 - Struttura della comunità meiobentonica nelle stazioni E17 MG9, E17 MG10, E17 MG11, E17 MG12, E17 MG13, E17 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.	82
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).	85
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 degli idrocarburi totali presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna E17, sono espressi in mg/kg.	87
Tabella 67 - Concentrazione degli IPA e dei composti organostannici presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna E17, sono espressi in mg/kg.	87
Tabella 68 - Concentrazione degli cloroderivati presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna E17, sono espressi in μ g/kg.	88
Tabella 69 - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna E17, sono espressi in ufc/g.	88
Tabella 70 - 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.	89
Tabella 71 - Lista delle specie catturate con la rete a strascico e le reti da posta: Strascico: E17 S1-S4 = stazioni campionate in prossimità del terminale; E17 SC = stazione di controllo. Reti da posta: E17 P1-P4 = stazioni campionate in prossimità del terminale; E17 PC = stazione di controllo.	90
Tabella 72 - 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 E17 P1-P4 e nella stazione di controllo E17 PC. *: DS<0,05.	92
Tabella 73 - 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 E17 S1-S4 e nella stazione di controllo E17 SC. *: DS<0,05.	94
Tabella 74 - ANOVA multifattoriale a tre fattori (anno di campionamento, distanza dal Terminale, profondità di prelievo) sulle campagne estive (Bianco, E14, E15, E16, E17).	113
Tabella 75 - ANOVA multifattoriale a tre fattori (anno di campionamento, distanza dal Terminale, profondità di prelievo) sulle campagne estive (Bianco, E14, E15, E16, E17) di clorofilla <i>a</i> totale e sui pigmenti diagnostici (mg/m ³). * 0,01<p<0,05; ** p<0,01.	114
Tabella 76 - Output del modello GLM (Generalized Linear Model) applicato ai risultati delle analisi ecotossicologiche trattati come dati di Presenza-Assenza (0-1).	115
Tabella 77 - ANOVA multifattoriale a tre fattori (anno di campionamento, distanza dal Terminale, profondità di prelievo) sulle campagne estive (Bianco, E14, E15, E16, E17). * 0,01<p<0,05; ** p<0,01.	116
Tabella 78 - Pairwise test di confronto tra fase di Bianco (B) e stagioni estive dal 2014 al 2017. Valore di R del <i>global test</i> = 0,567. P = 0,001	118
Tabella 79 - Coefficienti delle combinazioni lineari degli assi.	120
Tabella 80 - Risultati complessivi dei test ecotossicologici condotti dal Bianco all'Estate 2017. A = tossicità Assente; B = tossicità Bassa; M = tossicità Media.	121
Tabella 81 - Risultati della PERMANOVA. T (Tempo) random 5 livelli; D (Distanza) 3 livelli fisso. I dati significativi sono indicati in neretto.	123
Tabella 82 - Output del modello GLM (Generalized Linear Model) applicato sull'indice di diversità specifica di Shannon Weaver (H'). Le assunzioni di omogeneità della varianza, di indipendenza e normalità sono state rispettate.	124
Tabella 83 - Output del modello GLM (Generalized Linear Model) applicato sull'indice S (numero totale di specie). Le assunzioni di omogeneità della varianza, di indipendenza e normalità sono state rispettate.	124
Tabella 84 - Risultati della PERMANOVA (Permutational Multivariate Analysis of Variance). T: Tempo, D: Distanza, S: Sito. I dati significativi sono indicati in neretto.	126
Tabella 85 - Numero totale di specie catturate per campagna.	128
Tabella 86 - <i>Mullus barbatus</i> : coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla.	129
Tabella 87 - <i>Merluccius merluccius</i> : coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla.	129
Tabella 88 - <i>Parapenaeus longirostris</i> : coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla.	130
Tabella 89 - <i>Scyliorhynchus canicula</i> : coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla.	130
Tabella 90 - Pesci Ossei: coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla.	131
Tabella 91 - Pesci Cartilaginei: coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla.	131
Tabella 92 - Cefalopodi: coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla.	131
Tabella 93 - Crostacei Decapodi: coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla.	132
Tabella 94 - Indice di biodiversità di Shannon H': coefficienti stimati attraverso l'analisi della regressione lineare multipla.	132
Tabella 95 - Ricchezza specifica S: coefficienti stimati attraverso l'analisi della regressione lineare multipla.	133
Tabella 96 - Numero totale di specie catturate per campagna.	133
Tabella 97 - <i>Scyliorhynchus canicula</i> : coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla.	134
Tabella 98 - <i>Raja clavata</i> : coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla.	134
Tabella 99 - Tabella riassuntiva dei risultati con approccio "Traffic light".	134
Tabella 100 - Riepilogo dei livelli calcolati alla sorgente delle emissioni acustiche del Terminale.	137

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	Peridina
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

ELENCO ALLEGATI

Allegato 1: Attività del Terminale durante il IV anno di monitoraggio. Allegato 1 Att Terminale IV anno.PDF

Allegato 2: Minuta di Meeting (MOM) del 25/05/2017 ed azioni intraprese in risposta alle prescrizioni delle Determine. Allegato 2 MOM 25.05.17.PDF

Allegato 3: Elenco dei campioni con relative date di campionamento. Allegato 3 Date di campionamento.PDF

Allegato 4: Matrice di abbondanza specie x stazioni. Allegato 4 Mat Benthos.XLSX

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 2016

- 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 2017

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 2017

5.1 COLONNA D'ACQUA

5.1.1 Profili idrologici

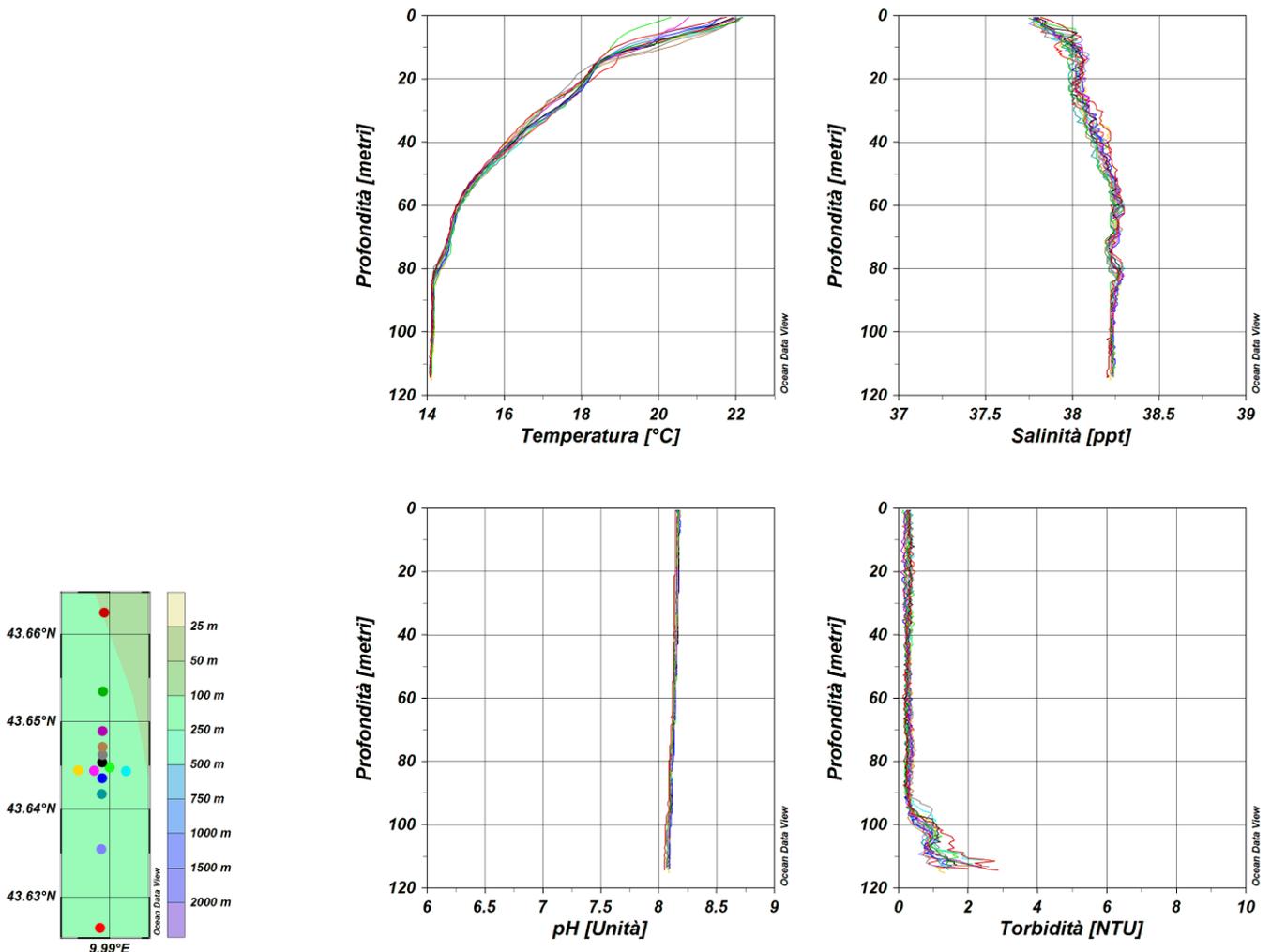
Nel survey condotto in primavera 2017, i valori di **temperatura** (**Figura 1**) variano tra 14,1°C e 22°C mostrando, nello strato superficiale, un sensibile aumento dei valori rispetto al periodo invernale. I valori più elevati, che arrivano a 22 °C in superficie, tendono a diminuire gradualmente fino ad arrivare a 14,1 °C alla profondità di 50 m per poi mantenersi costanti fino al fondo.

La **salinità** presenta valori più o meno omogenei dalla superficie al fondo con valori compresi fra 37,8 e 38,2 ppt.

Il **pH** ha valori costanti intorno a 8,1 su tutta la colonna d'acqua.

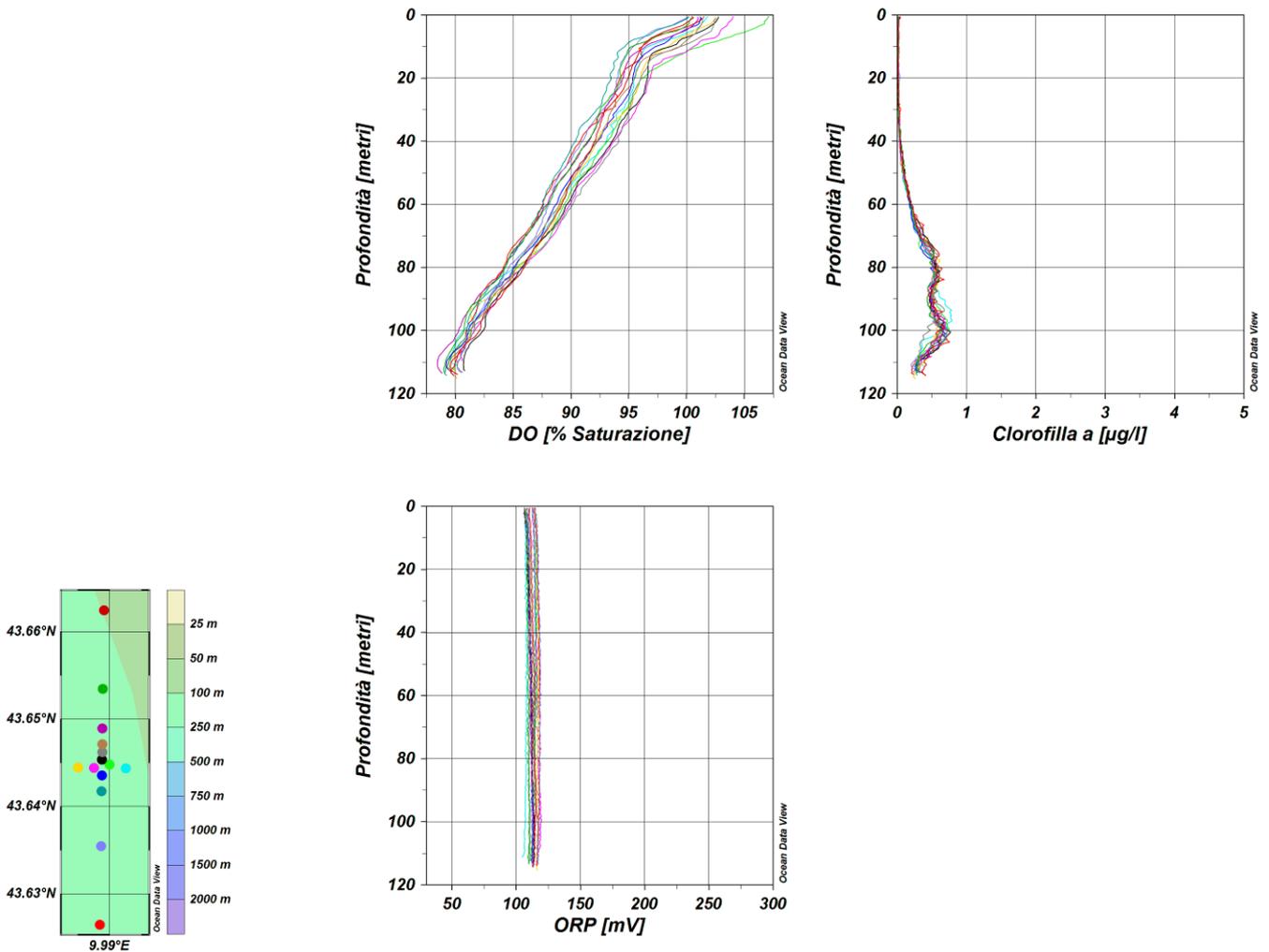
La **torbidità** presenta bassi valori (0,2 NTU) dalla superficie a 100 m per poi aumentare leggermente fino ad arrivare a 2,4 NTU sul fondo. Essi sono comunque molto bassi e insufficienti per testimoniare un fenomeno di risospensione di sedimenti (precisazione in risposta alla richiesta della prescrizioni 12 delle Determine 2990 DVA R.D.R 0000100.04-04-2017 e 3337 DVA R.D.R 0000277.28-09-2017).

I profili di **ossigeno disciolto** (**Figura 2**) mostrano una graduale diminuzione dalla superficie (valori che oscillano tra 100% e 107%) al fondo (valori intorno a 80%). I profili di **clorofilla** presentano valori molto bassi prossimi allo zero in superficie che aumentano fino a 0,7 µg/l in uno strato d'acqua compreso fra 80 m e 100 m per poi diminuire fino a 0,2 µg/l sul fondo. I profili di **ORP** risultano omogenei dalla superficie al fondo con valori intorno a 110 mV.



Nota: i grafici sono stati redatti secondo le prescrizioni 2 e 3 delle Determine 2990 DVA R.D.R 0000100.04-04-2017 e 3337 DVA R.D.R 0000277.28-09-2017 come stabilito dalla MOM in Allegato 2.

Figura 1 – Profili di temperatura (°C), salinità (ppt), pH e torbidità (NTU); survey primavera 2017.



Nota: i grafici sono stati redatti secondo le prescrizioni 2 e 3 delle Determine 2990 DVA R.D.R 0000100.04-04-2017 e 3337 DVA R.D.R 0000277.28-09-2017 come stabilito dalla MOM in Allegato 2.

Figura 2 – Profili di ossigeno disciolto (% saturazione), clorofilla ($\mu\text{g/l}$), e potenziale di ossidoriduzione (mV); survey primavera 2017.

Misure di irradianza e irradianza spettrale

In **Figura 3** sono mostrati i profili di irradianza PAR (Photosynthetic Available Radiation) sottomarina normalizzati rispetto a quella contemporanea superficiale alle stazioni P17 MG7 e P17 MG10. La profondità della zona eufotica (Z_{eu}) varia da un minimo di 66,5 in P17 MG9 al valore massimo di 72,5 m determinato in entrambe le stazioni mostrate (**Figura 3**). I valori si collocano nell'ambito di quelli già misurati nelle altre campagne primaverili, mediamente intorno a 72 m.

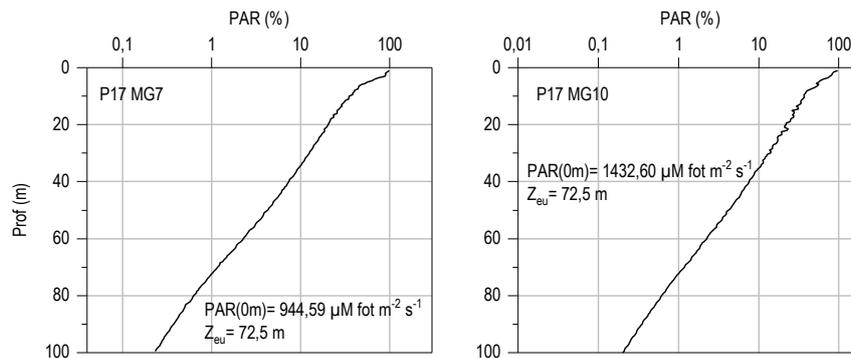


Figura 3 - Profilo del rapporto fra l'irradianza quantica PAR (Photosynthetic Available Radiation) disponibile alle varie profondità con quella contemporanea in superficie, PAR (0 m), nelle stazioni P17 MG7 e P17 MG10.

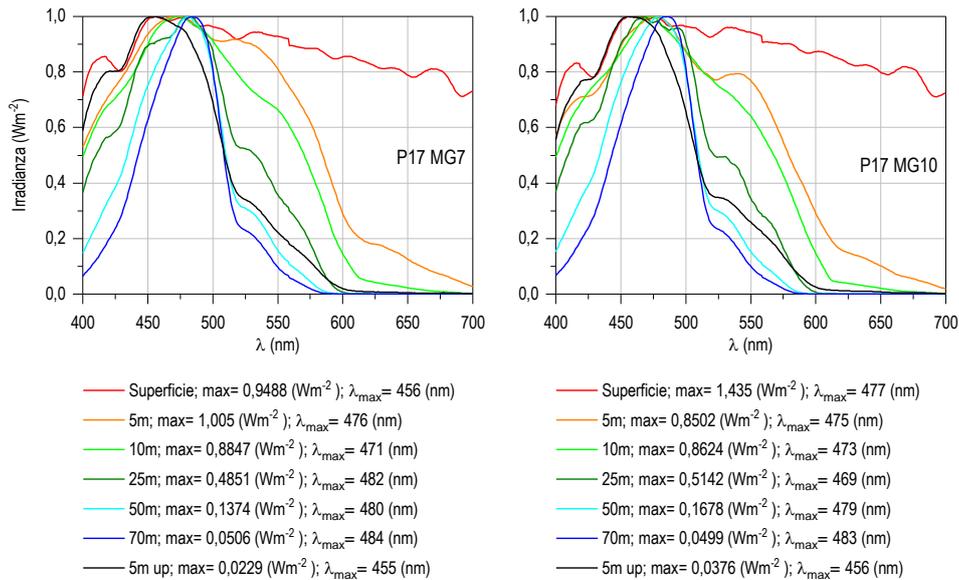


Figura 4 - Irradianza spettrale discendente superficiale e subacquea alle profondità indicate. E' inoltre riportata la irradianza spettrale ascendente a 5 m (5m up). Ogni spettro è stato normalizzato per il proprio massimo ($E_{max}(\lambda)$) riportato nella legenda insieme con la lunghezza d'onda dove si colloca (λ_{max}).

In **Figura 4** 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 P17 MG7 e P17 MG10. I massimi degli spettri dell'irradianza discendente alle profondità maggiori (λ_{max} a 70 m), che indicano la radiazione più penetrante, si collocano a 484 nm in P17 MG7 e a 483 nm in P17 MG10.

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.

Le concentrazioni misurate durante la campagna P17 sono inferiori a quelle rilevate durante la campagna I17, come atteso in seguito al consumo fitoplanctonico particolarmente negli strati superficiali evidenziabile anche dall'andamento dei profili verticali soprattutto dei composti azotati (**Figura 5**) Le medie per ogni nutriente (NO_2 0,060 μM , NO_3 0,309 μM , PO_4 0,033 μM e SiO_2 1,582 μM) sono inferiori rispetto a P16 ma le variazioni risultano nell'ordine della variabilità stagionale interannuale.

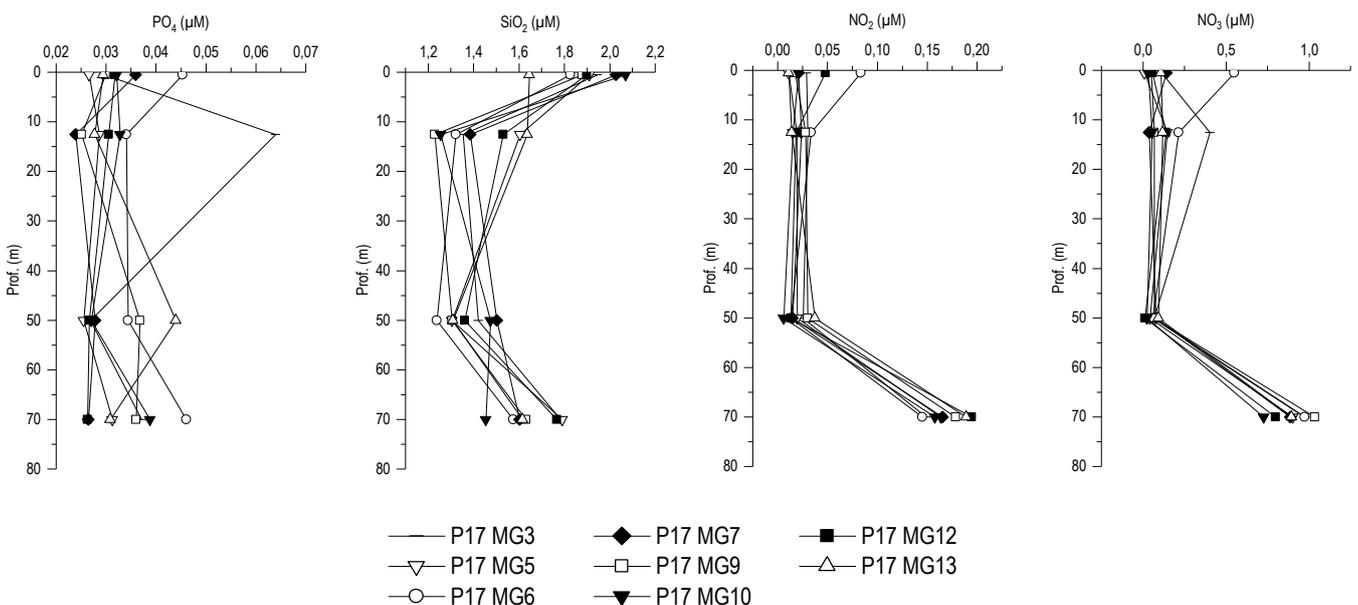


Figura 5 - Profili delle concentrazioni dei nutrienti inorganici disciolti: NO_2 (nitriti), NO_3 (nitrati), PO_4 (fosfati), SiO_2 (silicati).

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
P17 MG3	0,5	1,946	0,030	<0,03	0,113	P17 MG9	0,5	1,879	0,030	<0,03	0,050
	12,5	1,353	0,064	0,030	0,401		12,5	1,229	<0,03	<0,03	0,068
	50	1,420	<0,03	<0,03	0,068		50	1,305	0,037	0,030	0,068
	70	1,784	0,037	0,149	0,976		70	1,630	0,036	0,178	1,035
P17 MG5	0,5	1,910	<0,03	<0,03	<0,03	P17 MG10	0,5	2,070	0,032	<0,03	0,033
	12,5	1,604	<0,03	<0,03	0,145		12,5	1,255	0,033	<0,03	0,056
	50	1,304	<0,03	<0,03	0,042		50	1,475	<0,03	<0,03	<0,03
	70	1,790	0,031	0,164	0,903		70	1,453	0,039	0,158	0,728
P17 MG6	0,5	1,825	0,045	0,083	0,550	P17 MG12	0,5	1,898	0,032	0,048	0,058
	12,5	1,322	0,034	0,033	0,214		12,5	1,529	0,030	<0,03	0,137
	50	1,237	0,034	<0,03	0,060		50	1,361	<0,03	<0,03	<0,03
	70	1,574	0,046	0,145	0,973		70	1,766	<0,03	0,194	0,798
P17 MG7	0,5	2,026	0,036	<0,03	0,141	P17 MG13	0,5	1,645	<0,03	<0,03	0,108
	12,5	1,385	<0,03	<0,03	0,036		12,5	1,635	<0,03	<0,03	0,118
	50	1,501	<0,03	<0,03	0,078		50	1,309	0,044	0,037	0,094
	70	1,603	<0,03	0,166	0,888		70	1,616	0,031	0,189	0,894

Non si evidenziano differenze negli andamenti dei nutrienti nelle diverse stazioni. Nitriti e nitrati presentano concentrazioni molto omogenee nei primi 50 m che aumentano notevolmente (quasi 10 volte per i nitrati) fino ai massimi presenti in tutte le stazioni a 70 m. Le concentrazioni dei fosfati variano tra valori al limite della rilevabilità ed un massimo di 0,064 μM (P17 MG3 12,5 m) comunque dello stesso ordine di grandezza, e con scarsa variazione tra le diverse profondità.

Anche l'andamento verticale dei silicati è uniforme tra le stazioni, con concentrazioni massime prevalentemente superficiali.

Solidi sospesi (Total Suspended Matter)

Le concentrazioni di TSM in tutte le stazioni sono riportate in **Tabella 2**. Esse variano tra 0,22 (P17 MG5 50 m) e 2,41 (P17 MG3 50 m) mg/l, con una media di 0,906 mg/l che rientra nell'intervallo di variazione del parametro nelle precedenti campagne primaverili. I profili verticali (**Figura 6**) mostrano andamenti abbastanza omogenei lungo la colonna d'acqua con una maggiore variabilità a 50 m o con massimi superficiali (P17 MG3, P17 MG5), ma le differenze sono di scarsa entità e nell'ambito di variabilità naturale delle concentrazioni dei solidi sospesi.

La concentrazione media della frazione organica dei solidi sospesi (POM) è 0,31 mg/l con minimo di 0,079 mg/l in P17 MG5 50 m e massimo di 0,64 mg/l in P17 MG3 50 m (**Figura 6**), rappresentando mediamente il 35% del particolato totale, fino a circa il 48% in P17 MG6 50 m e P17 MG9 0,5 m. Le differenze visibili tra stazioni e tra profondità lungo la colonna d'acqua appaiono rientrare nella normale variabilità naturale.

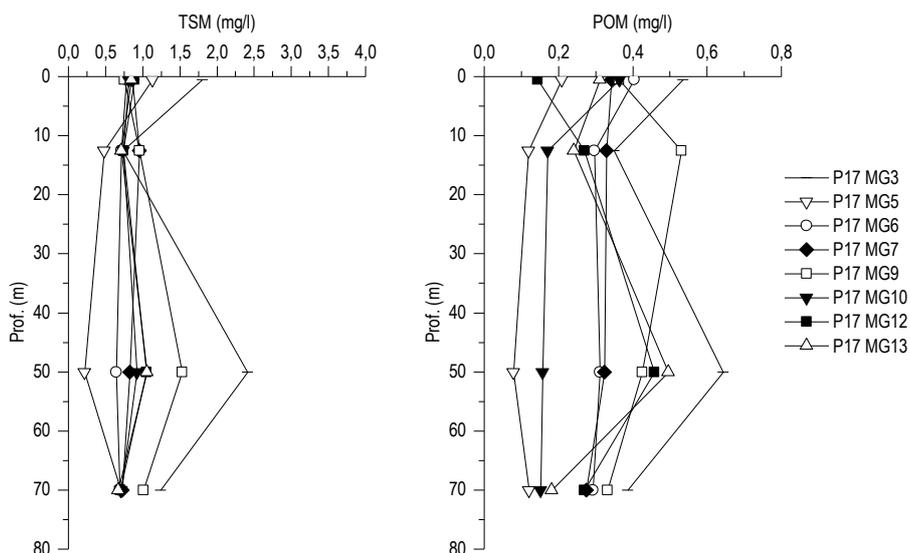


Figura 6 - Profili delle concentrazioni dei solidi sospesi (TSM) e delle concentrazioni di particolato organico (POM).

Tabella 2 - Concentrazione (mg/l) dei solidi sospesi (TSM).				
Prof. m	Stazione	TSM (mg/l)	Stazione	TSM (mg/l)
0,5	P17 MG3	1,8023	P17 MG9	0,7480
12,5		0,7340		0,9573
50		2,4063		1,5270
70		1,2393		1,0068
0,5	P17 MG5	1,1323	P17 MG10	0,8148
12,5		0,4790		0,7370
50		0,2197		0,9197
70		0,7013		0,7132
0,5	P17 MG6	0,7762	P17 MG12	0,8892
12,5		0,7130		0,7365
50		0,6437		1,0460
70		0,6903		0,6995
0,5	P17 MG7	0,8587	P17 MG13	0,8463
12,5		0,9558		0,7120
50		0,8270		1,0533
70		0,7260		0,6712

Sostanza Organica Disciolta Cromoforica (CDOM)

Gli assorbimenti della CDOM $a_{CDOM(325)}$ sono in media $0,206 \text{ m}^{-1}$ e variano da un minimo di $0,109$ in P17 MG10 12,5 m ad un massimo di $0,324 \text{ m}^{-1}$ P17 MG3 0,5 (Tabella 3), valori del tutto concordanti con quelli riportati nelle altre campagne primaverili. I profili batimetrici di $a_{CDOM(325)}$ (Figura 7) presentano generalmente minimi a 12,5 m e massimi superficiali. Le stazioni come P17 MG5, P17 MG9 e P17 MG13 non presentano questo massimo.

Prof. m	Stazione	$a_{CDOM(325)} \text{ m}^{-1}$	Stazione	$a_{CDOM(325)} \text{ m}^{-1}$
0,5	P17 MG3	0,3238	P17 MG9	0,2289
12,5		0,1782		0,2607
50		0,2736		0,2363
70		0,2204		0,1999
0,5	P17 MG5	0,2085	P17 MG10	0,2023
12,5		0,2302		0,1087
50		0,1775		0,1944
70		0,1811		0,1659
0,5	P17 MG6	0,1892	P17 MG12	0,3109
12,5		0,1243		0,2070
50		0,2461		0,1776
70		0,1756		0,3125
0,5	P17 MG7	0,2137	P17 MG13	0,1993
12,5		0,1333		0,1881
50		0,2072		0,2073
70		0,1716		0,1331

Clorofilla a e diversità pigmentaria

La concentrazione di clorofilla a è in media $0,215 \text{ mg/m}^3$, variando tra $0,067$ in P17 MG10 12,5 m e $0,532 \text{ mg/m}^3$ in P17 MG3 70 m (Tabella 4), con valori quindi nell'ordine delle precedenti campagne primaverili e inferiori a quelli misurati in I17. Nei profili (Figura 8) è evidente come le diverse stazioni mostrino concentrazioni e variazioni verticali simili, con minimi nello strato 0,5-12,5 m e massimi profondi a 70 m.

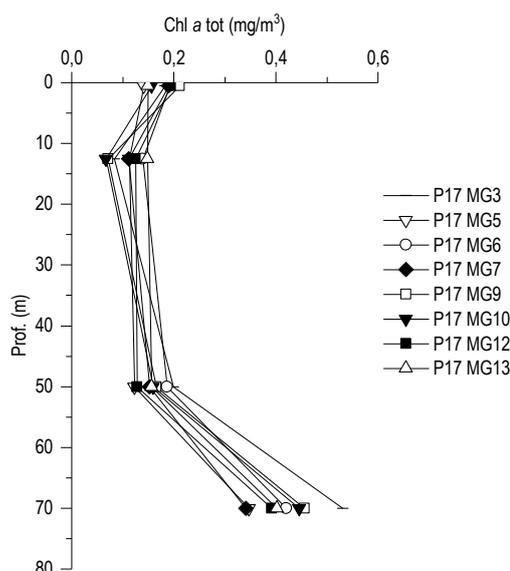
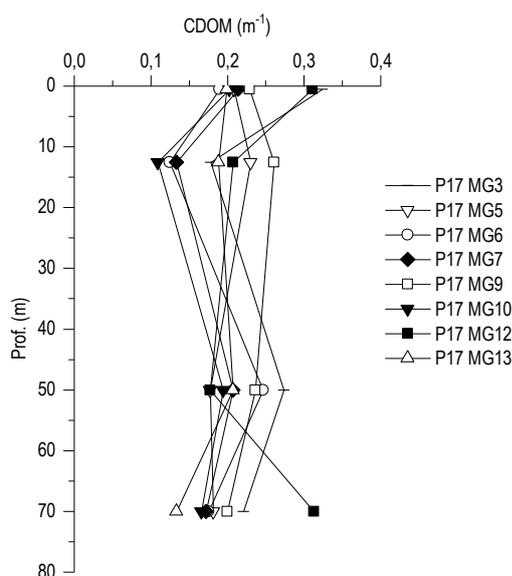


Figura 7 - Profili degli assorbimenti della CDOM a 325 nm ($a_{CDOM(325)}$) nelle diverse stazioni.

Figura 8 - Profili della concentrazione di clorofilla a tot, alle diverse stazioni.

Le concentrazioni dei nove pigmenti diagnostici principali sono riportate in Tabella 5. I pigmenti che maggiormente contribuiscono alla diversità pigmentaria (Figura 9) sono Hex-Fuco (diagnostico Prymnesiophyceae Coccolitofori, media $0,066$, min $0,017$, max $0,157 \text{ mg/m}^3$) che contribuisce con circa il 35%, Chl b (diagnostico Chlorophyta, media $0,044$, min $0,012$, max $0,105 \text{ mg/m}^3$) che contribuisce per circa il

20%, But-Fuco (diagnostico Chrysophyceae, media 0,042, min 0,006, max 0,154 mg/m³) con circa il 17% e Zea (diagnostico Cianobatteri *Synechococcus*-like, media 0,018, min 0,0006, max 0,037 mg/m³) con il 10%. Fuco (diagnostico Diatomee, media 0,012, min 0,004, max 0,026 mg/m³) e Perid (diagnostico Dinoflagellati, media 0,008, min 0,006, max 0,009 mg/m³) contribuiscono con circa il 7% e il 5% rispettivamente, e quindi la composizione fitoplanctonica appare dominata da nanoflagellati differenziati in molte classi.

Tabella 4 - Clorofilla a totale (somma della clorofilla a, della Divinil Clorofilla a e della Alloclorofilla a, se presenti).				
Prof. m	Stazione	Chl a mg/m ³	Stazione	Chl a mg/m ³
0,5	P17 MG3	0,1823	P17 MG9	0,2116
12,5		0,0829		0,0707
50		0,1994		0,1657
70		0,5315		0,4560
0,5	P17 MG5	0,1409	P17 MG10	0,1562
12,5		0,1128		0,0669
50		0,1233		0,1590
70		0,3468		0,4460
0,5	P17 MG6	0,1922	P17 MG12	0,1939
12,5		0,1395		0,1250
50		0,1867		0,1279
70		0,4207		0,3920
0,5	P17 MG7	0,1896	P17 MG13	0,1497
12,5		0,1119		0,1483
50		0,1520		0,1561
70		0,3413		0,4018

Tra i due pigmenti diagnostici della componente picoplanctonica (Zea e DVA), DVA è più scarsamente presente, ma per entrambi si evidenzia un aumento delle concentrazioni dalla superficie verso i 70 m dove si collocano i massimi, come generalmente atteso per le caratteristiche ecologiche di questa componente (**Figura 9**) che contribuisce ai massimi profondi di clorofilla a (**Figura 8**). La diversità pigmentaria, variata rispetto ad I17 e confrontabile con le altre campagne primaverili, mostra quindi una notevole differenziazione della composizione fitoplanctonica che è comune alle diverse stazioni.

Tabella 5 - Concentrazioni (mg/m³) 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
P17 MG3	0,5	0,0140	0,0084	0,0675	0,0196	0,0011	0,0023	0,0077	0,0000	0,0122
	12,5	0,0063	0,0074	0,0283	0,0109	0,0000	0,0002	0,0006	0,0032	0,0204
	50	0,0105	0,0073	0,0587	0,0359	0,0026	0,0002	0,0288	0,0145	0,0420
	70	0,0260	0,0078	0,1571	0,1542	0,0118	0,0028	0,0152	0,0099	0,0878
P17 MG5	0,5	0,0080	0,0082	0,0477	0,0163	0,0016	0,0043	0,0116	0,0000	0,0210
	12,5	0,0080	0,0078	0,0394	0,0133	0,0004	0,0003	0,0120	0,0026	0,0201
	50	0,0063	0,0091	0,0372	0,0136	0,0021	0,0009	0,0176	0,0059	0,0365
	70	0,0188	0,0083	0,0848	0,1086	0,0134	0,0013	0,0214	0,0154	0,1035
P17 MG6	0,5	0,0157	0,0084	0,0644	0,0236	0,0008	0,0030	0,0109	0,0000	0,0289
	12,5	0,0106	0,0078	0,0486	0,0179	0,0002	0,0002	0,0138	0,0006	0,0146
	50	0,0082	0,0084	0,0590	0,0219	0,0055	0,0004	0,0319	0,0098	0,0401
	70	0,0185	0,0080	0,1224	0,1154	0,0190	0,0019	0,0200	0,0084	0,1026
P17 MG7	0,5	0,0180	0,0073	0,0768	0,0182	0,0025	0,0014	0,0169	0,0000	0,0142
	12,5	0,0081	0,0084	0,0377	0,0129	0,0003	0,0007	0,0142	0,0000	0,0192
	50	0,0106	0,0082	0,0428	0,0216	0,0029	0,0004	0,0349	0,0062	0,0321
	70	0,0130	0,0080	0,0882	0,0980	0,0112	0,0015	0,0192	0,0161	0,0866
P17 MG9	0,5	0,0180	0,0079	0,0749	0,0260	0,0007	0,0012	0,0085	0,0034	0,0168
	12,5	0,0036	0,0076	0,0166	0,0078	0,0002	0,0013	0,0103	0,0012	0,0171
	50	0,0060	0,0076	0,0400	0,0199	0,0013	0,0004	0,0275	0,0073	0,0275
	70	0,0201	0,0082	0,1532	0,1016	0,0095	0,0028	0,0183	0,0159	0,0881
P17 MG10	0,5	0,0092	0,0079	0,0618	0,0139	0,0007	0,0006	0,0132	0,0057	0,0203
	12,5	0,0036	0,0080	0,0219	0,0065	0,0002	0,0004	0,0132	0,0000	0,0149
	50	0,0078	0,0079	0,0467	0,0205	0,0021	0,0005	0,0375	0,0084	0,0344
	70	0,0123	0,0080	0,1438	0,1211	0,0241	0,0021	0,0344	0,0277	0,1054
P17 MG12	0,5	0,0118	0,0079	0,0453	0,0183	0,0024	0,0061	0,0095	0,0023	0,0400
	12,5	0,0082	0,0089	0,0432	0,0113	0,0006	0,0000	0,0121	0,0036	0,0155
	50	0,0077	0,0083	0,0393	0,0169	0,0024	0,0011	0,0179	0,0067	0,0421
	70	0,0165	0,0086	0,1016	0,1134	0,0124	0,0019	0,0250	0,0178	0,1015
P17 MG13	0,5	0,0121	0,0076	0,0598	0,0172	0,0012	0,0022	0,0092	0,0025	0,0275
	12,5	0,0118	0,0064	0,0584	0,0166	0,0008	0,0015	0,0101	0,0000	0,0189
	50	0,0075	0,0074	0,0540	0,0183	0,0022	0,0003	0,0224	0,0086	0,0439
	70	0,0224	0,0078	0,0981	0,1287	0,0140	0,0018	0,0225	0,0285	0,1012

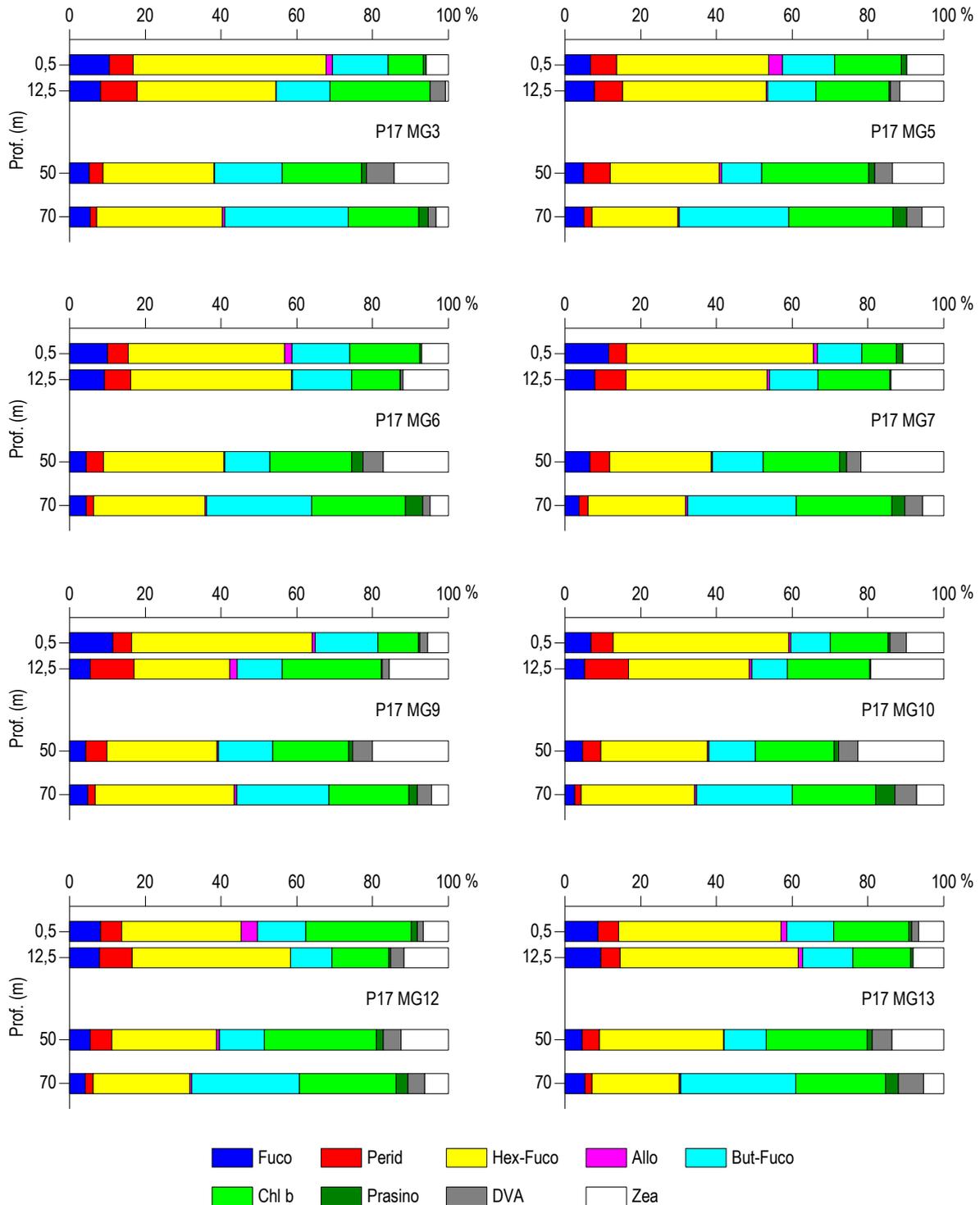


Figura 9 - Istogrammi della composizione percentuale di ognuno dei singoli pigmenti diagnostici in rapporto al totale delle concentrazioni dei nove Pigmenti Diagnostici (PD= Fuco+Perid+Hex-Fuco+But-Fuco+Allo+Prasino+Chl**b**+DVA+Zea).

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.

Profondità	P17 MG3				P17 MG5				P17 MG6				P17 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

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.

Profondità	P17 MG9				P17 MG10				P17 MG12				P17 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

 I risultati della ricerca dei cloroderivati sono riportati nella **Tabella 7**.

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

Profondità (m)	P17 MG3				P17 MG5				P17 MG6				P17 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	<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
Aloacetoniatri (µg/l)																
Dibromoacetoniatrile	<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
Dicloroacetoniatrile	<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
Tricloroacetoniatrile	<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
Profondità (m)	P17 MG9				P17 MG10				P17 MG12				P17 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

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

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 Trichloroacetico	<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
Aloacetoniatri (µg/l)																
Dibromoacetoneitrile	<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
Dichloroacetoneitrile	<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
Trichloroacetoneitrile	<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-Trichloro-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-Dichloro-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
Trichloro 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
Dichloro 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-Trichloro 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-Trichloro 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-Dichlorofenolo	<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-Trichlorofenolo	<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 sono risultati presenti in concentrazioni basse ed omogenee in tutte le stazioni ed a tutte le profondità, indipendentemente dalla distanza dal Terminale, motivo per cui non sono ad esso riconducibili.

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.

P17 MG3				P17 MG5				P17 MG6				P17 MG7			
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
66,0	110,4	49,6	68,8	70,9	75,0	72,3	70,3	81,8	77,0	97,5	65,5	70,3	81,4	88,6	70,8
P17 MG9				P17 MG10				P17 MG13				P17 MG12			
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
68,8	84,1	77,3	85,6	83,1	75,0	69,6	74,0	66,5	64,1	85,5	81,1	61,0	69,0	77,8	75,0

Analisi microbiologiche

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

Tabella 9 - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di acqua superficiale. I dati sono espressi in ufc/100 ml.

	P17 MG3	P17 MG5	P17 MG6	P17 MG7	P17 MG9	P17 MG10	P17 MG12	P17 MG13
Coliformi fecali	-	-	-	-	-	-	-	-
Streptococchi fecali (enterococchi)	-	-	-	-	-	-	-	-
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 30,25 in P17 MG6 12,5 m e 60,17 cell/ml alla stazione P17 MG12 70 m, con una media di circa 43,77 cell/ml, inferiore di un ordine di grandezza rispetto ad I17 e nell'intervallo di valori rilevato nelle altre campagne primaverili.

Le maggiori abbondanze sono date dalle classi di nanoflagellati raggruppate in "Altro" (Cryptophyceae, Chrysophyceae, Dictyochophyceae, Prasinophyceae, Prymnesiophyceae non coccolitofori, flagellati n.i.) che variano tra 16,66 in P17 MG12 50 m e 45,40 cell/ml in P17 MG12 0,5 m (Tabella 10).

Le diatomee mostrano una presenza molto limitata, spesso inferiore a 1,0 cell/ml, aumentando però sempre alla profondità di 70 m, i dinoflagellati hanno minimi superficiali e massimi anche oltre 10 cell/ml e i coccolitofori presentano minori variazioni di densità, sempre al di sotto di 10 cell/ml (Tabella 10).

La distribuzione verticale (Figura 10) mostra una situazione simile alle diverse stazioni con minimi generalmente tra 12,5 m e 50 m e massimi a 0,5 e 70 m.

Il gruppo "Altro plancton" dà quindi sempre il maggiore contributo percentuale (Figura 11), pari in media al 64%, in misura lievemente maggiore ai massimi superficiali, mentre le diatomee danno contributi mai superiori al 5,6%, tendenti ad aumentare ai 70 m e fortemente diminuiti rispetto ad I17, mentre i dinoflagellati contribuiscono con circa il 21% e i coccolitofori con circa il 12%.

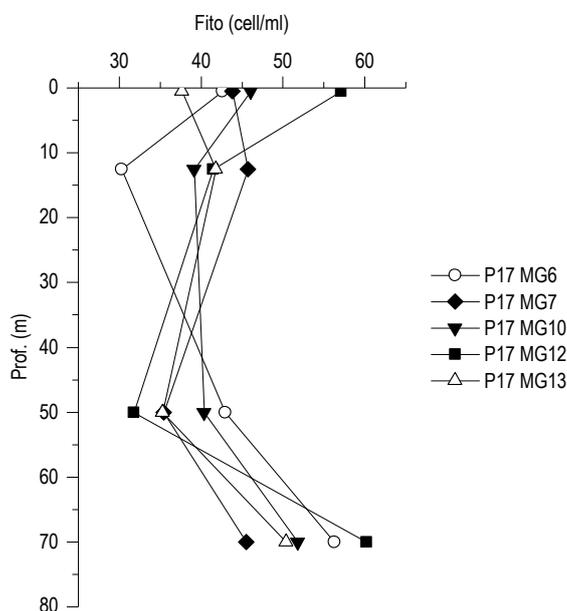


Figura 10 - Profili verticali delle densità fitoplanctoniche totali (cell/ml) nelle diverse stazioni.

Tra le componenti di "Altro plancton" il gruppo più rappresentato è quello delle Prymnesiophyceae non coccolitofori, tra cui è presente il genere *Phaeocystis* (*Phaeocystis* sp.) sia nella forma flagellata che in quella coloniale soprattutto alle maggiori profondità. Sono presenti inoltre *Pyramimonas* spp. (Prasinophyceae), *Plagioselmis prolunga* (Cryptophyceae) e molte forme di nanoflagellati di difficile collocazione tassonomica e di diverso habitus nutrizionale, come *Telonema* sp. e *Leucocryptos marina*. La composizione tassonomica appare quindi fortemente differenziata, come già suggerito dall'analisi della diversità pigmentaria (Figura 11).

Stazione	prof. (m)	Diatomee	Dinoflagellati	Coccolitofori	Altro	Totale
P17 MG6	0,5	1,62	5,14	3,03	32,81	42,60
	12,5	0,78	7,45	4,83	17,18	30,25
	50	0,85	9,60	6,14	26,33	42,93
	70	2,68	12,34	4,02	37,22	56,27
P17 MG7	0,5	1,94	8,80	4,85	28,21	43,80
	12,5	0,98	11,67	7,63	25,43	45,71
	50	1,40	6,80	5,72	21,49	35,41
	70	2,55	10,45	5,03	27,51	45,54
P17 MG10	0,5	1,27	9,73	4,20	30,83	46,03
	12,5	0,52	14,77	6,01	17,84	39,14
	50	0,64	10,81	5,34	23,58	40,37
	70	1,21	10,13	7,18	33,26	51,77
P17 MG12	0,5	0,60	6,97	4,09	45,40	57,07
	12,5	0,85	10,26	4,64	25,68	41,42
	50	0,51	8,26	6,36	16,66	31,79
	70	1,83	10,06	5,95	42,34	60,17
P17 MG13	0,5	0,96	6,60	4,40	25,72	37,68
	12,5	0,74	8,72	3,69	28,64	41,78
	50	0,62	7,77	4,47	22,41	35,27
	70	1,44	8,18	3,85	36,92	50,40

I dinoflagellati sono rappresentati principalmente da forme tectate come *Heterocapsa minima*, *Heterocapsa rotundata*, *Oxytoxum variabile* e da forma non tectate appartenenti (Gymnodianiaceae spp.). La classe dei coccolitofori è rappresentata soprattutto da *Emiliania huxleyi*,

insieme a *Helladosphaera cornifera*, *Helicosphaera carterii* e *Syracosphaera pulchra*. Le diatomee sono rappresentate principalmente da *Proboscia alata*, *Thalassionema* spp., *Nitzschia bicapitata* e *Leptocylindrus mediterraneus*.

Sono stati identificati in totale, a diverso livello tassonomico, 141 taxa (**Tabella 11**) più la categoria dei flagellati n.i., di cui si fornisce l'elenco completo in **Tabella 12**. Il numero più alto di specie identificate appartiene ai dinoflagellati (48 specie e 4 forme individuate solo come genere) e alle diatomee, con 31 specie, 6 generi e 4 categorie superiori. Le classi prevalentemente composte da forme flagellate di piccole dimensioni (raggruppate in "Altro plancton") presentano una incertezza maggiore nella determinazione specifica. Si ha comunque una notevole diversità, valutata con l'indice di Shannon variabile tra 3,0 e 4,36 bit/cell e una equitabilità (Pielou) compresa tra 0,57 e 0,82.

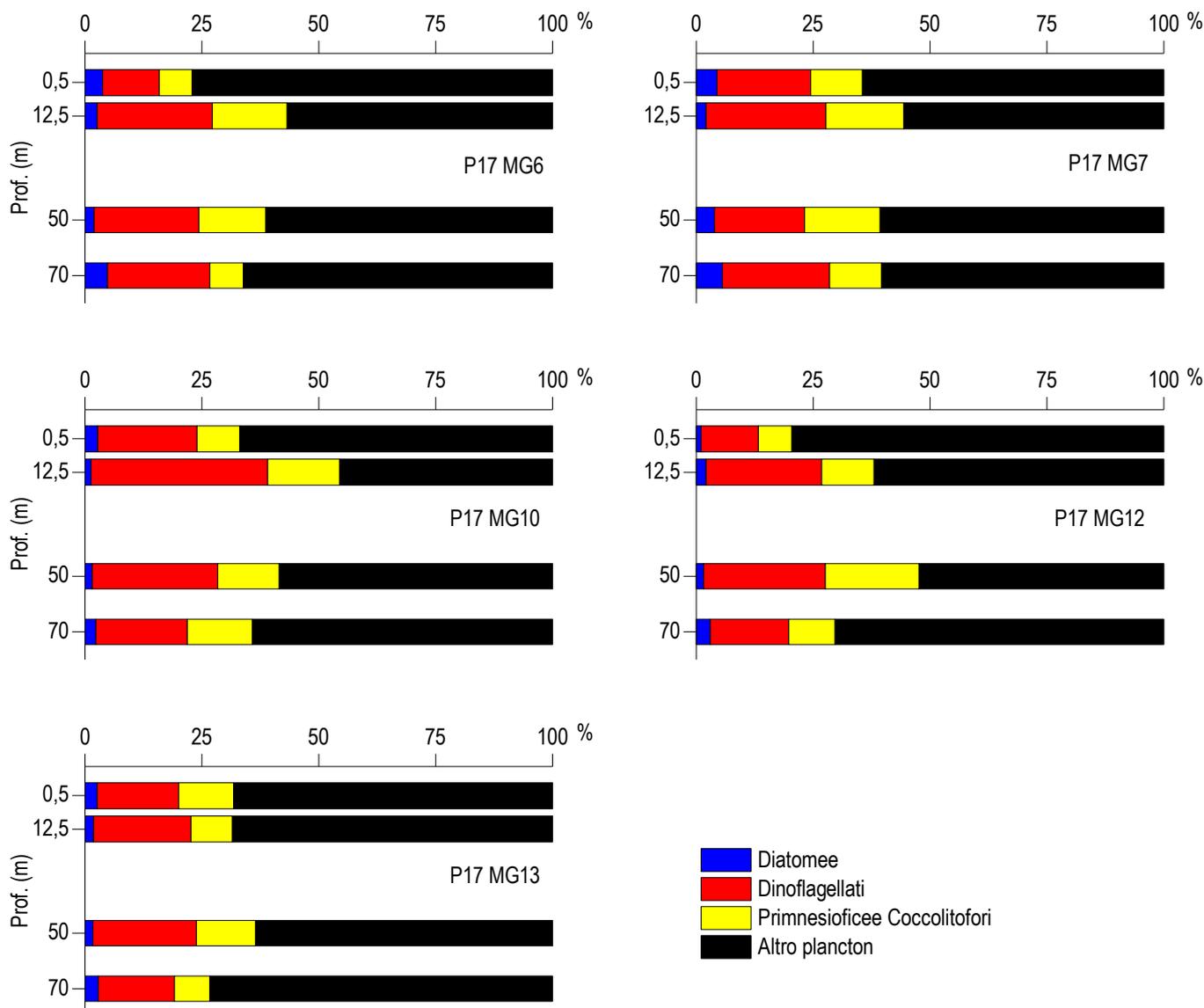


Figura 11 - Abbondanza relativa delle classi fitoplanctoniche indicate in legenda nelle diverse stazioni.

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	31	6	4
Dinoflagellati	48	5	4
Prymnesiophyceae coccolitofori	19	2	2
Cryptophyceae	1		1
Chrysophyceae/Dictyochophyceae	4		
Chlorophyta/Euglenoidea		1	1
Prasinophyceae	3	2	
Prymnesiophyceae non coccolitofori		1	
Cyanobatteri	4	2	
Altro	110	19	12
Totale	31	6	4

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

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

DIATOMEAE		
<i>Bacteriastrum delicatulum</i> Cleve 1897	<i>Leptocylindrus minimus</i> Gran 1915	<i>Fragilariopsis</i> spp.
<i>Chaetoceros danicus</i> Cleve 1889	<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström 1986	<i>Haslea</i> sp.
<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve 1873	<i>Rhizosolenia decipiens</i> Sundström 1986	<i>Licmophora flabellata</i> (Grev.) Agardh 1831
<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow 1863	<i>Rhizosolenia</i> sp.	<i>Nitzschia</i> (sez. <i>sigmatae</i>) sp.
<i>Chaetoceros</i> spp.	<i>Skeletonema menzeli</i> Guillard Carpenter & Reimann 1974	<i>Nitzschia bicapitata</i> Cleve 1901
<i>Chaetoceros subtilis</i> Cleve 1896	<i>Thalassiosira angulata</i> (Gregory) Hasle 1978	<i>Plagiotropis</i> sp.
<i>Coscinodiscus granii</i> Gough 1905	<i>Thalassiosira</i> spp.	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cleve) Heiden 1928
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i> (Bergon) Hasle 1996	<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & Lewin 1964	<i>Pseudo-nitzschia galaxiae</i> Lundholm & Moestrup 2002
<i>Dactyliosolen phuketensis</i> (Sundstrom) Hasle 1996	<i>Diatomea pennata</i> n.i. (forma p)	<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle 1993
Diatomee centriche $\leq 20 \mu\text{m}$ n.i.	Diatomee pennate $\leq 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Striatella unipunctata</i> (Lyngbye) Agardh 1832
<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow ex Van Heurck 1882	Diatomee pennate $> 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Thalassionema</i> cf. <i>bacillare</i> (Heiden) Kolbe 1955
<i>Hemidiscus cuneiformis</i> Wallich 1860	<i>Diploneis crabro</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1854	<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Hallegraeff 1986
<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve 1889	<i>Fragilaria hyalina</i> (Kützing) Grunow ex Van Heurck 1880	<i>Thalassionema nitzschooides</i> (Grunow) Mereschkowsky 1902
<i>Leptocylindrus mediterraneus</i> (Peragallo) Hasle 1975	<i>Fragilariopsis doliolus</i> (Wallich) Medlin & Sims 1993	
DINOFLAGELLATI		
<i>Amphidinium</i> cf. <i>globosum</i> Schröder 1911	Dinoflagellati tectati $\leq 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Neoceratium pentagonum</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-García 2010
<i>Amphidinium</i> cf. <i>sphenoides</i> Wulff 1916	Dinoflagellati tectati $> 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Oxytoxum mediterraneum</i> Schiller
<i>Amphidinium</i> spp.	<i>Dinophysis caudata</i> Saville-Kent 1881	<i>Oxytoxum mitra</i> Stein 1883
<i>Cochlodinium pulchellum</i> Lebour 1917	<i>Dinophysis ovum</i> (Schütt) Abé	<i>Oxytoxum sphaeroideum</i> Stein 1883
<i>Cochlodinium pupa</i> Lebour 1925	<i>Dinophysis parva</i> Schiller 1928	<i>Oxytoxum strophalatum</i> Dodge & Saunders 1985
<i>Erythrotriodinium minus</i> (Kofoid & Swezy) Silva 1960	<i>Dinophysis sacculus</i> Stein 1883	<i>Oxytoxum variable</i> Schiller 1937
<i>Erythrotriodinium</i> sp.	<i>Goniodoma polyedricum</i> (Pouchet) Jörgensen 1899	<i>Phalacrocoma rotundatum</i> (Claparède & Lachmann) Kofoid & Michener 1911
Gymnodiniaceae $\leq 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Heterocapsa</i> spp.	<i>Prorocentrum balticum</i> (Lohmann) Loeblich 1970
Gymnodiniaceae $> 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Heterocapsa minima</i> Pomroy 1989	<i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) Abé ex Dodge 1975
<i>Gyrodinium aciculatum</i> Hansen & Larsen 1992	<i>Heterocapsa niei</i> (Loeblich III) Morrill & Loeblich III 1981	<i>Prorocentrum gracile</i> Schütt 1895
<i>Gyrodinium fusiforme</i> Kofoid & Swezy 1921	<i>Heterocapsa rotundata</i> (Lohmann) Hansen 1995	<i>Prorocentrum rathymum</i> Loeblich, Sherley & Schmidt 1979
<i>Gyrodinium</i> spp.	<i>Lessardia elongata</i> Saldarriaga & Taylor 2003	<i>Protopteridinium breve</i> Paulsen 1907
<i>Karenia papilionacea</i> Haywood & Steidinger 2004	<i>Lingulodinium polyedrum</i> (Stein) Dodge 1989	<i>Protopteridinium</i> cf. <i>globulus</i> (Stein) Balech 1974
<i>Karenia</i> spp.	<i>Mesoporos perforatus</i> (Gran) Lillick 1937	<i>Protopteridinium crassipes</i> (Kofoid) Balech 1974
<i>Prorocentrum pelagica</i> Fabre-Domergue 1889	<i>Neoceratium declinatum</i> (Karsten) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Protopteridinium depressum</i> (Bailey) Balech 1974
<i>Pyrocystis lunula</i> (Schütt) Schütt 1896	<i>Neoceratium extensum</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Protopteridinium diabolium</i> (Cleve) Balech 1974
<i>Torodinium robustum</i> Kofoid & Swezy 1921	<i>Neoceratium furca</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Protopteridinium divergens</i> (Ehrenberg) Balech 1974
<i>Alexandrium</i> cf. <i>minutum</i> Halim 1960	<i>Neoceratium fusus</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Protopteridinium pellucidum</i> Bergh 1881
<i>Ceratium carriense</i> Gourret 1883	<i>Neoceratium massiliense</i> (Gourret) Gomez, Moreira & Lopez-García 2010	<i>Protopteridinium tuba</i> (Schiller) Balech 1974
PRYMNESIOPHYCEAE COCCOLITOFORI		
<i>Acanthoica quattrosolina</i> Lohmann 1903	Coccolitofori $\leq 10 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Rhabdosphaera clavigera</i> Murray & Blackman 1898
<i>Algrosphaera robusta</i> (Lohmann) Norris 1984	<i>Coronosphaera mediterranea</i> (Lohmann) Gaarder 1977	<i>Sphaerocalyptra quadridentata</i> (Schiller) Deflandre 1952
<i>Anacanthoica acanthos</i> (Schiller) Deflandre 1952	<i>Daktylethra pirus</i> (Kamptner) Norris 1985	<i>Syracosphaera anthos</i> (Lohman) Janin 1987
<i>Calcidiscus leptoporus</i> (Murray & Blackman) Loeblich & Tappan 1978	<i>Emiliania huxleyi</i> (Lohmann) Hay & Mohler 1967	<i>Syracosphaera</i> cf. <i>molischii</i> Schiller 1925
<i>Calciosolenia brasiliensis</i> (Lohmann) Young 2003	<i>Helicosphaera carterii</i> (Wallich) Kamptner 1954	<i>Syracosphaera pulchra</i> Lohmann 1902
<i>Calyptosphaera oblonga</i> Lohmann 1902	<i>Helladosphaera cornifera</i> (Schiller) Kamptner 1937	<i>Zigosphaera hellenica</i> Kamptner 1937
<i>Calyptosphaera</i> sp.	Holococcolitoforo sp. 1	<i>Zigosphaera</i> spp.
<i>Calyptosphaera sphaeroidea</i> Schiller 1913	<i>Ophiaster hydroideus</i> (Lohmann) Lohmann 1913	
CRYPTOPHYCEAE		
<i>Plagioselmis prolunga</i> Butcher ex Novarino, Lucas & Morrall 1994	Cryptophyceae n.i.	
CHRYSOPHYCEAE/DICTYOCOPHYCEAE		
<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg 1839	<i>Meringosphaera mediterranea</i> Lohmann 1902	<i>Ollicola vangoorii</i> (Conrad) Vørs 1992

Tabella 12 - Lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative microscopiche.		
<i>Dictyocha speculum</i> Ehrenberg 1839		
CHLOROPHYTA/EUGLENOIDEA		
Euglenoidea n.i.	<i>Crucigenia</i> sp.	
PRASINOPHYCEAE		
<i>Halosphaera viridis</i> Schmitz 1878	<i>Pseudoscourfieldia marina</i> (Thronsdén) 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		
<i>Spirulina</i> sp.	<i>Hermesinium adriaticum</i> Zacharias 1906	<i>Paulinella ovalis</i> (Wulff) Johnson, Hargraves & Sieburth 1988
Flagellati indeterminati < 10 µm	<i>Leucocryptos marina</i> (Braarud) Butcher 1967	<i>Telonema</i> sp.
<i>Commatium cryoporinum</i> Thomsen & Larsen 1993		

Analisi qualitativa del fitoplancton da retino

Dall'analisi qualitativa dei campioni raccolti con retino nelle stazioni P17 MG6, P17 MG7, P17 MG10, P17 MG12 e P17 MG13, sono stati individuati 154 taxa, di cui 138 identificati a livello di specie, 12 come genere e 4 attribuibili a categorie soprageneriche (Tabella 13). In Tabella 14 si fornisce l'elenco completo dei taxa presenti nelle diverse stazioni di campionamento. Per ciascuna classe fitoplanctonica, nell'insieme di tutte le stazioni, 38 taxa appartengono alle diatomee, 101 ai dinoflagellati e 9 ai coccolitofori; sono stati, inoltre, identificati 2 taxa appartenenti alle Dictyochophyceae, 3 alle Euglenoideae e 1 genere di Cianobatterio (*Spirulina* sp.). Per le classi delle Chrysophyceae e delle Chlorophyceae, invece, non sono stati individuati taxa.

La numerosità dei taxa individuati in ogni stazione va da un minimo di 72 in P17 MG10 ad un massimo di 87 in P17 MG6.

Dall'osservazione non è emersa una netta differenza nella quantità dei taxa presenti che, in tutte le stazioni, sono principalmente dinoflagellati ed in secondo luogo diatomee (rispettivamente, 92 specie, 7 generi e 2 di categorie superiori e 33 specie, 3 generi e 2 di categorie superiori), mentre i coccolitofori risultano meno differenziati (9 taxa). La frazione più piccola del popolamento è rappresentata dalle Dictyochophyceae e dalle Euglenoideae.

Sono stati inoltre identificati ed aggiunti nuovi taxa di dinoflagellati (*Gonyaulax* cf. *apiculata*, *Corythodinium curvicaudatum* e *Gyrodinium spirale*), che non erano stati ancora rilevati nei precedenti campionamenti. Sono stati rilevati anche esemplari di *Spirulina* sp., forma prevalentemente di acque dolci, probabilmente da associare alla presenza di acque di provenienza continentale (fiume Arno).

Ad un confronto della lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative (Tabella 11) con l'elenco dei taxa ottenuti dalle analisi qualitative (Tabella 14), vediamo che il numero totale di taxa presenti non differisce di molto tra retino e bottiglia (rispettivamente con 154 e 141 taxa individuati); sono, però, presenti molte specie rare principalmente appartenenti a diatomee e Dinoflagellati, non osservate nei campioni da bottiglia: numerose diatomee appartenenti al genere *Chaetoceros* (*Chaetoceros constrictus*, *C. curvisetus*, *C. dadayi*, *C. diversus*, *C. laciniosus*, *C. peruvianus*, *C. wighamii*, *C. willei*) ed al genere *Rhizosolenia* (*Rhizosolenia* cf. *fallax*, *R. hebetata*, *R. hebetata* f. *semispina*, *R. imbricata*); per i dinoflagellati, sono state rilevate numerose specie rare appartenenti ai generi: *Dinophysis* (*Dinophysis acuminata*, *D. acuta*, *D. amandula*, *D. operculoides*, *D. parvula*, *D. planiceps* e *D. recurva*), *Neoceratium* (*Neoceratium arietinum*, *N. candelabrum*, *N. carriense*, *N. concilians*, *N. eucaratum*, *N. hexacantum*, *N. karstenii*, *N. macroceros*, *N. pulchellum*, *N. symmetricum*, *N. trichoceros* e *N. tripos*), *Ornithocercus* (*Ornithocercus magnificus*), *Podolampas* (*Podolampas bipes*, *P. palmipes*, *P. spinifer*), *Protoceratium* (*Protoceratium* cf. *areolatum*, *P. reticulatum*), *Prorocentrum* (*Prorocentrum dentatum*, *P. lima*, *P. maximum*, *P. micans*, *P. minimum*), *Protoperdinium* (*Protoperdinium globulus*, *P. granii*, *P. leonis*, *P. ovum*, *P. pallidum*, *P. pellucidum* e *P. steinii*).

Tabella 13 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni da retino osservati durante il campionamento P17.

Classe	Specie	Generi	Categorie superiori*
Diatomee	33	3	2
Dinoflagellati	92	7	2
Prymnesiophyceae coccolitofori	9		
Dictyochophyceae	2		
Chrysophyceae			
Euglenoideae	1	2	
Chlorophyceae			
Altro	1		
Totale	138	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 P17 MG6, P17 MG7, P17 MG10, P17 MG12 e P17 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13).

Specie	6	7	10	12	13	Specie	6	7	10	12	13
DIATOMEE											
<i>Asteromphalus flabellatus</i> Ehrenberg 1844		x	x	x	x	<i>Hemiaulus sinensis</i> Greville 1865	x	x	x	x	x
<i>Bacteriastrium hyalinum</i> var. <i>princeps</i> (Castracane) Ikar	x					<i>Hemidiscus cuneiformis</i> Wallich 1860	x	x			x
<i>Chaetoceros constrictus</i> Gran 1897				x		<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve 1889			x	x	
<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve 1889	x	x		x	x	<i>Leptocylindrus mediterraneus</i> (Peragallo) Hasle 1975	x		x		x
<i>Chaetoceros dadayi</i> Pavillard 1913	x		x			<i>Leptocylindrus minimus</i> Gran 1915	x		x		

Tabella 14 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni P17 MG6, P17 MG7, P17 MG10, P17 MG12 e P17 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13).

Specie	6	7	10	12	13	Specie	6	7	10	12	13
<i>Chaetoceros danicus</i> Cleve 1889	x	x	x	x		<i>Odontella mobiliensis</i> (Bailey) Grunow 1884	x				
<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve 1873	x		x	x	x	<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström 1986	x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros diversus</i> Cleve 1873	x					<i>Rhizosolenia cf. fallax</i> Sundström 1986		x			
<i>Chaetoceros laciniosus</i> Schütt 1895					x	<i>Rhizosolenia hebetata</i> Bailey 1856			x	x	x
<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow 1863	x	x	x	x	x	<i>Rhizosolenia hebetata</i> f. <i>semispina</i> (Hensen) Gran 1908		x			
<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell 1856					x	<i>Rhizosolenia imbricata</i> Brightwell 1858					x
<i>Chaetoceros</i> spp.					x	<i>Thalassiosira angulata</i> (Gregory) Hasle 1978	x	x	x	x	
<i>Chaetoceros wighamii</i> Brightwell 1856					x	<i>Thalassiosira</i> spp.		x	x	x	x
<i>Chaetoceros willei</i> Gran 1897	x	x			x	Diatomee pennate > 20 µm n.i.	x	x	x	x	x
<i>Coscinodiscus granii</i> Gough 1905	x					<i>Haslea wawrikae</i> (Hustedt) Simonsen 1974		x			
<i>Coscinodiscus lineatus</i> Ehrenberg 1841	x				x	<i>Plagiotropis</i> spp.					x
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i> (Bergon) Hasle 1996	x	x	x		x	<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle 1993	x		x	x	
Diatomee centriche > 20 µm n.i.	x	x	x	x	x	<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Hallegraef 1986	x	x	x	x	x
<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow ex Van Heurck 1882	x	x	x	x	x	<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky 1902	x	x	x	x	x
DINOFLAGELLATI											
<i>Cochlodinium</i> sp.	x					<i>Neoceratium pentagonum</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x	x		x
Gymnodiniaceae > 20 µm n.i.	x	x	x	x	x	<i>Neoceratium pulchellum</i> (Schröder) Gómez, Moreira & López-García 2010		x	x		
<i>Gyrodinium aciculatum</i> Hansen & Larsen 1992		x				<i>Neoceratium symmetricum</i> (Pavillard) Gómez, Moreira & López-García 2010		x			
<i>Gyrodinium spirale</i> (Bergh) Kofoid & Swezy 1921					x	<i>Neoceratium trichoceros</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x	x		
<i>Gyrodinium</i> spp.	x	x	x	x		<i>Neoceratium tripos</i> (Müller) Gómez, Moreira & López-García 2010		x		x	x
<i>Alexandrium</i> cf. <i>minutum</i> Halim 1960	x					<i>Ornithocercus magnificus</i> Stein 1883	x		x		
<i>Alexandrium</i> spp.					x	<i>Oxytoxum coronatum</i> Schiller 1937		x			
<i>Alexandrium taylori</i> Balech 1994			x	x		<i>Oxytoxum curvatum</i> (Kofoid) Kofoid 1911	x				
<i>Azadinium caudatum</i> (Halldal) Nézan et Chomérat 2012				x	x	<i>Oxytoxum globosum</i> Schiller					x
<i>Corythodinium curvicaudatum</i> (Kofoid) Taylor 1976				x		<i>Oxytoxum laticeps</i> Schiller 1937	x	x	x		
<i>Corythodinium tessellatum</i> (Stein) Loeblich Jr. & Loeblich III 1966				x		<i>Oxytoxum longiceps</i> Schiller					x
Dinoflagellati tecati > 20 µm n.i.	x	x	x	x	x	<i>Oxytoxum mediterraneum</i> Schiller	x	x	x		x
<i>Dinophysis acuminata</i> Claparède & Lachmann 1859		x				<i>Oxytoxum milneri</i> Murray & Whitting 1899	x				
<i>Dinophysis acuta</i> Ehrenberg 1839			x	x	x	<i>Oxytoxum scolopax</i> Stein 1883	x	x		x	x
<i>Dinophysis amandula</i> (Balech) Sournia 1973	x	x	x			<i>Oxytoxum sphaeroideum</i> Stein 1883		x			
<i>Dinophysis caudata</i> Saville-Kent 1881	x	x		x	x	<i>Oxytoxum variabile</i> Schiller 1937				x	x
<i>Dinophysis operculooides</i> (Schütt) Balech 1967					x	<i>Oxytoxum viride</i> Schiller 1937			x	x	x
<i>Dinophysis ovum</i> (Schütt) Abé	x	x				<i>Phalacroma doryphorum</i> Stein 1883	x				
<i>Dinophysis parva</i> Schiller 1928	x	x	x	x	x	<i>Phalacroma rotundatum</i> (Claparède & Lachmann) Kofoid & Michener 1911	x	x	x	x	x
<i>Dinophysis parvula</i> (Schütt) Balech 1967	x		x	x		<i>Podolampas bipes</i> Stein 1883			x		
<i>Dinophysis planiceps</i> (Schiller) Balech 1967	x	x				<i>Podolampas palmipes</i> Stein 1883					x
<i>Dinophysis recurva</i> Kofoid & Skogsberg 1928		x	x			<i>Podolampas spinifer</i> Okamura 1912					x
<i>Dinophysis sacculus</i> Stein 1883	x			x	x	<i>Prorocentrum balticum</i> (Lohmann) Loeblich 1970	x	x	x	x	x
<i>Dinophysis</i> spp.	x	x				<i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) Abé ex Dodge 1975	x	x	x	x	x
<i>Diplopsalis</i> spp.		x	x	x	x	<i>Prorocentrum dentatum</i> Stein 1883			x		
<i>Goniadoma polyedricum</i> (Pouchet) Jörgensen 1899	x			x		<i>Prorocentrum gracile</i> Schütt 1895	x	x	x	x	x
<i>Gonyaulax</i> cf. <i>apiculata</i> Entz 1904		x				<i>Prorocentrum lima</i> (Ehrenberg) Stein 1878	x		x		x
<i>Gonyaulax</i> cf. <i>sphaeroidea</i> Kofoid 1911		x		x	x	<i>Prorocentrum maximum</i> (Gourret) Schiller 1937	x	x	x	x	x
<i>Gonyaulax ligustica</i> Rampi 1951	x					<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg 1833	x	x		x	x
<i>Gonyaulax monacantha</i> Pavillard 1916					x	<i>Prorocentrum minimum</i> (Pavillard) Schiller 1933			x	x	x
<i>Gonyaulax polygramma</i> Stein 1883		x			x	<i>Prorocentrum rathymum</i> Loeblich, Sherley & Schmidt 1979	x				
<i>Gonyaulax spinifera</i> (Claparède & Lachmann) Diesing 1866					x	<i>Protoceratium</i> cf. <i>areolatum</i> Kofoid 1907					x
<i>Heterocapsa niei</i> (Loeblich III) Morrill & Loeblich III 1981					x	<i>Protoceratium reticulatum</i> (Claparède & Lachmann) Bütschli 1885	x	x			
<i>Histioneis hyalina</i> Kofoid & Michener 1911	x	x				<i>Protoceratium breve</i> Paulsen 1907	x	x	x		
<i>Lessardia elongata</i> Saldarriaga & Taylor 2003			x		x	<i>Protoperidinium cerasus</i> (Paulsen 1907) Balech 1973					x
<i>Lingulodinium polyedrum</i> (Stein) Dodge 1989	x	x	x	x	x	<i>Protoperidinium crassipes</i> (Kofoid) Balech 1974	x	x	x	x	x
<i>Mesoporos adriaticus</i> (Schiller) Lillick	x	x	x			<i>Protoperidinium depressum</i> Bailey 1854	x	x	x	x	x
<i>Mesoporos perforatus</i> (Gran) Lillick 1937	x	x	x	x	x	<i>Protoperidinium diabolium</i> (Cleve) Balech 1974					x
<i>Neoceratium arietinum</i> (Cleve) Gómez, Moreira & López-García 2010	x					<i>Protoperidinium divergens</i> (Ehrenberg) Balech 1974	x	x	x	x	x
<i>Neoceratium candelabrum</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x	x		x	<i>Protoperidinium globulus</i> (Stein) Balech 1974	x	x			x
<i>Neoceratium carriense</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-García 2011					x	<i>Protoperidinium granii</i> (Ostenfeld) Balech 1974	x	x	x		
<i>Neoceratium concilians</i> (Jörgensen) Gómez, Moreira & López-García 2010					x	<i>Protoperidinium leonis</i> (Pavillard) Balech 1974		x			
<i>Neoceratium declinatum</i> (Karsten) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x	x	x	x	<i>Protoperidinium ovum</i> (Schiller) Balech 1974					x
<i>Neoceratium eucaratum</i> (Jörgensen) Gómez, Moreira & López-García 2010		x			x	<i>Protoperidinium pallidum</i> (Ostenfeld) Balech 1973				x	
<i>Neoceratium extensum</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x	x		x	<i>Protoperidinium pellucidum</i> Bergh ex Loeblich Jr. & Loeblich III 1881	x	x	x	x	x
<i>Neoceratium furca</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x	x	x	x	<i>Protoperidinium</i> sp.					x
<i>Neoceratium fusus</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x	x	x	x	<i>Protoperidinium steinii</i> (Jörgensen) Balech 1974	x	x	x	x	x
<i>Neoceratium hexacantum</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-García 2010					x	<i>Pyrocystis lunula</i> (Schütt) Schütt 1896				x	
<i>Neoceratium karstenii</i> (Pavillard) Gómez, Moreira & López-García 2010	x				x	<i>Scrippsiella</i> sp.		x		x	x

Tabella 14 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni P17 MG6, P17 MG7, P17 MG10, P17 MG12 e P17 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13).

Specie	6	7	10	12	13	Specie	6	7	10	12	13
<i>Neoceratium macroceros</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010					x	<i>Scripsiella trochoidea</i> (Stein) Balech ex Loeblich III 1965					x
<i>Neoceratium massiliense</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-García 2010		x	x		x						
PRYMNESIOPHYCEAE COCCOLITOFORI											
<i>Calyptrósphaera oblonga</i> Lohmann 1902	x	x	x	x	x	<i>Rhabdosphaera clavigera</i> Murray & Blackman 1898	x	x	x	x	x
<i>Coronosphaera binodata</i> (Kamptner) Gaarder 1977		x				<i>Scyphosphaera apsteinii</i> Lohmann 1902		x			x
<i>Coronosphaera mediterranea</i> (Lohmann) Gaarder 1977					x	<i>Syracosphaera pulchra</i> Lohmann 1902	x	x	x	x	x
<i>Daktylethra pirus</i> (Kamptner) Norris 1985	x	x	x	x	x	<i>Zigosphaera hellenica</i> Kamptner 1937		x			
<i>Helicosphaera carterii</i> (Wallich) Kamptner 1954	x	x	x	x	x						
DICTYOCOPHYCEAE											
<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg 1839	x	x	x	x	x	<i>Dictyocha speculum</i> Ehrenberg 1839					x
EUGLENOIDEA											
<i>Euglena</i> sp.		x				<i>Eutreptiella</i> spp.		x	x	x	
<i>Eutreptiella marina</i> da Cunha 1914	x										
ALTRO											
<i>Spirulina</i> sp.	x			x							

5.1.3.2 Zooplancton

Oloplancton

L'analisi della comunità oloplanctonica campionata nella stagione primaverile del 2017 (P17), conferma la dominanza della frazione a Copepodi planctonici in tutta la colonna d'acqua investigata (0 – 100 m), così come registrato nelle campagne fino ad oggi realizzate.

L'analisi dei dati quali-quantitativi (ind. per m⁻³) evidenzia che la componente a Copepodi è distribuita lungo il gradiente batimetrico con abbondanze crescenti dalla superficie al fondo. Tra i 50 m di profondità e il fondale (prossimo alla batimetria di 100 m) sono stati registrati i maggiori valori di abbondanza, pari a 812,87 ind/m³ (max: 943,62 ind/m³ P17 MG10; min: 791,55 ind/m³ P17 MG12). Nelle pescate verticali intermedie, comprese tra la superficie e la batimetrica di 50 m, si registrano valori medi inferiori pari a 630,90 ind/m³ (max: 710,97 ind/m³ P17 MG10; P17 min: 407,11 ind/m³ MG12), mentre nelle pescate orizzontali superficiali si rileva una media di 468,06 ind/m³ (max: 667,34 ind/m³ MG7; min: 90,16 ind/m³ MG13). I valori ottenuti sono in linea con quanto emerso durante la stagione primaverile del 2016, sia per quanto riguarda la distribuzione verticale, sia per quanto riguarda i valori quantitativi. È importante sottolineare come la distribuzione verticale dei Copepodi lungo la colonna d'acqua non subisca sostanziali modifiche tra una stazione e l'altra.

L'interpretazione dei risultati ottenuti permette differenti considerazioni generali sulla distribuzione dei popolamenti che non esibiscono anomalie dovute alla presenza del Terminale

- la distribuzione verticale dei popolamenti oloplanctonici è del tutto simile a quella della primavera precedente (P16), analogamente ai dati di temperatura
- l'elevata presenza nello strato superficiale di *Pelagia noctiluca* (Scyphozoa), comunque presente esclusivamente sottoforma di efira, influenza la distribuzione verticale primaverile della comunità a copepodi, favorendone la maggiore concentrazione negli strati più profondi dell'area investigata;
- complessivamente, anche in questo survey, si osserva una regolare presenza di planctonti nelle 5 stazioni investigate, fatta eccezione per il campionamento orizzontale superficiale effettuato in corrispondenza della stazione P17 MG13, dove si osserva una cospicua diminuzione degli individui/m³. Tale anomalia non è stata registrata negli strati più profondi, dove l'abbondanza di Copepodi planctonici è in linea con quanto osservato nelle altre stazioni.

Sono stati identificati 82 taxa di Copepodi (Tabella 15) in rappresentanza di 23 famiglie. La biodiversità riscontrata lungo la colonna rispecchia i valori quantitativi ottenuti, con il maggior numero di specie campionate nella porzione prossima al fondale (73 specie). Sono 63 le specie identificate nei campioni orizzontali superficiali e verticali tra 0 e 50 m di profondità.

La famiglia più rappresentata all'interno della colonna d'acqua, così come registrato in tutte le precedenti campagne, è quella dei Calanoidi Clausocalanidi, rappresentata da 2 generi: *Clausocalanus* (8 taxa) e *Ctenocalanus* (1 taxa). Complessivamente la distribuzione verticale dei Clausocalanidi non mostra differenza tra campioni superficiali (319,76 ind./m³) e intermedi (0 – 50 m: 391,23 ind./m³), mentre si registra un aumento di abbondanza nella fascia più profonda (489,75 ind./m³). La distribuzione verticale di tale famiglia influenza sensibilmente la distribuzione verticale dell'intera componente a Copepodi, rappresentando in ogni porzione della colonna oltre il 60 % degli individui campionati. Si osserva, inoltre, che le specie dominanti sono principalmente: *Clausocalanus pergens* (superficiale: 110,99 ind./m³; 0 – 50 m: 126,86 ind./m³; 148,95 ind./m³), *Clausocalanus paululus* (superficiale: 26,39 ind./m³; 0 – 50 m: 30,15 ind./m³; 41,33 ind./m³) e *Clausocalanus arcuicornis* (superficiale: 14,87 ind./m³; 0 – 50 m: 32,23 ind./m³; 10,91 ind./m³). *C. pergens* e *C. paululus* evidenziano la medesima distribuzione lungo il gradiente verticale, essendo principalmente concentrati nella porzione profonda della colonna. Viene confermata durante la stagione primaverile la presenza della specie *Ctenocalanus vanus*, unica specie del genere *Ctenocalanus*, campionata per la prima volta nell'area di studio durante la stagione P16. I dati presenti in letteratura scientifica, confermano il raggiungimento del picco di abbondanza della specie nel Mediterraneo occidentale in primavera.

Seconda per abbondanza è la famiglia Centropagidae, rappresentata complessivamente da 4 specie appartenenti ai generi *Centropages* (3 taxa) e *Isias* (1 taxa). I dati medi riguardanti la distribuzione verticale della famiglia evidenziano notevoli abbondanze lungo l'intera colonna, con evidente maggiore concentrazione oltre la batimetrica di 50 m. Il Centropagidae *Centropages typicus* è la specie dominante del comparto primaverile, rappresentando in media il 15,16 % (70,96 ind./m³) della copepodofauna studiata nei campionamenti orizzontali, il 17,63 % (111,26 ind./m³) tra 0 – 50 m e il 28,70 % (233,18 ind./m³) tra 50 – 100 m. Clausocalanidae e *C. typicus* costituiscono il pool specifico del campione primaverile rappresentandone in totale rispettivamente l'83,48% (superficiale), il 79,65 % (0 – 50 m) e l'88,94 % (50

– 100 m). Sporadiche e con abbondanze sempre molto contenute, le altre specie di Centropagidae campionate: *Centropages kroyeri*, *Centropages ponticus* e *Isias clavipes*.

La componente iponeustonica, è rappresentata esclusivamente da 4 taxa, tra i quali *Pontella mediterranea* è la specie più diffusa. Poco rappresentate le specie comuni *Nannocalanus minor* (tipicamente con picco di abbondanza estivo) e *Temora stylifera* (tipicamente con picco di abbondanza in autunno).

La famiglia Oithonidae (superficiale: 0,52 ind./m³; 0 – 50 m: 79,29 ind./m³; 50 – 100 m: 64,21 ind./m³), così come emerso nelle precedenti campagne primaverili, ha distribuzione prevalentemente profonda; Corycaeidae (superficiale: 29,63 ind./m³; 0 – 50 m: 32,23 ind./m³; 50 – 100 m: 27,81 ind./m³) e Oncaeidae (superficiale: 12,85 ind./m³; 0 – 50 m: 19,76 ind./m³; 50 – 100 m: 14,82 ind./m³), sono omogeneamente distribuite lungo i 100 metri investigati.

I copepodi Harpacticoida sono rappresentati dalle famiglie Clytemnestridae (1 taxa), Ectinosomatidae (2 taxa), Miraciidae (2 taxa) ed Euterpinidae (1 taxa), sempre con abbondanze contenute. Scarsa in particolare è la presenza del Miraciidae *Distiocolus minor*. Importante è la prima segnalazione nello specchio acqueo investigato della specie *Lubbockia aculeata* (Lubbockiidae), anche se esclusivamente con individui isolati. *L. aculeata* è un Cyclopoida ad ampia ripartizione (Mar Mediterraneo, Oceano Atlantico e Pacifico, Mar Rosso) e distribuzione verticale (0 – 1000 m), sempre campionato con abbondanze minime.

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*.

	O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50
Famiglia Acartiidae				<i>Pleuromamma gracilis</i>	*	*	*	Famiglia Oncaeidae			
<i>Acartia clausi</i>	*	*	*	Famiglia Paracalanidae				<i>Oncaea curta</i>	*	*	*
<i>Acartia negligens</i>			*	<i>Calocalanus contractus</i>	*	*	*	<i>Oncaea media</i>	*	*	*
<i>Acartia sp</i>	*	*	*	<i>Calocalanus longisetosus</i>		*	*	<i>Oncaea mediterranea</i>	*	*	*
Famiglia Calanidae				<i>Calocalanus neptunus</i>	*	*	*	<i>Oncaea scottodicarloi</i>	*	*	*
<i>Calanus helgolandicus</i>	*	*	*	<i>Calocalanus ovalis</i>	*	*	*	<i>Oncaea venusta</i>	*	*	*
<i>Mesocalanus tenuicornis</i>	*		*	<i>Calocalanus plumulosus</i>	*	*	*	<i>Oncaea spp</i>	*	*	*
<i>Nannocalanus minor</i>	*	*	*	<i>Calocalanus styliremis</i>	*	*	*	<i>Triconia conifera</i>			*
<i>Neocalanus gracilis</i>	*	*	*	<i>Calocalanus sp</i>	*	*	*	Famiglia Sapphirinidae			
Famiglia Candaciidae				<i>Paracalanus nanus</i>	*	*	*	<i>Sapphirina auronitens</i>	*		
<i>Candacia armata</i>		*	*	<i>Paracalanus parvus</i>	*	*	*	<i>Sapphirina ovatolanceolata</i>	*		
<i>Candacia ethiopica</i>	*		*	<i>Paracalanus spp</i>	*	*	*	Famiglia Clytemnestridae			
<i>Candacia giesbrechti</i>	*	*	*	Famiglia Pontellidae				<i>Clytemnestra rostrata</i>	*	*	*
<i>Candacia simplex</i>		*	*	<i>Labidocera wollastoni</i>	*			Famiglia Ectinosomatidae			
<i>Candacia juv</i>	*	*	*	<i>Pontella mediterranea</i>	*	**		<i>Microsetella norvegica</i>	*	*	
Famiglia Centropagidae				<i>Pontella juv</i>	*			<i>Microsetella rosea</i>	*	*	
<i>Centropages kroyeri</i>	*		*	Famiglia Scolecitrichidae				Famiglia Miraciidae			
<i>Centropages ponticus</i>		*		<i>Scolecithricella dentata</i>			*	<i>Distiocolus minor</i>			*
<i>Centropages typicus</i>	*	*	*	<i>Scolecithrix bradyi</i>			*	<i>Macrosetella gracilis</i>	*		*
<i>Isias clavipes</i>	*	*		Famiglia Temoridae				Famiglia Euterpinidae			
Famiglia Clausocalanidae				<i>Temora stylifera</i>	*	*	*	<i>Euterpina acutifrons</i>			*
<i>Clausocalanus arcuicornis</i>	*	*	*	Famiglia Corycaeidae							
<i>Clausocalanus furcatus</i>	*	*	*	<i>Corycaeus brehmi</i>	*	*	*				
<i>Clausocalanus jobei</i>	*	*	*	<i>Corycaeus clausi</i>			*				
<i>Clausocalanus lividus</i>	*	*	*	<i>Corycaeus flaccus</i>	*	*	*				
<i>Clausocalanus mastigophorus</i>	*	*	*	<i>Corycaeus furcifer</i>			*				
<i>Clausocalanus parapergens</i>		*		<i>Corycaeus giesbrechti</i>	*	*	*				
<i>Clausocalanus paululus</i>	*	*	*	<i>Corycaeus limbatus</i>	*	*					
<i>Clausocalanus pergens</i>	*	*	*	<i>Corycaeus ovalis</i>	*	*	*				
<i>Clausocalanus spp</i>	*	*	*	<i>Corycaeus typicus</i>		*	*				
<i>Ctenocalanus vanus</i>	*	*	*	<i>Corycaeus spp</i>	*	*	*				
Famiglia Eucalanidae				<i>Farranula rostrata</i>	*	*	*				
<i>Rhincalanus nasutus</i>	*		*	<i>Farranula sp</i>	*	*	*				
Famiglia Euchaetidae				Famiglia Oithonidae							
<i>Euchaeta marina</i>		*	*	<i>Oithona decipiens</i>	*	*	*				
<i>Euchaeta sp</i>		*		<i>Oithona longispina</i>		*	*				
Famiglia Lucicutiidae				<i>Oithona nana</i>	*	*	*				
<i>Lucicutia flavicornis</i>	*	*	*	<i>Oithona plumifera</i>		*	*				
Famiglia Mecynoceridae				<i>Oithona setigera</i>	*	*	*				
<i>Mecynocera clausi</i>		*	*	<i>Oithona similis</i>	*	*	*				
Famiglia Metridinidae				<i>Oithona tenuis</i>	*	*	*				
<i>Pleuromamma abdominalis</i>		*	*	<i>Oithona spp</i>	*	*	*				

Nella **Tabella 16** sono indicati i volumi di sedimentazione (dopo 24 h), espressi in ml, della componente oloplanctonica raccolta nella campagna primaverile 2017.

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)	P17 MG6	P17 MG7	P17 MG10	P17 MG12	P17 MG13
OR	98	69	70,5	51,0	25
50-0	4,5	4,5	9,5	12	6
100-50	5	2	13,5	8,5	2

Le differenze apprezzabili nei volumi di sedimentazione, tra pescate orizzontali e verticali, possono essere generalmente ricondotte al differente volume di acqua filtrato dai retini, costantemente superiore nelle pescate orizzontali. volumi di sedimentazione della stagione P17 sono in linea con quanto osservato nelle precedenti campagne primaverili, sia in termini quantitativi, sia in termini di distribuzione verticale.

Meroplancton

Nella categoria ecologica dello zooplancton marino il meroplancton è costituito dalle fasi larvali dei principali gruppi sistematici di animali bentonici.

Nella campagna primaverile P17 (**Tabella 17**), sono stati complessivamente determinati 47 *taxa* meroplanctonici appartenenti a 7 *phyla* di invertebrati marini. I *phyla* rappresentati sono: cnidari (1 *taxa*), molluschi (2), policheti (4), sipunculidi (1), artropodi (35), echinodermi (3) e foronidei (1).

Dal punto di vista strettamente quantitativo il campione primaverile del 2017 (P17) è largamente dominato dalla presenza delle fasi larvali di molluschi gasteropodi (già visibile la protoconca) che in tre delle cinque stazioni investigate registrano picchi di abbondanza compresi tra 10,95 e 16,59 ind/m³. Si tratta di elevate concentrazioni di esemplari raccolti nei campionamenti orizzontali e compatibili col periodo di riproduzione di numerose specie di molluschi gasteropodi che nella tarda primavera e inizio estate segnano il maggiore boom riproduttivo. Fenomeno analogo si osserva anche per le efere degli cnidari che hanno il loro picco quantitativo nella stazione MG6 nella quale si registrano 29,96 ind/m³ nel campione orizzontale e 283,09 ind/m³ nella fascia intermedia tra 50 m e la superficie. Anche questo dato è compatibile con il periodo di riproduzione e corrisponde alla prima fase di riscaldamento delle fasce superficiali nelle quali gli cnidari incontrano le condizioni più favorevoli.

Per contro gli artropodi, interamente rappresentati dai crostacei, sono qualitativamente la componente più numerosa del campione complessivo, rappresentando 35 *taxa* tra i quali 32 appartenenti ai crostacei decapodi (68% del campione totale), 2 ai cirripedi e 1 *taxa* agli stomatopodi (larve del genere *Squilla*). 3 sono i *taxa* che per la prima volta compaiono nella *checklist*: i crostacei decapodi *Xantho poressa* (brachiuro xanthide), *Necallianassa truncata* (axideo callianasside) e *Palaemon longirostris* (carideo palemonide).

Così come nelle precedenti campagne anche nella stagione P17 le larve di crostacei decapodi sono prevalentemente concentrate nelle stazioni superficiali; il 75% (24) delle specie identificate è stato raccolto durante i campionamenti orizzontali.

Solo 3 le specie esclusive delle fasce profonde e 1 *taxa* compare esclusivamente nella fascia intermedia (*Cestopagurus timidus*), 10 *taxa* compaiono invece in tutti e tre i livelli investigati. Due *taxa* (larve del genere *Periclimenes* e *Palaemon elegans*) sono stati osservati esclusivamente durante l'osservazione *in toto* dei campioni.

Dal punto di vista quantitativo le specie dominanti tra i crostacei decapodi si distribuiscono in maniera differente in funzione della colonna d'acqua spostandosi dal livello superficiale a quello intermedio e profondo. Nelle stazioni superficiali quasi la metà degli esemplari raccolti appartengono a due specie; si tratta delle fasi larvali di due brachiuri: *Pirimela denticulata* (3,38 ind/m³ = 31,8%) ed *Eriphia verrucosa* (1,77 ind/m³ = 16,6%). *P. denticulata* è specie largamente presente nell'area di studio, risultando sempre tra le specie dominanti del campione a crostacei decapodi. Si conferma la sua dominanza anche nella fascia intermedia tra 50 m e la superficie (2,26 ind/m³ = 17,7% del campione totale) sebbene la specie dominante in questo caso sia il carideo *Alpheus glaber* (2,56 ind/m³ = 20%). Nella fascia profonda compresa tra 100 e 50 m ancora due sono le specie dominanti. Si tratta di due caridei: *Processa edulis edulis* (5,19 ind/m³ = 23,4%) e *Lysmata seticaudata* (4,38 ind/m³ = 19,7%). Nel complesso si tratta di *taxa* già largamente segnalate nell'area e tra le più diffuse in tutte le campagne eseguite fino a oggi; la campagna P17 appare quindi in linea con i precedenti monitoraggi condotti nello stesso periodo, sia come numero di *taxa* complessivi, sia come specie quantitativamente dominanti.

In linea con le campagne primaverili precedenti è anche la scarsa presenza di larve di echinodermi tipica di questo periodo dell'anno. Questo *phylum* di invertebrati bentonici mostra, infatti, picchi di abbondanza larvale nel meroplancton, con acque decisamente più calde rispetto a quelle primaverili nelle quali il rimescolamento è ancora presente e il termocline estivo che determina una barriera fisica in grado di concentrare questo gruppo animale nelle fasce superficiali della colonna d'acqua, non si è ancora formato.

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.											
	O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50
CNIDARIA				<i>Cestopagurus timidus</i>		*		<i>Pirimela denticulata</i>	*	*	*
Efira ind	*	*	*	<i>Clibanarius erythropus</i>	*	**	*	Portunidae ind	*	*	*
MOLLUSCA				<i>Ebalia cranchii</i>	*		*	<i>Processa edulis edulis</i>	*	*	*
Gastropoda larvae ind	*	*	*	<i>Ebalia tuberosa</i>	*			<i>Sergia robusta</i>	*		*
Bivalvia larvae ind	*	*	*	<i>Ebalia tumefacta</i>	*	**	*	<i>Solenocera membranacea</i>			*

Tabella 17 – Meroplankton. 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.

POLYCHAETA		<i>Eriphia verrucosa</i>	*	*	*	<i>Upogebia</i> sp	*	*	*
Polychaeta larvae ind	*	<i>Galathea intermedia</i>			*	<i>Xantho poressa</i>	*	*	*
Spionidae ind	*	<i>Goneplax rhomboides</i>	*	*		Stomatopoda			
Syllidae ind	*	<i>Herbstia condiliata</i>	*			<i>Squilla mantis</i>	*		
Trocofora ind	*	<i>Liocarcinus</i> sp	*	*	**	ECHINODERMATA			
SIPUNCULA		<i>Lucifer typus</i>		*	*	<i>Echinocardium</i> sp		*	
Sipuncula larvae ind	*	<i>Lysmata seticaudata</i>	*	*	*	<i>Ophiotrix fragilis</i>		*	
CRUSTACEA		<i>Maja</i> sp	*			<i>Ophiura</i> sp	*	*	*
Cirripedia		<i>Necallianassa truncata</i>		*	*	FORONIDEA			
Cirripedia larvae ind	*	<i>Palaemon elegans</i>		**		<i>Actinotroca</i> larvae ind			*
Cypris larvae ind	*	<i>Palaemon xiphias</i>	*						
Decapoda		<i>Palaemon rongirostris</i>	*						
<i>Acanthonix lunulatus</i>	*	<i>Pachigrapsus marmoratus</i>	*	*					
<i>Alpheus glaber</i>	*	<i>Parapaeneus longirostris</i>	*		*				
<i>Anapagurus chiroacanthus</i>	*	<i>Parasergestes vigilax</i>	*		**				
<i>Athanas nitescens</i>	*	<i>Periclimenes</i> sp	**						

Ittioplancton

Nel survey P17 sono stati rinvenuti 18 *taxa* tra i quali uno identificato per la prima volta dall'inizio del survey. Si tratta del pesce osseo appartenente alla famiglia Blennidae *Lipophrys canevae* (bavosa guance gialle) (**Tabella 18**). Il risultato è in linea con quanto riscontrato nella stagione primaverile precedente quando i *taxa* di ittiofauna determinati nei campioni erano 19 in tutto.

Il 66,6% dei *taxa* è stato raccolto attraverso i retinaggi orizzontali, solo una specie compare esclusivamente nel campione verticale profondo (*Carapus acus* o galiotto). Esemplari riconducibili alle famiglie Blennidae e Sparidae e lo Scombridae *Sarda sarda* (palamita) sono stati esclusivamente osservati e determinati durante l'osservazione *in toto* del campione. Da segnalare la presenza di uova indiscutibilmente attribuibili, per dimensioni e forma, alla specie *Xiphias gladius* (pesce spada) che ha il suo periodo riproduttivo concentrato nei mesi tardo primaverili ed estivi.

I campioni raccolti attraverso i retinaggi orizzontali sono accomunati dalla massiccia presenza di uova di *Engraulis encrasicolus* (acciuga) a confermare che il periodo primaverile rappresenta l'inizio dell'intensa fase riproduttiva per questa specie di determinante valore commerciale. Il *taxa* dominante della campagna primaverile si riconferma quindi l'Engraulidae *E. encrasicolus* preferenzialmente concentrato nelle porzioni più superficiali della colonna d'acqua.

Come nelle campagne precedenti, anche nella P17 si segnala la presenza di fasi larvali appartenenti a pesci abissali. Diffuse sono infatti le larve di *Myctophum punctatum*, *Maurolicus muelleri* e *Cyclothone braueri*, tutte già segnalate in precedenti campagne di monitoraggio.

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
BLENNIDAE				MYCTOPHIDAE				STERNOPTYCHIDAE			
<i>Lipophrys canevae</i>	*			<i>Myctophum punctatum</i>		*	*	<i>Maurolicus muelleri</i>			*
<i>Parablennius sanguinolentus</i>	*			MULLIDAE				SYNGNATHIDAE			
Blennidae ind	**			<i>Mullus barbatus</i>	*	*		<i>Syngnathus phlegon</i>	*		
BOTHIDAE				SCOMBRIDAE				TRIGLIDAE			
<i>Arnoglossus laterna</i>	*	*	*	<i>Sarda sarda</i>	**			Triglidae ind	*		
CARAPIDAE				SCORPAENIDAE				Larvae ittio ind	*	*	*
<i>Carapus acus</i>			*	<i>Scorpaena scrofa</i>				Uova di <i>E. encrasicolus</i>	*	*	*
ENGRAULIDAE				SPARIDAE				Uova di <i>Xiphias gladius</i>	*		
<i>Engraulis encrasicolus</i>	*	*		<i>Diplodus</i> sp	*	*		Uova ind	*	*	*
GOBIIDAE				<i>Pagrus pagrus</i>	*	**					
<i>Gobius</i> sp	*	*		Sparidae ind	**	**					
GONOSTOMATIDAE											
<i>Cyclothone braueri</i>		*	*								

5.2 BIOTA

5.2.1 Macrozoobenthos

Lo studio ha portato alla raccolta e determinazione di 4786 individui appartenenti a 165 specie (**Tabella 19**) comprendenti policheti, molluschi, crostacei, sipunculidi, echinodermi, nemertini. La matrice di abbondanza specie x stazioni è riportata in Allegato 4 in accordo alla prescrizione 5 delle Determinine 2990 DVA R.D.R 0000100.04-04-2017 e 3337 DVA R.D.R 0000277.28-09-2017.

Tabella 19 – Lista delle specie rinvenute nella campagna Primavera 2017 (P17).

Anellidi		
<i>Acmira assimilis</i> (Tebble, 1959)	<i>Goniada maculata</i> Oersted, 1844	<i>Paralacydonia paradoxa</i> Fauvel, 1913
<i>Allia claudiae</i> (Laubier, 1967)	<i>Harmothoe antilopes</i> Mc Intosh, 1876	<i>Paraprionospio pinnata</i> (Ehlers, 1901)
<i>Ampharete acutifrons</i> (Grube, 1860)	<i>Harmothoe</i> sp	<i>Pectinaria auricoma</i> (O. F. Müller, 1776)

Tabella 19 – Lista delle specie rinvenute nella campagna Primavera 2017 (P17).

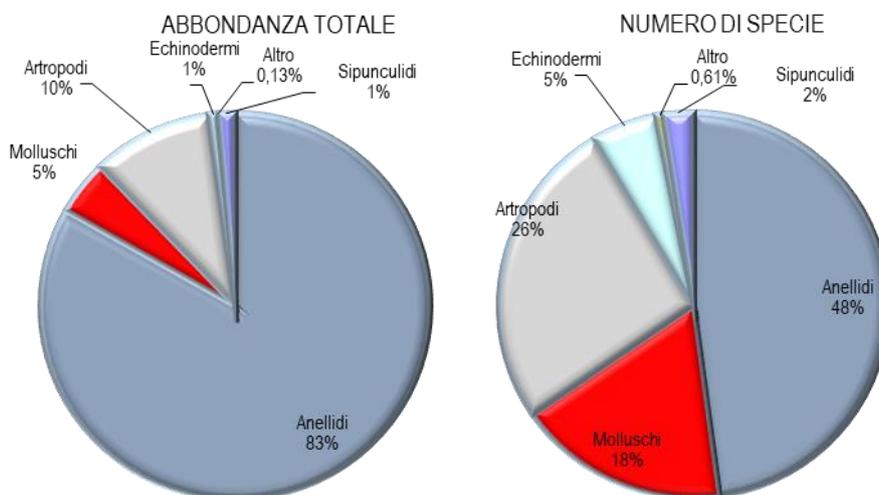
<i>Amphiteis midas</i> (Gosse, 1855)	<i>Harmothoe spinifera</i> (Ehlers, 1864)	<i>Phyllodoce mucosa</i> Örsted, 1843
<i>Ancistrosyllis groenlandica</i> Mc Intosh, 1879	<i>Hesione pantherina</i> Risso, 1826	<i>Phyllodoce</i> sp Lamarck, 1818
<i>Aphelocheata marioni</i> (Saint-Joseph, 1894)	<i>Heterospio sinica</i> Wu & Chen, 1966	<i>Pista cristata</i> (O. F. Müller, 1776)
<i>Capitella capitata</i> (Fabricius, 1780)	<i>Hyalinoecia tubicola</i> (O. F. Müller, 1776)	<i>Poecilochaetus fauchaldi</i> Pilato & Cantone, 1976
<i>Chaetozone caputesocis</i> (Saint-Joseph, 1894)	<i>Kefersteinia cirrata</i> (Keferstein, 1862)	<i>Polycirrus</i> sp Grube, 1850
<i>Chirimia biceps</i> (M. Sars, 1861)	<i>Laonice cirrata</i> (M. Sars, 1851)	<i>Polydora</i> sp
<i>Chloeia venusta</i> Quatrefages, 1865	<i>Levinsenia demiri</i> Çinar, Dagli & Acik, 2011	<i>Polygordius</i> sp
<i>Chone</i> sp	<i>Lysidice unicornis</i> (Grube, 1840)	<i>Praxillella gracilis</i> (M. Sars, 1861)
<i>Chrysopetalum debile</i> (Grube, 1855)	<i>Maldane glebiflex</i> Grube, 1860	<i>Prionospio ehlersi</i> Fauvel, 1928
<i>Cirrophorus branchiatus</i> Ehlers, 1908	<i>Marphysa bellii</i> (Audouin & Milne-Edwards, 1833)	<i>Prionospio</i> sp Malmgren, 1867
<i>Diplocirrus glaucus</i> Haase, 1915	<i>Megalomma</i> sp	<i>Prionospio steenstrupi</i> Malmgren, 1867
<i>Dorvillea rudolphii</i> (Delle Chiaje, 1828)	<i>Melinna palmata</i> Grube, 1860	<i>Rhodine loveni</i> Malmgren, 1865
<i>Drilonereis filum</i> (Claparède, 1868)	<i>Minuspio cirrifera</i> Wiren, 1883	<i>Sabellides octocirrata</i> (M. Sars, 1835)
<i>Eteone</i> sp	<i>Monticellina dorsobranchialis</i> (Kirkegaard, 1959)	<i>Scalibregma inflatum</i> Rathke, 1843
<i>Euclymene lumbricoides</i> (Quatrefages, 1865)	<i>Myriochele oculata</i> Zachs, 1923	<i>Scolecopsis foliosa</i> (Audouin & Milne-Edwards, 1833)
<i>Euclymene oerstedii</i> (Claparède, 1863)	<i>Nephtys hombergii</i> Savigny, 1818	<i>Scoletoma fragilis</i> (O.F. Müller, 1776)
<i>Euclymene</i> sp	<i>Nephtys hystricis</i> Mc Intosh, 1900	<i>Scoletoma impatiens</i> (Claparède, 1868)
<i>Eunice vittata</i> (Delle Chiaje, 1828)	<i>Nereiphylla rubiginosa</i> (Saint-Joseph, 1888)	<i>Scoloplos armiger</i> (O.F. Müller, 1776)
<i>Eupolymnia</i> sp	<i>Nothria conchylega</i> (M. Sars, 1835)	<i>Spiochaetopterus costarum</i> (Claparède, 1868)
<i>Exogone</i> sp	<i>Notomastus latericeus profundus</i> Eisig, 1887	<i>Spiophanes kroyeri</i> Grube, 1860
<i>Glycera alba</i> Verrill, 1900	<i>Ophelina acuminata</i> Örsted, 1843	<i>Sternaspis scutata</i> (Renier, 1807)
<i>Glycera tessellata</i> Grube, 1863	<i>Panthalis oerstedii</i> Kinberg, 1855	<i>Syllis alternata</i> Moore, 1908
<i>Glycinde nordmanni</i> (Malmgren, 1866)	<i>Paradiopatra calliopae</i> Arvanitidis & Koukouras, 1997	<i>Terebellides stroemi</i> M. Sars, 1835
		<i>Thelepus cincinnatus</i> (Fabricius, 1780)
Artropodi		
<i>Akanthophoreus gracilis</i> (Krøyer, 1842)	<i>Eurynome aspera</i> (Pennant, 1777)	<i>Lysianassa</i> sp
<i>Alpheus glaber</i> (Olivi, 1792)	<i>Gammaropsis maculata</i> (Johnston, 1827)	<i>Maera grossimana</i> (Montagu, 1808)
<i>Alpheus macrocheles</i> (Hailstone, 1835)	<i>Gnathia oxyuraea</i> (Lilljeborg, 1855)	<i>Medicorophium rotundirostre</i> (Stephensen, 1915)
<i>Ampelisca</i> sp	<i>Goneplax rhomboides</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Metaphoxus simplex</i> Bate, 1857
<i>Ampelisca typica</i> (Bate, 1856)	<i>Halice walkeri</i> (Ledoyer, 1973)	<i>Nebalia</i> sp
<i>Anapagurus</i> sp	<i>Haploops nirae</i> Kaim Malka, 1976	<i>Paranymphon spinosum</i> Caullery, 1896
<i>Anthura gracilis</i> (Montagu, 1808)	<i>Harpinia crenulata</i> (Boeck, 1871)	<i>Paraphoxus oculatus</i> (G.O. Sars, 1879)
<i>Araphura brevimanus</i> (Lilljeborg, 1864)	<i>Harpinia dellavallei</i> Chevreux, 1910	<i>Perioculodes longimanus longimanus</i> (Bate & Westwood, 1868)
<i>Carangoliopsis spinulosa</i> Ledoyer, 1970	<i>Hippomedon bidentatus</i> Chevreux, 1903	<i>Photis longicaudata</i> (Bate & Westwood, 1862)
<i>Cirolana borealis</i> Lilljeborg, 1852	<i>Hippomedon massiliensis</i> bellan-Santini, 1965	<i>Phthisica marina</i> Slabber, 1769
<i>Collettea cylindrata</i> (Sars, 1882)	<i>Inachus</i> sp	<i>Pilumnus hirtellus</i> (Linnaeus, 1761)
<i>Deflexilodes griseus</i> (Della Valle, 1893)	<i>Leucon (Epileucon) longirostris</i> Sars, 1871	<i>Processa canaliculata</i> Leach, 1815
<i>Desmosoma</i> sp	<i>Leucon</i> sp 2	<i>Pseudotanais</i> sp
<i>Eurydice spinigera</i> Hansen, 1890	<i>Leucothoe</i> sp	<i>Tuberapseudes echinatus</i> (G.O. Sars, 1882)
		<i>Upogebia deltaura</i> (Leach, 1815)
Echinodermi		
<i>Amphipolis squamata</i> (Chiaje, 1829)	<i>Astropecten irregularis pentacanthus</i> (Delle Chiaje, 1825)	<i>Ophiacantha setosa</i> (Bruzelius, 1805)
<i>Amphiura chiajei</i> Forbes, 1843	<i>Labidoplax digitata</i> (Montagu, 1815)	<i>Ophiura grubei</i> Heller, 1863
<i>Amphiura filiformis</i> (O. F. Müller, 1776)	<i>Neocucumis marioni</i> (Marenzeller, 1878)	<i>Trachythone tergestina</i> (Sars, 1857)
Molluschi		
<i>Abra nitida</i> (O.F. Muller, 1776)	<i>Falcidens gutturosus</i> (Kowalevsky, 1901)	<i>Nucula sulcata</i> (Bronn, 1831)
<i>Antalis inaequicostata</i> (Dautzenberg, 1891)	<i>Fusinus rostratus</i> (Olivi, 1792)	<i>Pandora pinna</i> (Montagu, 1803)
<i>Bathyarca pectunculoides</i> (Scacchi, 1834)	<i>Hyala vitrea</i> (Montagu, 1803)	<i>Parvicardium minimum</i> (Philippi, 1836)
<i>Cardiomya costellata</i> (Deshayes, 1835)	<i>Kurtiella bidentata</i> (Montagu, 1803)	<i>Pitar rudis</i> (Poli, 1795)
<i>Clathrella clathrata</i> (Philippi, 1844)	<i>Lembulus pellus</i> (Linnaeus, 1767)	<i>Poromya granulata</i> (Nyst & Westendorp, 1839)
<i>Corbula gibba</i> (Olivi, 1792)	<i>Limatula gwyni</i> (Sykes, 1903)	<i>Pteria hirundo</i> (Linnaeus, 1758)
<i>Cuspidaria cuspidata</i> (Olivi 1792)	<i>Mendicula ferruginosa</i> (Forbes, 1844)	<i>Thyasira alleni</i> Carozza, 1981

Tabella 19 – Lista delle specie rinvenute nella campagna Primavera 2017 (P17).

<i>Cuspidaria rostrata</i> (Olivi, 1792)	<i>Modiolula phaseolina</i> (Philippi, 1844)	<i>Thyasira biplicata</i> (Philippi, 1836)
<i>Ennucula aegeensis</i> (Forbes, 1844)	<i>Myrtea spinifera</i> Conraine, 1835	<i>Thyasira granulosa</i> (Monterosato, 1874)
	<i>Neopycnodonte cochlear</i> (Poli, 1795)	<i>Timoclea ovata</i> (Pennant, 1777)
Sipunculidi		
<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		

Gli anellidi policheti risultano essere il gruppo dominante, che con 3983 individui rappresentano oltre l'80% dell'abbondanza totale. Gli artropodi crostacei, secondi unicamente ai policheti costituiscono il 10% dell'abbondanza totale (478 individui). Seguono, nell'ordine, molluschi (222 individui) e echinodermi (34 individui), i primi con 5%, i secondi con appena l'1% di contributo all'abbondanza totale (**Figura 12**).

Più equilibrata risulta essere la ripartizione delle specie tra i vari gruppi, sebbene anche da questo punto di vista gli anellidi policheti si confermano il taxon dominante fornendo quasi la metà delle specie rinvenute (48%). Poco più di un quarto del panorama faunistico è fornito dagli artropodi (unicamente rappresentati dai crostacei) seguiti dai molluschi che rappresentano il 18% delle specie totali. Gli echinodermi forniscono appena il 5% di specie al panorama faunistico.

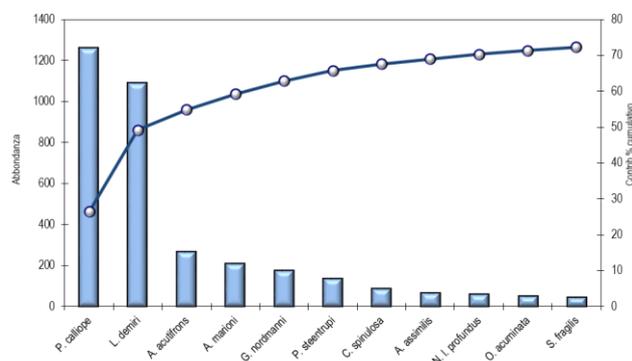

Figura 12 - Ripartizione dell'abbondanza totale e del numero di specie tra i principali taxa rinvenuti. Altro=nemertini.

Ai policheti appartengono le specie rinvenute col maggior numero di individui, tra le quali *Paradiopatra calliopae* (1265) *Levinsenia demiri* (1092 individui) e che costituiscono, rispettivamente il 26,4% e il 22,8% dell'abbondanza totale (Figura 13).

Ad esse seguono *Ampharete acutifrons* e *Aphelochaeta marioni* che rappresentano, complessivamente, circa il 10% dell'abbondanza totale.

Il contributo delle altre specie cala sensibilmente tanto che *Glycinde nordmanni* la quinta in ordine di importanza, costituisce poco più del 3% dell'abbondanza totale (3,6%).

Queste cinque 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, 155 specie (ossia 93,9% del totale) contribuiscono per meno dell'1% all'abbondanza totale. Inoltre il 19,4% circa delle specie è presente con un solo individuo. Pertanto tutti i pattern osservati dipendono in gran parte dalle variazioni di abbondanza di queste specie. Dalla Simper analysis si ottiene che la similarità tra repliche all'interno della stessa stazione è sempre maggiore del 50%, con un minimo in P17 MG6 (52,4 %) e un massimo in P17 MG4 (77,8%), oscillando intorno a una media complessiva di 65,7±7,9%.


Figura 13 - Abbondanza totale e contributo percentuale cumulativo delle specie dominanti.

Dalla medesima analisi, inoltre, si evince che *Levinsenia demiri* e *Paradiopatra calliopae* sono le specie che maggiormente contribuiscono alla similarità tra repliche tanto che, con la sola eccezione di P17 MG6, apportano un contributo complessivo sempre maggiore del 60% con percentuali leggermente superiori al 70% (P17 MG1, P17 MG4, P17 MG8).

Nel piano di ordinamento ottenuto dal non-Metric Multidimensional Scaling (n-MDS) si osserva che le stazioni non risultano distribuite nel plot in accordo alla loro posizione geografica o alla distanza dall'FSRU (**Figura 14**).

Esse risultano essere disperse nel piano senza formare cluster riconducibili alla loro reale distribuzione spaziale né alla presenza del rigassificatore. Dalla Simper analysis si evince che i valori di (dis)similarità tra stazioni sono, complessivamente paragonabili a quelli tra repliche, variando per lo più il 55 e il 65% con un massimo di 70,8% osservato tra P17 MG14 vs P17 MG10. Al contrario le similarità più basse (inferiori al 55%) sono state osservate tra P17 MG4 vs P17 MG6, P17 MG9 vs P17 MG6, P17 MG8 vs P17 MG9, P17 MG6 vs P17 MG10, P17 MG12 vs P17 MG9, P17 MG12 vs P17 MG6, P17 MG13 vs P17 MG6.

In tutti i casi le differenze sono dovute a differenze nei valori di abbondanza di *P. calliope* e *L. demiri* e non alla composizione faunistica rinvenuta nelle stazioni.

La stazione P17 MG9 mostra le differenze maggiori rispetto alle altre stazioni. Questo dato è in accordo con la diversa composizione del campione caratterizzata da una elevata percentuale di biodetrito che nella replica IV risulta dominante (80%) affiancato da ghiaia (10%) e da una modesta percentuale di fibra vegetale (5%).

Nelle altre stazioni il residuo presente è costituito generalmente da fibra vegetale, biodetrito conchifero (per lo più bivalvi e gasteropodi) e sabbia minerale, presenti però in percentuali molto variabili. Il detrito vegetale di origine terrigena è presente in percentuali molto variabili, sebbene sempre ampiamente presente (mai inferiore al 40%), sino a rappresentare la quasi totalità del campione come in P17 MG1, P17 MG4, P17 MG14 (repliche III e IV). Anche nel caso delle differenze tra stazioni le specie *Levinsenia demiri*, *Paradiopatra calliopae* sono quelle che danno il contributo maggiore, anche se talvolta modesto tanto che in circa il 60% dei casi oscilla intorno al 20% scendendo al di sotto del 15% nel caso di P17 MG2 vs P17 MG9.

Pertanto le differenze sono complessivamente dovute a bassi contributi apportati da molte specie. Tale pattern è in accordo alla presenza di un largo numero di specie con valori bassi di abbondanza.

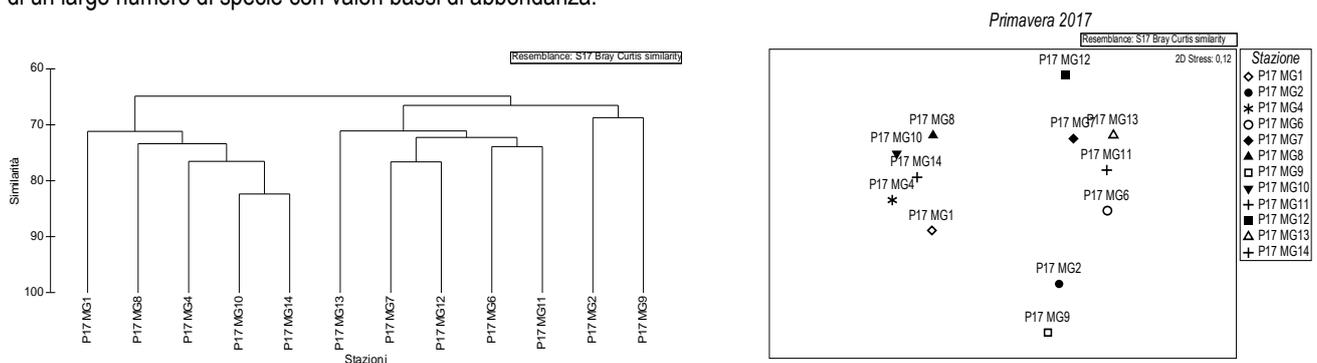


Figura 14 - Risultati della cluster analysis (group average) in alto e piano di ordinamento ottenuto dal n-MDS, in basso. La matrice triangolare di similarità è stata ottenuta tramite l'indice di Bray-Curtis.

Nella **Tabella 20** sono riportati i valori degli indici strutturali. Anche essi non mostrano pattern relazionabili alla presenza dell'FSRU.

Tabella 20 – Indici strutturali (\pm DS) relativi al popolamento macrobentonico. Numero di taxa (S), Numero di individui (N), Diversità specifica di Shannon-Weaver (H'), Ricchezza specifica di Margalef (d), Equitabilità di Pielou (J).										
Stazioni	S		N		H' (log ₂)		d		J	
P17 MG1	29,50	± 3,70	94,75	± 16,72	3,58	± 0,24	6,26	± 0,61	0,73	± 0,03
P17 MG2	31,00	± 1,41	92,50	± 8,74	4,00	± 0,18	6,63	± 0,31	0,81	± 0,04
P17 MG4	24,00	± 2,94	110,25	± 46,27	3,10	± 0,23	4,90	± 0,66	0,68	± 0,03
P17 MG6	36,00	± 3,56	97,50	± 16,54	4,27	± 0,35	7,66	± 0,74	0,83	± 0,06
P17 MG7	25,00	± 5,48	81,25	± 12,76	3,61	± 0,36	5,45	± 1,09	0,78	± 0,04
P17 MG8	28,25	± 3,59	107,25	± 16,64	3,40	± 0,21	5,83	± 0,63	0,71	± 0,02
P17 MG9	24,00	± 4,97	82,25	± 19,24	3,65	± 0,34	5,21	± 0,88	0,80	± 0,03
P17 MG10	28,50	± 5,26	121,75	± 22,60	3,53	± 0,18	5,72	± 0,89	0,73	± 0,02
P17 MG11	33,75	± 8,50	97,50	± 32,17	3,98	± 0,27	7,15	± 1,44	0,79	± 0,04
P17 MG12	33,50	± 5,80	105,50	± 11,21	4,01	± 0,40	6,98	± 1,24	0,79	± 0,05
P17 MG13	28,50	± 1,73	86,00	± 9,20	3,81	± 0,30	6,18	± 0,32	0,79	± 0,06
P17 MG14	29,50	± 2,65	120,00	± 15,19	3,51	± 0,08	5,97	± 0,64	0,72	± 0,00

5.2.2 Bioaccumulo

Metalli

I risultati della ricerca dei metalli in *M. galloprovincialis* sono riportati nella **Tabella 21**. Non ci sono anomalie da segnalare.

Tabella 21 - Concentrazione dei metalli nei mitili. Dati relativi alla campagna P17 espressi in mg/kg. Sono riportati i dati riferiti sia alla sostanza secca (s.s.) sia al peso fresco (p.f.) in accordo alla prescrizione 13 delle Determinazioni 2990 DVA R.D.R 0000100.04-04-2017 e 3337 DVA R.D.R 0000277.28-09-2017.

	Tempo zero		Stazione A		Stazione B		Stazione C		Stazione D		Stazione E (Bianco Gorgona)	
	s.s.	p.f.	s.s.	p.f.								
Arsenico	7,39	1,26	7,62	1,29	6,87	1,17	7,19	1,22	6,94	1,18	7,20	1,22
Bario	2,80	0,48	< 1,20	-	< 1,20	-	< 1,20	-	< 1,20	-	1,51	0,26
Cadmio	0,25	0,04	0,25	0,04	0,20	0,03	0,15	0,03	0,19	0,03	0,31	0,05
Cromo totale	5,97	1,02	3,70	0,63	3,02	0,51	2,42	0,41	3,26	0,55	4,49	0,76
Ferro	505,68	85,97	243,46	41,39	92,33	15,70	28,62	4,87	100,43	17,07	376,84	64,06
Manganese	17,43	2,96	8,41	1,43	7,19	1,22	3,95	0,67	5,78	0,98	17,03	2,90
Mercurio	0,11	0,02	0,09	0,01	0,08	0,01	0,08	0,01	0,08	0,01	0,10	0,02
Nichel	2,21	0,38	< 1,20	-	< 1,20	-	< 1,20	-	< 1,20	-	1,35	0,23
Piombo	2,72	0,46	2,35	0,40	1,58	0,27	1,71	0,29	1,46	0,25	2,40	0,41
Rame	7,95	1,35	4,01	0,68	3,71	0,63	3,95	0,67	4,07	0,69	4,58	0,78
Vanadio	2,43	0,41	1,09	0,19	< 1,20	-	< 1,20	-	< 1,20	-	1,84	0,31
Zinco	249,67	42,44	220,09	37,41	212,48	36,12	161,97	27,53	172,62	29,35	256,46	43,60

Idrocarburi totali

Nella **Tabella 22** sono riportati i risultati ottenuti dalla ricerca degli idrocarburi (C<10 e C10-C40). Non si rilevano anomalie da segnalare.

Tabella 22 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna P17, 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)	127,9	104,7	123,9	45,5	89,6	141,3

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 P17, 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	0,002	0,002	0,002	0,001	0,002	0,001
Acenafilene	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001
Antracene	0,001	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001
Benzo (a) antracene	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002
Benzo (a) pirene	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Benzo (b) fluorantene	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Benzo (g,h,i) perilene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Benzo (k) fluorantene	0,001	0,001	0,001	0,001	< 0,001	0,001
Crisene	0,002	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,001
Dibenzo (a,h) antracene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Fenantrene	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Fluorantene	0,002	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001
Fluorene	0,002	0,003	0,003	0,002	0,004	0,002
Indeno (1,2,3 - c,d) pirene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Naftalene	0,053	0,100	0,141	0,012	0,040	0,021
Pirene	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Composti organostannici (S totale)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Dibutilstagno	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Monobutilstagno	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Tributilstagno	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001

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 P17, 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	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
2,4-dicloro fenolo	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
4-cloro-3-metil fenolo	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
pentacloro fenolo	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
V.O.C.						
1,1,1-Tricloro Etano	<0,2	0,26	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
1,1,2-Tricloro Etano	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Bromo Dichloro Metano	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Bromoformio	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Carbonio Tetracloruro	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Cloroformio	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Dibromo Cloro Metano	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Tetracloro Etilene	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15
Tricloro Etilene	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25
1,2,3-Tricloro propano	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6
1,2-Dibromo Etano	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25
Dibromoacetoneitrile	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8
Tricloroacetoneitrile	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5

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 P17, 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 all'interno dei lisosomi degli emociti di mitilo non si evidenziano variazioni significative tra i mitili di controllo e quelli posizionati lungo il terminale FRSU; se ne deduce l'assenza di alterazioni a carico di questo comparto cellulare (**Figura 15**).

Comet assay

Le analisi (P17) hanno mostrato differenze significative per il grado di integrità del DNA. Infatti, gli organismi mantenuti presso tutte le stazioni poste lungo il terminale (A, B, C, D) hanno fatto registrare un livello di danno genetico significativamente superiore rispetto a quello dei mitili di

controllo (Stazione E-Bianco Gorgona) (**Figura 16**). I dati suggeriscono che l'attività del Terminale risulta alterare il grado di integrità del DNA nelle cellule branchiali dei mitili, senza però arrivare a compromettere l'organizzazione istologica della branchia stessa, come descritto di seguito.

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, come risulta dal punteggio non superiore a 2 misurato negli organismi (**Tabella 26**) anche se, mediamente, i mitili di controllo sono risultati più integri rispetto a quelli sul Terminale (**Figura 17**).

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.

Replica	I	II	III	IV	V
Mitili tempo zero	1	2	1	1	1
I17 Stazione A (Pos. 1)	2	2	1	1	2
I17 Stazione B (Pos. 2)	1	1	1	2	1
I17 Stazione C (Pos. 3)	2	1	1	2	1
I17 Stazione D (Pos. 4)	2	1	1	1	2
I17 Stazione E (Bianco Gorgona)	1	1	2	1	1

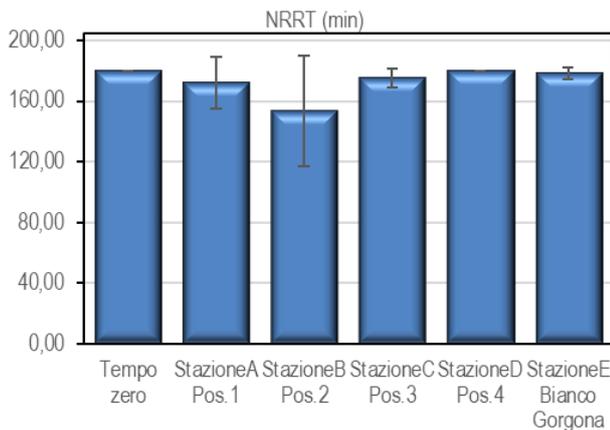


Figura 15 - Valutazione del danno cellulare mediante la misura del tempo di ritenzione del colorante vitale Rosso Neutro (NRRT) nei lisosomi degli emociti di mitilo. Valori alti del tempo di ritenzione corrispondono ad una maggiore integrità.

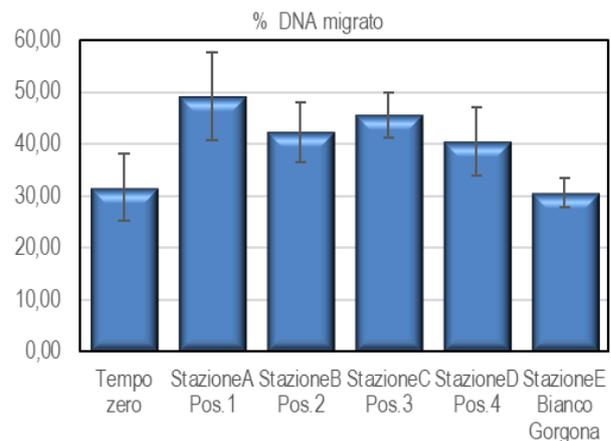


Figura 16 - Valutazione del grado di integrità del DNA mediante Comet assay. Valori elevati della percentuale di DNA migrato corrispondono ad una maggiore entità del danno.

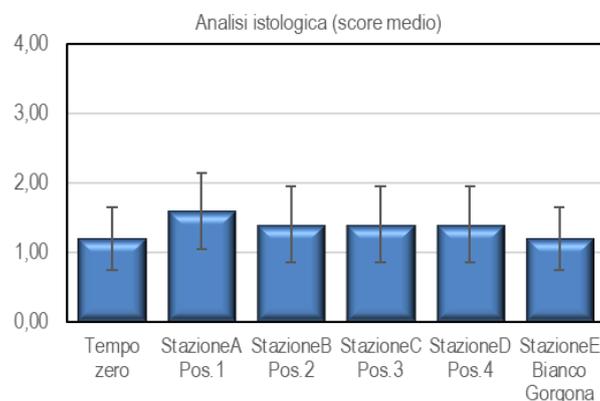


Figura 17 - Analisi istologica delle branchie di mitilo. Il parametro rappresentato nel grafico è il punteggio medio (score) per ciascuna delle stazioni indagate. La scala va da 1 a 5; il punteggio 1 indica una condizione di integrità mentre il punteggio 5 indica una forte compromissione della struttura dei filamenti branchiali.

5.2.4 Cetacei e tartarughe marine

Per questa indagine sono state percorse 252 nm per un totale di 53h e 40' di navigazione. Nella **Figura 15** sono riportate le rotte effettuate per il monitoraggio visivo, acustico e bioacustico condotto a partire da maggio 2017 (P17). Durante le giornate di monitoraggio non sono stati effettuati avvistamenti nell'area di indagine compresa entro il cerchio di 6 nm dal terminale FSRU Toscana. Questo dato potrebbe essere parzialmente spiegato dalla scarsa presenza di pescherecci a strascico nell'area durante le giornate di monitoraggio. Gli avvistamenti di delfini appartenenti alla specie *Tursiops truncatus* nella zona sono infatti quasi sempre segnalati in associazione alle reti a strascico.

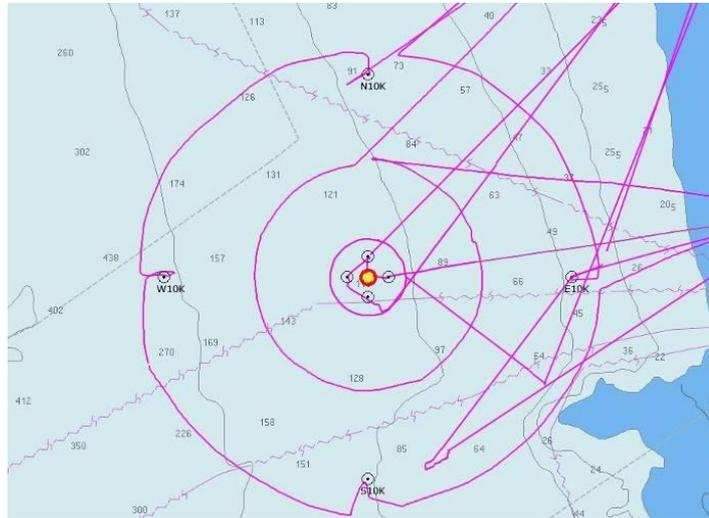


Figura 18 – Rotte effettuate per il monitoraggio visivo, acustico e bioacustico nella primavera 2017 (P17) con i punti di avvistamento.

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 metri di distanza dalla posizione del Terminale) alla profondità di 55 metri, con rappresentazione della funzione di densità spettrale di potenza (PSDf) basata sul calcolo della FFT (linea blu), e analisi in terzi d'ottava sovrapposta (linea rossa). Sono inoltre riportati i risultati a 1.000 m e 10.000 metri per la direttrice Nord (quella di maggior interesse per la presente campagna).

Le quattro figure seguenti (**Figura 19**, **Figura 20**, **Figura 21**, **Figura 22**) riportano i livelli PDSf misurati rispettivamente alle stazioni Nord, Est, Sud e Ovest. In tutti i casi, i livelli sono attorno ai 90-100 dB re 1 μ Pa²/Hz per frequenze sotto ai 300 Hz e scendono fino ai 40-50 dB re 1 μ Pa²/Hz alle alte frequenze. 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. Un picco persistente attorno ai 99 Hz si rileva in ogni stazione.

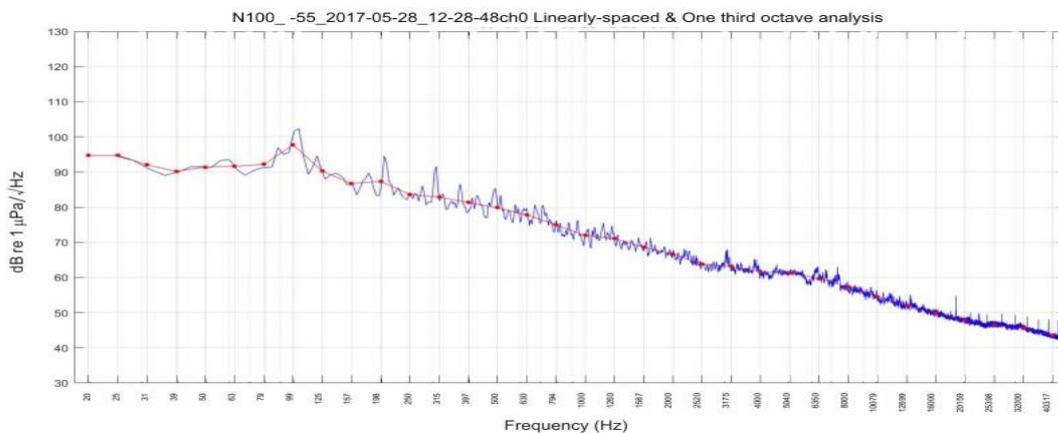


Figura 19 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N100 a 55 m di profondità.

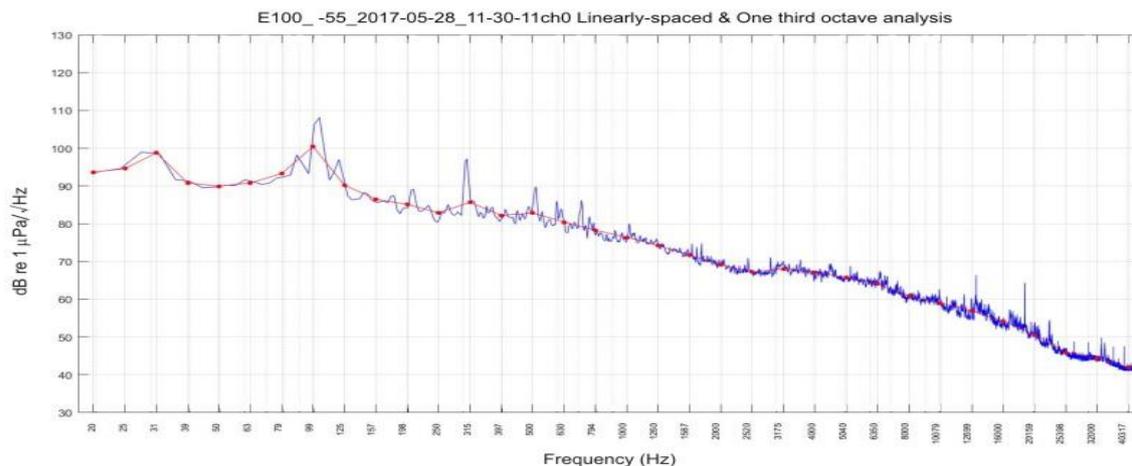


Figura 20 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto E100 a 55 m di profondità.

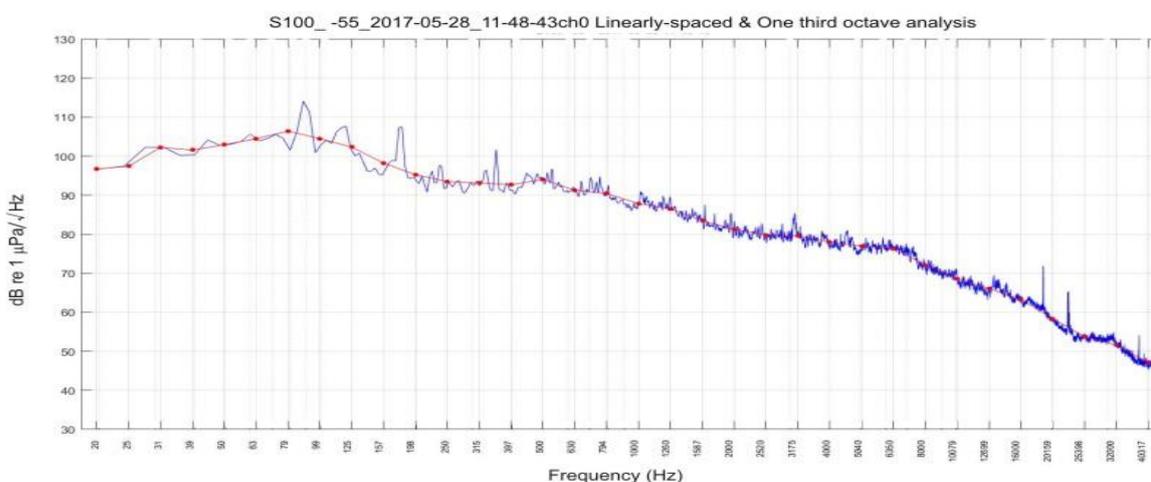


Figura 21 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S100 a 55 m di profondità.

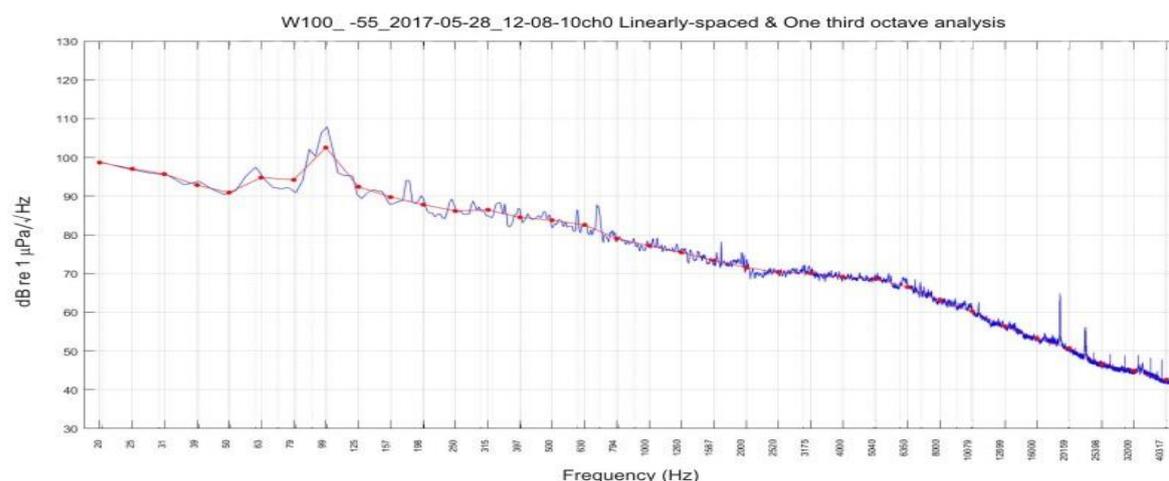


Figura 22 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto W100 a 55 m di profondità.

Nella **Figura 23** è rappresentato il confronto dei livelli in terzi d'ottava misurati a 100 metri per le quattro stazioni di riferimento. La stazione a Sud presenta livelli più alti su tutto lo spettro di frequenza. Le stazioni Nord, Est e Ovest presentano un picco di livelli attorno alla frequenza di 99 Hz. Questo picco è presente anche nella stazione Sud, ma non appare evidente nell'analisi in terzi di ottava perché tali livelli sono calcolati come medie su tutta la banda centrata sulla "center frequency", come si evince dalla **Figura 21**.

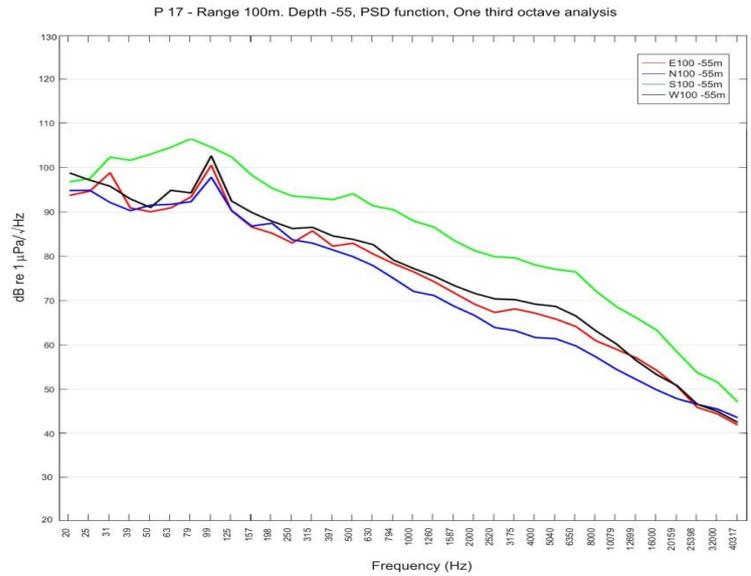


Figura 23 - Confronto dei livelli in terzi d'ottava misurati a distanza di 100 m a 55m di profondità.

La Figura 24 riporta i livelli PSDf a 1.000 metri, misurati nella stazione Nord, I livelli sono attorno ai 90-100 dB re 1uPa²/Hz a frequenze bassissime (20 - 90 Hz) e scendono fino ai 40-50 dB re 1uPa²/Hz alle alte frequenze. I picchi attorno ai 99 Hz rilevati a 100 metri di distanza risultano meno accentuati nella stazione a 1.000 metri.

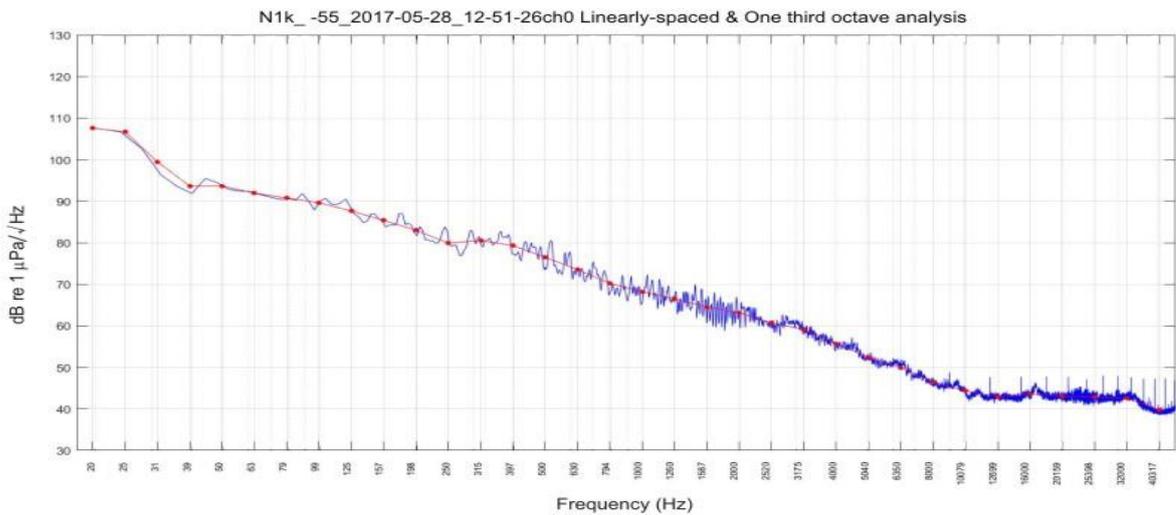


Figura 24 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N1K a 55m di profondità.

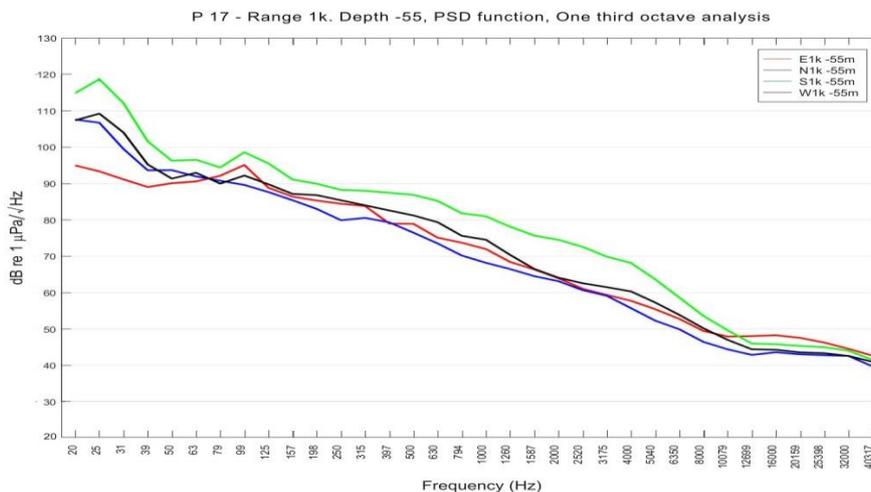


Figura 25 - Confronto dei livelli in terzi d'ottava misurati a distanza di 1.000m a 55m di profondità.

Nella **Figura 25** è rappresentato il confronto dei livelli in terzi d'ottava misurati a 1.000 metri per le quattro stazioni di riferimento. Le stazioni Sud, Est e Ovest presentano un picco di livelli attorno alla frequenza di 99 Hz meno accentuato rispetto a quanto rilevato nelle stazioni a 100 metri di distanza dal Terminale. Questo picco è presente anche nella stazione Nord, ma non appare evidente nell'analisi in terzi di ottava perché tali livelli sono calcolati come medie su tutta la banda centrata sulla "center frequency" come si evince dalla **Figura 24**. La **Figura 26** riporta i livelli PDSf misurati a 10.000 metri, nella stazione Nord.

I livelli sono attorno ai 90-100 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ a frequenze bassissime (20 - 90 Hz) e scendono fino ai 40-50 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ alle alte frequenze. I picchi a 99Hz evidenziati alla distanza di 100 metri non sono più visibili.

Alla stazione Est (**Figura 27**) è presente un picco attorno a 500 Hz, molto probabilmente dovuto al passaggio di un peschereccio a circa 3.700 metri di distanza. Anche qui si evidenziano righe spettrali che rappresentano interferenze elettromagnetiche derivanti da strumentazioni dell'imbarcazione di supporto e quindi non imputabili al Terminale. Esse non sono significative ai fini dell'analisi acustica.

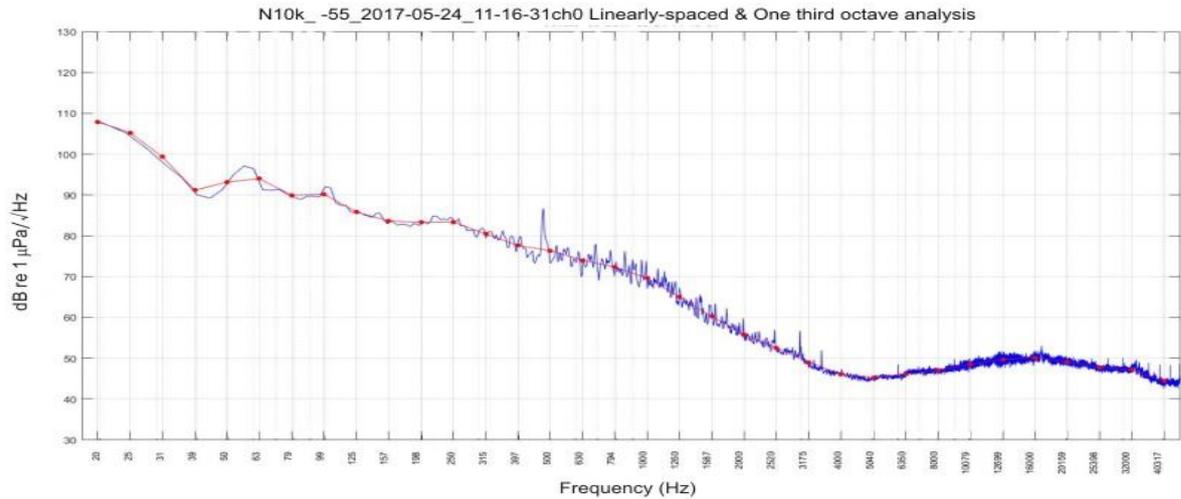


Figura 26 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N10k a 55m di profondità.

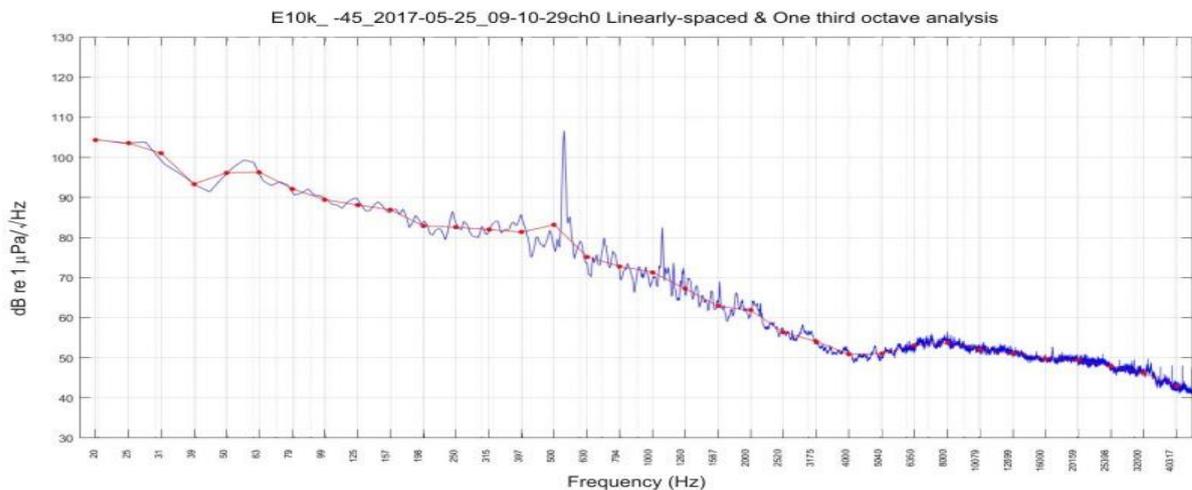


Figura 27 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto E10k a 55m di profondità.

Nella **Figura 28** è rappresentato il confronto dei livelli in terzi d'ottava misurati a 10.000 metri per le quattro stazioni di riferimento. Il picco a 500Hz alla stazione Est osservato in **Figura 27**, dovuto al passaggio di un peschereccio, è ben visibile.

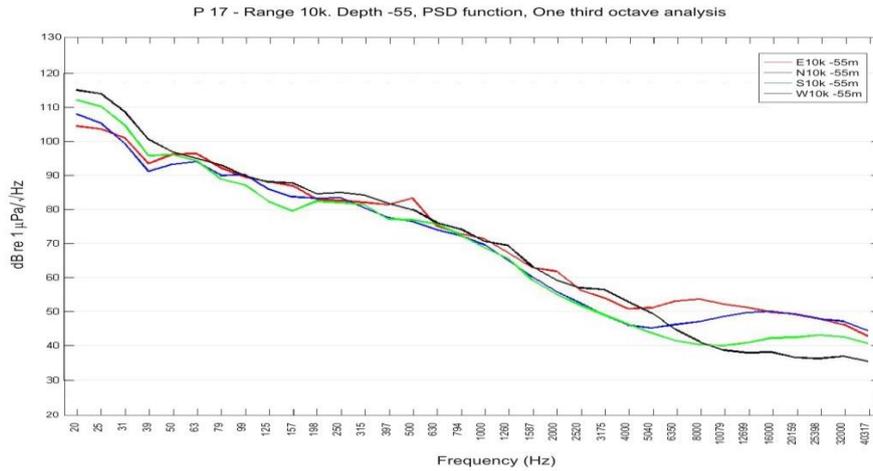


Figura 28 - Confronto dei livelli in terzi d'ottava misurati a distanza di 10 Km a 55m di profondità.

Nella Figura 29 sono riportati i valori PDSf in terzi d'ottava lungo la direzione Nord. I livelli al di sopra dei 60 Hz sono generalmente più alti a 100 m di distanza dal Terminale. Infatti, i livelli sotto ai 60 Hz sono attribuibili a rumore ambientale. Il picco attorno ai 99 Hz si verifica vicino al Terminale e non si percepisce più a 1.000 m di distanza da esso. I livelli rilevati a 1.000 e 10.000 metri sono molto simili intorno a 1000 Hz, non imputabili quindi al Terminale.

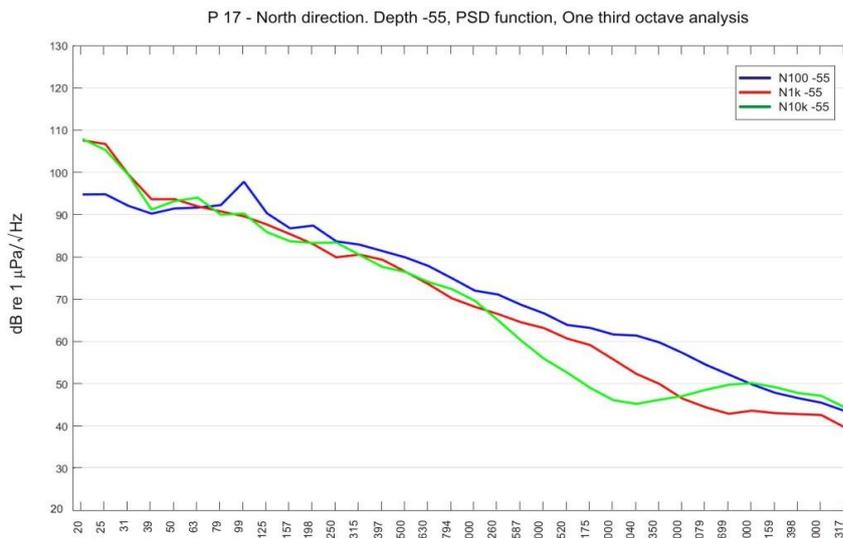


Figura 29 - Confronto dei livelli in terzi d'ottava misurati a 55m di profondità lungo la direzione Nord.

Da quanto sopra riportato, a 99Hz i picchi sono più alti in prossimità del Terminale (a 100 metri) ed in tutte le direzioni (N, S, E, W). Il Terminale può quindi essere considerato come la sorgente di tali frequenze.

La verifica mediante simulazione

Tutte le ipotesi e assunzioni proposte nei volumi precedenti (dal bianco alla precedente campagna) rimangono valide, perciò i parametri geometrici, geofisici e relativi alla sorgente rimangono inalterati. Poiché anche nelle attuali misure e dal confronto con le campagne riportate nel capitolo dedicato dei volumi precedenti risulta che la banda in cui si rileva una certa variazione è centrata intorno a 10 - 12kHz (valutate come differenza dai risultati del bianco), si prende come riferimento la frequenza di 12kHz 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 comunemente rappresentativa di tutto l'insieme di frequenze interessate dalla correlazione con la distanza.

Parametri oceanografici

I profili misurati durante questa campagna (Figura 30) sono tutti molto simili. In generale la velocità del suono diminuisce con la profondità per effetto della diminuzione della temperatura delle acque. Al di sopra dei 10 metri di profondità i profili sono abbastanza costanti. Ciò è dovuto alla presenza di uno strato superficiale di acque con temperature costanti.

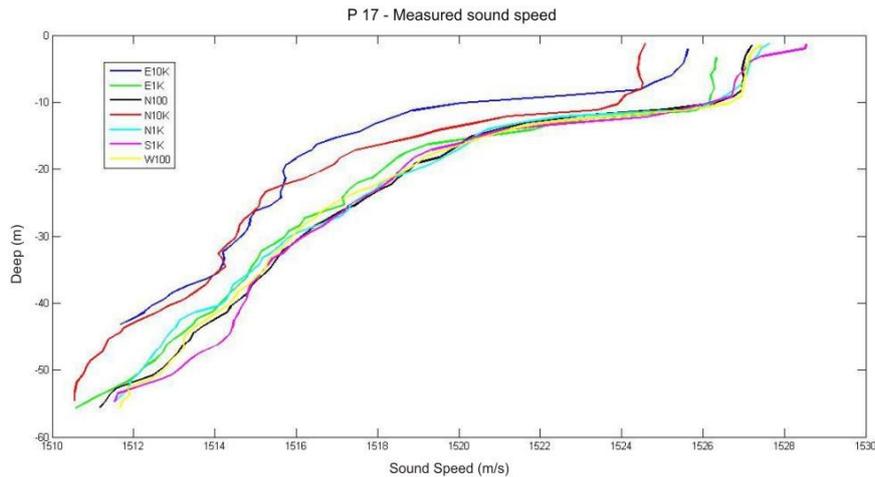


Figura 30 - Profili di velocità del suono misurati con CTD a differenti stazioni durante la campagna P17.

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 e, ancora, utilizzando le misure di profilo di velocità del suono ottenute dalla sonda multi-parametrica CTD, applichiamo lo strumento di simulazione della propagazione del suono Bellhop a 12 kHz di frequenza emessa da una sorgente isotropica sul piano orizzontale e con irradiazione $\pm 80^\circ$ su piano verticale posta a 15m di profondità (rif. materiali e metodi, cap. "Definizione generale di un modello di propagazione del suono"). I risultati ottenuti a frequenza 12 kHz possono essere considerati validi per tutta la banda di interesse 7-20 kHz con piccole variazioni.

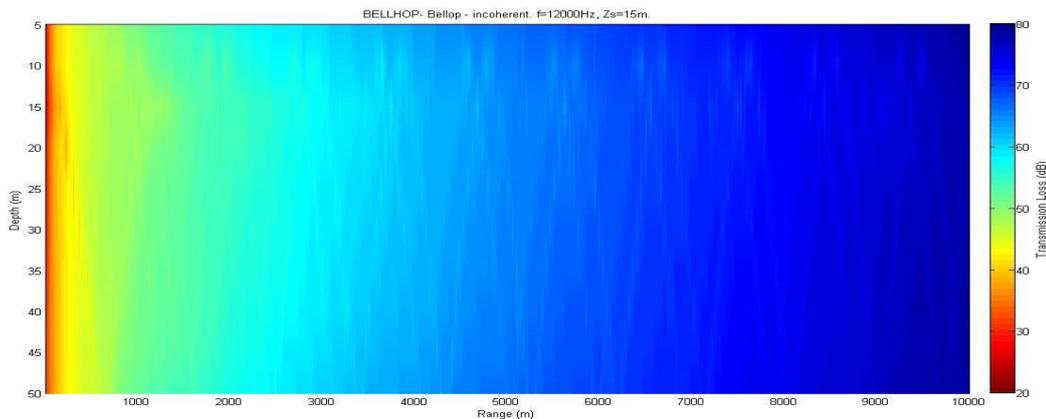


Figura 31 - Simulazione della Transmission Loss TL alla frequenza di 12 kHz.

Il profilo di velocità del suono misurato sperimentalmente determina nel modello una maggiore propagazione del rumore alla profondità della sorgente (15 metri) con un contributo della riflessione dal fondo praticamente nullo.

La caduta di livello del rumore predetta dal modello tra le stazioni N100 e N1K a 55 metri di profondità è di circa 10 dB. Nel confronto con i livelli misurati fra le stazioni N100 e N1K abbiamo una differenza di quasi 11 dB. C'è un'ottima rispondenza del modello ai dati sperimentali considerando che le misure nelle le due stazioni non sono contemporanee. La caduta di livello predetta dal modello a 100 metri dalla sorgente, a 55 metri di profondità per una frequenza di 12kHz, è di circa 36 dB. Considerando, quindi, il valore misurato sperimentalmente in N100 di 55 dB è possibile stimare un Source Level della sorgente (Terminale) di circa 91 dB re uPa @ 1m. Tale valore rimane al di sotto delle soglie di sicurezza per i cetacei. Tali soglie indicano un valore di 110-120 dB per livelli di rumore che possano causare le prime risposte comportamentali. (Guida SPRA, Borsani e Falchi, 2011, parte seconda, riportata in Materiali e Metodi come Tabella 8).

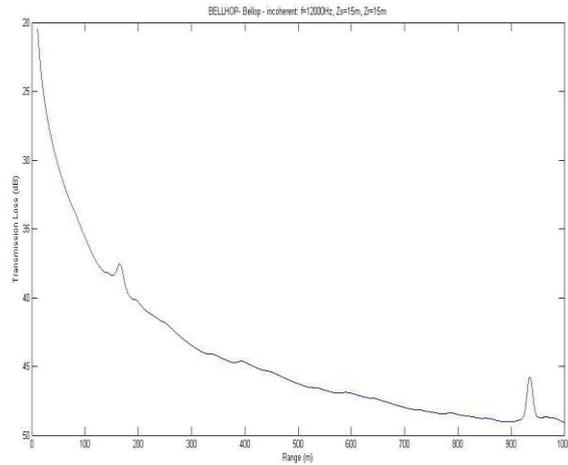


Figura 32 - Trasmission Loss prevista dal modello in funzione della distanza alla profondità di 55m.

5.3.2 Bioacustica

Durante la campagna di P17 non sono stati effettuati avvistamenti di mammiferi marini e pertanto non sono state effettuate registrazioni di vocalizzazioni.

6 RISULTATI SURVEY ESTATE 2017

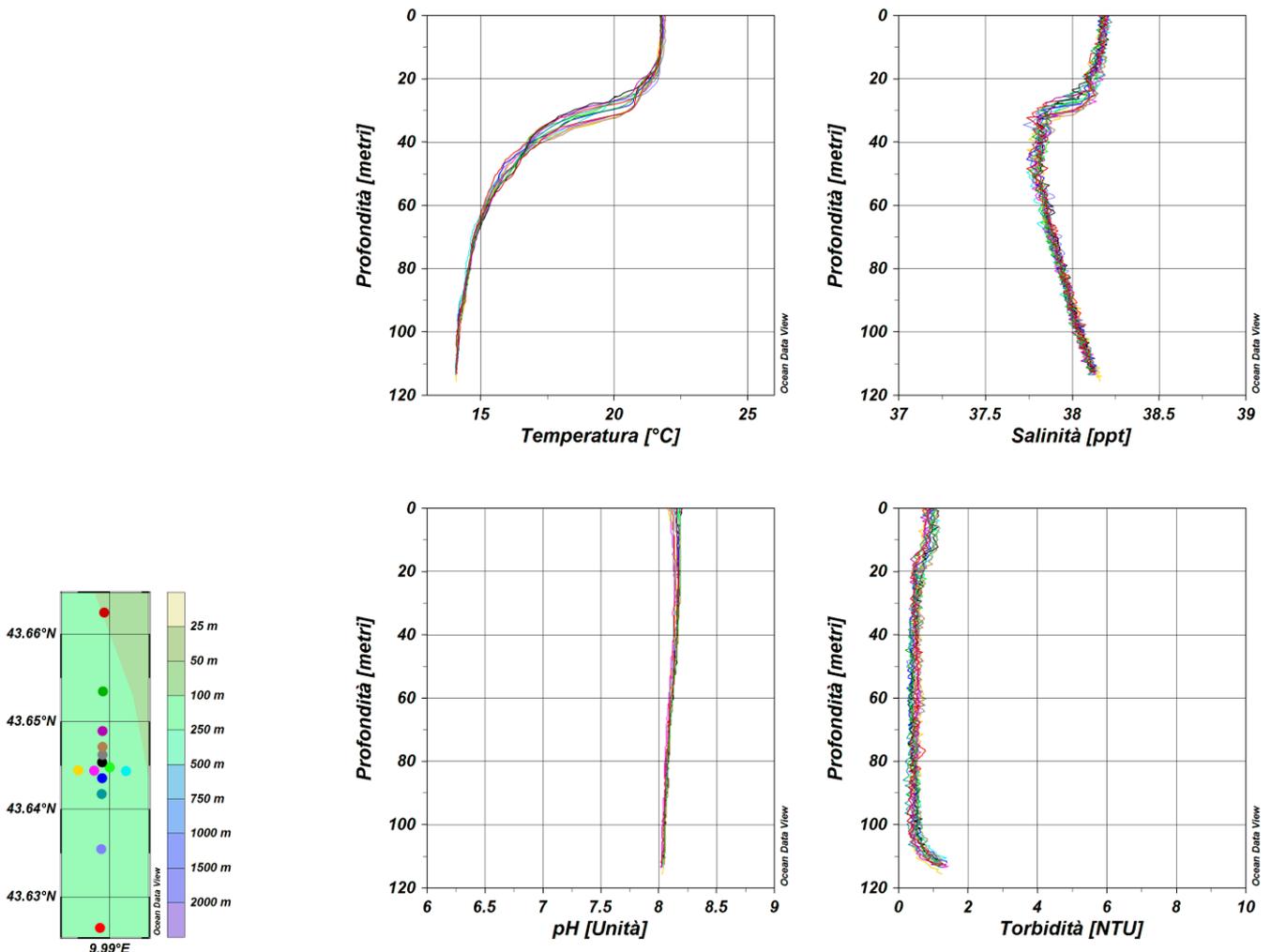
6.1 COLONNA D'ACQUA

6.1.1 Profili idrologici

Nel survey condotto in estate 2017, i profili di **temperatura (Figura 33)** mostrano un evidente termocline in accordo con le caratteristiche tipiche del periodo estivo. Le masse d'acqua superficiali esibiscono valori intorno a 22 °C nei primi 20m di profondità, per poi diminuire rapidamente fino a circa 17 °C alla profondità di 40m e, da qui, diminuire gradualmente fino ad arrivare a valori intorno a 14,8 C° sul fondo. La **salinità** esibisce valori intorno a 38,2 ppt nei primi 20m della colonna d'acqua, che diminuiscono fino a 37,8 ppt intorno a 40m per poi aumentare gradualmente fino ai valori massimi rilevati sul fondo e pari a 38-38,1 ppt. Il **pH** presenta valori omogenei su tutta la colonna d'acqua intorno a 8-8,1. La **torbidità** esibisce valori bassi e omogenei nell'area di indagine intorno a 0,8 NTU, con un lieve aumento a 1,1 NTU negli ultimi 5m dal fondo. Essi sono comunque molto bassi e insufficienti per testimoniare un fenomeno di risospensione di sedimenti (precisazione richiesta dalla prescrizione 12 delle Determine 2990 DVA R.D.R 0000100.04-04-2017 e 3337 DVA R.D.R 0000277.28-09-2017).

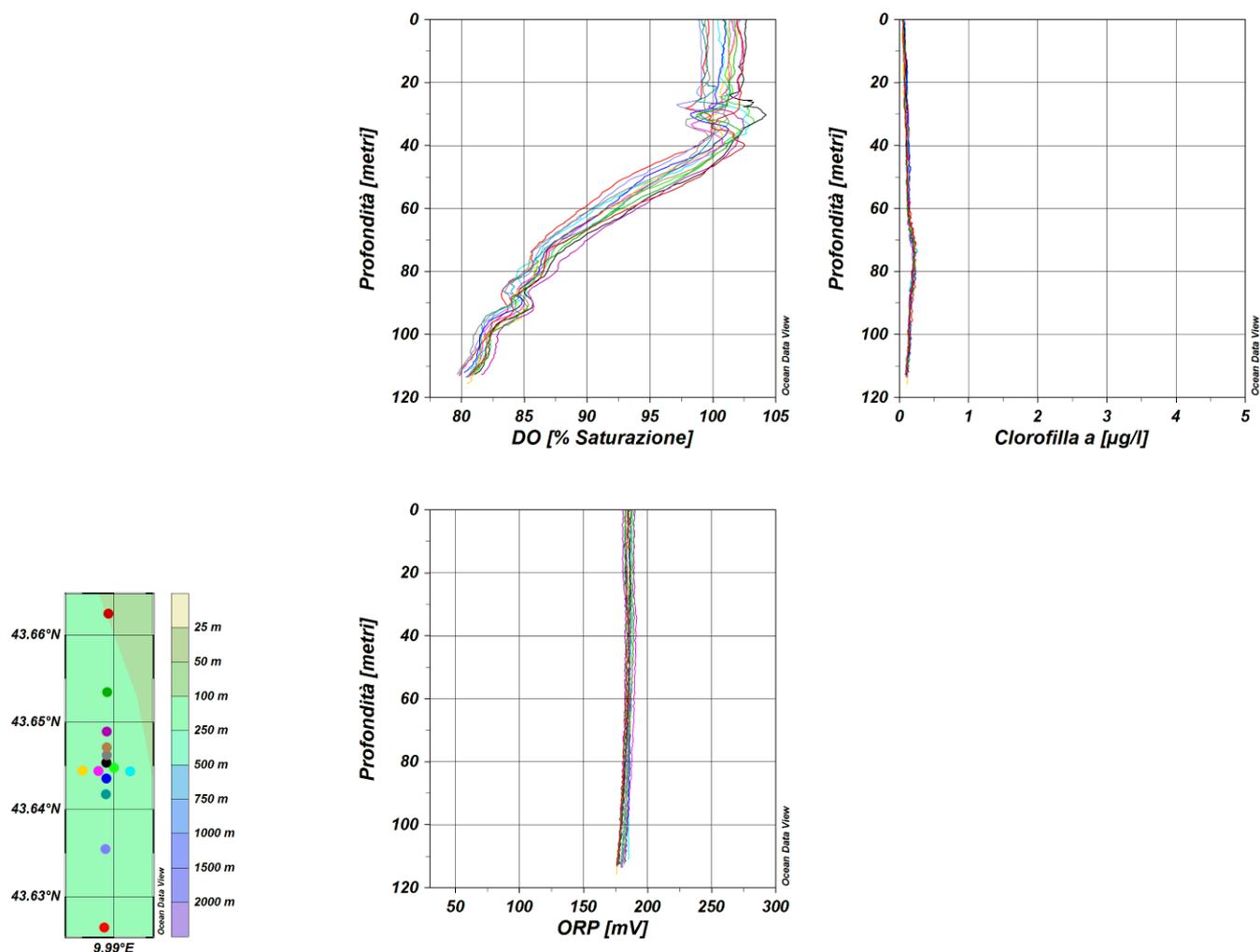
I profili di **ossigeno disciolto (Figura 34)** presentano valori compresi tra 99% e 102% nei primi 20m di profondità, per poi diminuire fino ad arrivare a 80,7 % di saturazione sul fondo.

I profili di **clorofilla** presentano bassi valori su tutta la colonna d'acqua intorno a 0,1 µg/l. I profili di **ORP** sono omogenei su tutta la colonna d'acqua con valori intorno a 185 mV.



Nota: i grafici sono stati redatti secondo le prescrizioni 2 e 3 delle Determine 2990 DVA R.D.R 0000100.04-04-2017 e 3337 DVA R.D.R 0000277.28-09-2017 come stabilito dalla MOM in Allegato 2.

Figura 33 – Profili di temperatura (°C), salinità (ppt), pH e torbidità (NTU); survey estate 2017.



Nota: i grafici sono stati redatti secondo le prescrizioni 2 e 3 delle Determinine 2990 DVA R.D.R 0000100.04-04-2017 e 3337 DVA R.D.R 0000277.28-09-2017 come stabilito dalla MOM in Allegato 2.

Figura 34 – Profili di ossigeno disciolto (% saturazione), clorofilla ($\mu\text{g/l}$), e potenziale di ossidoriduzione (mV); survey estate 2017.

Misure di irradianza e irradianza spettrale

In **Figura 35** sono mostrati i profili di irradianza PAR (Photosynthetic Available Radiation) sottomarina normalizzati rispetto a quella contemporanea superficiale alle stazioni E17 MG7 e E17 MG10. La profondità della zona eufotica (Z_{eu}) è 68,5 m alla E17 MG7 e di 68 m alla E17 MG10. La Z_{eu} varia tra 63 m alla E17 MG9 e 71,5 m alla stazione E17 MG13.

In **Figura 36** 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 E17 MG7 e E17 MG10. I 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 478 e 483 nm. La radiazione che raggiunge la maggior profondità (λ_{max} a 70 m) si trova a 483 nm in entrambe le stazioni mostrate.

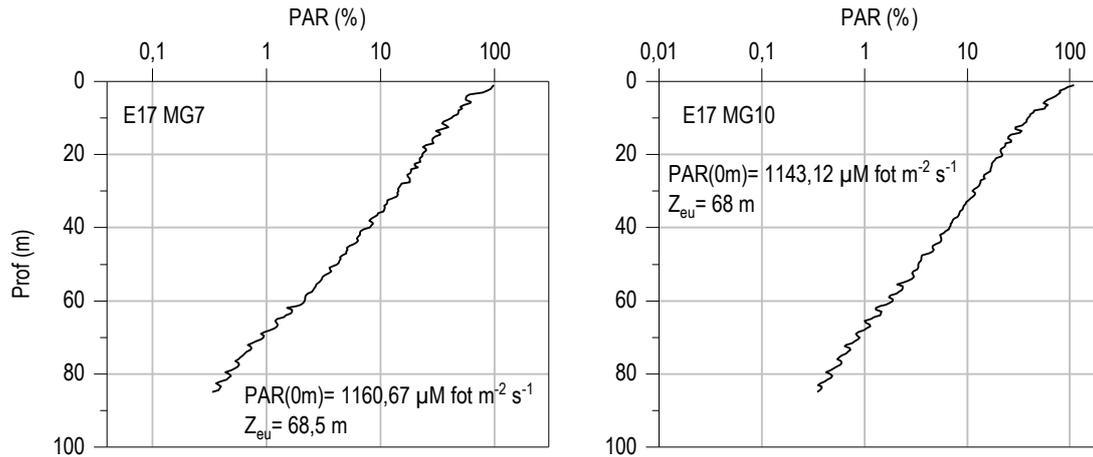


Figura 35 - Profilo del rapporto fra l'irradianza quantica PAR (Photosynthetic Available Radiation) disponibile alle varie profondità con quella contemporanea in superficie, PAR (0 m), delle stazioni E17 MG7 e E17 MG10.

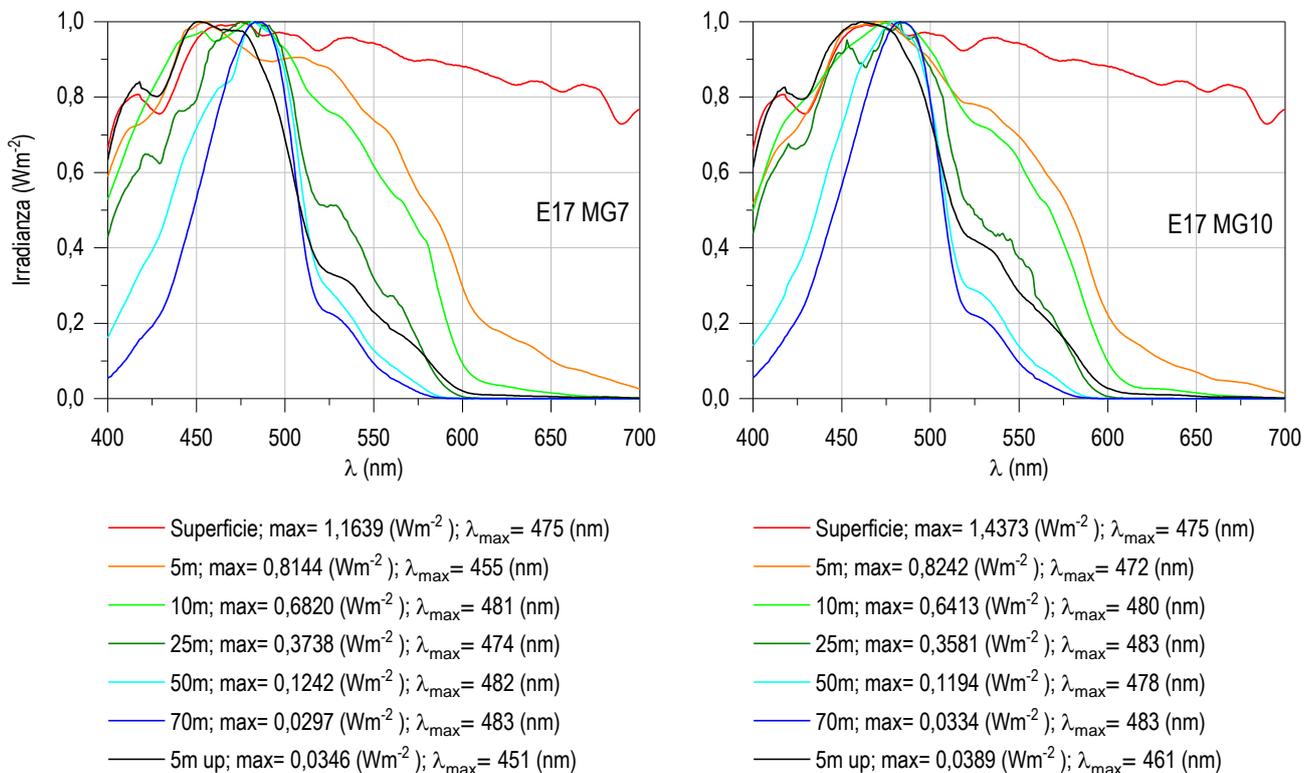


Figura 36 - Irradianza spettrale discendente superficiale e subacquea alle profondità indicate. E' inoltre riportata la irradianza spettrale ascendente a 5 m (5m up). Ogni spettro è stato normalizzato per il proprio massimo ($E_{\max}(\lambda)$) riportato nella legenda insieme con la lunghezza dove si colloca (λ_{\max}).

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.

Le concentrazioni medie sono: NO_3 0,190 μM , NO_2 0,074 μM , SiO_2 1,074 μM e PO_4 0,090 μM , diminuite per quanto riguarda nitrati e silicati rispetto a P17, maggiori nel caso di fosfati e nitriti, e comunque nell'ordine delle concentrazioni medie delle precedenti campagne estive.

In particolare, per quanto riguarda i nitrati le concentrazioni variano tra 0,018 e 0,592 μM , con minimi rilevati alla stazione E17 MG7 e il massimo superficiale alla stazione E17 MG10. La distribuzione verticale (**Figura 37**) presenta valori relativamente costanti fino a 50 m e un aumento a 70 m, tranne che in E17 MG5 e E17 MG10, che presentano massimi superficiali.

Per i nitriti la variazione è tra il minimo di 0,034 (E17 MG12 50 m) e il massimo di 0,17 μM (E17 MG7 70 m), e le concentrazioni lungo la colonna d'acqua risultano anche in questo caso simile tra le stazioni con aumento verso i 70 m (Figura 37).

Anche a carico dei silicati è da sottolineare la sostanziale omogeneità fra tutte le stazioni e tutte le profondità, con la tendenza a concentrazioni più elevate in superficie, diminuzione tra 12,5 e 50 m e nuovo aumento a 70 m (Figura 37).

Anche i fosfati mostrano grande omogeneità fra le stazioni e le profondità. Le concentrazioni sono comprese tra 0,057 (E17 MG13 12,5 m) e 0,426 che è il valore massimo misurato in superficie in E17 MG12.

Stazione	Prof. m	SiO ₂	PO ₄	NO ₂	NO ₃	Stazione	Prof. m	SiO ₂	PO ₄	NO ₂	NO ₃
E17 MG3	0,5	1,171	0,063	0,057	0,181	E17 MG9	0,5	1,028	0,063	0,050	0,195
	12,5	1,030	0,096	0,078	0,222		12,5	1,023	0,154	0,048	0,164
	50	0,847	0,061	0,048	0,119		50	1,077	0,158	0,039	0,070
	70	1,024	0,072	0,087	0,181		70	1,047	0,130	0,138	0,371
E17 MG5	0,5	1,088	0,083	0,058	0,355	E17 MG10	0,5	1,304	0,102	0,168	0,592
	12,5	1,019	0,103	0,047	0,244		12,5	1,054	0,064	0,043	0,163
	50	0,828	0,080	0,088	0,207		50	0,956	0,068	0,051	0,067
	70	1,134	0,066	0,096	0,133		70	1,081	0,080	0,082	0,123
E17 MG6	0,5	1,178	0,062	0,067	0,162	E17 MG12	0,5	1,231	0,426	0,039	0,073
	12,5	1,058	0,065	0,047	0,230		12,5	0,988	0,073	0,046	0,177
	50	0,991	0,083	0,048	0,254		50	0,907	0,065	0,034	0,109
	70	1,363	0,073	0,161	0,418		70	1,060	0,068	0,076	0,136
E17 MG7	0,5	1,103	0,058	0,098	0,032	E17 MG13	0,5	1,105	0,063	0,086	0,121
	12,5	1,005	0,065	0,058	0,018		12,5	1,089	0,057	0,056	0,133
	50	0,865	0,061	0,047	0,084		50	1,069	0,091	0,083	0,069
	70	1,238	0,058	0,171	0,326		70	1,235	0,081	0,140	0,264

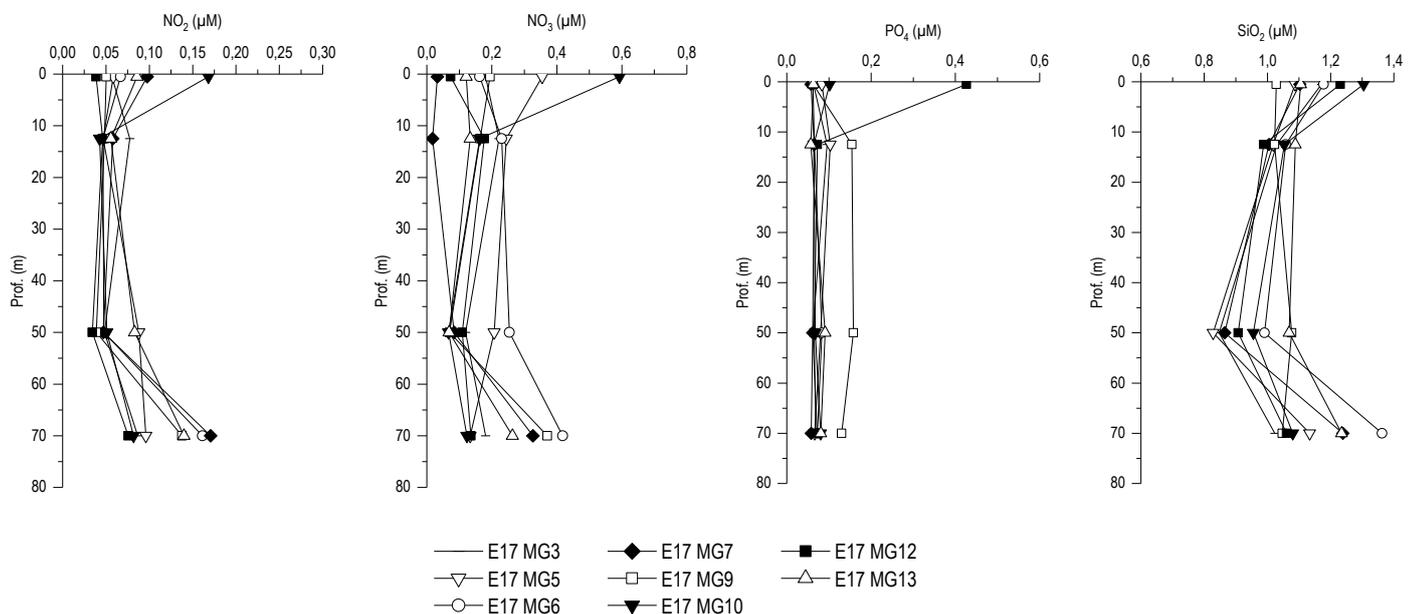


Figura 37 - Profili delle concentrazioni dei nutrienti inorganici disciolti: NO₂ (nitriti), NO₃ (nitrati), PO₄ (fosfati), SiO₂ (silicati).

Solidi sospesi (Total Suspended Matter)

Le concentrazioni di TSM in tutte le stazioni sono riportate in Tabella 28. Il valore medio generale è 0,79 mg/l, il minimo è 0,21 mg/l (E17 MG12 50 m) ed il massimo è 1,83 mg/l (E17 MG13 0,5 m).

Prof. m	Stazione	TSM mg L ⁻¹	Stazione	TSM mg L ⁻¹
0,5	E17 MG3	0,9895	E17 MG9	0,8320
12,5		1,1123		0,6563

Tabella 28 - Concentrazione dei solidi sospesi (TSM) nelle diverse stazioni rilevate.				
Prof. m	Stazione	TSM mg L ⁻¹	Stazione	TSM mg L ⁻¹
50		0,5738		0,3143
70		1,1558		0,7165
0,5	E17 MG5	0,9285	E17 MG10	0,9529
12,5		0,7028		1,0359
50		0,3987		0,8239
70		0,7105		0,6999
0,5	E17 MG6	0,7074	E17 MG12	0,6447
12,5		0,7004		0,6230
50		0,3954		0,2148
70		0,7426		1,5693
0,5	E17 MG7	1,1539	E17 MG13	1,8255
12,5		0,8469		0,4003
50		0,8575		0,3167
70		0,7272		0,8040

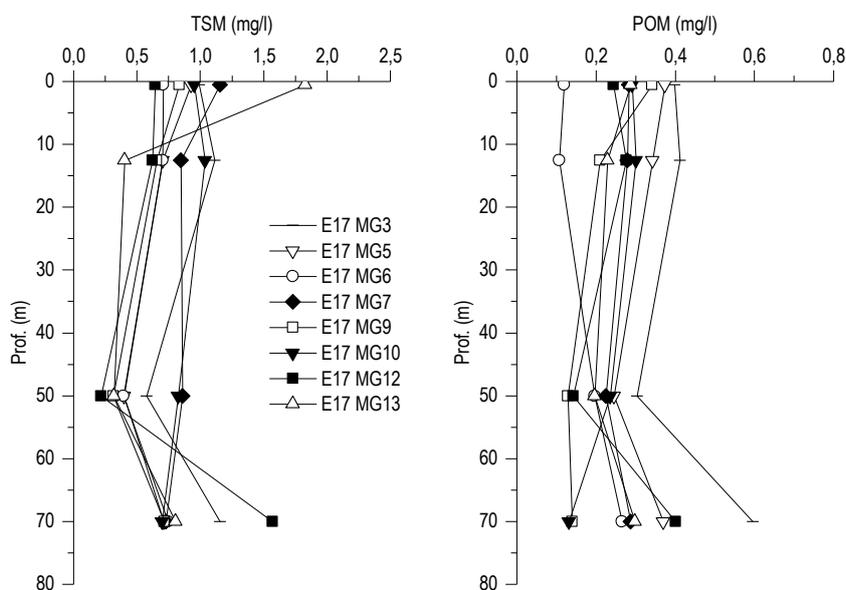


Figura 38 - Profili delle concentrazioni dei solidi sospesi (TSM) e delle concentrazioni di particolato organico (POM) nelle diverse stazioni.

I profili batimetrici delle concentrazioni di TSM (Figura 38) mostrano che la maggior parte delle stazioni presenta andamento con valori minimi a 50 m e massimi in superficie e a 70 m. Si discostano da questo tipo di andamento E17 MG10 (con massimo a 12,5 m e minimo a 70 m) e E17 MG7 (con minimo a 70 m), con variazioni comunque di scarsa entità. Rispetto alle precedenti campagne estive le concentrazioni tendono ad una leggera diminuzione.

La concentrazione della frazione organica del TSM (POM) è in media 0,26 mg/l con minimo di 0,10 mg/l (E17 MG6 12,5 m) e massimo di 0,59 mg/l (E17 MG3 70 m). I profili batimetrici del POM presentano, per la maggior parte delle stazioni, concentrazioni più costanti fino a 50 m e massime a 70 m. Il POM rappresenta in media il 38% del TSM con minimo del 15,21 % (E17 MG6 12,5 m) e massimo del 66,03 % (E17 MG12 50 m).

Sostanza organica disciolta cromoforica (CDOM)

Gli assorbimenti della CDOM a 325 nm ($a_{CDOM,325}$) sono in media 0,238 m⁻¹ e variano da un minimo di 0,134 m⁻¹ (E17 MG12 12,5 m) ad un massimo di 0,351 m⁻¹ (E17 MG9 50 m) (Tabella 29). I profili batimetrici presentano in tutte le stazioni andamento con minimi tra la superficie e 12,5 m e massimi prevalentemente a 50 m con le E17 MG5 e E17 MG7, che mostrano il massimo a 70 m. Non emergono particolari differenze tra stazioni o profondità e i valori rientrano nell'ordine delle precedenti campagne estive. (Figura 39).

Tabella 29 - Assorbimento della CDOM alla lunghezza d'onda di 325 nm				
Prof. m.	Stazione	$a_{CDOM}(325) m^{-1}$	Stazione	$a_{CDOM}(325) m^{-1}$
0,5	E17 MG3	0,1851	E17 MG9	0,1547
12,5		0,1617		0,1729
50		0,3262		0,3514
70		0,3103		0,2692
0,5	E17 MG5	0,1761	E17 MG10	0,1686
12,5		0,1706		0,1781
50		0,2913		0,3274
70		0,3191		0,2598
0,5	E17 MG6	0,2556	E17 MG12	0,1813
12,5		0,1876		0,1340
50		0,3138		0,3019
70		0,2954		0,2724
0,5	E17 MG7	0,1726	E17 MG13	0,1399
12,5		0,1626		0,2018
50		0,2967		0,3025
70		0,3112		0,2670

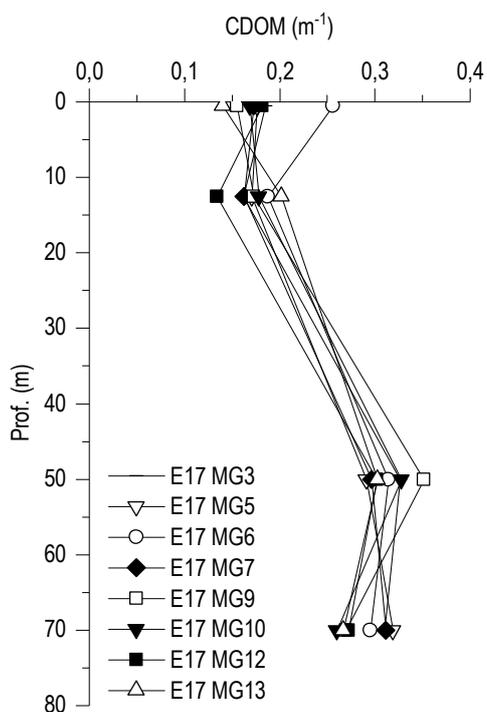


Figura 39 – Profili degli assorbimenti della CDOM a 325 nm ($a_{CDOM}(325)$) nelle diverse stazioni.

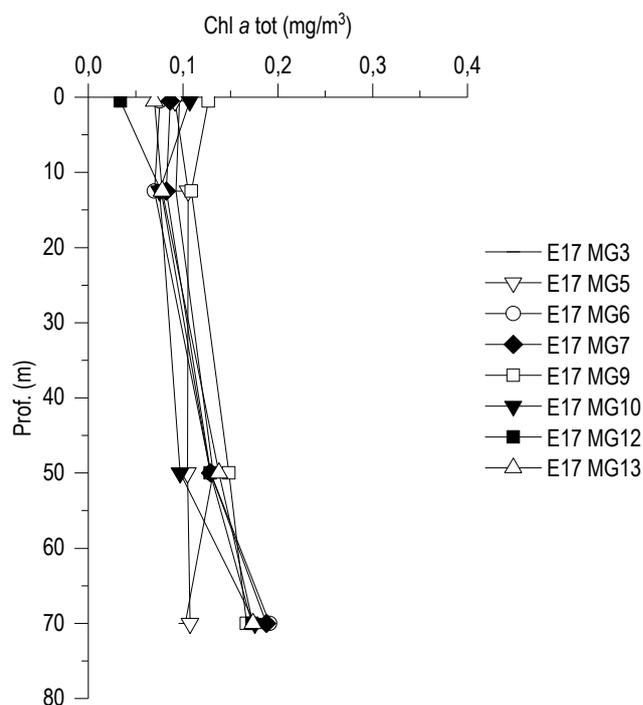


Figura 40 - - Profili della concentrazione di clorofilla a tot, alle diverse stazioni.

Clorofilla a (Chl a) e diversità pigmentaria

La concentrazione di clorofilla a è in media 0,114 mg/m³ e varia da un minimo di 0,034 mg/m³ (E17 MG12 0,5 m) fino a un massimo di 0,19 mg/m³ (E17 MG6 70 m) (Tabella 30).

I profili batimetrici della concentrazione di clorofilla a nelle varie stazioni (Figura 40) mostrano una distribuzione molto simile lungo la colonna d'acqua, con un aumento progressivo fino ai massimi registrati a 70 m.

L'unica stazione che presenta il massimo a 50 m è la E17 MG3. Non si evidenziano particolari anomalie nelle concentrazioni e nella loro distribuzione verticale.

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	E17 MG3	0,0963	E17 MG9	0,1266
12,5		0,0924		0,1088
50		0,1316		0,1482
70		0,1021		0,1668
0,5	E17 MG5	0,0914	E17 MG10	0,1071
12,5		0,1052		0,0752
50		0,1046		0,0967
70		0,1074		0,1756
0,5	E17 MG6	0,0757	E17 MG12	0,0338
12,5		0,0697		0,0768
50		0,1290		0,1288
70		0,1915		0,1726
0,5	E17 MG7	0,0864	E17 MG13	0,0697
12,5		0,0823		0,0780
50		0,1291		0,1378
70		0,1881		0,1739

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
E17 MG3	0,5	0,0076	0,0093	0,0199	0,0079	0,0010	0,0000	0,0255	0,0107	0,0162
	12,5	0,0074	0,0111	0,0222	0,0086	0,0008	0,0000	0,0254	0,0154	0,0145
	50	0,0035	0,0103	0,0395	0,0148	0,0008	0,0000	0,0203	0,0386	0,0391
	70	0,0044	0,0099	0,0523	0,0227	0,0028	0,0004	0,0290	0,0357	0,0621
E17 MG5	0,5	0,0058	0,0084	0,0172	0,0073	0,0007	0,0000	0,0290	0,0211	0,0231
	12,5	0,0063	0,0018	0,0198	0,0075	0,0007	0,0004	0,0300	0,0145	0,0172
	50	0,0041	0,0094	0,0403	0,0132	0,0009	0,0003	0,0188	0,0267	0,0254
	70	0,0039	0,0088	0,0547	0,0213	0,0020	0,0003	0,0259	0,0385	0,0654
E17 MG6	0,5	0,0059	0,0089	0,0216	0,0100	0,0004	0,0003	0,0213	0,0097	0,0088
	12,5	0,0052	0,0091	0,0199	0,0078	0,0001	0,0000	0,0191	0,0073	0,0215
	50	0,0038	0,0087	0,0345	0,0124	0,0005	0,0000	0,0250	0,0438	0,0295
	70	0,0080	0,0084	0,0530	0,0316	0,0040	0,0007	0,0184	0,0584	0,1024
E17 MG7	0,5	0,0050	0,0139	0,0192	0,0069	0,0004	0,0000	0,0210	0,0160	0,0327
	12,5	0,0034	0,0117	0,0169	0,0058	0,0004	0,0001	0,0199	0,0140	0,0152
	50	0,0038	0,0100	0,0355	0,0107	0,0009	0,0003	0,0270	0,0510	0,0376
	70	0,0106	0,0114	0,0525	0,0384	0,0058	0,0012	0,0254	0,0543	0,1075
E17 MG9	0,5	0,0056	0,0085	0,0199	0,0078	0,0004	0,0007	0,0284	0,0300	0,0336
	12,5	0,0065	0,0081	0,0217	0,0080	0,0005	0,0000	0,0268	0,0158	0,0256
	50	0,0044	0,0088	0,0455	0,0167	0,0011	0,0006	0,0183	0,0407	0,0281
	70	0,0078	0,0092	0,0561	0,0259	0,0024	0,0006	0,0240	0,0550	0,0767

	0,5	0,0103	0,0099	0,0322	0,0117	0,0006	0,0052	0,0265	0,0061	0,0328
E17 MG10	0,5	0,0103	0,0099	0,0322	0,0117	0,0006	0,0052	0,0265	0,0061	0,0328
	12,5	0,0053	0,0135	0,0180	0,0067	0,0007	0,0000	0,0232	0,0112	0,0231
	50	0,0025	0,0102	0,0292	0,0086	0,0004	0,0000	0,0271	0,0390	0,0347
	70	0,0071	0,0104	0,0647	0,0313	0,0037	0,0024	0,0287	0,0582	0,0874
E17 MG12	0,5	0,0035	0,0090	0,0094	0,0039	0,0002	0,0004	0,0077	0,0027	0,0108
	12,5	0,0035	0,0085	0,0182	0,0070	0,0002	0,0000	0,0194	0,0089	0,0238
	50	0,0035	0,0093	0,0375	0,0118	0,0009	0,0000	0,0266	0,0519	0,0265
	70	0,0045	0,0086	0,0561	0,0199	0,0021	0,0003	0,0059	0,0670	0,0757
E17 MG13	0,5	0,0035	0,0093	0,0176	0,0062	0,0004	0,0000	0,0164	0,0088	0,0178
	12,5	0,0037	0,0083	0,0159	0,0066	0,0003	0,0000	0,0202	0,0146	0,0218
	50	0,0043	0,0092	0,0312	0,0125	0,0006	0,0000	0,0316	0,0687	0,0282
	70	0,0063	0,0091	0,0527	0,0277	0,0032	0,0011	0,0238	0,0575	0,0857

Le concentrazioni dei nove pigmenti diagnostici principali sono riportate in **Tabella 31**. Il pigmento a maggiore concentrazione media è Chl *b* (media 0,039, min 0,008, max 0,107 mg/m^3), seguono, con concentrazioni decrescenti, Hex-Fuco (media 0,032, min 0,009, max 0,064 mg/m^3), DVA (media 0,031, min 0,002, max 0,068 mg/m^3), Zea (media 0,022, min 0,005, max 0,031 mg/m^3), But-Fuco (media 0,013, min 0,003, max 0,038 mg/m^3), Perid (media 0,009, min 0,001, max 0,013 mg/m^3), Fuco (media 0,005, min 0,002, max 0,010 mg/m^3), Prasino (media 0,001, max 0,005 mg/m^3) e Allo (media 0,0004, max 0,005 mg/m^3).

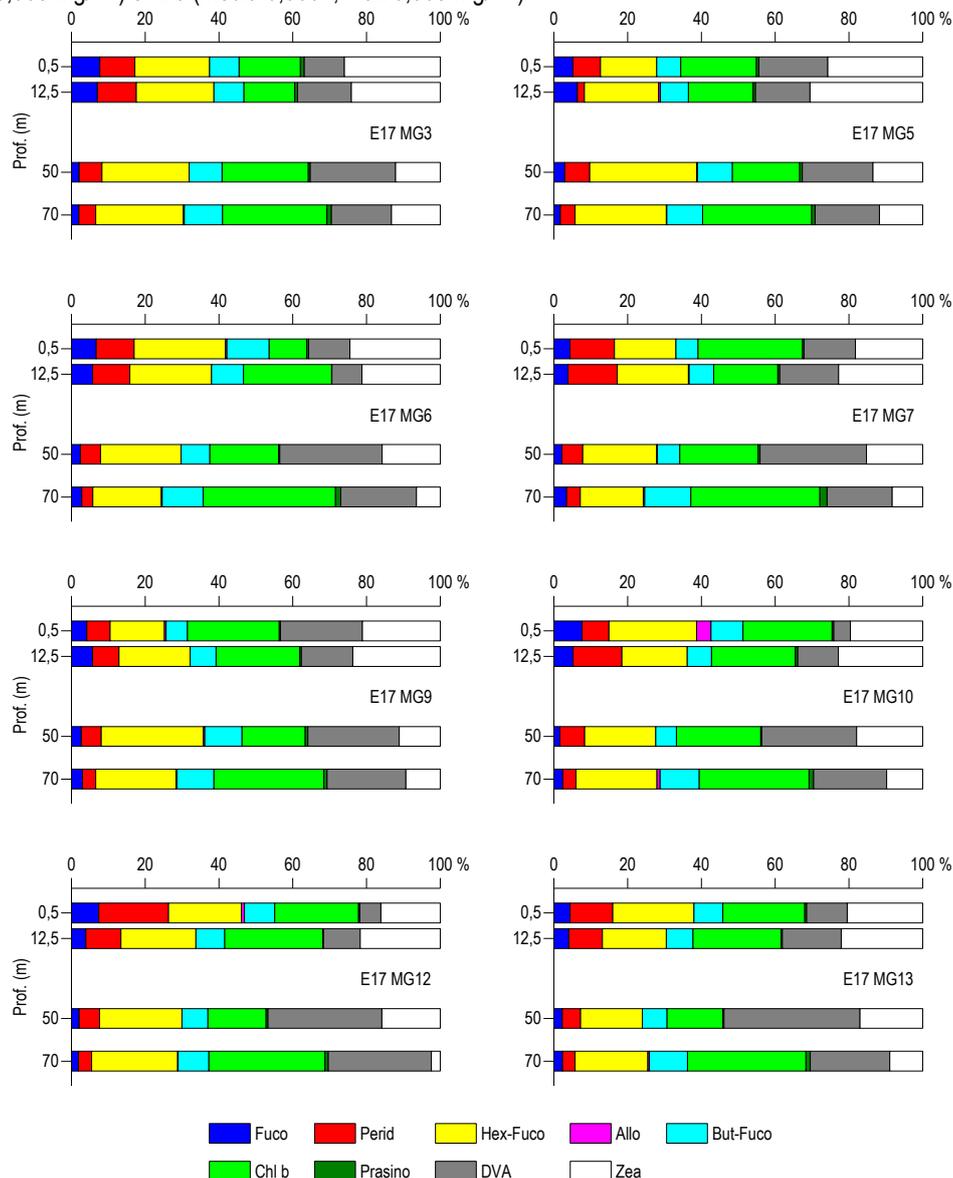


Figura 41 – Istogrammi della composizione percentuale di ognuno dei singoli pigmenti diagnostici in rapporto al totale delle concentrazioni dei nove pigmenti diagnostici (PD= Fuco+Perid+Hex-Fuco+But-Fuco+Allo+Prasino+Chl*b*+DVA+Zea).

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 41**).

Il contributo percentuale maggiore è dato mediamente dai pigmenti diagnostici della frazione dei cianobatteri picoplanctonici (Zea + DVA), che costituiscono in media il 35% (fino a 53,8% E17 MG13 50 m) e aumentano soprattutto nei campioni più profondi (**Figura 9**), come generalmente atteso nella stagione estiva quando contribuiscono prevalentemente ai massimi profondi di Chl *a* (**Figura 40**).

In particolare DVA (marker del genere *Prochlorococcus*) prevale maggiormente in profondità mentre Zea (marker delle forme *Synechococcus*-like) nelle acque più superficiali. Seguono poi Chl *b* (Chlorophyta) e Hex-Fuco (Prymnesiophyceae coccolitofori) con contributi medi rispettivamente del 23,2 e del 20,8%, entrambi tendenti ad aumentare nei campioni profondi. I pigmenti Fuco (Diatomee), Perid (Dinoflagellati) e But-fuco (Dictyochophyceae, Chrysophyceae, Prymnesiophyceae non Coccolitofori) apportano in media meno del 10% alla diversità pigmentaria, solo Perid raggiunge un 19% (E17 MG12 0,5 m). Prasino (Prasinophyceae) e Allo (Cryptophyceae) hanno una presenza molto scarsa, con un contributo mediamente inferiore all'1%. Dall'analisi delle variazioni dei rapporti in **Figura 41** non emergono differenze sostanziali tra le varie stazioni.

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.

	E17 MG3				E17 MG5				E17 MG6				E17 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
	E17 MG9				E17 MG10				E17 MG12				E17 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 risultati quasi tutti al di sotto del limite di quantificazione in tutte le stazioni ad eccezione del Tetracloroetilene, risultato presente in maniera omogenea ovunque ma a livelli di concentrazione del tutto trascurabili.

Rilevata la presenza di 1,1,2 – Tricloroetano nella stazione E17 MG3 livello superficiale (0,5 m), di Bromodichlorometano nelle stazioni E17 MG6 livello superficiale (0,5 m) ed E17 MG13 a 70 m di profondità, di Bromoformio nella stazione E17 MG7 livello superficiale (0,5 m) ed a 12,5 m di profondità, di tetraloruro di carbonio nella stazione E17 MG13 a 70 m di profondità ed infine di Tricloroetilene nelle stazioni E17 MG3 livello superficiale (0,5 m), E17 MG6 ed E17 MG7 a 70 m di profondità ed E17 MG10 a 50 m di profondità, tutti a livelli di concentrazione del tutto trascurabili.

Tabella 33 - Risultati della ricerca dei cloroderivati in acqua di mare lungo il profilo batimetrico investigato in E17. I dati sono espressi in µg/l. Le profondità di prelievo (0,5; 12,5; 50; 70) sono espresse in metri.

	E17 MG3				E17 MG5				E17 MG6				E17 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	<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
Alocetonitrili (µg/l)																
Dibromoacetoneitrile	<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
Dicloroacetoneitrile	<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)																

Tabella 33 - Risultati della ricerca dei cloroderivati in acqua di mare lungo il profilo batimetrico investigato in E17. I dati sono espressi in µg/l. Le profondità di prelievo (0,5; 12,5; 50; 70) sono espresse in metri.

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	0,02	< 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	0,02
Dicloro Bromo Metano	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,011	< 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	0,06	< 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

Continua Tabella 33																
	E17 MG9				E17 MG10				E17 MG12				E17 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
Alocetonitrili (µg/l)																
Dibromoacetoneitrile	<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
Dicloroacetoneitrile	<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	< 0,01	< 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	0,02
Tricloro Etilene	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,02	< 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 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 in tutte le stazioni 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.

E17 MG3				E17 MG5				E17 MG6				E17 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
77,5	79,5	55,2	64,8	66,4	74,9	63,7	64,1	68,7	56,3	58,2	70,3	64,2	57,9	74,0	64,5
E17 MG9				E17 MG10				E17 MG12				E17 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
67,9	60,3	62,5	55,1	54,6	59,5	82,6	318,2	128,6	79,5	77,0	81,3	97,5	76,4	61,4	72,4

Analisi microbiologiche

Dall'analisi microbiologica condotta nelle acque superficiali (**Tabella 35**) non è stata rilevata la presenza né di coliformi, né di streptococchi fecali.

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

	E17 MG3	E17 MG5	E17 MG6	E17 MG7	E17 MG9	E17 MG10	E17 MG12	E17 MG13
Streptococchi fecali (Enterococchi)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Coliformi Fecali	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Coliformi totali	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10

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. tricomutum</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	8,10	6,09					
E17 MG3	0,5	38	8,16	5,31	E17 MG9	0,5	38	8,17	5,86
	12,5	38	8,17	5,40		12,5	38	8,17	5,44
	50	38	8,15	5,27		50	38	8,15	5,31
E17 MG5	0,5	38	8,16	5,61	E17 MG10	0,5	38	8,17	5,27
	12,5	38	8,17	5,16		12,5	38	8,16	5,60
	50	38	8,14	5,47		50	38	8,16	5,38
E17 MG6	0,5	38	8,16	5,66	E17 MG12	0,5	38	8,16	5,70
	12,5	38	8,14	5,81		12,5	38	8,15	5,61
	50	38	8,16	5,52		50	38	8,14	5,64
E17 MG7	0,5	38	8,16	5,24	E17 MG13	0,5	38	8,14	5,47
	12,5	38	8,17	5,70		12,5	38	8,16	5,30
	50	38	8,15	5,78		50	38	8,15	5,27

Vibrio fischeri

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

QA-QC - Il test è stato effettuato con il lotto batterico n. 15C4076A (scadenza 03/17). Il valore della EC50(15')= 9,37mg/l (LC= 7,40mg/l e UC=11,87mg/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
E17 MG3	0,5	≥90	>90	-4,09	-3,30	assente	E17 MG9	0,5	≥90	>90	-4,86	-6,51	assente
	12,5	≥90	>90	-6,54	-7,40			12,5	≥90	>90	-6,63	-4,93	

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 %.

	50	≥90	>90	-8,12	-8,27		50	≥90	>90	-1,35	-2,22	
E17 MG5	0,5	≥90	>90	-3,69	-4,74	Bassa	0,5	≥90	>90	-10,54	-7,18	
	12,5	≥90	>90	-11,67	-9,24		E17 MG10	12,5	≥90	>90	-13,68	-8,10
	50	≥90	>90	-15,19	-13,25		50	≥90	>90	-10,89	-7,77	
E17 MG6	0,5	≥90	>90	-10,87	-9,60		0,5	≥90	>90	-11,34	-9,40	
	12,5	≥90	>90	-6,15	-6,36		E17 MG12	12,5	≥90	>90	-14,81	-10,90
	50	≥90	>90	-8,71	-5,57		50	≥90	>90	-11,90	-8,35	
E17 MG7	0,5	≥90	>90	-6,25	-7,14		0,5	≥90	>90	-15,58	-11,86	
	12,5	≥90	>90	-1,76	1,85		E17 MG13	12,5	≥90	>90	-14,12	-6,87
	50	≥90	>90	-6,57	-7,79		50	≥90	>90	-15,93	-12,80	

Pheodactylum tricoratum

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

Tabella 38 - Risultati del test con *Phaeodactylum tricoratum* 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			17,85	±	0,23								
E17 MG3	0,5	46,35/>100	11,44	±	0,62	Bassa	E17 MG9	0,5	35,97/>100	10,11	±	0,29	Bassa
	12,5	56,57/>100	11,00	±	0,51			12,5	54,57/>100	11,19	±	0,28	
	50	53,46/>100	11,59	±	0,23			50	37,95/>100	10,41	±	0,34	
E17 MG5	0,5	40,17/>100	11,04	±	0,45		E17 MG 10	0,5	45,05/>100	11,41	±	0,45	
	12,5	31,92/>100	9,11	±	0,29			12,5	48,69/>100	12,30	±	0,34	
	50	36,24/>100	9,89	±	0,22			50	54,68/>100	10,56	±	0,44	
E17 MG6	0,5	41,91/>100	11,48	±	0,32		E17 MG 12	0,5	40,17/>100	11,19	±	0,39	
	12,5	37,08/>100	9,63	±	0,17			12,5	46,35/>100	10,37	±	0,26	
	50	45,90/>100	11,22	±	0,19			50	39,19/>100	10,19	±	0,39	
E17 MG7	0,5	52,73/>100	10,81	±	0,13		E17 MG 13	0,5	36,79/>100	9,89	±	0,40	
	12,5	40,50/>100	9,96	±	0,32			12,5	44,22/>100	11,11	±	0,48	
	50	40,85/>100	10,22	±	0,40			50	48,69/>100	11,63	±	0,61	

I risultati sono espressi come media ± DS del numero di cellule (n. di repliche/campione=3) e come EC20/50 %. In tabella è anche riportata la media ± DS del numero di cellule del controllo negativo rappresentato da acqua di mare naturale.

QA-QC - Il test con il tossico di riferimento (dicromato di potassio) ha fornito il valore dell'EC50 = 8,59 mg/l (L.C. 95%: 8,20-9,02); esso 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 17, come indicato nelle linee guida riportate in ISO1025:2016 (Water quality Marine algal growth inhibition test with *Skeletonema* sp. and *Phaeodactylum tricoratum*).

In tutti i campioni di acqua testati la tossicità risulta 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* (112±27 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 2,26 mg/l, valore che rientra all'interno della carta di controllo del laboratorio (L.C. 95%: 1,49 mg/l-2,41 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 8,11-8,28, salinità ‰ 37-38, 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	0,0	Assente							
E17 MG3	0,5	10	10	10	10,0		E17 MG9	0,5	10	10	10	10,0	
	12,5	10	10	10	3,3			12,5	10	10	10	0,0	
	50	10	10	10	0,0			50	10	10	10	0,0	
E17 MG5	0,5	10	10	10	3,3		E17 MG10	0,5	10	10	10	6,7	
	12,5	10	10	10	6,7			12,5	10	10	10	3,3	

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 8,11-8,28, salinità ‰ 37-38, temperatura 20,5±1 °C.

	50	10	10	10	0,0			50	10	10	10	3,3	
E17 MG6	0,5	10	10	10	0,0		E17 MG12	0,5	10	10	10	0,0	
	12,5	10	10	10	6,7			12,5	10	10	10	6,7	
	50	10	10	10	0,0			50	10	10	10	3,3	
	0,5	10	10	10	6,7			0,5	10	10	10	3,3	
E17 MG7	12,5	10	10	10	10,0		E17 MG13	12,5	10	10	10	3,3	
	50	10	10	10	3,3			50	10	10	10	10,0	
	50	10	10	10	3,3			50	10	10	10	10,0	

Paracentrotus lividus

Il test eseguito con la sostanza di riferimento ha fornito una EC₅₀ di 22,61 µg l⁻¹ di Cu (LC=21,04 e UC=24,31, 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 40**.

Nei siti prossimi all'FSRU non è stata rilevata tossicità tranne E17MG6/12,5, E17MG7/0,5 dove la tossicità risulta bassa. Tossicità media è stata rilevata unicamente in E17MG5/12,5 e E17MG9/0,5 distanti, rispettivamente, 200 m e 1000 m dal Terminale.

Tabella 40 - Risultati del test di embriotossicità (72 ore) 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		86 ± 0,58	14	0	> 90	>100	Assente
E17MG3/0,5	100	72 ± 2,00	28	17			
	50	78 ± 1,15	22	9	> 90	>100	Assente
	25	83 ± 1,53	17	3			
E17MG3/12,5	100	65 ± 0,58	35	24			
	50	76 ± 1,73	24	12	81,1	>100	Bassa
	25	82 ± 2,31	18	5			
E17MG3/50	100	72 ± 1,53	28	17			
	50	79 ± 1,53	21	9	> 90	>100	Assente
	25	84 ± 1,00	16	3			
E17MG5/0,5	100	73 ± 1,53	27	16			
	50	80 ± 0,58	20	8	> 90	>100	Assente
	25	84 ± 1,73	16	3			
E17MG5/12,5	100	43 ± 2,08	57	51			
	50	63 ± 1,53	37	27	42,4	96,3	Media
	25	81 ± 1,15	19	7			
E17MG5/50	100	54 ± 1,53	46	37			
	50	66 ± 1,53	34	23	49,6	>100	Bassa
	25	82 ± 1,53	18	5			
E17MG6/0,5	100	70 ± 1,53	30	19			
	50	77 ± 1,53	23	10	> 90	>100	Assente
	25	82 ± 1,53	18	5			
E17MG6/12,5	100	67 ± 1,53	33	22			
	50	76 ± 2,00	24	12	87,7	>100	Bassa
	25	83 ± 1,53	17	3			
E17MG6/50	100	73 ± 1,53	27	16			
	50	78 ± 1,15	22	9	> 90	>100	Assente
	25	83 ± 1,53	17	3			
E17MG7/0,5	100	54 ± 2,08	46	37			
	50	70 ± 1,00	30	19	53,8	>100	Bassa
	25	81 ± 1,00	19	6			
E17MG7/12,5	100	72 ± 1,53	28	17			
	50	78 ± 1,53	22	10	> 90	>100	Assente
	25	83 ± 1,00	17	4			
E17MG7/50	100	75 ± 1,53	25	14			
	50	79 ± 1,00	21	8	> 90	>100	Assente
	25	84 ± 1,53	16	3			
E17MG9/0,5	100	30 ± 1,53	70	65			
	50	56 ± 1,53	44	35	35,3	71,5	Media
	25	78 ± 1,53	22	9			

Tabella 40 - Risultati del test di embriotossicità (72 ore) 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
E17MG9/12,5	100	71 \pm 1,15	29	18	> 90	>100	Assente
	50	77 \pm 1,53	23	10			
	25	82 \pm 2,08	18	5			
E17MG9/50	100	71 \pm 1,73	29	18	> 90	>100	Assente
	50	76 \pm 1,53	24	12			
	25	83 \pm 2,00	17	4			
E17MG10/0,5	100	63 \pm 1,15	37	27	68	>100	Bassa
	50	72 \pm 2,00	28	17			
	25	82 \pm 1,53	18	5			
E17MG10/12,5	100	67 \pm 1,00	33	22	72,9	>100	Assente
	50	75 \pm 1,53	25	13			
	25	83 \pm 0,58	17	4			
E17MG10/50	100	65 \pm 1,15	35	24	> 90	>100	Assente
	50	72 \pm 2,00	28	17			
	25	82 \pm 1,53	18	5			
E17MG12/0,5	100	70 \pm 1,00	30	19	> 90	>100	Assente
	50	77 \pm 1,73	23	11			
	25	84 \pm 0,58	16	3			
E17MG12/12,5	100	70 \pm 2,00	30	19	> 90	>100	Assente
	50	76 \pm 1,53	24	12			
	25	83 \pm 2,31	17	3			
E17MG 12/50	100	71 \pm 3,06	29	18	> 90	>100	Assente
	50	77 \pm 2,00	23	11			
	25	84 \pm 1,73	16	3			
E17MG13/0,5	100	71 \pm 2,08	29	18	> 90	>100	Assente
	50	77 \pm 1,73	23	11			
	25	83 \pm 1,53	17	4			
E17MG13/12,5	100	71 \pm 2,12	29	18	> 90	>100	Assente
	50	78 \pm 0,71	22	9			
	25	84 \pm 2,12	16	3			
E17MG13/50	100	72 \pm 0,71	28	17	> 90	>100	Assente
	50	77 \pm 1,41	23	10			
	25	84 \pm 2,41	16	2			

6.1.3 Plancton

6.1.3.1 Fitoplancton

Analisi quantitativa e qualitativa del fitoplancton da bottiglia

Le densità fitoplanctoniche totali variano tra circa 14,8 (E17 MG6 70 m) e 44,8 cell/ml (E17 MG10 0,5 m), con una media di circa 29,08 cell/ml (**Tabella 41**), densità cellulari minori rispetto alla campagna P17 e inferiori anche alle medie delle precedenti campagne estive. L'andamento lungo la colonna d'acqua risulta omogeneo tra tutte le stazioni, con massimi compresi tra 0,5 m e 12,5 m e minimi tra 50 m e 70 m (**Figura 42**). La componente maggiormente presente è costituita dal gruppo "Altro" (Cryptophyceae, Chrysophyceae, Dictyochophyceae, Prasinophyceae, Prymnesiophyceae non Coccolitofori, flagellati non identificati), con in media 11,6 cell/ml, che va a costituire fino a circa il 60% dell'abbondanza totale (**Figura 43**). I dinoflagellati rappresentano il secondo gruppo più abbondante a tutte le profondità, variando tra 4,25 (E17 MG6 70 m) e 12,22 cell/ml (E17 MG13 12,5 m), con un contributo medio del 30% circa. Diatomee e coccolitofori sono presenti in media con circa 4,5 cell/ml, rappresentando rispettivamente circa il 16 ed il 14% (**Figura 43**).

Tabella 41 - Densità fitoplanctonica totale e delle classi o gruppi identificati (cell L⁻¹ 10⁻³).

Stazione	prof. (m)	Diatomee	Dinoflagellati	Coccolitofori	Altro	Totale
E17 MG6	0,5	0,5	7,659	8,709	5,992	10,068
	12,5	12,5	6,272	9,343	4,769	8,820
	50	50	2,841	7,042	3,336	5,065
	70	70	4,769	4,247	1,111	4,639
E17 MG7	0,5	0,5	4,505	9,702	6,930	11,850
	12,5	12,5	7,710	9,735	5,945	11,695

Tabella 41 - Densità fitoplanctonica totale e delle classi o gruppi identificati (cell L ⁻¹ 10 ⁻³).						
Stazione	prof. (m)	Diatomee	Dinoflagellati	Coccolitofori	Altro	Totale
	50	50	3,560	11,570	3,369	13,986
	70	70	6,130	6,130	2,591	9,163
E17 MG10	0,5	0,5	4,769	6,860	5,684	27,506
	12,5	12,5	5,844	8,388	6,463	11,826
	50	50	2,079	9,389	3,823	9,523
	70	70	3,018	6,773	1,610	14,419
E17 MG12	0,5	0,5	7,710	10,584	7,971	11,042
	12,5	12,5	6,664	9,735	5,553	11,499
	50	50	2,280	7,176	1,341	10,060
	70	70	1,831	7,675	1,831	14,928
E17 MG13	0,5	0,5	6,926	8,951	6,272	11,826
	12,5	12,5	4,704	12,218	6,730	14,178
	50	50	2,146	7,981	1,811	9,255
	70	70	4,057	5,913	2,406	11,207

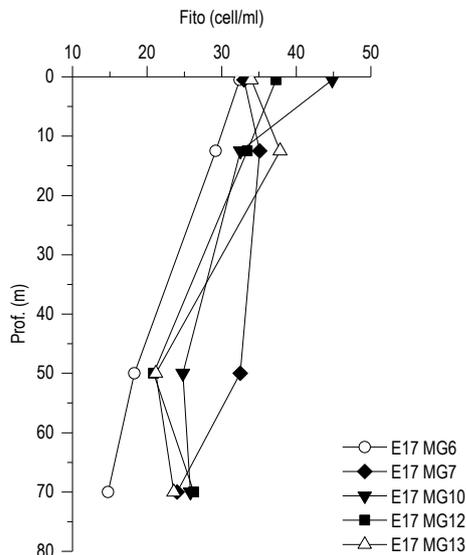


Figura 42 - Profili verticali delle densità fitoplanctoniche totali (cell L⁻¹ 10³) nelle diverse stazioni.

La maggior parte dei taxa appartiene alle classi delle diatomee e dei dinoflagellati con, rispettivamente, 48 e 47 specie, 8 e 3 forme individuate solo a livello di genere. La classe dei coccolitofori risulta meno diversificata con 29 specie, 2 generi ed 1 categoria superiore. La diversità specifica (Shannon) varia tra 3,59 e 5,04 bit/cell e i valori di equitabilità (Pielou) variano tra 0,76 e 0,94 confermando, quindi, un'elevata diversificazione del popolamento estivo. La composizione tassonomica delle comunità fitoplanctonica e l'alta differenziazione appaiono coerenti con la stagione (Figura 43).

Nel gruppo "Altro", che rappresenta in media il 40%, sono dominanti *Phaeocystis* sp. (Prymnesiophyceae), *Plagioselmis prolunga* (Cryptophyceae), *Pyramimonas* sp., *Pseudoscurfieldia marina*, *Tetraselmis* sp. (Prasinophyceae), forme di incerta collocazione sistematica come *Telonema* sp. e *Leucocryptos marina*, ed inoltre altre piccole forme flagellate non identificate.

I dinoflagellati, in media il 28,90%, sono rappresentati principalmente da *Gymnodiniaceae* e da forme tecate come *Heterocapsa minima*, *Heterocapsa rotundata*, *Oxytoxum variabile*. Le diatomee sono rappresentate principalmente da forme più tipicamente estive, come *Proboscia alata*, *Leptocylindrus mediterraneus*, *Chaetoceros* spp., *Pseudo-nitzschia galaxiae* e *Pseudosolenia calcar-avis*. La classe dei coccolitofori, è caratterizzata prevalentemente da *Emiliana huxleyi*, *Helladosphaera cornifera*, *Syracosphaera anthos*, *Helicosphaera carterii*, *Syracosphaera pulchra* e *Ceratolithus cristatus*.

Sono stati identificati in totale, a diverso livello tassonomico, 167 taxa (Tabella 42), oltre al gruppo dei flagellati non identificati, di cui si fornisce l'elenco completo in Tabella 43.

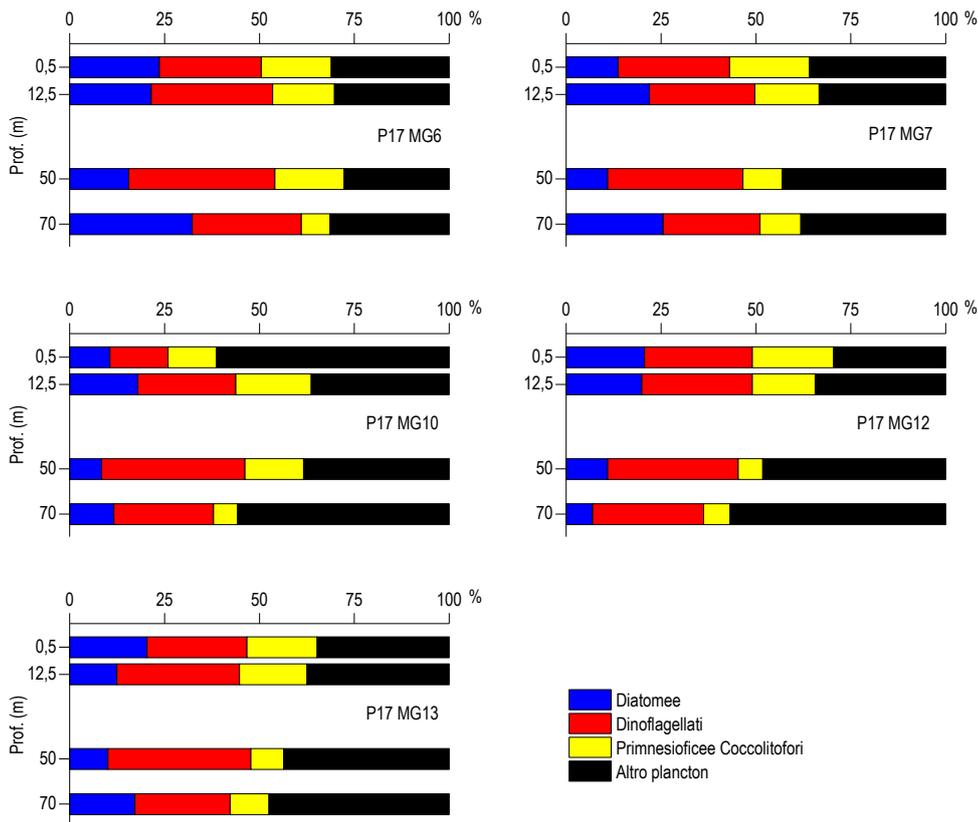


Figura 43 – Abbondanza relativa delle classi fitoplanctoniche indicate in legenda nelle diverse stazioni (da bottiglia).

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	48	8	5
Dinoflagellati	47	3	4
Prymnesiophyceae coccolitofori	29	2	1
Cryptophyceae	1		1
Chrysophyceae/Dictyochophyceae	5		
Chlorophyta/Euglenoidea		1	1
Prasinophyceae	3	2	
Prymnesiophyceae non coccolitofori		1	
Altro	4	1	
Totale	137	18	12

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

Tabella 43 - Lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative microscopiche.

DIATOMEE		
<i>Bacteriastrum delicatulum</i> Cleve 1897	<i>Dactyliosolen fragillissimus</i> (Bergon) Hasle 1996	<i>Fragilariopsis doliolus</i> (Wallich) Medlin & Sims 1993
<i>Bacteriastrum jadrantum</i> Godrijan, Maric & Pfannkuchen 2012	Diatomee centriche $\leq 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Fragilariopsis</i> spp.
<i>Cerataulina bicornis</i> (Ehrenberg) Hasle 1985	Diatomee centriche $> 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow 1880
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder 1864	<i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle 1996	<i>Haslea</i> sp.
<i>Chaetoceros cf. costatus</i> Pavillard 1911	<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow ex Van Heurck 1882	<i>Navicula</i> spp.
<i>Chaetoceros compressus</i> Lauder 1864	<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve 1889	<i>Nitzschia bicapitata</i> Cleve 1901
<i>Chaetoceros concavicornis</i> Mangin 1917	<i>Leptocylindrus mediterraneus</i> (Peragallo) Hasle 1975	<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs 1861
<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve 1889	<i>Leptocylindrus minimus</i> Gran 1915	<i>Nitzschia recta</i> Hantzsch ex Rabenhors 1862
<i>Chaetoceros dadayi</i> Pavillard 1913	<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström 1986	<i>Nitzschia sicula</i> (Castracane) Hustedt
<i>Chaetoceros danicus</i> Cleve 1889	<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultze) Sundström 1986	<i>Nitzschia</i> spp.
<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve 1873	<i>Rhizosolenia hebetata</i> f. <i>semispina</i> (Hensen) Gran 1905	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cleve) Heiden 1928
<i>Chaetoceros diversus</i> Cleve 1873	<i>Thalassiosira angulata</i> (Gregory) Hasle 1978	<i>Pseudo-nitzschia galaxiae</i> Lundholm & Moestrup 2002
<i>Chaetoceros laciniosus</i> Schütt 1895	<i>Thalassiosira delicatula</i> Ostenfeld 1908	<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle 1993
<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow 1863	<i>Thalassiosira</i> spp.	<i>Synedra cf. affinis</i> Kützing 1844

Tabella 43 - Lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative microscopiche.

<i>Chaetoceros neglectus</i> Karsten 1905	<i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castracane) Round 1990	<i>Synedra cf. crystallina</i> (Agardh) Kützing 1844
<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell 1856	<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & Lewin 1964	<i>Synedra cf. pulchella</i> Kützing 1844
<i>Chaetoceros pseudocurvisetus</i> Mangin 1910	Diatomea pennata n.i. (forma p)	<i>Thalassionema cf. bacillare</i> (Heiden) Kolbe 1955
<i>Chaetoceros socialis</i> Lauder 1864	Diatomee pennate $\leq 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Hallegraeff 1986
<i>Chaetoceros</i> spp.	Diatomee pennate $> 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Thalassionema nitzschoides</i> (Grunow) Mereschkowsky 1902
<i>Coscinodiscus</i> sp.	<i>Entomoneis cf. paludosa</i> (Smith) Reimer 1975	
<i>Cyclotella</i> spp.	<i>Fragilaria hyalina</i> (Kützing) Grunow ex Van Heurck 1880	
DINOFLAGELLATI		
<i>Amphidinium cf. globosum</i> Schröder 1911	<i>Alexandrium taylori</i> Balech 1994	<i>Neoceratium falcatiforme</i> (Jørgensen) Gómez, Moreira & López-García 2010
<i>Amphidinium cf. sphenoides</i> Wulff 1916	<i>Ceratium carriense</i> Gourret 1883	<i>Neoceratium fusus</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010
<i>Amphidinium</i> spp.	<i>Ceratium setaceum</i> Jørgensen 1911	<i>Neoceratium massiliense</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-García 2010
<i>Cochlodinium pulchellum</i> Lebour 1917	<i>Ceratocorys horrida</i> Stein 1883	<i>Oxytoxum caudatum</i> Schiller 1937
<i>Cochlodinium</i> sp.	<i>Corythodinium compressum</i> (Kofoid) Taylor 1976	<i>Oxytoxum constrictum</i> (Stein) Bütschli 1885
Gymnodiniaceae $\leq 20 \mu\text{m}$ n.i.	Dinoflagellati tectati $\leq 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Oxytoxum mediterraneum</i> Schiller
Gymnodiniaceae $> 20 \mu\text{m}$ n.i.	Dinoflagellati tectati $> 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Oxytoxum parvum</i> Schiller 1937
<i>Gymnodinium impudicum</i> (Fraga & Bravo) Gert Hansen & Moestrup 2000	<i>Dinophysis infundibula</i> Schiller 1928	<i>Oxytoxum sceptrum</i> (Stein) Schroder 1906
<i>Gyrodinium aciculatum</i> Hansen & Larsen 1992	<i>Dinophysis parva</i> Schiller 1928	<i>Oxytoxum sphaeroideum</i> Stein 1883
<i>Gyrodinium fusiforme</i> Kofoid & Swezy 1921	<i>Gonyaulax scrippsae</i> Kofoid 1911	<i>Oxytoxum variabile</i> Schiller 1937
<i>Gyrodinium spirale</i> (Bergh) Kofoid & Swezy 1921	<i>Heterocapsa minima</i> Pomroy 1989	<i>Oxytoxum viride</i> Schiller 1937
<i>Karenia brevis</i> (Davis) Hansen & Moestrup 2000	<i>Heterocapsa niei</i> (Loeblich III) Morrill & Loeblich III 1981	<i>Phalacroma rotundatum</i> (Claparède & Lachmann) Kofoid & Michener 1911
<i>Karenia papilionacea</i> Haywood & Steidinger 2004	<i>Heterocapsa rotundata</i> (Lohmann) Hansen 1995	<i>Prorocentrum balticum</i> (Lohmann) Loeblich 1970
<i>Karenia</i> spp.	<i>Histioneis depressa</i> Schiller 1928	<i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) Abé ex Dodge 1975
<i>Pronoctiluca acuta</i> (Lohmann) Schiller 1933	<i>Lessardia elongata</i> Saldarriaga & Taylor 2003	<i>Prorocentrum lima</i> (Ehrenberg) Stein 1878
<i>Pyrocystis lunula</i> (Schütt) Schütt 1896	<i>Mesoporos perforatus</i> (Gran) Lillick 1937	<i>Protoperidinium cf. globulus</i> (Stein) Balech 1974
<i>Torodinium robustum</i> Kofoid & Swezy 1921	<i>Micracanthodinium setiferum</i> (Lohmann) Deflandre 1937	<i>Protoperidinium tuba</i> (Schiller) Balech 1974
<i>Alexandrium cf. minutum</i> Halim 1960	<i>Neoceratium extensum</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Pyrophacus horologicum</i> Stein 1883
PRYMNESIOPHYCEAE COCCOLITOFORI		
<i>Acanthoica quattrosipina</i> Lohmann 1903	Coccolitofori $\leq 10 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Pontosphaera syracusana</i> Lohmann 1902
<i>Algirosphaera robusta</i> (Lohmann) Norris 1984	<i>Coronosphaera binodata</i> (Kamptner) Gaarder 1977	<i>Rhabdosphaera clavigera</i> Murray & Blackman 1898
<i>Alisphaera ordinata</i> (Kamptner) Heimdal 1973	<i>Coronosphaera mediterranea</i> (Lohmann) Gaarder 1977	<i>Scyphosphaera apsteinii</i> Lohmann 1902
<i>Calcidiscus leptoporus</i> (Murray & Blackman) Loeblich & Tappan 1978	<i>Discosphaera tubifer</i> (Murray & Blackman) Ostenfeld 1900	<i>Sphaerocalypta quadridentata</i> (Schiller) Deflandre 1952
<i>Calcidiscus</i> sp.	<i>Emiliania huxleyi</i> (Lohmann) Hay & Mohler 1967	<i>Syracosphaera anthos</i> (Lohman) Janin 1987
<i>Calciosolenia brasiliensis</i> (Lohmann) Young 2003	<i>Florisphaera profunda</i> Okada & Honjo 1973	<i>Syracosphaera cf. molischii</i> Schiller 1925
<i>Calciosolenia murrayi</i> Gran 1912	<i>Helicosphaera carterii</i> (Wallich) Kamptner 1954	<i>Syracosphaera histrica</i> Kamptner 1941
<i>Calyptriosphaera</i> sp.	<i>Helladosphaera cornifera</i> (Schiller) Kamptner 1937	<i>Syracosphaera nodosa</i> Kamptner 1941
<i>Calyptriosphaera sphaeroidea</i> Schiller 1913	<i>Michaelsarsia elegans</i> Gran 1912	<i>Syracosphaera pulchra</i> Lohmann 1902
<i>Ceratolithus cristatus</i> Kamptner 1950	<i>Ophiaster hydroideus</i> (Lohmann) Lohmann 1913	<i>Zigosphaera hellenica</i> Kamptner 1937
<i>Coccolithus pelagicus</i> (Wallich) Schiller 1930	<i>Pontosphaera</i> sp.	
CRYPTOPHYCEAE		
<i>Plagioselmis prolunga</i> Butcher ex Novarino, Lucas & Morrall 1994	Cryptophyceae n.i.	
CHRYSPHYCEAE/DICTYOCOPHYCEAE		
<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg 1839	<i>Meringosphaera mediterranea</i> Lohmann 1902	<i>Ollicola vangoorii</i> (Conrad) Vørs 1992
<i>Dictyocha speculum</i> Ehrenberg 1839	<i>Octactis octonaria</i> (Ehrenberg) Hovasse 1946	
CHLOROPHYTA/EUGLENOIDEA		
<i>Euglenoidea</i> n.i.	<i>Crucigenia</i> sp.	
PRASINOPHYCEAE		
<i>Halosphaera viridis</i> Schmitz 1878	<i>Pseudoscourfieldia marina</i> (Thronsen) Manton 1975	<i>Tetraselmis</i> sp.
<i>Pachysphaera pelagica</i> Ostenfeld 1899	<i>Pyramimonas</i> spp.	
PRYMNESIOPHYCEAE NON COCCOLITOFORI		
<i>Phaeocystis</i> sp.	<i>Phaeocystis</i> forma coloniale	
ALTRO		
Flagellati indeterminati $< 10 \mu\text{m}$	<i>Hermesinium adriaticum</i> Zacharias 1906	<i>Paulinella ovalis</i> (Wulff) Johnson, Hargraves & Sieburth 1988
<i>Commatia cryoporinum</i> Thomsen & Larsen 1993	<i>Leucocryptos marina</i> (Braarud) Butcher 1967	<i>Telonema</i> sp.

Analisi qualitativa di fitoplancton da retino

Per valutare la diversità della comunità microfitorplanctonica lungo la colonna d'acqua, sono stati raccolti con retino 5 campioni nelle stazioni E17 MG6, E17 MG7, E17 MG10, E17 MG12 e E17 MG13 (**Tabella 44** e **Tabella 45**).

Dall'analisi sono stati individuati 230 taxa, di cui 217 identificati a livello di specie, 7 come genere e 6 attribuibili a categorie soprageneriche (**Tabella 44**). In **Tabella 45** si fornisce l'elenco completo dei taxa presenti nelle diverse stazioni di campionamento. Per ciascuna classe fitoplanctonica, nell'insieme di tutte le stazioni, 56 taxa appartengono alle diatomee, 147 ai dinoflagellati e 22 ai coccolitofori; sono stati, inoltre, identificati 3 taxa appartenenti alle Dictyochophyceae, 1 alle Prymnesiophyceae non coccolitofori e 1 taxon appartenente alla categoria "Altro".

La numerosità dei taxa individuati in ogni stazione va da un minimo di 98 in E17 MG10 ad un massimo di 136 in E17 MG12.

Dall'osservazione non è emersa una netta differenza nella quantità di taxa presenti (ad eccezione di E17 MG10) che, in tutte le stazioni, sono principalmente appartenenti ai dinoflagellati ed in secondo luogo alle diatomee (con rispettivamente 139 specie, 5 generi e 3 categorie superiori e 52 specie, 1 genere e 3 categorie superiori); anche la classe dei coccolitofori risulta piuttosto differenziata con 22 taxa individuati (21 a livello di specie e 1 a livello di genere). La frazione più piccola del popolamento è rappresentata dalle Dictyochophyceae,

dalle Prymnesiophyceae non coccolitofori e dalla categoria “Altro”, che presentano un numero esiguo di taxa in tutte le stazioni indipendentemente dalla distanza dal Terminale

Sono stati inoltre identificati ed aggiunti nuovi taxa appartenenti alla classe dei dinoflagellati (*Alexandrium catenella*, *Amphidiniopsis* sp., *Centrodinium pavillardii*, *Ceratium digitatum*, *Ceratium gibberum*, *Ceratium longissimum*, *Ceratium massiliense* var. *protuberans*, *Ceratium trichoceros* var. *contrarium*, *Corythodinium cristatum*, *Dinophysis argus*, *Dinophysis uracantha*, *Dinophysis schroederi*, *Dinophysis sphaerica*, *Diplopsalis lenticula*, *Gonyaulax* cf. *turbynei*, *Heterodinium* cf. *dispar*, *Histioneis alata*, *Histioneis joergensenii*, *Karenia brevis*, *Phalacroma acutum*, *Phalacroma cuneus*, *Protoperidinium grande*, *Protoperidinium mediterraneum*, *Protoperidinium solidicorne* e *Protoperidinium wiesneri*), alla classe delle diatomee (*Bacteriastrum jadrantum*) ed alla classe delle Dictyochophyceae (*Dictyocha staurodon*), che non erano stati ancora rilevati nei retini dei precedenti campionamenti.

Ad un confronto della lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative (**Tabella 43**) con l'elenco dei taxa ottenuti dalle analisi qualitative (**Tabella 45**), vediamo che la presenza di molte specie rare porta il numero totale di taxa individuati da 170 nei campioni da bottiglia a 230 nelle osservazioni da retino. Si aggiungono quindi specie appartenenti ai generi: *Chaetoceros* (*C. anastomosans*, *C. cf. perpusillus*, *C. coarctatus*, *C. compressus*, *C. costatus*, *C. curvisetus*, *C. daday*, *C. danicus*, *C. decipiens*, *C. diversus*, *C. laciniosus*, *C. lorenzianus*, *C. peruvianus*, *C. rostratus*, *C. similis*, *C. socialis*, *C. tenuissimus*, *C. teres* e *C. wighamii*), *Asterolampra* (*A. grevillei* ed *A. marylandica*) e *Bacteriastrum* (*B. biconicum* e *B. hyalinum*); per i Dinoflagellati, invece, sono state rilevate numerose specie rare appartenenti ai generi: *Corythodinium* (*C. cristatum*, *C. curvicaudatum*, *C. reticulatum* e *C. tessellatum*) *Dinophysis* (*D. amandula*, *D. argus*, *D. caudata*, *D. elongata*, *D. operculoides*, *D. parvula*, *D. pusilla*, *D. sacculus*, *D. schroederi*, *D. schuettii*, *D. sphaerica*, *D. tripos* e *D. uracantha*), *Gonyaulax* (*G. cf. turbynei*, *G. monacantha*, *G. polygramma* e *G. spinifera*), *Ceratium* (*Neoceratium*) (*C. digitatum*, *C. gibberum*, *C. horridum* var. *buceros*, *C. kofoidii*, *C. limulus*, *C. longissimum*, *C. massiliense* var. *protuberans*, *C. paradoxides*, *C. trichoceros* var. *contrarium*, *Neoceratium arietinum*, *N. candelabrum*, *N. carriense*, *N. concilians*, *N. declinatum*, *N. eucaratum*, *N. falcatum*, *N. furca*, *N. hexacantum*, *N. macroceros*, *N. pentagonum*, *N. pulchellum*, *N. setaceum*, *N. symmetricum*, *N. trichoceros* e *N. tripos*), *Ornithocercus* (*O. heteroporus*, *O. magnificus*, *O. quadratus*, *O. steinii*), *Podolampas* (*P. bipes*, *P. elegans*, *P. palmipes*, *P. spinifer*), *Protoceratium* (*P. cf. areolatum* e *P. reticulatum*), *Prorocentrum* (*P. dactylus*, *P. dentatum*, *P. gracile*, *P. maximum*, *P. micans*, *P. nux*) e *Protoperidinium* (*P. cerasus*, *P. crassipes*, *P. depressum*, *P. divergens*, *P. mediterraneum*, *P. pellucidum*, *P. pentagonum*, *P. quarnerense*, *P. solidicorne*, *P. steinii*, *P. wiesneri*). Inoltre, nei campioni da retino sono state identificate ulteriori specie rare quali *Amphidiniopsis* sp., *Amphisolenia bidentata*, *Centrodinium pavillardii*, *Citharistes regius*, *Cladopyxis brachiolata*, *Heterodinium* cf. *dispar*, tutte appartenenti alla classe dei dinoflagellati.

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 E17.

Classe	Specie	Generi	Categorie superiori*
Diatomee	52	1	3
Dinoflagellati	139	5	3
Prymnesiophyceae coccolitofori	21	1	
Dictyochophyceae	3		
Prymnesiophyceae non Coccolitofori:	1		
Altro	1		
Totale	217	7	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 E17 MG6, E17 MG7, E17 MG10, E17 MG12 e E17 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13)

Specie	6	7	10	12	13	Specie	6	7	10	12	13
DIATOMEE											
<i>Asterolampra grevillei</i> (Wallich) Greville	x				x	<i>Dactyliosolen blavyanus</i> (Peragallo) Hasle 1975	x	x	x	x	x
<i>Asterolampra marylandica</i> Ehrenberg 1844				x		<i>Dactyliosolen fragilissimus</i> (Bergon) Hasle 1996					
<i>Asteromphalus flabellatus</i> Ehrenberg 1844	x	x		x	x	Diatomee centriche > 20 µm n.i.	x	x	x	x	x
<i>Bacteriastrum biconicum</i> Pavillard 1916	x	x	x	x	x	<i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle 1996	x	x	x	x	x
<i>Bacteriastrum delicatulum</i> Cleve 1897	x	x	x	x	x	<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow ex Van Heurck 1882	x	x	x	x	x
<i>Bacteriastrum hyalinum</i> Lauder 1864		x				<i>Hemidiscus cuneiformis</i> Wallich 1860				x	x
<i>Bacteriastrum jadrantum</i> Godrijan, Maric & Pfannkuchen 2012		x	x			<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve 1889	x	x	x	x	
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder 1864					x	<i>Leptocylindrus mediterraneus</i> (Peragallo) Hasle 1975	x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros anastomosans</i> Grunow 1882	x	x	x	x	x	<i>Leptocylindrus minimus</i> Gran 1915	x	x	x		
<i>Chaetoceros cf. perpusillus</i> Cleve 1897	x	x	x	x	x	<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström 1986	x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros coarctatus</i> Lauder 1864					x	<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultze) Sundström 1986	x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros compressus</i> Lauder 1864		x				<i>Rhizosolenia hebetata</i> f. <i>semispina</i> (Hensen) Gran 1908				x	x
<i>Chaetoceros costatus</i> Pavillard 1911		x				<i>Thalassiosira angulata</i> (Gregory) Hasle 1978	x	x		x	x
<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve 1889	x	x		x	x	<i>Thalassiosira cf. delicatula</i> Ostenfeld 1908	x	x			
<i>Chaetoceros dadayi</i> Pavillard 1913		x	x	x	x	<i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castracane) Round 1990			x	x	x
<i>Chaetoceros danicus</i> Cleve 1889	x	x	x	x	x	<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & Lewin 1964	x	x	x		x
<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve 1873	x	x	x	x	x	Diatomee pennate > 20 µm n.i.	x			x	x
<i>Chaetoceros diversus</i> Cleve 1873	x	x	x	x	x	<i>Haslea wawriakae</i> (Hustedt) Simonsen 1974	x				x
<i>Chaetoceros laciniosus</i> Schütt 1895		x	x			<i>Navicula distans</i> (Smith) Ralfs 1861			x	x	
<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow 1863	x	x	x	x	x	<i>Navicula transitans</i> var. <i>delicatula</i> Heimdal 1970			x		

Tabella 45 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni E17 MG6, E17 MG7, E17 MG10, E17 MG12 e E17 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13)

<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell 1856	x	x	x	x	x	Naviculaceae spp.	x	x	x	x
<i>Chaetoceros rostratus</i> Lauder 1864	x	x		x		<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs 1861	x	x		
<i>Chaetoceros similis</i> Cleve 1896					x	<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle 1993	x	x	x	x
<i>Chaetoceros socialis</i> Lauder 1864				x	x	<i>Pseudo-nitzschia subfraudulenta</i> (Hasle) Hasle 1993	x	x	x	x
<i>Chaetoceros</i> spp.	x	x	x	x	x	<i>Tabularia gaillonii</i> (Bory de Saint-Vincent) Bukhtiyarova 1995				x
<i>Chaetoceros tenuissimus</i> Meunier 1913				x		<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Hallegraeff 1986	x	x	x	x
<i>Chaetoceros teres</i> Cleve 1896	x					<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky 1902	x	x	x	x
<i>Chaetoceros wighamii</i> Brightwell 1856		x		x	x	<i>Tryblionella acuminata</i> Smith 1853	x			
DINOFAGELLATI										
<i>Actiniscus pentasterias</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1844	x			x	x	<i>Neoceratium carriense</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-García 2011	x			x
<i>Cochlodinium</i> sp.	x	x	x			<i>Neoceratium concilians</i> (Jørgensen) Gómez, Moreira & López-García 2010				x
Gymnodiniaceae > 20 µm n.i.	x	x	x	x	x	<i>Neoceratium declinatum</i> (Karsten) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x	x	x
<i>Gymnodinium elongatum</i> Hope 1954			x			<i>Neoceratium eucaratum</i> (Jørgensen) Gómez, Moreira & López-García 2010	x			
<i>Gyrodinium aciculatum</i> Hansen & Larsen 1992	x	x	x			<i>Neoceratium falcatum</i> (Kofoid) Gómez, Moreira & López-García 2010				x
<i>Gyrodinium</i> spp.	x			x		<i>Neoceratium furca</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x		x
<i>Karenia brevis</i> (C.C.Davis) Gert Hansen & Ø.Moestrup 2000				x		<i>Neoceratium fusus</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x	x	x
<i>Pronoctiluca acuta</i> (Lohmann) Schiller 1933	x	x	x			<i>Neoceratium hexacantum</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-García 2010				x
<i>Pyrocystis lunula</i> (Schütt) Schütt 1896	x	x	x	x	x	<i>Neoceratium macroceros</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010				x
<i>Alexandrium catenella</i> (Whedon & Kofoid) Balech 1985				x		<i>Neoceratium massiliense</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x		x
<i>Alexandrium cf. minutum</i> Halim 1960	x	x				<i>Neoceratium pentagonum</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-García 2010	x			x
<i>Amphidiniopsis</i> sp.					x	<i>Neoceratium pulchellum</i> (Schröder) Gómez, Moreira & López-García 2010	x			x
<i>Amphisolena bidentata</i> Schröder 1900			x	x		<i>Neoceratium setaceum</i> (Jørgensen) Gómez, Moreira & López-García 2010				x
<i>Azadinium caudatum</i> (Halldal) Nézan et Chomérat 2012	x					<i>Neoceratium symmetricum</i> (Pavillard) Gómez, Moreira & López-García 2010				x
<i>Centrodinium pavillardii</i> F.J.R.Taylor 1976	x					<i>Neoceratium trichoceros</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x	x	x
<i>Ceratium digitatum</i> F.Schütt 1895					x	<i>Neoceratium tripos</i> (O.F.Müller) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x		x
<i>Ceratium gibberum</i> Gourret 1883	x					<i>Ornithocercus heteroporos</i> Kofoid 1907				x
<i>Ceratium horridum</i> var. <i>buceros</i> (Zacharias) Sournia 1966					x	<i>Ornithocercus magnificus</i> Stein 1883	x			x
<i>Ceratium kofoidii</i> Jørgensen 1911	x					<i>Ornithocercus quadratus</i> Schütt 1900				x
<i>Ceratium limulus</i> (Pouchet) Gourret 1883				x	x	<i>Ornithocercus steinii</i> Schütt 1900				x
<i>Ceratium longissimum</i> (Schröder) Kofoid 1907					x	<i>Oxytoxum adriaticum</i> Schiller 1937			x	
<i>Ceratium massiliense</i> var. <i>protuberans</i> (G.Karsten) Jørgensen 1911		x			x	<i>Oxytoxum constrictum</i> (Stein) Bütschli 1885				x
<i>Ceratium paradoxides</i> Cleve 1900			x	x	x	<i>Oxytoxum coronatum</i> Schiller 1937				x
<i>Ceratium trichoceros</i> var. <i>contrarium</i> (Gourret) Schiller 1937		x				<i>Oxytoxum curvatum</i> (Kofoid) Kofoid 1911	x	x		x
<i>Ceratocorys armata</i> (Schütt) Kofoid 1910					x	<i>Oxytoxum elegans</i> Pavillard 1916				x
<i>Ceratocorys gourretii</i> Paulsen 1931	x			x	x	<i>Oxytoxum globosum</i> Schiller			x	x
<i>Ceratocorys horrida</i> Stein 1883					x	<i>Oxytoxum laticeps</i> Schiller 1937	x	x	x	
<i>Citharistes regius</i> Stein 1883				x	x	<i>Oxytoxum ligusticum</i> Rampi 1941				x
<i>Cladopyxis brachiolata</i> Stein 1883				x	x	<i>Oxytoxum longiceps</i> Schiller	x	x		
<i>Corythodinium cristatum</i> (Kofoid) F.J.R.Taylor 1976	x					<i>Oxytoxum mediterraneum</i> Schiller	x	x	x	x
<i>Corythodinium curvicaudatum</i> (Kofoid) Taylor 1976					x	<i>Oxytoxum milneri</i> Murray & Whitting 1899	x			x
<i>Corythodinium reticulatum</i> (Stein) Taylor 1976					x	<i>Oxytoxum parvum</i> Schiller 1937	x			x
<i>Corythodinium tessellatum</i> (Stein) Loeblich Jr. & Loeblich III 1966					x	<i>Oxytoxum sceptrum</i> (Stein) Schröder 1906	x	x		x
Dinoflagellati tectati > 20 µm n.i.	x	x	x	x	x	<i>Oxytoxum scolopax</i> Stein 1883	x	x	x	x
<i>Dinophysis amandula</i> (Balech) Sournia 1973		x			x	<i>Oxytoxum sphaeroidium</i> Stein 1883	x	x	x	x
<i>Dinophysis argus</i> (Stein) Abé		x				<i>Oxytoxum spinosum</i> Rampi		x	x	x
<i>Dinophysis caudata</i> Saville-Kent 1881					x	<i>Oxytoxum turbo</i> Kofoid 1907	x			
<i>Dinophysis elongata</i> (Jørgensen) Abé					x	<i>Oxytoxum viride</i> Schiller 1937	x	x	x	
<i>Dinophysis infundibula</i> Schiller 1928					x	<i>Parahistioneis mediterranea</i> Schiller 1928				x
<i>Dinophysis operculoides</i> (Schütt) Balech 1967	x	x				Peridiniaceae > 20 µm n.i.				x
<i>Dinophysis parva</i> Schiller 1928	x	x	x	x	x	<i>Phalacroma acutum</i> (F.Schütt) Pavillard 1916				x
<i>Dinophysis parvula</i> (Schütt) Balech 1967		x	x	x		<i>Phalacroma cuneus</i> F.Schütt 1895			x	
<i>Dinophysis pusilla</i> Jørgensen 1923			x	x	x	<i>Phalacroma doryphorum</i> Stein 1883			x	x
<i>Dinophysis sacculus</i> Stein 1883	x					<i>Phalacroma rotundatum</i> (Claparède & Lachmann) Kofoid & Michener 1911			x	x
<i>Dinophysis schroederi</i> Pavillard 1909					x	<i>Podolampas bipes</i> Stein 1883				x
<i>Dinophysis schuettii</i> Murray & Whitting 1899					x	<i>Podolampas elegans</i> Schütt 1895				x
<i>Dinophysis sphaerica</i> Stein 1883					x	<i>Podolampas palmipes</i> Stein 1883	x	x	x	x
<i>Dinophysis tripos</i> Gourret 1883					x	<i>Podolampas spinifer</i> Okamura 1912				x
<i>Dinophysis uracantha</i> Stein 1883					x	<i>Prorocentrum balticum</i> (Lohmann) Loeblich 1970	x	x	x	x
<i>Diplopsalis lenticula</i> Bergh 1881				x	x	<i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) Abé ex Dodge 1975		x	x	x
<i>Diplopsalis</i> spp.	x	x				<i>Prorocentrum dactylus</i> (Stein) Dodge 1975			x	x
<i>Gonyaulax cf. turbynei</i> Murray & Whitting 1899					x	<i>Prorocentrum dentatum</i> Stein 1883			x	x
<i>Gonyaulax monacantha</i> Pavillard 1916		x				<i>Prorocentrum gracile</i> Schütt 1895		x	x	x
<i>Gonyaulax polygramma</i> Stein 1883		x		x	x	<i>Prorocentrum lima</i> (Ehrenberg) Stein 1878		x	x	x
<i>Gonyaulax scrippsae</i> Kofoid 1911		x				<i>Prorocentrum maximum</i> (Gourret) Schiller 1937		x		
<i>Gonyaulax spinifera</i> (Claparède & Lachmann) Diesing 1866					x	<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg 1833				x
<i>Heterocapsa niei</i> (Loeblich III) Morrill & Loeblich III 1981	x	x	x			<i>Prorocentrum nux</i> Puigserver & Zingone 2002		x		
<i>Heterocapsa</i> spp.			x			<i>Protoceratium cf. areolatum</i> Kofoid 1907				x
<i>Heterodinium cf. dispar</i> Kofoid & Adamson 1933		x			x	<i>Protoceratium reticulatum</i> (Claparède & Lachmann) Bütschli 1885				x
<i>Histioneis alata</i> Rampi 1947	x					<i>Protoperidinium cerasus</i> (Paulsen 1907) Balech 1973	x	x	x	
<i>Histioneis cf. voukii</i> Schiller 1928					x	<i>Protoperidinium crassipes</i> (Kofoid) Balech 1974	x			x
<i>Histioneis depressa</i> Schiller 1928					x	<i>Protoperidinium depressum</i> Bailey 1854	x			x
<i>Histioneis jørgensenii</i> Schiller 1928					x	<i>Protoperidinium divergens</i> (Ehrenberg) Balech 1974	x	x	x	x
<i>Histioneis longicollis</i> Kofoid 1907		x				<i>Protoperidinium globulus</i> (Stein) Balech 1974	x	x	x	x
<i>Histioneis oxypteris</i> Schiller 1928		x				<i>Protoperidinium mediterraneum</i> (Kofoid 1909) Balech 1974				x
<i>Histioneis subcarinata</i> Rampi 1947					x	<i>Protoperidinium pellucidum</i> Bergh ex Loeblich Jr. & Loeblich III 1881				x
<i>Histioneis variabilis</i> Schiller 1933					x	<i>Protoperidinium pentagonum</i> (Gran) Balech 1974				x
<i>Lessardia elongata</i> Saldariaga & Taylor 2003			x			<i>Protoperidinium quamerense</i> (Schröder 1900) Balech 1974			x	
<i>Lingulodinium polyedrum</i> (Stein) Dodge 1989	x	x			x	<i>Protoperidinium solidicome</i> (Mangin 1926) Balech 1974				x
<i>Mesoporos adriaticus</i> (Schiller) Lillick		x	x	x	x	<i>Protoperidinium steinii</i> (Jørgensen) Balech 1974	x	x		x
<i>Mesoporos perforatus</i> (Gran) Lillick 1937	x	x	x	x	x	<i>Protoperidinium tuba</i> (Schiller) Balech 1974				x

Tabella 45 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni E17 MG6, E17 MG7, E17 MG10, E17 MG12 e E17 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13)

<i>Micranthodinium setiferum</i> (Lohmann) Deflandre 1937	x	x	x		<i>Protoperdinium wiesneri</i> (Schiller 1911) Balech 1974				x
<i>Neoceratium arietinum</i> (Cleve) Gómez, Moreira & López-García 2010				x	<i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Balech ex Loeblich III 1965		x	x	x
<i>Neoceratium candellabrum</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x		x					
PRYMNESIOPHYCEAE COCCOLITOFORI									
<i>Acanthoica quattropsina</i> Lohmann 1903				x	<i>Pontosphaera discopora</i> Lohmann 1902				x
<i>Calcidiscus leptoporus</i> (Murray & Blackman) Loeblich & Tappan 1978	x		x	x	<i>Pontosphaera</i> sp.				x
<i>Calyptrosphaera oblonga</i> Lohmann 1902	x	x	x	x	<i>Pontosphaera syracusana</i> Lohmann 1902		x	x	x
<i>Ceratolithus cristatus</i> Kamptner 1950			x		<i>Rhabdosphaera clavigera</i> Murray & Blackman 1898		x	x	x
<i>Coronosphaera binodata</i> (Kamptner) Gaarder 1977	x	x	x		<i>Rhabdosphaera stylifera</i> Lohmann		x	x	x
<i>Coronosphaera mediterranea</i> (Lohmann) Gaarder 1977	x	x	x	x	<i>Scyphosphaera apsteinii</i> Lohmann 1902		x	x	x
<i>Daktylithra pirus</i> (Kamptner) R.E. Norris 1985	x	x	x	x	<i>Sphaerocalypta quadridentata</i> (Schiller) Deflandre 1952		x		
<i>Discosphaera tubifer</i> (Murray & Blackman) Ostefeld 1900	x	x	x	x	<i>Syracosphaera histrica</i> Kamptner 1941			x	x
<i>Helicosphaera carterii</i> (Wallich) Kamptner 1954	x	x	x	x	<i>Syracosphaera pulchra</i> Lohmann 1902		x	x	x
<i>Ophiaster hydroideus</i> (Lohmann) Lohmann 1913				x	<i>Umbilicosphaera sibogae</i> (Weber-van Bosse) Gaarder 1970		x		x
<i>Periphyllophora mirabilis</i> (Schiller) Kamptner 1937	x	x	x		<i>Zigosphaera hellenica</i> Kamptner 1937		x		
DICTYOCOPHYCEAE									
<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg 1839	x	x	x	x	<i>Meringosphaera mediterranea</i> Lohmann 1902		x	x	x
<i>Dictyocha staurodon</i> Ehrenberg 1844	x	x		x					
PRYMNESIOPHYCEAE NON COCCOLITOFORI									
<i>Phaeocystis</i> sp. (forma coloniale)	x	x	x						
ALTRO									
<i>Hermesinum adriaticum</i> Zacharias 1906	x	x							

6.1.3.2 Zooplankton

Oloplankton

I dati raccolti nella stagione estiva 2017 confermano la dominanza della componente a copepodi nel comparto oloplanktonico dello zooplankton marino, analogamente alle campagne precedenti.

La distribuzione verticale della copepodofauna nell'area di studio è sovrapponibile al generale *trend* osservato durante il periodo estivo degli anni precedenti. Fatta eccezione per l'estate 2016, il periodo di massima stratificazione termica della colonna d'acqua coincide con una distribuzione quantitativa dei copepodi direttamente proporzionale alla profondità.

Il dato medio più alto riguarda i campioni raccolti tra il fondale e 50 m di profondità, con 795,20 individui per m⁻³ (max= 941,67 MG6; min= 592,04 MG10), decrescendo progressivamente nello strato 0-50 m con un valore medio pari a 468,95 individui per m⁻³ (max= 568,14,67 MG10; min= 282,70 MG13) e nelle pescate orizzontali superficiali con 205,82 Copepodi per m⁻³ (max= 336,48 MG10; min= 143,90 MG6).

Sono stati identificati 101 Copepodi (**Tabella 46**) appartenenti a 25 famiglie; si tratta della comunità a copepodi a più elevata diversità osservata nel periodo estivo. Solo nell'inverno 2014 era stata osservata una diversità paragonabile.

Per la prima volta è stato identificato un esemplare appartenente all'ordine Siphonostomatoida, comprendente quasi esclusivamente specie parassite di Pesci o Invertebrati. Sono considerate esclusivamente planctoniche solo tre famiglie monogeneriche: Megapontiidae, Pontoeciellidae e Rataniidae. Un individuo isolato di *Ratania flava* Giesbrecht, 1893, specie epiplanctonica-subsuperficiale è stato identificato nello strato 50 – 100 m di profondità nella stazione E17 MG7.

Dal punto di vista qualitativo, le famiglie di copepodi planctonici maggiormente biodiversificate sono i Calanoida Paracalanidae (12 *taxa*, generi *Calocalanus* e *Paracalanus*) Clausocalanidae (10 *taxa*, generi *Clausocalanus* e *Ctenocalanus*), e i Cyclopoida Corycaidae (11 *taxa*, generi *Corycaeus* e *Farranula*) e Sapphirinidae (11 *taxa*, generi *Copilia*, *Sapphirina* e *Vettopia*).

I Calanoidi Clausocalanidi sono la famiglia quantitativamente dominante con abbondanze crescenti dagli strati superficiali a quelli più profondi (143,15 ind./m³: 69,55% 0 – 5 m; 274,90 ind./m³: 58,62 % 0 – 50 m; 377,32 ind./m³: 47,45 % 50 – 100 m).

Tra i Clausocalanidi dominano *Clausocalanus pergens* e *C. furcatus*. In accordo con quanto emerso dalle precedenti campagne estive, *C. furcatus* è maggiormente concentrato nella porzione della colonna d'acqua compresa tra la superficie e – 50 m (16,52 ind./m³ 0 – 5 m; 23,40 ind./m³ 0 – 50 m; 11,70 ind./m³ 50 – 100 m).

C. pergens (37,80 ind./m³ 0 – 5 m; 92,93 ind./m³ 0 – 50 m; 131,93 ind./m³ 50 – 100 m) presenta abbondanze crescenti al crescere della profondità. Quantitativamente anche i Paracalanidae si concentrano nello strato prossimo al fondale (7,99 ind./m³ 0 – 5 m; 42,11 ind./m³ 0 – 50 m; 65,12 ind./m³ 50 – 100 m), con abbondanze maggiori per *Calocalanus styliremis* e *Paracalanus nanus*.

Fra le specie perenni tipiche della piattaforma continentale del Mediterraneo Occidentale, si rilevano considerevoli abbondanze del Calanidae *Nannocalanus minor* (12,35 ind./m³ 0 – 5 m; 12,09 ind./m³ 0 – 50 m; 26,26 ind./m³ 50 – 100 m), del Centropagidae *Centropages typicus* (1,24 ind./m³ 0 – 5 m; 2,47 ind./m³ 0 – 50 m; 42,50 ind./m³ 50 – 100 m) e del Temoridae *Temora stylifera* (1,71 ind./m³ 0 – 5 m; 6,24 ind./m³ 0 – 50 m; 1,30 ind./m³ 50 – 100 m). È importante sottolineare come venga rispettata l'alternanza stagionale descritta in letteratura e osservata durante i primi anni di monitoraggio. *N. minor*, specie tipicamente estiva, esibisce abbondanza e distribuzione verticale paragonabile a quella dell'estate 2016; *C. typicus*, specie che raggiunge i suoi picchi di abbondanza in primavera, nel periodo estivo 2017 così come nel 2016 e 2015, è quasi esclusivamente concentrata al di sotto del termocline, dove supera in abbondanza *N. minor*. Sono modeste le abbondanze della specie autunnale *T. stylifera*, contrariamente all'anomala cospicua presenza rilevata un anno fa nello stesso periodo. Fra i Calanoidi appartenenti all'iponeuston la specie maggiormente rappresentata, se pur con valori di abbondanza sempre prossimi o inferiori a un individuo per m⁻³, è il Pontellidae *Pontella mediterranea*. La famiglia Scolecithricidae, rappresentata da *Scaphocalanus invalidus*, *Scolecithricella abyssalis*, *Scolecithricella dentata* e *Scolecithrix danae* occupa prevalentemente gli strati profondi.

Per quanto concerne l'ordine Cyclopoida, la famiglia degli Oncaeidae raggiunge i più alti valori all'interno della porzione della colonna d'acqua investigata (4,47 ind./m³ 0 – 5 m; 35,87 ind./m³ 0 – 50 m; 112,30 ind./m³ 50 – 100 m). *Oncaea scottodicarloi* è la specie più abbondante, seguita dalla più grande *Oncaea mediterranea*. *Triconia conifera* è presente quasi esclusivamente oltre 50 m di profondità. All'interno dell'ordine Cyclopoida, la famiglia Corycaeidae è la seconda per abbondanza. I taxa identificati (11 specie appartenenti a 2 generi, *Corycaeus* e *Farranula*) tendono in generale ad aumentare concordemente alla profondità (9,69 ind./m³ 0 – 5 m; 31,06 ind./m³ 0 – 50 m; 56,54 ind./m³ 50 – 100 m).

Farranula rostrata è la specie più abbondante, mentre *Corycaeus furcifer*, occupa esclusivamente gli strati profondi.

Viene confermata la segnalazione di una congenerica di *F. rostrata*, sulla quale permangono dubbi di identificazione, ad oggi in corso per meglio comprendere se si tratti di una specie non ancora descritta.

Gli Oithonidae esibiscono una distribuzione in linea con le precedenti campagne estive. Rara nella porzione superficiale, si concentra nello strato prossimo al fondale (6,62 ind./m³ 0 – 5 m; 27,16 ind./m³ 0 – 50 m; 45,23 ind./m³ 50 – 100 m). *Oithona setigera* e *O. plumifera* sono le specie più abbondanti.

I copepodi Harpacticoida sono rappresentati maggiormente dalle famiglie Clytemnestridae e Ectinosomatidae: *Clytemnestra rostrata*, *Microsetella norvegica* e *Microsetella rosea* sono infatti presenti a tutte le profondità investigate, mentre la famiglia Miraciidae (2 taxa, *Distiocolus minor* e *Macrosetella gracilis*) è stata campionata esclusivamente durante le peschate orizzontali superficiali. Infine viene segnalata la raccolta di alcune specie rare: *Aetideus giesbrechti*, *Euchirella rostrata*, *Paraeuchaeta bisinuata* e *Phaenna spinifera*.

Nel complesso per quanto concerne il contingente oloplanctonico a copepodi della campagna E17 non si registrano differenze nella composizione della comunità attribuibili all'esercizio del rigassificatore.

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 Acartidae				Famiglia Mecynoceridae				<i>Corycaeus</i> spp	*	*	*
<i>Acartia negligens</i>	*	*	*	<i>Mecynocera clausi</i>	*	*	*	<i>Farranula rostrata</i>	*	*	*
<i>Acartia</i> spp	*	*	*	Famiglia Metridinidae				<i>Farranula</i> sp	*	*	
Famiglia Aetideidae				<i>Pleuromamma abdominalis</i>		*	*	Famiglia Oithonidae			
<i>Aetideus giesbrechti</i>			*	<i>Pleuromamma gracilis</i>	*	*	*	<i>Oithona longispina</i>		*	*
<i>Euchirella rostrata</i>			*	Famiglia Paracalanidae				<i>Oithona nana</i>	*	*	*
Famiglia Calanidae				<i>Calocalanus contractus</i>	*	*	*	<i>Oithona plumifera</i>	*	*	*
<i>Mesocalanus tenuicornis</i>	*	*	*	<i>Calocalanus longisetosus</i>			*	<i>Oithona setigera</i>		*	*
<i>Nannocalanus minor</i>	*	*	*	<i>Calocalanus neptunus</i>			*	<i>Oithona similis</i>		*	*
<i>Neocalanus gracilis</i>	*	*	*	<i>Calocalanus ovalis</i>	*	*	*	<i>Oithona tenuis</i>	*	*	*
Famiglia Candaciidae				<i>Calocalanus pavo</i>	*	*	*	<i>Oithona</i> spp	*	*	*
<i>Candacia armata</i>		*	*	<i>Calocalanus pavoninus</i>			*	Famiglia Oncaeidae			
<i>Candacia ethiopica</i>	*	*	*	<i>Calocalanus plumulosus</i>	*	*	*	<i>Oncaea curta</i>	*	*	*
<i>Candacia simplex</i>	*	*	*	<i>Calocalanus styliremis</i>	*	*	*	<i>Oncaea media</i>	*	*	*
<i>Candacia</i> juv.	*	*	*	<i>Calocalanus</i> spp	*	*	*	<i>Oncaea mediterranea</i>	*	*	*
Famiglia Centropagidae				<i>Paracalanus nanus</i>	*	*	*	<i>Oncaea scottodicarloi</i>	*	*	*
<i>Centropages bradyi</i>	*	*	*	<i>Paracalanus parvus</i>	*	*	*	<i>Oncaea venusta</i>	*	*	*
<i>Centropages kroyeri</i>		*	*	<i>Paracalanus</i> spp	*	*	*	<i>Oncaea</i> spp	*	*	*
<i>Centropages typicus</i>	*	*	*	Famiglia Phaennidae				<i>Triconia conifera</i>	*	*	*
<i>Centropages violaceus</i>	*	*	*	<i>Phaenna spinifera</i>		*	*	Famiglia Sapphirinidae			
Famiglia Clausocalanidae				Famiglia Pontellidae				<i>Copilia mediterranea</i>			*
<i>Clausocalanus arcuicornis</i>	*	*	*	<i>Pontella mediterranea</i>	*	*		<i>Sapphirina angusta</i>	*	*	
<i>Clausocalanus furcatus</i>	*	*	*	<i>Pontella</i> juv	*			<i>Sapphirina bicuspidata</i>	*	*	
<i>Clausocalanus jobei</i>	*	*	*	<i>Pontellina plumata</i>	*			<i>Sapphirina gemma</i>	*		*
<i>Clausocalanus lividus</i>	*	*	*	<i>Pontellopsis regalis</i>	*			<i>Sapphirina intestinata</i>	*	*	
<i>Clausocalanus mastigophorus</i>	*	*	*	<i>Pontellopsis villosa</i>	*			<i>Sapphirina iris</i>		*	
<i>Clausocalanus parapergens</i>		*	*	Famiglia Scolecitrichidae				<i>Sapphirina metallina</i>		*	
<i>Clausocalanus paululus</i>	*	*	*	<i>Scaphocalanus invalidus</i>			*	<i>Sapphirina nigromaculata</i>		*	
<i>Clausocalanus pergens</i>	*	*	*	<i>Scolecithricella abyssalis</i>			*	<i>Sapphirina ovatolanceolata</i>	*	*	
<i>Clausocalanus</i> spp	*	*	*	<i>Scolecithricella dentata</i>			*	<i>Sapphirina</i> sp		*	
<i>Ctenocalanus vanus</i>	*	*	*	<i>Scolecithrix danae</i>	*		*	<i>Vettoria longifurca</i>		*	
Famiglia Eucalanidae				Famiglia Temoridae				Famiglia Clytemnestridae			
<i>Eucalanus elongatus</i>	*		*	<i>Temora stylifera</i>	*	*	*	<i>Clytemnestra rostrata</i>	*	*	*
<i>Rhincalanus nasutus</i>	*	*	*	Famiglia Corycaeidae				Famiglia Ectinosomatidae			
Famiglia Euchaetidae				<i>Corycaeus brehmi</i>	*	*	*	<i>Microsetella norvegica</i>	*	*	*
<i>Euchaeta marina</i>		*	*	<i>Corycaeus clausi</i>	*	*	*	<i>Microsetella rosea</i>	*	*	*
<i>Euchaeta</i> sp		*	*	<i>Corycaeus flaccus</i>	*	*	*	Famiglia Miraciidae			
<i>Paraeuchaeta bisinuata</i>		*	*	<i>Corycaeus furcifer</i>		*	*	<i>Distiocolus minor</i>	*		
Famiglia Heterorhabdidae				<i>Corycaeus giesbrechti</i>	*	*	*	<i>Macrosetella gracilis</i>	*		
<i>Heterorhabdus papilliger</i>		*	*	<i>Corycaeus limbatus</i>	*	*	*	Famiglia Rataniidae			

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*.

Famiglia Lucicutiidae				<i>Corycaeus ovalis</i>	*	*	*	<i>Ratania flava</i>	*
<i>Lucicutia flavicornis</i>	*	*	*	<i>Corycaeus typicus</i>		*	*		

Nella **Tabella 47** sono indicati i volumi di sedimentazione (dopo 24 h), espressi in ml, della componente oloplanctonica raccolta nella campagna estiva 2017.

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)	E17 MG6	E17 MG7	E17 MG10	E17 MG12	E17 MG13
OR	36	30	24	27	30
50-0	7	9,5	8	7	4
100-50	6	14	8	5,5	5

La cospicua presenza di biomassa oloplanctonica nei campionamenti orizzontali (OR) è dovuta al maggiore numero di metri cubi filtrati, così come in tutte le campagne di monitoraggio effettuate nello specchio acqueo interessato dal rigassificatore. I volumi di sedimentazione della stagione E17 sono in linea con quanto osservato nelle precedenti campagne, estive sia in termini quantitativi sia per distribuzione verticale.

Meroplancton

Il meroplancton marino è costituito dalle fasi larvali dei principali gruppi sistematici di animali bentonici.

La campagna estiva E17 (**Tabella 48**), assomma 59 *taxa* meroplanctonici appartenenti a 8 *phyla* di invertebrati marini: cnidari (1 *taxa*), molluschi (3), policheti (6), nemertini (1), artropodi (38), echinodermi (8), foronidei (1) e enteropneusti (1)

Quantitativamente il campione è caratterizzato e dominato dalla presenza di efire riconducibili alla fase larvale dello cnidario *Pelagia noctiluca*. Nelle stazioni E17 MG6 e E17 MG12 i risultati superano abbondantemente i mille esemplari per subcampione analizzato. Si tratta di un fenomeno già registrato nelle precedenti campagne estive, che intercorrono durante il picco riproduttivo di questa specie e che, in genere, nel settore del mar Mediterraneo investigato, si riproduce nella stagione calda, da maggio a fine settembre, come largamente già segnalato anche nelle campagne primaverili. Il fattore determinante è senza dubbio il gradiente termico in aumento delle acque superficiali, che favorisce l'innescio del boom demografico di questa specie. Le efire tendono a concentrarsi nelle stazioni superficiali e in quelle comprese tra la superficie e 50 m di fondo.

A livello qualitativo il gruppo maggiormente rappresentato è quello degli artropodi nel quale i crostacei decapodi rappresentano la componente principale con 36 *taxa* (61% dei *taxa* totali) al quale si aggiungono un *taxa* rappresentato da larve di cirripedi e uno appartenente agli stomatopodi (larve del genere *Squilla*).

Un solo *taxa* compare per la prima volta nella *checklist*: il crostaceo *Deosergestes henseni*.

Come nelle precedenti, anche nella campagna E17 le larve di crostacei decapodi sono prevalentemente concentrate nelle stazioni superficiali; l'80,5% dei *taxa* è stato raccolto in superficie. 7 *taxa* compaiono in tutte le fasce investigate, mentre solo 4 sono esclusivi del campione profondo 100 – 50 m (*Cestopagurus timidus*, *Atelecycclus rotundatus*, *Jaxea nocturna* e *Galathea intermedia*). 4 specie sono state raccolte durante l'osservazione *in toto* del campione: si tratta di due alfeidi, *Athanas nitescens* e *Synalpheus gamberelloides* e due brachiuri *Ebalia tuberosa* e *Pirimela denticulata*.

Sono tre le specie più abbondanti tra i crostacei decapodi: l'alfeide *Alpheus glaber* con la concentrazione di esemplari maggiore nella stazione E17 MG13 (OR = 0,16 ind/m³ e 100-50 = 1,7 ind/m³), e due dendrobranchiati: *Parasergestes vigilax* e *Deosergestes henseni* entrambi più abbondanti nei campioni orizzontali della stazione E17 MG13 (OR = 0,11 e 0,6 ind/m³).

Nella fascia profonda compresa tra 100 e 50 m largamente dominante è il carideo *Processa edulis edulis* che raggiunge il picco di abbondanza nella stazione E17 MG7 (3,03 ind/m³).

Da segnalare la presenza di esemplari di larve di *Palinurus elephas* (aragosta) specie di elevato interesse economico.

Risultato atteso è la ricomparsa del gruppo degli echinodermi, sempre associati ad acque più temperate rispetto a quelle del campionamento primaverile e sostanzialmente distribuiti sulle fasce superficiali-intermedie in tutte le stazioni.

Il termoclino estivo tende a concentrare le larve degli echinodermi negli strati più superficiali generando una sorta di barriera fisica che isola questo gruppo dalle fasce più profonde oltre 50 m di profondità.

Nel complesso per quanto concerne il contingente meroplanctonico della campagna E17 non si registrano 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>Athanas nitescens</i>	**	**	**	<i>Periclimenes</i> sp	**	*	
Efira ind	*	*	*	<i>Calcinus tubularis</i>	*	*	*	<i>Pirimela denticulata</i>	**		

Tabella 48 – Meroplankton. 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.

MOLLUSCA				Caridea ind	*			<i>Processa edulis edulis</i>	*	*	*
Gastropoda larvae ind	*	*	*	<i>Cestopagurus timidus</i>			*	<i>Sergia robusta</i>	*	*	*
Bivalvia larvae ind			*	<i>Clibanarius erythropus</i>	*	*	**	<i>Stenopus spinosus</i>	*		
<i>Loligo</i> sp	*			<i>Deosergestes henseni</i>	*	*	**	<i>Synalpheus gamberelloides</i>	**		
POLYCHAETA				<i>Dromia personata</i>	*	*		<i>Thia scutellata</i>	*		
Owenidae ind			*	<i>Ebalia tuberosa</i>	**			<i>Xantho granulicarpus</i>	*	*	*
Polychaeta larvae ind	*	*	*	<i>Ebalia tumefacta</i>	*	*		Stomatopoda			
Spionidae ind			*	<i>Eurynome aspera</i>	*			<i>Squilla mantis</i>	*	*	
Syllidae ind			*	<i>Galathea intermedia</i>			*	ECHINODERMATA			
Terebellidae ind			*	<i>Herbstia condiliata</i>	*			<i>Arbacia lixula</i>	*	*	*
Trocofora ind	*	*	*	<i>Jaxea nocturna</i>			*	<i>Brissoopsis lyrifera</i>	*	*	
NEMERTEA				<i>Ilia nucleus</i>	*			<i>Cidaris cidaris</i>	*	*	
Pilidium larvae ind	*	*		<i>Lysmata seticaudata</i>	*			<i>Echinocardium</i> sp	*	*	*
CRUSTACEA				<i>Maja</i> sp	*			<i>Ophiotrix fragilis</i>	*	*	*
Cirripedia				Majidae ind	*			<i>Ophiura</i> sp	*	*	*
Cirripedia larvae ind	*	*	*	<i>Monodaeus couchii</i>	*	*		Auricularia larvae ind	*	*	*
Decapoda				<i>Palaemon macrodactylus</i>	*			Bipinnaria larvae ind	*	*	
<i>Alpheus glaber</i>	*	*	*	<i>Palinurus elephas</i>	*			FORONIDEA			
<i>Anapagurus braeviaculeatus</i>			*	Pandalidae ind	*			Actinotroca larvae ind			**
<i>Anapagurus laevis</i>	*			<i>Parasergestes vigilax</i>	*	*	**	ENTEROPNEUSTA			
<i>Aristeus antennatus</i>	*	*	*	<i>Parthenopoides massena</i>	*	*		Tomaria larvae ind	*		
<i>Atelecyclus rotundatus</i>			*								

Ittioplancton

Il campione costituito dalle fasi larvali dell'ittiofauna nella stagione E17 comprende 17 taxa (**Tabella 49**), tra i quali tre identificati per la prima volta dall'inizio del survey: i pesci ossei *Apogon imberbis* (re di triglie) *Auxis rochei rochei* (tombarello) e il pleuronectiforme *Microchirus variegatus* (sogliola fasciata).

Gli esemplari di larve ittioplanctoniche tendono principalmente a concentrarsi nelle fasce più superficiali della colonna d'acqua; nei campioni orizzontali sono stati infatti raccolti 10 taxa (58,8% dei taxa totali). Solo 2 le specie presenti esclusivamente nei campioni di profondità: *Microchirus variegatus* e *Maurolicus muelleri*. 4 i taxa osservati solo nel campione *in toto*.

Come in ogni campagna, anche nella E17, si segnala la presenza di fasi larvali appartenenti a pesci abissali. Diffuse sono infatti le larve di *Myctophum punctatum*, *Maurolicus muelleri*, *Cyclothone braueri*, tutte già segnalate in precedenti campagne di monitoraggio, alla quale si aggiungono anche i rari *Coryphaenoides guentheri* e *Vinciguerria poweriae*. La peculiarità di queste catture è senza dubbio attribuibile alle caratteristiche dell'area di studio. Il margine della piattaforma continentale sul quale si trova l'impianto di rigassificazione *off-shore* è zona di risalita di nutrienti (*upwelling*) e può quindi ospitare fasi larvali di organismi che trascorrono la fase adulta a profondità maggiori.

Tutti i campioni superficiali raccolti hanno come comune denominatore la presenza massiccia di uova di *Engraulis encrasicolus* (acciuga). L'abbondanza di uova di acciuga testimonia, come già registrato nella campagna primaverile precedente, che il picco di riproduzione di questa specie dall'elevato valore commerciale sia, per questo settore del Mediterraneo (Alto Tirreno-Ligure), spalmato in un periodo compreso tra maggio e settembre.

Nel complesso per quanto concerne il contingente larvale ittioplanctonico della campagna E17 non si registrano 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
APOGONIDAE				PHOSICHTHYDAE				SOLEIDAE			
<i>Apogon imberbis</i>	*			<i>Vinciguerria poweriae</i>			*	<i>Microchirus variegatus</i>			*
BOTHIDAE				SCOMBRIDAE				SPARIDAE			
<i>Arnoglossus laterna</i>		*		<i>Auxis rochei rochei</i>	*			Sparidae ind	*		
<i>Bothus podas</i>	*			SCORPAENIDAE				STERNOPTYCHIDAE			
ENGRAULIDAE				<i>Scorpaena porcus</i>	**			<i>Maurolicus muelleri</i>			*
<i>Engraulis encrasicolus</i>	*	*		<i>Scorpaena scrofa</i>	**			Larvae ittio ind	*	*	*
GONOSTOMATIDAE				SERRANIDAE				Uova di <i>Apterichthys caecus</i>	*	*	
<i>Cyclothone braueri</i>		*	*	<i>Anthias anthias</i>	**			Uova di <i>E. encrasicolus</i>	*	*	*
MACROURIDAE				<i>Serranus hepatus</i>	*	**		Uova di <i>Maurolicus muelleri</i>	*		
<i>Coryphaenoides guentheri</i>		**		<i>Serranus scriba</i>	*	*		Uova ind	*	*	*
MYCTOPHIDAE											
<i>Myctophum punctatum</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 E17 MG6 e E17 MG13 la ghiaia rappresenta una piccola percentuale del campione, mentre sabbia, silt e argilla sono presenti in percentuali paragonabili. In E17 MG12 la maggior parte del sedimento è costituito da sabbia e in buona parte da ghiaia, mentre il silt rappresenta circa il 15% del campione, affiancato da una piccola percentuale di argilla. In E17 MG7 la ghiaia è la frazione dominante del campione, costituendone più del 30%. La restante parte è equamente ripartita tra le altre frazioni.

Nella stazione E17 MG9 oltre l'80% del campione è ripartito da argilla e silt, affiancati da una modesta percentuale di sabbia.

Nella stazione E17 MG10 sabbia, silt e argilla sono presenti in percentuali paragonabili, mentre la ghiaia costituisce una percentuale trascurabile.

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
E17 MG6	4,5	30,3	30,3	35	Loam
E17 MG7	35,3	18,7	22,5	23,5	Silt argilloso
E17 MG9	-	12,4	43,7	43,9	Argilla siltosa
E17 MG10	2,2	35,4	35,1	27,2	Loam
E17 MG12	26,9	47,6	9,9	15,5	Sabbia siltosa
E17 MG13	14,6	26	28,3	31	Loam

Metalli

Le concentrazioni dei metalli rilevate nelle sei stazioni di prelievo e riportate in **Tabella 51** sono risultate tutte abbastanza omogenee tra loro. 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 (LCRN) secondo il D.M. 173/16.

Arsenico: si segnala che le concentrazioni di arsenico sono superiori all'SQ del D.M. 260/2010 ed al LCRN in tutte le stazioni, con superamento dell'LCB nelle stazioni E17 MG6, E17 MG7 ed E17 MG9.

Cromo: i tenori di cromo risultano diffusamente elevati, con evidente variabilità spaziale nell'area prossima all'FSRU dove sono stati registrati sia il valore massimo (E17 MG6) sia quello minimo (E17 MG12) di questo periodo.

Zinco: i tenori di zinco risultano diffusamente elevati, con evidente variabilità spaziale nell'area prossima all'FSRU dove sono stati registrati sia il valore massimo (E17 MG6) sia quello minimo (E17 MG12) di questo periodo.

Nichel: risultano diffusamente elevati anche i tenori di nichel che esibisce il minimo in E17 MG12 e il massimo in E17 MG9 dove il valore supera l'LCL.

Per nessun metallo investigato si individuano pattern spaziali relazionabili alla presenza del Terminale.

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 (LCRN). 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
E17 MG6	3,41	3,33	27,20	81,47	106,96	35,51	0,0704	719,586	0,2667	72,23	28,82	111,66
E17 MG7	2,82	3,19	30,18	70,12	94,36	29,07	0,0515	1099,33	0,2642	69,56	31,15	104,03
E17 MG9	2,68	3,47	34,35	47,79	92,77	31,65	0,0489	1224,26	0,2914	79,79	33,26	109,29
E17 MG10	2,22	2,80	22,23	43,90	79,31	23,58	0,0570	656,609	0,1544	64,05	21,31	78,92
E17 MG12	1,09	1,79	21,18	26,32	45,83	15,91	0,0448	710,89	0,1073	37,53	16,18	57,13
E17 MG13	2,37	3,01	24,43	60,60	87,38	32,81	0,0926	883,53	0,2628	70,31	26,52	106,52
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 (IPA) (**Tabella 52**) esibiscono, nel complesso, concentrazioni basse e tutte inferiori al Livello Chimico Limite (LCL), sebbene siano stati osservati alcuni superamenti degli standard di qualità e di conseguenza dell'LCL e dei Livelli Chimici di Riferimento Nazionale (LCRN) che riportano, tranne modeste differenze, i medesimi valori. I tenori di benzo (b) fluorantene ed di benzo (k) fluorantene risultano maggiori dell'SQ (e quindi dell'LCB e dell'LCRN) in tutti i siti, tranne E17 MG10. Il naftalene supera questi limiti ovunque, tranne E17 MG6 e in E17 MG10.

Infine, sporadici sfioramenti sono stati osservati per benzo(a) antracene (E17 MG12, E17 MG13), crisene (E17 MG12), fluorantene (E17 MG7, E17 MG12, E17 MG13) e pirene (E17 MG12).

Nel complesso, i siti maggiormente contaminati risultano essere E17 MG12 ed E17 MG13, dove gli IPA totali hanno superato l'LCB.

Gli Idrocarburi C10-C40 mostrano ovunque tenori modesti.

Tabella 52 – Concentrazione dei contaminanti organici nei sedimenti campionati nell'estate 2017. 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) sono tutti espressi in mg/kg. In neretto i valori >SQ, in verde >LCB, in rosso >LCL.

	E17 MG6	E17 MG7	E17 MG9	E17 MG10	E17 MG12	E17 MG13	S.Q	LCB/PP	LCL	LCRN
Idrocarburi policiclici aromatici (mg /kg)										
Acenaftene	0,004	0,006	0,007	0,006	0,008	0,012		0,007	0,089	
Acenaftilene	0,010	0,012	0,007	0,003	0,008	0,019				
Antracene	0,016	0,018	0,010	0,007	0,021	0,035	0,045	0,047	0,245	0,024
Benzo (a) antracene	0,038	0,055	0,023	0,018	0,129	0,079		0,075	0,693	0,075
Benzo (a) pirene	0,007	0,005	0,003	0,002	0,012	0,016	0,030	0,080	0,763	0,030
Benzo (b) fluorantene	0,159	0,099	0,065	0,039	0,238	0,364	0,040	0,040		0,040
Benzo (g, h,i) perilene	0,003	0,002	0,001	< 0,001	0,005	0,007	0,055	0,055		0,055
Benzo (k) fluorantene	0,052	0,036	0,022	0,015	0,083	0,119	0,020	0,020		0,020
Crisene	0,049	0,064	0,032	0,025	0,148	0,104		0,108	0,846	0,108
Dibenzo (a, h) antracene	0,003	0,002	0,002	0,002	0,004	0,004		0,006	0,135	
Fenantrene	0,018	0,028	0,013	0,013	0,024	0,040		0,087	0,544	0,087
Fluorantene	0,057	0,117	0,036	0,032	0,198	0,131	0,110	0,113	1,494	0,110
Fluorene	0,009	0,009	0,008	0,008	0,011	0,015		0,021	0,144	0,021
Indeno (1,2,3 - c, d) pirene	0,005	0,004	0,002	0,001	0,008	0,011		0,070		0,070
Naftalene	0,029	0,036	0,071	0,035	0,050	0,063	0,035	0,035	0,391	0,035
Pirene	0,062	0,092	0,032	0,023	0,187	0,136		0,153	1,398	0,153
IPA Totali	0,519	0,586	0,333	0,229	1,132	1,154	800	0,900	4,000	
Idrocarburi C<10 (mg/kg)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5				
Idrocarburi C10-C40 (mg/kg)	38,0	19,0	22,3	19,8	34,6	53,8				
Composti organostannici										
Composti Organostannici (come Stagno) (mg/kg)	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003				
Dibutilstagno (mg/kg)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001				
Monobutilstagno (mg/kg)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001				
Tributilstagno (mg/kg)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001				
Carbonio organico totale (TOC) (mg/kg)	9390	9090	7820	8370	4100	8930				

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 loro per quanto riguarda le stazioni prossime all'FSRU e i siti di controllo (Tabella 53).

Tabella 53 – Concentrazione dei composti cloro derivati nei sedimenti campionati nell'Estate 2017.

	E17 MG6	E17 MG7	E17 MG9	E17 MG10	E17 MG12	E17 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 Trichloroacetico	<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
1,1,1-Tricloroetano	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
1,1,2-Tricloroetano	0,08	0,09	0,05	0,14	0,06	0,10
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

Tabella 53 – Concentrazione dei composti cloro derivati nei sedimenti campionati nell'Estate 2017.

1,2-Dibromoetano	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Bromodichlorometano	0,06	0,07	0,08	0,08	0,08	0,06
Bromoformio	0,09	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Cloroformio	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Dibromoacetone	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
Dibromoclorometano	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Dicloroacetone	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Tetracloroetilene	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07
Tetracloruro di carbonio	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,13
Tricloroacetone	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Tricloroetilene	0,06	0,07	0,08	0,08	0,08	0,06
Alofenoli (SVOC) (µg/kg)						
2,4,6-tricloro fenolo	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
2,4-dicloro fenolo	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
4-cloro-3-metil fenolo	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5

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 2017. I dati sono espressi in MPN/g.

	E17 MG6	E17 MG7	E17 MG9	E17 MG10	E17 MG12	E17 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.

QA-QC – Il test eseguito con la sostanza di riferimento ha fornito una EC_{50} di $22,61 \mu\text{g l}^{-1}$ di Cu ($LC=21,04$ e $UC=24,31$), che rientra nei limiti della carta di controllo del laboratorio. La percentuale media di embrioni allo stadio di pluteo ($86 \pm 0,58\%$) 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 *P. lividus*.

Campione	Salinità (‰)	pH	Ossigeno disciolto (mg/l)
controllo	36	8,10	6,09
E17 MG6	37	8,04	5,44
E17 MG7	37	8,18	5,75
E17 MG9	37	8,07	5,81
E17 MG10	37	8,03	6,00
E17 MG12	37	8,03	5,47
E17 MG13	37	8,02	5,22

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		$86 \pm 0,58$	14	0	-	-	Assente
E17 MG6	100	$71 \pm 1,53$	29	18	>90	>100	Assente
	25	$83 \pm 1,53$	17	4			

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

E17 MG7	100	56 ± 1,53	44	36	54,6	>100	Bassa
	50	69 ± 1,53	31	20			
	25	83 ± 1,00	17	4			
E17 MG9	100	69 ± 1,15	31	20	>90	>100	Assente
	50	76 ± 1,53	24	12			
	25	84 ± 1,15	16	3			
E17 MG10	100	63 ± 1,53	37	27	69,1	>100	Bassa
	50	72 ± 1,53	28	16			
	25	82 ± 1,53	18	5			
E17 MG12	100	56 ± 2,08	44	36	55,7	>100	Bassa
	50	70 ± 1,53	30	19			
	25	83 ± 2,08	17	4			
E17 MG13	100	70 ± 0,58	30	19			Assente
	50	77 ± 1,53	23	10	>90	>100	
	25	83 ± 1,53	17	3			

I valori dell'EC50 determinati per gli elutriati E17 MG7, E17 MG12, e E17 MG10 testimoniano un livello basso di tossicità cronica.

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		36	8,10	2			35	7,93	5	
E15 MG6		36	8,07	0-0,5			36	8,08	0	
E15 MG7		38	8,05	0,5			37	8,02	0	
E15 MG9	14±1	36	8,09	0-0,5	>85	15±1	37	8,05	0	>85
E15 MG10		36	8,07	0-0,5			36	8,01	0	
E15 MG12		36	8,06	1			36	8,01	0	
E15 MG13		36	8,07	1			36	8,05	0	

QA-QC - Il valore della LC50(96h) = 2,35mg/l (LC= 2,08mg/l e UC=2,65mg/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 evidenziano la presenza di tossicità cronica bassa solo nella stazione E17 MG6.

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 (± incertezza %)	% (corretta) degli organismi morti	Giudizio della tossicità
controllo	100	6 ± 3,67	0	Assente
E17 MG6	100	20 ± 7,34	17	Bassa
E17 MG7	100	9 ± 3,18	3	Assente
E17 MG9	100	16 ± 5,19	11	Assente
E17 MG10	100	17 ± 9,54	10	Assente
E17 MG12	100	13 ± 3,18	7	Assente
E17 MG13	100	18 ± 3,67	13	Assente

Vibrio fischeri

QA-QC - Il valore della EC50 (17') = 7,73 mg/l (LC= 5,98 mg/l e UC=9,99 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). Non è stata rilevata alcuna tossicità.

Tabella 59 - Risultati del test con il *V. fischeri* sul 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
E17 MG6	15,99	84,01	229,45	54,29	42,07	70,01	0,98	Assente
E17 MG7	15,46	84,54	230,92	20,54	17,15	24,62	0,98	
E17 MG9	5,81	94,19	257,22	34,08	28,96	40,10	0,99	
E17 MG10	12,91	87,09	237,87	24,41	19,45	30,65	0,98	
E17 MG12	49,69	50,31	137,52	10,12	8,72	11,74	0,99	
E17 MG13	16,19	83,81	228,93	23,33	17,14	31,75	0,96	

6.3 BIOTA
6.3.1 Macrozoobenthos

Lo studio ha portato alla raccolta e determinazione di 4766 individui appartenenti a 156 specie (Tabella 60) comprendenti policheti, molluschi, crostacei, sipunculidi, echinodermi, nemertini. La matrice di abbondanza specie x stazioni è riportata in Allegato 4 in accordo alla prescrizione 5 delle Determinine 2990 DVA R.D.R 0000100.04-04-2017 e 3337 DVA R.D.R 0000277.28-09-2017.

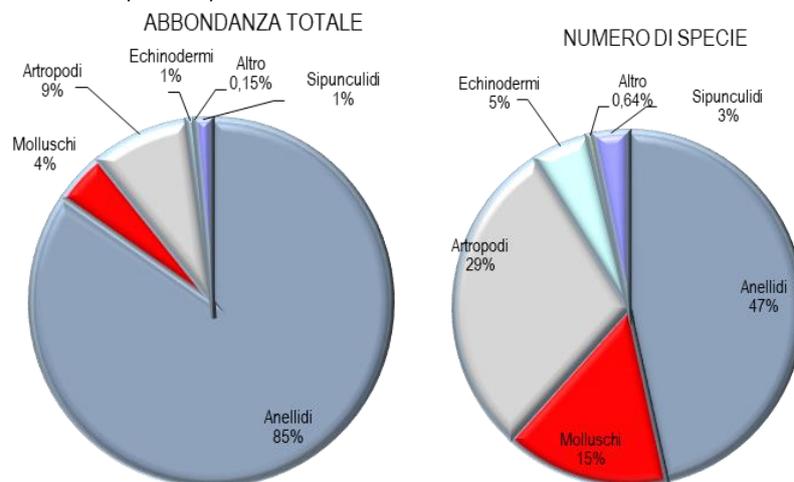
Tabella 60 – Lista delle specie rinvenute nella campagna Estate 2017 (E17).

Anellidi		
<i>Acmira assimilis</i> (Tebble, 1959)	<i>Glycinde nordmanni</i> (Malmgren, 1866)	<i>Phyllodoce lineata</i> (Claparède, 1870)
<i>Allia claudiae</i> (Laubier, 1967)	<i>Goniada maculata</i> Oersted, 1844	<i>Phyllodoce mucosa</i> Örsted, 1843
<i>Ampharete acutifrons</i> (Grube, 1860)	<i>Harmothoe</i> sp	<i>Pilargis verrucosa</i> (Saint-Joseph, 1899)
<i>Amphiteis midas</i> (Gosse, 1855)	<i>Heterospio sinica</i> Wu & Chen, 1966	<i>Pista cristata</i> (O. F. Müller, 1776)
<i>Aphelochaeta marioni</i> (Saint-Joseph, 1894)	<i>Hyalinoecia tubicola</i> (O. F. Müller, 1776)	<i>Poecilochaetus fauchaldi</i> Pilato & Cantone, 1976
<i>Aponuphis bilineata</i> (Baird, 1870)	<i>Kefersteinia cirrata</i> (Keferstein, 1862)	<i>Polycirrus</i> sp Grube, 1850
<i>Branchiomma</i> sp	<i>Laonice cirrata</i> (M. Sars, 1851)	<i>Polygordius</i> sp
<i>Chaetozone caputesocis</i> (Saint-Joseph, 1894)	<i>Levinsenia demiri</i> Çinar, Dagli & Acik, 2011	<i>Praxillella affinis</i> (M. Sars, 1872)
<i>Chirimia biceps</i> (M. Sars, 1861)	<i>Levinsenia gracilis</i> (Tauber, 1879)	<i>Prionospio ehlersi</i> Fauvel, 1928
<i>Chloeia venusta</i> Quatrefages, 1865	<i>Lysidice unicornis</i> (Grube, 1840)	<i>Prionospio</i> sp Malmgren, 1867
<i>Cirrophorus branchiatus</i> Ehlers, 1908	<i>Maldane glebiflex</i> Grube, 1860	<i>Prionospio steenstrupi</i> Malmgren, 1867
<i>Dialychone dunerificta</i> Tovar Hernandez, Licciano & Giangrande, 2007	<i>Marphysa bellii</i> (Audouin & Milne-Edwards, 1833)	<i>Pseudopolydora antennata</i> (Claparède, 1870)
<i>Diplocirrus glaucus</i> Haase, 1915	<i>Melinna palmata</i> Grube, 1860	Sabellidae ind
<i>Dorvillea rudolphii</i> (Delle Chiaje, 1828)	<i>Minuspio cirrifera</i> Wiren, 1883	<i>Scalibregma inflatum</i> Rathke, 1843
<i>Drilonereis filum</i> (Claparède, 1868)	<i>Myriochele oculata</i> Zachs, 1923	<i>Scolecopsis foliosa</i> (Audouin & Milne-Edwards, 1833)
<i>Eteone</i> sp	<i>Mystides</i> sp	<i>Scoletoma fragilis</i> (O.F. Müller, 1776)
<i>Euchone</i> sp	<i>Nephtys hystricis</i> Mc Intosh, 1900	<i>Sigambra tentaculata</i> (Treadwell, 1941)
<i>Euclymene lumbricoides</i> (Quatrefages, 1865)	<i>Notomastus latericeus profundus</i> Eising, 1887	<i>Sphaerodoron flavum</i> Örsted, 1845
<i>Euclymene oerstedii</i> (Claparède, 1863)	<i>Ophelina acuminata</i> Örsted, 1843	<i>Spio decoratus</i> Bobretzky, 1870
<i>Eumida sanguinea</i> (Örsted, 1843)	<i>Panthalis oerstedii</i> Kinberg, 1855	<i>Spiophanes kroyeri</i> Grube, 1860
<i>Eunice pennata</i> (O.F. Müller, 1776)	<i>Paradiopatra calliopae</i> Arvanitidis & Koukouras, 1997	<i>Sternaspis scutata</i> (Renier, 1807)
<i>Eunice vittata</i> (Delle Chiaje, 1828)	<i>Paralacydonia paradoxa</i> Fauvel, 1913	<i>Syllis alternata</i> Moore, 1908
<i>Exogone</i> sp	Paraonidae ind	<i>Syllis paraparari</i> San Martín & López, 2000
<i>Glycera alba</i> Verrill, 1900	<i>Paraprionospio pinnata</i> (Ehlers, 1901)	<i>Terebellides stroemi</i> M. Sars, 1835
Artropodi		
<i>Akanthophoreus gracilis</i> (Krøyer, 1842)	<i>Eriopisa elongata</i> (Bruzellius, 1859)	<i>Orchomene similis</i> Chevreux, 1912
<i>Alpheus glaber</i> (Oliv, 1792)	<i>Eurynome aspera</i> (Pennant, 1777)	<i>Paranymphon spinosum</i> Caullery, 1896
<i>Ampelisca</i> sp	<i>Gnathia oxyuraea</i> (Lilljeborg, 1855)	<i>Paraphoxus oculatus</i> (G.O. Sars, 1879)
<i>Ampelisca tenuicornis</i> Lilljeborg, 1855	<i>Gnathia</i> sp Leach, 1814	<i>Pardaliscella boeckii</i> (Malm, 1870)

Tabella 60 – Lista delle specie rinvenute nella campagna Estate 2017 (E17).

<i>Anapagurus petiti</i> Dechancé & Forest, 1962	<i>Goneplax rhomboides</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Perioculodes longimanus longimanus</i> (Bate & Westwood, 1868)
<i>Anapagurus</i> sp	<i>Haploops nirae</i> Kaim Malka, 1976	<i>Perrierella audouiniana</i> (Bate, 1857)
<i>Anthura gracilis</i> (Montagu, 1808)	<i>Harpinia crenulata</i> (Boeck, 1871)	<i>Photis longicaudata</i> (Bate & Westwood, 1862)
<i>Araphura brevimanus</i> (Lilljeborg, 1864)	<i>Harpinia dellavallei</i> Chevreux, 1910	<i>Phthisica marina</i> Slabber, 1769
<i>Callianassa</i> sp	<i>Hippomedon bidentatus</i> Chevreux, 1903	<i>Pilumnus hirtellus</i> (Linnaeus, 1761)
<i>Calocaris macandreae</i> Bell, 1846	<i>Hippomedon massiliensis</i> bellan-Santini, 1965	<i>Processa canaliculata</i> Leach, 1815
<i>Carangoliopsis spinulosa</i> Ledoyer, 1970	<i>Leucon</i> sp 2	<i>Pseudoprotella phasma</i> (Montagu, 1804)
<i>Cirolana borealis</i> Lilljeborg, 1852	<i>Maera grossimana</i> (Montagu, 1808)	<i>Pseudotanaïs</i> sp
<i>Collettea cylindrata</i> (Sars, 1882)	<i>Medicorophium rotundirostre</i> (Stephensen, 1915)	<i>Scalpellum scalpellum</i> (Linnaeus, 1767)
<i>Corophium</i> sp	<i>Metaphoxus simplex</i> Bate, 1857	<i>Tuberpseudos echinatus</i> (G.O. Sars, 1882)
<i>Diastylis cornuta</i> (Boeck, 1864)	<i>Nebalia strausi</i> Risso, 1826	<i>Upogebia deltaura</i> (Leach, 1815)
		<i>Urothoe elegans</i> (Costa, 1853)
Echinodermi		
<i>Amphiura chiajei</i> Forbes, 1843	<i>Labidoplax digitata</i> (Montagu, 1815)	<i>Ophiopsila aranea</i> Forbes, 1843
<i>Amphiura filiformis</i> (O. F. Müller, 1776)	<i>Neocucumis marioni</i> (Marenzeller, 1878)	<i>Trachythone elongata</i> (Düben Koren, 1844)
<i>Echinocyamus pusillus</i> (O. F. Müller, 1776)	<i>Ophiacantha setosa</i> (Bruzelius, 1805)	
Molluschi		
<i>Abra nitida</i> (O.F. Müller, 1776)	<i>Falcidens gutturosus</i> (Kowalevsky, 1901)	<i>Neopycnodonte cochlear</i> (Poli, 1795)
<i>Antalis inaequicostata</i> (Dautzenberg, 1891)	<i>Fustiarina rubescens</i> (Deshayes, 1825)	<i>Nucula sulcata</i> (Bronn, 1831)
<i>Bathyarca pectunculoides</i> (Scacchi, 1834)	<i>Hyala vitrea</i> (Montagu, 1803)	<i>Pitar rudis</i> (Poli, 1795)
<i>Cardiomya costellata</i> (Deshayes, 1835)	<i>Kurtiella bidentata</i> (Montagu, 1803)	<i>Pseudamussium clavatum</i> (Poli, 1795)
<i>Cuspidaria cuspidata</i> (Olivi, 1792)	<i>Mendicula ferruginosa</i> (Forbes, 1844)	<i>Thyasira alleni</i> Carozza, 1981
<i>Cuspidaria rostrata</i> (Olivi, 1792)	<i>Mimachlamys varia</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Thyasira biplicata</i> (Philippi, 1836)
<i>Ennucula aegeensis</i> (Forbes, 1844)	<i>Modiolus barbatus</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Thyasira granulosa</i> (Monterosato, 1874)
<i>Eulima glabra</i> (Da Costa, 1778)	<i>Myrtea spinifera</i> Conraine, 1835	<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	
Nemertini		

Gli anellidi policheti risultano essere il gruppo dominante che rappresentano, con 4031 individui, l'85% dell'abbondanza totale. Gli artropodi crostacei, secondi unicamente ai policheti, non raggiungono il 10% dell'abbondanza totale (412 individui). Seguono, nell'ordine, molluschi (217 individui) ed echinodermi (29 individui), i primi con il 4%, i secondi con appena l'1% di contributo all'abbondanza totale (**Figura 44**). Più equilibrata risulta essere la ripartizione delle specie tra i vari gruppi, sebbene anche da questo punto di vista gli anellidi policheti si confermano il taxon dominante, fornendo quasi la metà delle specie rinvenute (47%). Poco più di un quarto del panorama faunistico è fornito dagli artropodi (unicamente rappresentati dai crostacei), seguiti dai molluschi, che rappresentano il 15% delle specie totali. Gli echinodermi forniscono appena il 5% di specie al panorama faunistico.


Figura 44 - 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* (1255) e *Levinsenia demiri* (1225 individui), che costituiscono, rispettivamente il 26,3% e il 25,7% dell'abbondanza totale (Figura 45).

Ad esse seguono *Aphelochaeta marioni* e *Ampharete acutifrons* che rappresentano, complessivamente, poco più del 10% dell'abbondanza totale.

Il contributo delle altre specie cala sensibilmente, tanto che *Glycinde nordmanni*, la quinta in ordine di importanza, non arriva a costituire il 3% dell'abbondanza totale (2,7%).

Queste cinque specie rappresentano da sole oltre il 65% 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, 144 specie (ossia 92,3% del totale) contribuiscono per meno dell'1%

all'abbondanza totale. Inoltre, il 19,9% circa delle specie è presente con un solo individuo.

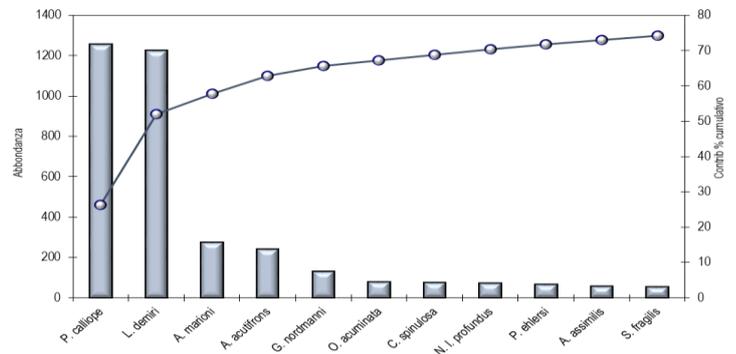


Figura 45 - Abbondanza totale e contributo percentuale cumulativo delle specie dominanti.

Pertanto tutti i pattern osservati dipendono in gran parte dalle variazioni di abbondanza di queste specie. Dalla Simper analysis si ottiene che la similarità tra repliche all'interno della stessa stazione è sempre maggiore del 50%, con i valori più bassi in E17 MG7 (53,8 %) e E17 MG10 (53,7 %), ed un massimo in E17 MG14 (75,2%), oscillando intorno a una media complessiva di $60,52 \pm 5,95\%$.

Dalla medesima analisi, inoltre, si evince che *Levinsenia demiri* e *Paradiopatra calliopae* sono le specie che maggiormente contribuiscono alla similarità tra repliche tanto che, con la sola eccezione di E17 MG7 e E17 MG11 apportano un contributo complessivo sempre maggiore del 60%, con percentuali anche superiori all'80% (E17 MG4, E17 MG9).

Nel piano di ordinamento (Figura 46) ottenuto dal non-Metric Multidimensional Scaling (n-MDS) si osserva che le stazioni non risultano distribuite nel plot in accordo alla loro posizione geografica o alla distanza dall'FSRU.

Esse risultano essere disperse nel piano senza formare cluster riconducibili alla loro reale distribuzione spaziale, né alla presenza del rigassificatore.

Dalla Simper analysis si evince che i valori di (dis)similarità tra stazioni sono abbastanza variabili. I valori più bassi si ottengono confrontando E17 MG7, E17 MG14 e E17 MG9 con le altre stazioni.

In particolare, le percentuali di dissimilarità più elevate sono state osservate in: E17 MG1 vs E17 MG7, E17 MG2 vs E17 MG7, E17 MG4 vs E17 MG7, E17 MG6 vs E17 MG7, E17 MG1 vs E17 MG9, E17 MG2 vs E17 MG9, E17 MG6 vs E17 MG9, E17 MG7 vs E17 MG9, E17 MG7 vs E17 MG10, E17 MG9 vs E17 MG10, E17 MG6 vs E17 MG11, E17 MG7 vs E17 MG13, E17 MG9 vs E17 MG13, E17 MG11 vs E17 MG13, E17 MG7 vs E17 MG14, E17 MG8 vs E17 MG14, E17 MG9 vs E17 MG14, E17 MG11 vs E17 MG14, E17 MG12 vs E17 MG14.

Al contrario, le coppie di stazioni più vicine sono risultate più simili tra loro; sono: E17 MG4 vs E17 MG13, E17 MG4 vs E17 MG6, E17 MG1 vs E17 MG6, E17 MG2 vs E17 MG4, E17 MG1 vs E17 MG4, E17 MG1 vs E17 MG2, con la similarità che oscilla intorno al 60-63%.

In tutti i casi le differenze sono dovute a differenze nei valori di abbondanza di *P. calliopae* e *L. demiri* e non alla composizione faunistica rinvenuta nelle stazioni.

Come sottolineato anche nelle campagne precedenti, la stazione E17 MG9 è caratterizzata da una diversa composizione del detrito e da una elevata variabilità tra le repliche. La replica I è costituita per il 60% biodetrito conchifero (di cui la metà briozoi), per il 30% da fibra vegetale e da una piccola frazione di ghiaia (10%). Nelle repliche III e IV il biodetrito conchifero (anch'esso a prevalenza costituito da briozoi) rappresenta il 70% del campione affiancato dal 30% di fibra vegetale. La replica II è costituita quasi esclusivamente da biodetrito (90%) di cui il 70% è rappresentato da briozoi. Il resto (10%) è equamente diviso tra fibra vegetale e sabbia.

Nelle altre stazioni il residuo presente è costituito generalmente da fibra vegetale, biodetrito conchifero (per lo più bivalvi e gasteropodi) e sabbia minerale, presenti però in percentuali molto variabili.

Il detrito vegetale di origine terrigena è sempre ampiamente presente (mai inferiore al 40%, tranne E17 MG7, E17 MG8), sino a rappresentare la quasi totalità del campione come in E17 MG1, E17 MG10.

Anche nel caso delle differenze tra stazioni le specie *Levinsenia demiri*, *Paradiopatra calliopae* sono quelle che danno il contributo maggiore, anche se talvolta modesto (tra il 20 e il 30%).

Pertanto le differenze sono complessivamente dovute a bassi contributi apportati da molte specie. Tale pattern è in accordo alla presenza di un largo numero di specie con valori bassi di abbondanza.

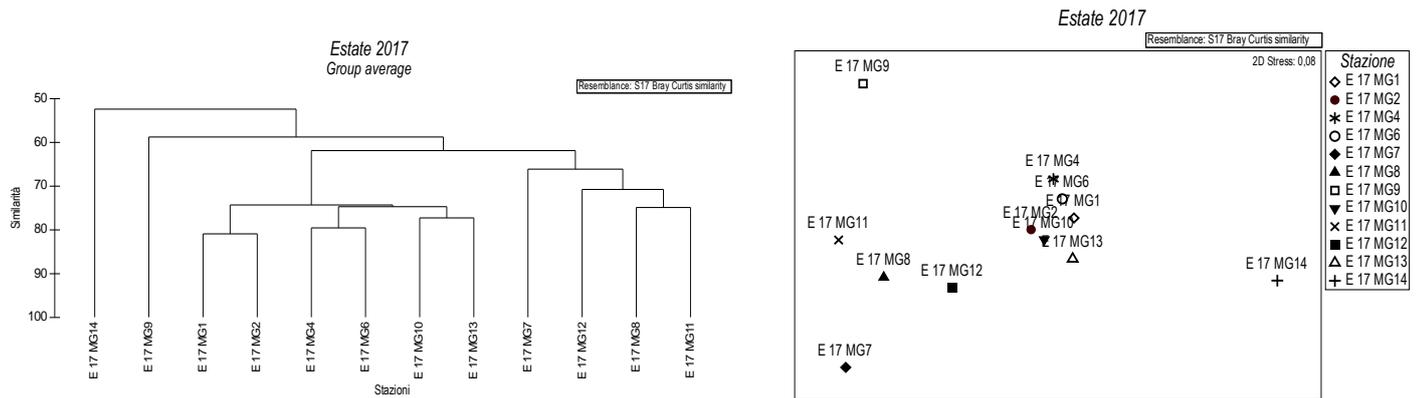


Figura 46 - Risultati della cluster analysis (group average) in alto e piano di ordinamento ottenuto dal n-MDS, in basso. La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Bray-Curtis.

Nella **Tabella 61** sono riportati i valori degli indici strutturali. Anche essi non mostrano pattern relazionabili alla presenza dell'FSRU.

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

Stazioni	S	N	$H'(\log_2)$	d	J
E17 MG1	32,00 \pm 6,1	90,00 \pm 19,6	3,91 \pm 0,176	6,88 \pm 1,021	0,79 \pm 0,014
E17 MG2	33,00 \pm 3,7	118,50 \pm 26,0	3,92 \pm 0,269	6,74 \pm 0,820	0,78 \pm 0,039
E17 MG4	26,00 \pm 4,9	103,50 \pm 20,1	3,27 \pm 0,419	5,39 \pm 0,926	0,70 \pm 0,076
E17 MG6	27,25 \pm 3,6	70,75 \pm 10,8	4,06 \pm 0,280	6,18 \pm 0,830	0,85 \pm 0,048
E17 MG7	23,00 \pm 2,9	69,50 \pm 15,8	3,58 \pm 0,461	5,21 \pm 0,652	0,79 \pm 0,078
E17 MG8	36,25 \pm 6,2	198,75 \pm 15,2	3,41 \pm 0,084	6,65 \pm 1,096	0,66 \pm 0,017
E17 MG9	17,75 \pm 4,4	86,25 \pm 39,4	2,71 \pm 0,251	3,76 \pm 0,829	0,66 \pm 0,024
E17 MG10	27,00 \pm 4,2	82,00 \pm 17,9	3,82 \pm 0,118	5,90 \pm 0,719	0,81 \pm 0,020
E17 MG11	30,00 \pm 4,5	116,00 \pm 22,8	3,69 \pm 0,290	6,10 \pm 0,724	0,75 \pm 0,046
E17 MG12	22,50 \pm 7,9	99,50 \pm 49,1	3,15 \pm 0,281	4,67 \pm 1,189	0,71 \pm 0,032
E17 MG13	26,75 \pm 5,5	105,75 \pm 21,7	3,69 \pm 0,351	5,53 \pm 1,077	0,78 \pm 0,035
E17 MG14	15,00 \pm 2,7	51,00 \pm 13,5	2,92 \pm 0,230	3,56 \pm 0,450	0,75 \pm 0,040

6.3.2 Meiobenthos

La stazione E17 MG1 è caratterizzata dalla presenza di sedimento sabbioso misto a silt. La comunità meiobentonica è costituita da nove gruppi tassonomici, per un popolamento complessivo di $88,4 \pm 112,4$ ind./10 cm². I Nematodi sono il taxon dominante ($72,9 \pm 89,9$ ind./10 cm²), rappresentando l'82,4 della meiofauna totale. Seguono i Policheti ($4,6 \pm 7,1$ ind./10 cm²; 5,2%), i Copepodi ($2,9 \pm 1,6$ ind./10 cm²; 5,2%), i taxa normalmente meno abbondanti, raggruppati nella categoria "Altri" ($4,2 \pm 5,2$ ind./10 cm²; 4,8%) e i Nauplii ($2,1 \pm 2,5$ ind./10 cm²; 2,4%). Dei cinque taxa meno abbondanti, Ostracodi, Bivalvi e Oligocheti superano l'1% del popolamento (**Tabella 62; Figura 47**). I valori degli indici di ricchezza di Margalef, diversità di Shannon-Wiener ed equitabilità di Pielou risultano leggermente inferiori alla media riscontrata nell'area (**Tabella 64**).

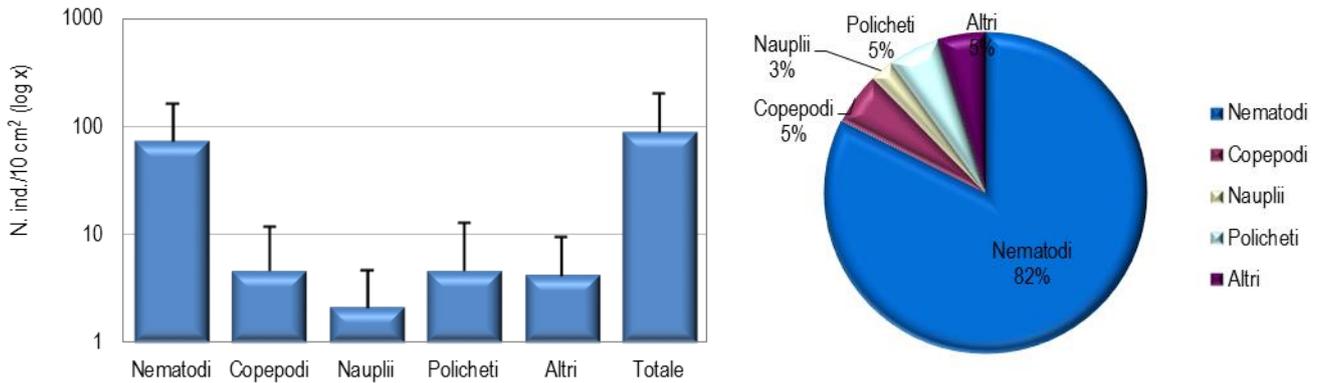


Figura 47 - Stazione E17 MG1. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Tabella 62 - Struttura della comunità meiobentonica nelle stazioni E17 MG1, E17 MG2, E17 MG4, E17 MG6, E17 MG7, E17 MG8. 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.

	E17 MG1		E17 MG2		E17 MG4		E17 MG6		E17 MG7		E17 MG8	
	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%
Nematodi	72,9 \pm 89,9	82,4	73,3 \pm 49,8	87,4	75,8 \pm 22,9	92,8	549,6 \pm 144,3	80,8	416,9 \pm 123,3	74,7	395,9 \pm 80,7	75,7
Copepodi	4,6 \pm 7,1	5,2	4,2 \pm 7,3	5,0	-	-	45,1 \pm 15,6	6,6	70,3 \pm 36,0	12,6	56,9 \pm 15,8	10,9
Nauplii	2,1 \pm 2,5	2,4	2,9 \pm 2,5	3,5	0,8 \pm 1,0	1,0	40,0 \pm 4,2	5,9	40,8 \pm 28,1	7,3	23,6 \pm 10,6	4,5
Policheti	4,6 \pm 8,2	5,2	1,7 \pm 2,4	2,0	4,2 \pm 2,9	5,2	26,1 \pm 11,5	3,8	17,3 \pm 7,1	3,1	25,7 \pm 2,5	4,9
Turbellari	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,1
Chinorinchi	-	-	-	-	-	-	2,1 \pm 2,1	0,3	3,4 \pm 4,6	0,6	5,5 \pm 5,7	1,0
Tanaidacei	0,4 \pm 0,8	0,5	-	-	-	-	1,3 \pm 1,6	0,2	0,4 \pm 0,8	0,1	1,3 \pm 1,6	0,2
Ostracodi	1,2 \pm 3,8	1,3	0,3 \pm 1,2	0,4	0,8 \pm 2,1	1,0	7,5 \pm 11,1	1,1	5,3 \pm 7,9	1,0	7,3 \pm 10,1	1,4
Anfipodi	-	-	-	-	-	-	0,4 \pm 0,6	0,1	-	-	-	-
Idrozo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,8 \pm 1,1	0,2
Isopodi	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,1	-	-
Cumacei	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,1	-	-
Briozoi	-	-	-	-	-	-	1,3 \pm 0,8	0,2	0,4 \pm 0,8	0,1	-	-
Gasteropodi	0,4 \pm 0,8	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bivalvi	0,8 \pm 1,0	1,0	0,4 \pm 0,8	0,5	-	-	2,9 \pm 1,6	0,4	0,8 \pm 1,0	0,2	1,3 \pm 0,8	0,2
Caudofoveati	-	-	-	-	-	-	0,8 \pm 1,7	0,1	-	-	0,8 \pm 1,0	0,2
Nemertini	1,7 \pm 1,9	1,9	0,8 \pm 1,7	1,0	0,4 \pm 0,8	0,5	-	-	0,4 \pm 0,8	0,1	1,7 \pm 3,4	0,3
Priapulidi	-	-	-	-	-	-	0,8 \pm 1,0	0,1	-	-	2,1 \pm 2,1	0,4
Loriciferi	-	-	-	-	-	-	0,8 \pm 1,7	0,1	-	-	0,8 \pm 1,0	0,2
Oligocheti	-	-	-	-	-	-	-	-	0,8 \pm 1,7	0,2	-	-
Solenogastri	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,3 \pm 2,5	0,2
Rotiferi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,1
Ciliati	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Acari	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,5	1,3 \pm 1,6	0,2	0,4 \pm 0,8	0,1	0,4 \pm 0,8	0,1
Altri (Σ Tur-Aca)	4,2 \pm 5,2	4,8	1,7 \pm 3,4	2,0	0,8 \pm 1,0	1,0	19,8 \pm 5,0	2,9	13,1 \pm 15,3	2,3	20,6 \pm 13,4	3,9
Meiofauna totale	88,4 \pm 112,4	-	83,8 \pm 58,8	-	81,7 \pm 21,1	-	680,5 \pm 148,9	-	558,4 \pm 199,9	-	522,6 \pm 107,6	-

La stazione E17 MG2 si caratterizza per il sedimento di tipo sabbioso con silt. L'analisi della popolazione meiobentonica ha evidenziato la presenza di sette taxa principali per una densità complessiva di $83,8 \pm 58,8$ ind./10 cm². Il taxon dominante è quello dei Nematodi, che costituiscono l'87,4% del popolamento meiobentonico complessivo, con una densità di $73,3 \pm 49,8$ ind./10 cm². Seguono i Copepodi ($4,2 \pm 7,3$ ind./10 cm²; 5,0%), i Nauplii ($2,9 \pm 2,5$ ind./10 cm²; 3,5%) e i Policheti ($1,7 \pm 2,4$ ind./10 cm²; 2,0%). I tre taxa meno abbondanti rappresentano il 2,0% della biocenosi e tra questi solo i Nemertini raggiungono l'1% del popolamento (Tabella 62; Figura 48). I valori degli indici di diversità di Shannon-Wiener e di ricchezza di Margalef risultano inferiori alla media riscontrata nell'area, mentre l'equitabilità di Pielou è pari ad essa (Tabella 64).

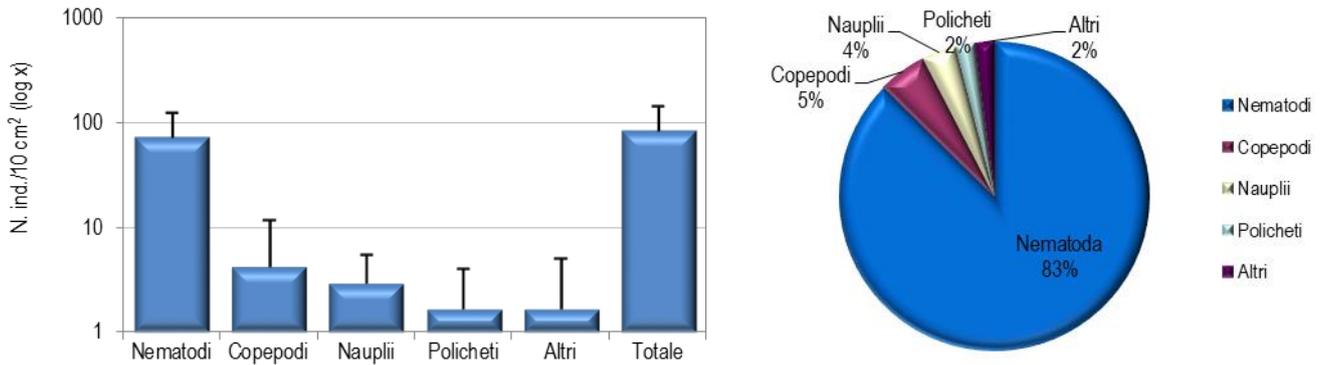


Figura 48 - Stazione E17 MG2. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il sedimento della stazione E17 MG4 è costituito da sabbia mista a silt e detrito vegetale. Lo studio faunistico ha portato al rinvenimento di soli sei gruppi meiobentonici, per una densità media complessiva di $81,7 \pm 21,1$ ind./10 cm² (Tabella 62). I Nematodi esibiscono una densità pari a $75,8 \pm 22,9$ ind./10 cm², pari al 92,8% del popolamento, seguono i Policheti ($4,2 \pm 2,9$ ind./10 cm²; 5,2%) e i Nauplii ($0,8 \pm 1,0$ ind./10 cm²; 1,0%). In questo sito sono risultati assenti i Copepodi. Dei tre rimanenti taxa, raggruppati nella categoria "Altri", solo gli Ostracodi raggiungono l'1,0% della biocenosi (Tabella 62; Figura 49). I valori degli indici ecologici risultano inferiori alla media rilevata nell'area (Tabella 64).

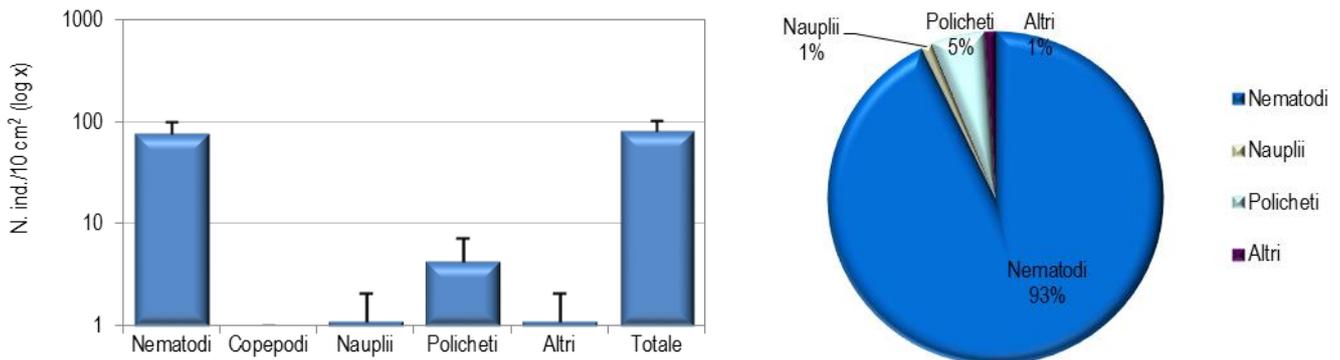


Figura 49 - Stazione E17 MG4. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il sedimento della stazione E17 MG6 è costituito da sabbia fine con silt e detrito vegetale. Nei campioni sono stati rinvenuti i rappresentanti di quattordici gruppi tassonomici per una densità complessiva di $680,5 \pm 148,9$ ind./10 cm² (Tabella 62). I Nematodi sono il taxon dominante, raggiungendo la densità di $549,6 \pm 144,3$ ind./10 cm², pari all'80,8% del popolamento complessivo; seguono i Copepodi ($45,1 \pm 15,6$ ind./10 cm²; 6,6%), i Nauplii ($40,0 \pm 4,2$ ind./10 cm²; 5,9%) e i Policheti ($26,1 \pm 11,5$ ind./10 cm²; 3,8%). I sei taxa numericamente meno abbondanti rappresentano il 2,9% della biocenosi ("Altri"; $19,8 \pm 5,0$ ind./10 cm²); di questi solo gli Ostracodi superano l'1% del popolamento complessivo (Tabella 62; Figura 50). Si segnala la presenza di Loriciferi e di larve di Priapulidi in questa stazione. I valori dell'indice di ricchezza di Margalef e di diversità di Shannon-Wiener risultano superiori alla media riscontrata nell'area, mentre l'indice di equitabilità di Pielou risulta pari ad essa (Tabella 64).

Il sedimento prelevato nella stazione E17 MG7 è costituito da sabbia fine mista a silt, con detrito vegetale. La biocenosi meiobentonica presenta quattordici major taxa, con una densità media totale di $558,4 \pm 199,9$ ind./10 cm². Dominano i Nematodi, che contribuiscono con il 74,7% al popolamento complessivo ($416,9 \pm 123,3$ ind./10 cm²). Fanno seguito i Copepodi ($70,3 \pm 36,0$ ind./10 cm²; 12,6%), i Nauplii ($40,8 \pm 28,1$ ind./10 cm²; 7,3%) e, infine, i Policheti ($17,3 \pm 7,1$ ind./10 cm²; 3,1%). I rimanenti dieci gruppi rappresentano solo il 2,3% della meiofauna totale ($13,1 \pm 15,3$ ind./10 cm²) e di questi solo gli Ostracodi raggiungono l'1,0% del popolamento complessivo (Tabella 62; Figura 51). Il valore dell'indice di equitabilità di Pielou corrisponde alla media riscontrata nell'area, mentre gli indici di diversità di Shannon-Wiener e di ricchezza di Margalef risultano superiori ad essa (Tabella 64).

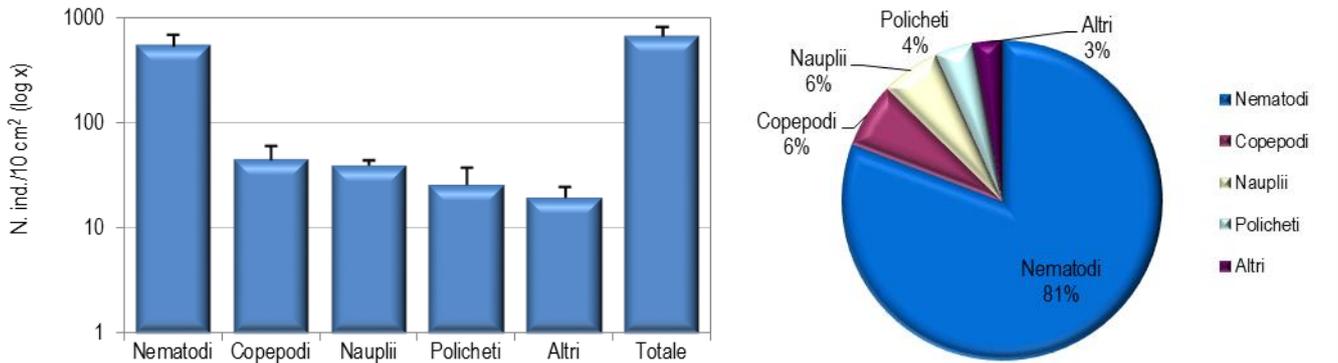


Figura 50 - Stazione E17 MG6. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

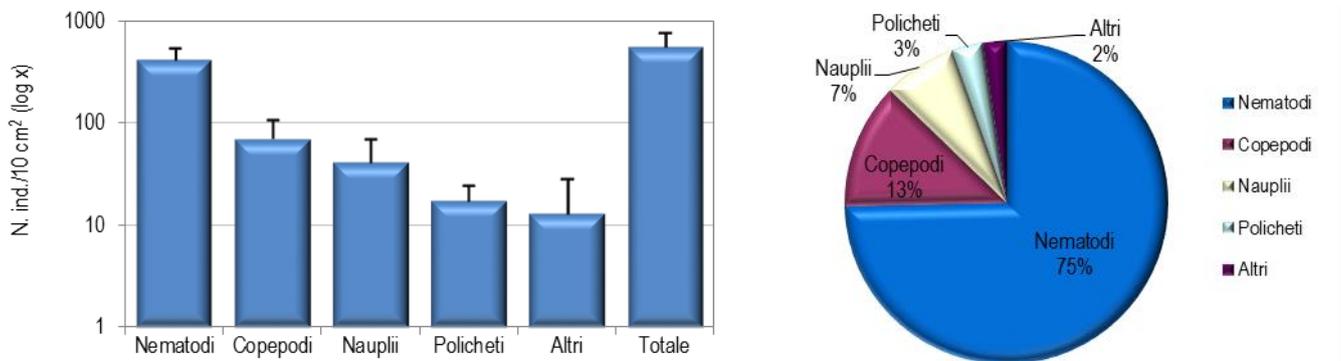


Figura 51 - Stazione E17 MG7. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

La stazione E17 MG8 è caratterizzata da un sedimento sabbioso con silt e detrito grossolano. La meiofauna è presente con ben diciassette gruppi tassonomici, la cui densità complessiva raggiunge i $522,6 \pm 107,6$ ind./10 cm² (**Tabella 62**, **Tabella 64**). Analogamente ad altri siti, i Nematodi risultano il gruppo dominante, con una percentuale pari al 75,7% (densità: $395,9 \pm 80,7$ ind./10 cm²). Seguono i Copepodi ($56,9 \pm 15,8$ ind./10 cm²; 10,9%), i Policheti ($25,7 \pm 2,5$ ind./10 cm²; 4,9%) e i Nauplii ($23,6 \pm 10,6$ ind./10 cm²; 4,5%). I tredici taxa meno abbondanti raggiungono il 3,9% della biocenosi ("Altri": $20,6 \pm 13,4$ ind./10 cm²); tra questi solo Ostracodi e Chinorinchi superano la soglia dell'1% del popolamento complessivo (**Figura 52**). Si segnala la presenza di Loriciferi e di larve di Priapulidi in questa stazione. Gli indici di diversità Shannon-Wiener e di ricchezza di Margalef risultano superiori alla media calcolata per l'area, mentre l'equitabilità di Pielou corrisponde ad essa (**Tabella 64**).

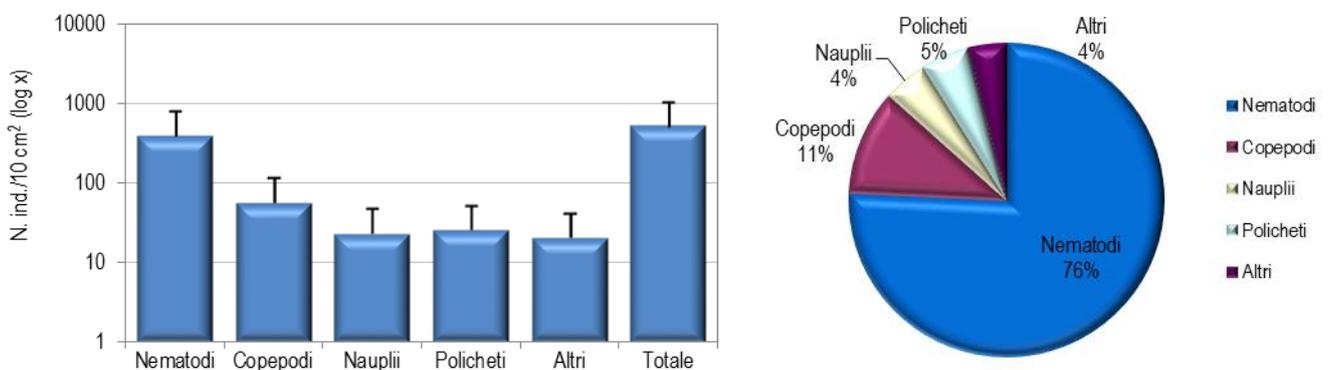


Figura 52 - Stazione E17 MG8. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

La stazione E17 MG9 è caratterizzata da un sedimento di tipo sabbioso fine. La comunità meiobentonica è costituita da nove gruppi tassonomici, per una densità media complessiva pari a $208,5 \pm 110,7$ ind./10 cm² (Tabella 63, Tabella 64). I Nematodi sono il taxon dominante ($177,7 \pm 95,8$ ind./10 cm²) e rappresentano l'85,2% della meiofauna totale. Seguono i Nauplii ($11,4 \pm 4,8$ ind./10 cm²; 5,5%) e i Copepodi ($10,1 \pm 7,1$ ind./10 cm²; 4,8%). I Policheti in questa stazione raggiungono la densità media di $3,8 \pm 4,4$ ind./10 cm²; e costituiscono l'1,8% del popolamento complessivo. Il raggruppamento "Altri", che racchiude i taxa singolarmente meno abbondanti qui è formata da cinque taxa, raggiunge la densità media di $5,5 \pm 2,5$ ind./10 cm² e costituisce il 2,6% della meiofauna totale. Nessuno dei cinque taxa meno abbondanti supera la soglia dell'1% della biocenosi (Tabella 63; Figura 53). In questa stazione, gli indici di diversità di Shannon-Wiener e di ricchezza di Margalef risultano inferiori alla media calcolata per l'area, mentre l'equitabilità di Pielou è pari ad essa (Tabella 64).

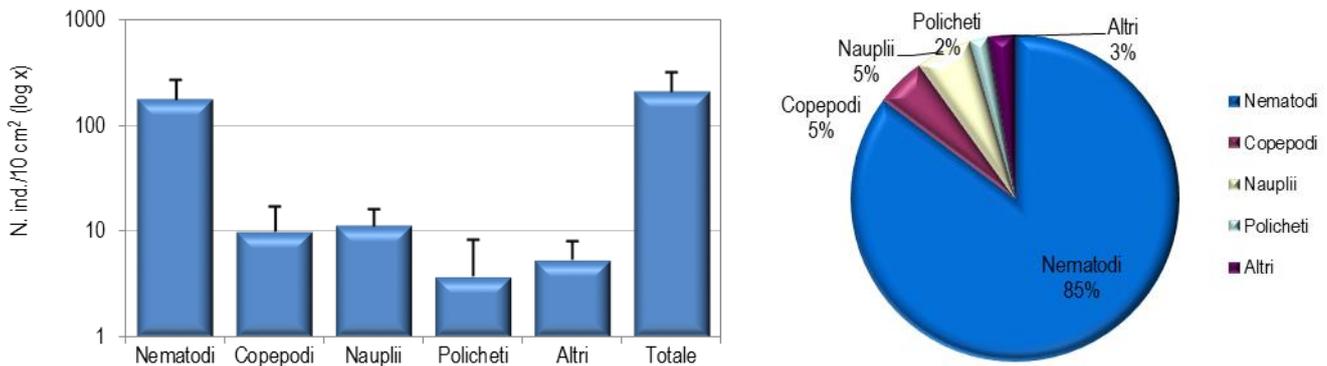


Figura 53 - Staziona E17 MG9. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Tabella 63 - Struttura della comunità meiobentonica nelle stazioni E17 MG9, E17 MG10, E17 MG11, E17 MG12, E17 MG13, E17 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.

	E17 MG9		E17 MG10		E17 MG11		E17 MG12		E17 MG13		E17 MG14	
	Media \pm DS	%										
Nematodi	177,7 \pm 95,8	85,2	375,2 \pm 79,6	86,4	337,7 \pm 218,6	78,0	424,5 \pm 142,4	78,4	288,0 \pm 222,4	76,9	297,3 \pm 451,1	92,5
Copepodi	10,1 \pm 7,1	4,8	16,0 \pm 15,6	3,7	44,6 \pm 38,4	10,3	44,6 \pm 16,2	8,2	39,6 \pm 34,3	10,6	9,7 \pm 16,0	3,0
Nauplii	11,4 \pm 4,8	5,5	18,5 \pm 15,4	4,3	14,7 \pm 14,9	3,4	35,0 \pm 20,1	6,5	27,4 \pm 18,2	7,3	6,7 \pm 4,3	2,1
Policheti	3,8 \pm 4,4	1,8	15,6 \pm 6,9	3,6	26,1 \pm 21,0	6,0	23,6 \pm 16,5	4,4	11,8 \pm 9,8	3,1	6,3 \pm 4,2	2,0
Turbellari	1,3 \pm 1,6	0,6	-	-	2,1 \pm 3,2	0,5	-	-	0,4 \pm 0,8	0,1	0,4 \pm 0,8	0,1
Chinorinchi	0,8 \pm 1,7	0,4	2,1 \pm 3,2	0,5	2,5 \pm 3,2	0,6	3,8 \pm 3,5	0,7	2,1 \pm 1,6	0,6	-	-
Tanaidacei	0,4 \pm 0,8	0,2	0,4 \pm 0,8	0,1	-	-	1,7 \pm 1,4	0,3	0,8 \pm 1,7	0,2	-	-
Ostracodi	1,6 \pm 2,5	0,8	4,4 \pm 6,7	1,0	6,6 \pm 13,2	1,5	6,4 \pm 11,2	1,2	3,6 \pm 6,0	1,0	1,4 \pm 3,1	0,4
Anfipodi	1,3 \pm 1,7	0,6	-	-	-	-	0,4 \pm 0,6	0,1	0,4 \pm 0,6	0,1	-	-
Idrozoi	-	-	-	-	-	-	0,8 \pm 1,1	0,2	-	-	-	-
Isopodi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cumacei	-	-	0,4 \pm 0,8	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-
Briozoi	-	-	0,4 \pm 0,8	0,1	-	-	0,4 \pm 0,8	0,1	-	-	-	-
Gasteropodi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bivalvi	-	-	-	-	0,8 \pm 1,7	0,2	-	-	0,4 \pm 0,8	0,1	-	-
Caudofoveati	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,1	0,4 \pm 0,8	0,1	-	-	-	-
Nemertini	-	-	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,1	-	-	-	-
Priapulidi	-	-	0,8 \pm 1,7	0,2	0,8 \pm 1,0	0,2	1,3 \pm 1,6	0,2	-	-	-	-
Loriciferi	-	-	0,4 \pm 0,8	0,1	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,1	-	-
Oligocheiti	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Solenogastri	-	-	-	-	0,8 \pm 1,7	0,2	-	-	-	-	-	-
Rotiferi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ciliati	-	-	0,4 \pm 0,8	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-
Acari	-	-	-	-	-	-	1,7 \pm 1,9	0,3	-	-	-	-
Altri (Σ Tur-Aca)	5,5 \pm 2,5	2,6	8,8 \pm 4,4	2,0	9,7 \pm 9,4	2,2	13,9 \pm 6,9	2,6	7,6 \pm 6,2	2,0	1,3 \pm 1,6	0,4
Meiofauna totale	208,5 \pm 110,7	-	434,2 \pm 107,6	-	432,9 \pm 296,4	-	541,6 \pm 166,4	-	374,4 \pm 280,5	-	321,3 \pm 475,5	-

La stazione E17 MG10 è caratterizzata dalla presenza di sabbia fine con silt e detrito vegetale. L'analisi faunistica ha portato al rinvenimento di dodici taxa meiobentonici, con una densità media totale di $434,2 \pm 107,6$ ind./10 cm² (Tabella 63, Tabella 64). I Nematodi rappresentano il gruppo dominante, con una densità media pari a $375,2 \pm 79,6$ ind./10 cm², contribuendo per l'86,4% al popolamento meiobentonico complessivo. Seguono i Nauplii ($18,5 \pm 15,4$ ind./10 cm²; 4,3%), i Copepodi ($16,0 \pm 15,6$ ind./10 cm²; 3,7%) e i Policheti ($15,6 \pm 6,9$ ind./10 cm²; 3,6%) (Tabella 63; Figura 54). Gli altri otto taxa sono di gran lunga meno abbondanti ed insieme costituiscono il

2,0% della biocenosi ("Altri"; $8,8 \pm 4,4$ ind./10 cm²; 9,5%). Nell'ambito di essi, solo gli Ostracodi raggiungono l'1% del totale (**Tabella 63**). Degno di nota è il rinvenimento in questa stazione di esemplari di Loriciferi e larve di Priapulida. Il valore dell'indice di ricchezza di Margalef è superiore alla media registrata per l'area, mentre la diversità Shannon-Wiener e l'equitabilità di Pielou sono inferiori ad essa (**Tabella 64**).

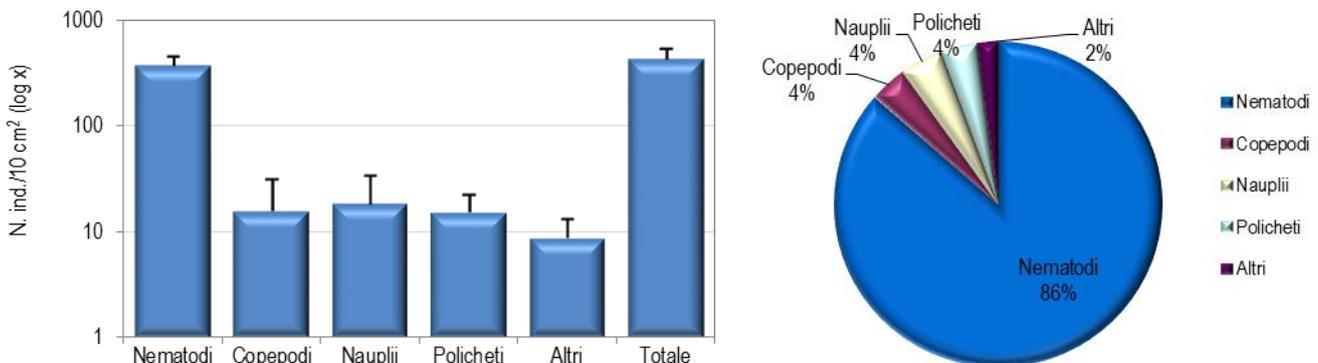


Figura 54 - Stazione E17 MG10. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il sedimento della stazione E17 MG11 è costituito da sabbia mista a silt, con detrito grossolano di origine soprattutto vegetale. Nei campioni analizzati sono stati rinvenuti i rappresentanti di undici gruppi meiobentonici, per una densità media complessiva pari a $432,9 \pm 296,4$ ind./10 cm². I Nematodi sono il gruppo dominante (densità media: $337,7 \pm 218,6$ ind./10 cm²), con un apporto percentuale al popolamento complessivo del 78,0% (**Tabella 63**). Seguono i Copepodi (densità: $44,6 \pm 38,4$ ind./10 cm²; 10,3%), i Policheti ($26,1 \pm 21,0$ ind./10 cm²; 6,0%) e i Nauplii ($14,7 \pm 14,9$ ind./10 cm²; 3,4%). I sette taxa meno abbondanti, raggruppati nella categoria "Altri", raggiungono il 2,2% della biocenosi ($9,7 \pm 9,4$ ind./10 cm²); di questi solo gli Ostracodi superano l'1,0% del popolamento (**Tabella 63**; **Figura 55**). Si segnala la presenza in questa stazione di larve di Priapulidi. Il valore dell'indice di ricchezza di Margalef è inferiore alla media riscontrata nell'area, mentre gli indici di diversità di Shannon-Wiener e di equitabilità di Pielou risultano superiori ad essa (**Tabella 64**).

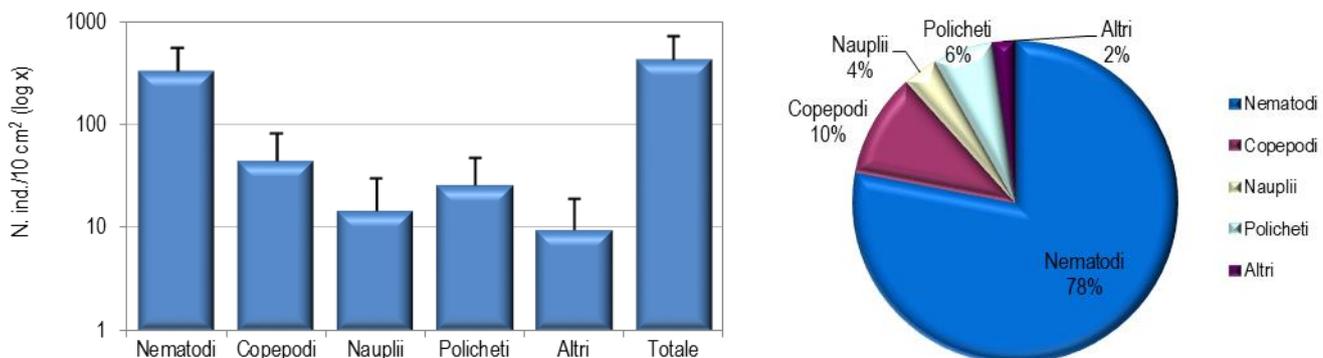


Figura 55 - Stazione E17 MG11. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Nel sedimento della stazione E17 MG12, costituito prevalentemente da sabbia fine, sono stati rinvenuti quattordici taxa meiobentonici, con abbondanza media totale di $541,6 \pm 166,4$ ind./10 cm². I Nematodi sono il taxon dominante, con una densità che si attesta sul valore di $424,5 \pm 142,4$ ind./10 cm², pari al 78,4% del popolamento complessivo. Seguono i Copepodi ($44,6 \pm 16,2$ ind./10 cm²; 8,2%), i Nauplii ($35,0 \pm 20,1$ ind./10 cm²; 6,5%) e i Policheti ($23,6 \pm 16,5$ ind./10 cm²; 4,4%). I dieci taxa meno abbondanti rappresentano nel complesso il 2,6% della biocenosi ("Altri"; $13,9 \pm 6,9$ ind./10 cm²); di questi solo gli Ostracodi superano l'1,0% del popolamento (**Tabella 63**; **Figura 56**). Anche in questo caso erano presenti larve del relativamente raro phylum Priapulida. I valori dell'indice di ricchezza di Margalef e di diversità di Shannon-Wiener sono superiori alla media riscontrata nell'area, mentre l'equitabilità di Pielou corrisponde ad essa (**Tabella 64**).

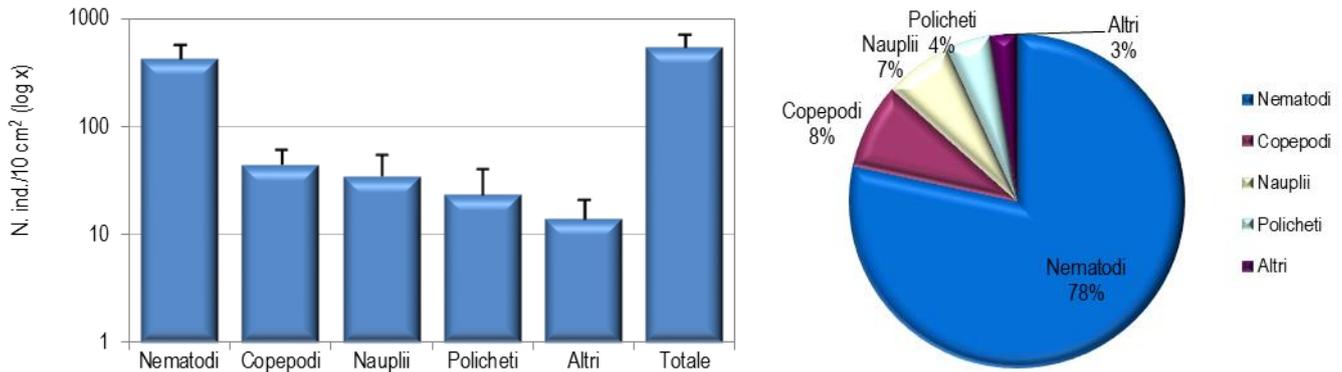


Figura 56 - Stazione E17 MG12. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il sedimento della stazione E17 MG13 è costituito da sabbia mista a silt, con detrito grossolano e detrito vegetale. Il sito ospita undici taxa meiobentonici, per una densità complessiva pari a $374,4 \pm 280,5$ ind./10 cm² (**Tabella 63**). Il gruppo dei Nematodi è dominante, costituendo il 76,9% del popolamento totale ($288,0 \pm 222,4$ ind./10 cm²). Seguono i Copepodi ($39,6 \pm 34,3$ ind./10 cm²; 10,6%), i Nauplii ($27,4 \pm 18,2$ ind./10 cm²; 7,3%) e i Policheti ($11,8 \pm 9,8$ ind./10 cm²; 3,1%). I restanti sette taxa, raggruppati nella categoria "Altri", contribuiscono solo per il 2,0% alla biocenosi complessiva ($7,6 \pm 6,2$ ind./10 cm²). Di questi solo gli Ostracodi raggiungono l'1% del popolamento (**Tabella 63**; **Figura 57**). Si segnala la presenza di Loriciferi in questa stazione. Il valore dell'indice di ricchezza di Margalef corrisponde alla media registrata nell'area, mentre la diversità di Shannon-Wiener e l'equitabilità di Pielou risultano superiori ad essa (**Tabella 64**).

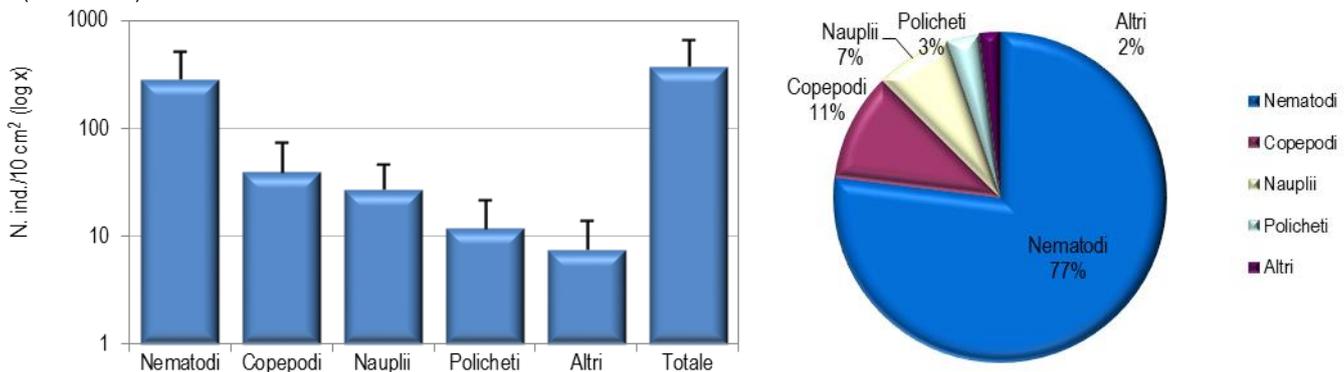


Figura 57 - Stazione E17 MG13. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

La stazione E17 MG14 è caratterizzata da un sedimento di tipo sabbioso misto a silt e contenente detrito vegetale. L'analisi faunistica ha portato al rinvenimento di soli sei taxa meiobentonici, con una densità media complessiva pari a $321,3 \pm 475,5$ ind./10 cm² (**Tabella 63**). I Nematodi risultano il taxon dominante, raggiungendo il 92,5% della comunità globale (densità: $297,3 \pm 451,1$ ind./10 cm²). Seguono i Copepodi ($9,7 \pm 16,0$ ind./10 cm²; 3,0%), i Nauplii ($6,7 \pm 4,3$ ind./10 cm²; 2,1%) e i Policheti ($6,3 \pm 4,2$ ind./10 cm²; 2,0%). I due restanti taxa, Turbellari e Ostracodi, costituiscono lo 0,4% della biocenosi ($1,3 \pm 1,6$ ind./10 cm²) (**Tabella 63**; **Figura 58**). In questa stazione i valori degli indici ecologici risultano inferiori alla media calcolata per l'area, rimarcando la bassa diversità riscontrata (**Tabella 64**).

Dati complessivi

Nell'area investigata sono stati rinvenuti complessivamente organismi appartenenti a ventiquattro gruppi tassonomici. Nematodi, Nauplii, Policheti e Ostracodi sono risultati presenti in tutti i siti. I Copepodi sono risultati assenti in una sola stazione. Dei rimanenti taxa, alcuni, come Bivalvi, Chinorinchi e Tanaidacei, risultano abbastanza frequenti, mancando solo in poche stazioni, al contrario di Ciliati, Idrozoi, Oligocheti, Solenogastri, Rotiferi, Isopodi e Cumacei, rinvenuti solamente in uno o due siti e in numeri molto bassi.

La densità media totale della meiofauna nell'area investigata è pari a $360,7 \pm 271,4$ ind./10 cm². I Nematodi sono risultati il taxon dominante, con una densità media di $290,4 \pm 219,8$ ind./10 cm², corrispondente all'80,5% del popolamento complessivo. Seguono, nell'ordine, i Copepodi ($28,8 \pm 29,6$ ind./10 cm²; 8,0%), i Nauplii ($18,7 \pm 18,4$ ind./10 cm²; 5,2%) e, infine, i Policheti ($13,9 \pm 12,8$ ind./10 cm²; 3,9%). I primi quattro gruppi costituiscono in totale oltre il 97% della biocenosi. I restanti venti taxa sono presenti con abbondanze e

percentuali basse ($8,9 \pm 9,3$ ind./10 cm²), fornendo un valore di densità complessiva pari a circa il 2,5% dell'intero popolamento meiobentonico; nessuno di questi taxa supera la soglia dell'1% del totale (**Tabella 64**).

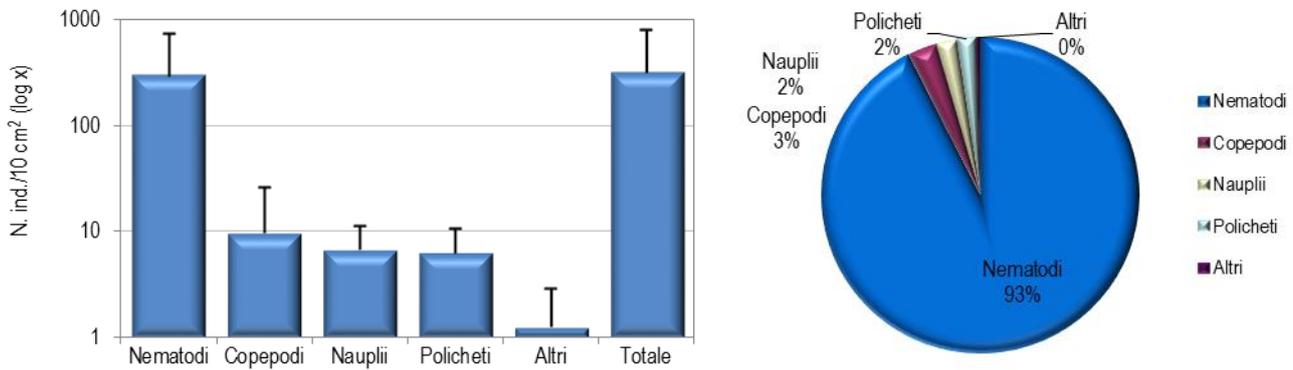


Figura 58 - Stazione E17 MG14. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

L'analisi della varianza (ANOVA) condotta per verificare la significatività delle eventuali differenze nei valori medi delle abbondanze riscontrate nelle 12 stazioni ha evidenziato molte differenze statisticamente significative, per la maggior parte imputabili alla povertà faunistica di alcune stazioni.

Nello specifico, i Nematodi e la meiofauna totale hanno esibito densità inferiori in E17 MG1 rispetto a E17 MG6 ($72,9 \pm 89,9$ vs. $549,6 \pm 144,3$ ind./10 cm² e $88,4 \pm 112,4$ vs $680,5 \pm 148,9$ ind./10 cm², rispettivamente). I Copepodi sono risultati assenti in E17 MG4, esibendo densità elevate in E17 MG7 e E17 MG8 ($70,3 \pm 36,0$ e $56,9 \pm 15,8$ ind./10 cm², rispettivamente). I Nauplii hanno mostrato densità inferiori in E17 MG1, E17 MG2 e, particolarmente, E17 MG4 rispetto a gran parte delle altre stazioni (E17 MG6, E17 MG7, E17 MG8, E17 MG10, E17 MG12 e E17 MG13). Infine, i taxa meno abbondanti ("Altri") hanno presentato densità significativamente inferiori in E17 MG2, E17 MG4 e E17 MG14 rispetto a E17 MG6 e E17 MG8 ($1,7 \pm 3,4$; $0,8 \pm 1,0$ e $1,3 \pm 1,6$ vs $19,8 \pm 5,0$; $20,6 \pm 13,4$ ind./10 cm², rispettivamente).

	S	N	d	H'	J
E17 MG1	9	88,8	1,8	0,8	0,4
E17 MG2	8	84,1	1,6	0,6	0,3
E17 MG4	6	82,5	1,1	0,4	0,2
E17 MG6	14	680,0	2,0	0,8	0,3
E17 MG7	14	558,2	2,1	0,9	0,3
E17 MG8	17	526,2	2,6	1,0	0,3
E17 MG9	9	208,4	1,5	0,6	0,3
E17 MG10	12	434,8	1,8	0,6	0,2
E17 MG11	11	437,4	1,6	0,9	0,4
E17 MG12	14	545,0	2,1	0,9	0,3
E17 MG13	11	375,1	1,7	0,9	0,4
E17 MG14	7	322,3	1,0	0,4	0,2
Media	11	361,9	1,7	0,7	0,3

Nella **Tabella 64** sono riportati i parametri strutturali calcolati per le singole stazioni. Numero di taxa (S) e abbondanza media (N) variano nelle stazioni analizzate, da 6 a 17 taxa il primo, e da 82 a 680 ind./10 cm² il secondo. La stazione E17 MG4 ospita il numero più basso di taxa e il minimo valore di densità, mentre E17 MG8 presenta il numero più alto di taxa e E17 MG6 il massimo valore di densità. Anche gli indici di ricchezza di Margalef (d), diversità di Shannon-Wiener (H') ed equitabilità di Pielou (J) variano nei siti indagati. La ricchezza di Margalef (d) si attesta frequentemente su valori prossimi o superiori a 2 (max: 2,6 in E17 MG8), ad eccezione dei siti E17 MG4 e E17 MG14 che presentano i valori minimi riscontrati nell'area (1,1 e 1,0, rispettivamente) (**Tabella 64**). La diversità di Shannon-Wiener (H') è risultata massima nella stazione E17 MG8 (1,0) e minima nei siti E17 MG4 e E17 MG14 (0,4), i quali presentano anche il più basso valore dell'indice di equitabilità di Pielou, insieme alla stazione E17 MG10 (J = 0,2; **Tabella 64**). Considerata la distanza reciproca tra questi siti e la loro distanza relativa rispetto al rigassificatore, non emergono relazioni evidenti tra le differenze osservate e la loro collocazione geografica rispetto anche alla posizione del terminale.

Le analisi multivariate hanno evidenziato 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, mostra una prima dicotomia a un valore di similarità faunistica tra le stazioni prossimo al 58% (**Figura 59**). In corrispondenza di tale valore tre siti: E17 MG1, E17 MG2 e E17 MG4, raggruppati

tra loro ad un livello di similarità di quasi 75%, risultano separati dagli altri nove. Le densità e la diversità tassonomica riscontrate in queste tre stazioni risultano più basse rispetto a quelle registrate altrove. Tra i restanti nove siti, E17 MG9 e E17 MG14, caratterizzati da un basso numero di taxa ma da una relativamente elevata densità, vengono separati dagli altri sette ad un livello di similarità del 73% circa. Questi ultimi, raggruppati ad un livello di similarità dell'85% circa, sono suddivisi in due cluster di ampiezza paragonabile con 3 stazioni uno e 4 l'altro. Al momento non sembra emergere alcuna chiara relazione tra raggruppamento e posizione geografica delle stazioni rispetto al terminale rigassificatore.

Quanto appena indicato è riflesso anche nel piano di ordinamento bidimensionale ottenuto dall'analisi nMDS, riportato in **Figura 59**. Anche in questo caso, la disposizione dei punti-stazione nel piano prescinde dalla loro collocazione geografica. Il grafico nMDS separa dagli altri il sito E17 MG4 e, in misura minore, E17 MG1 e E17 MG2, caratterizzati da basse densità e diversità dei taxa rinvenuti. È possibile notare anche qui la separazione di E17 MG9 e E17 MG14 dalle restanti stazioni, faunisticamente più ricche.

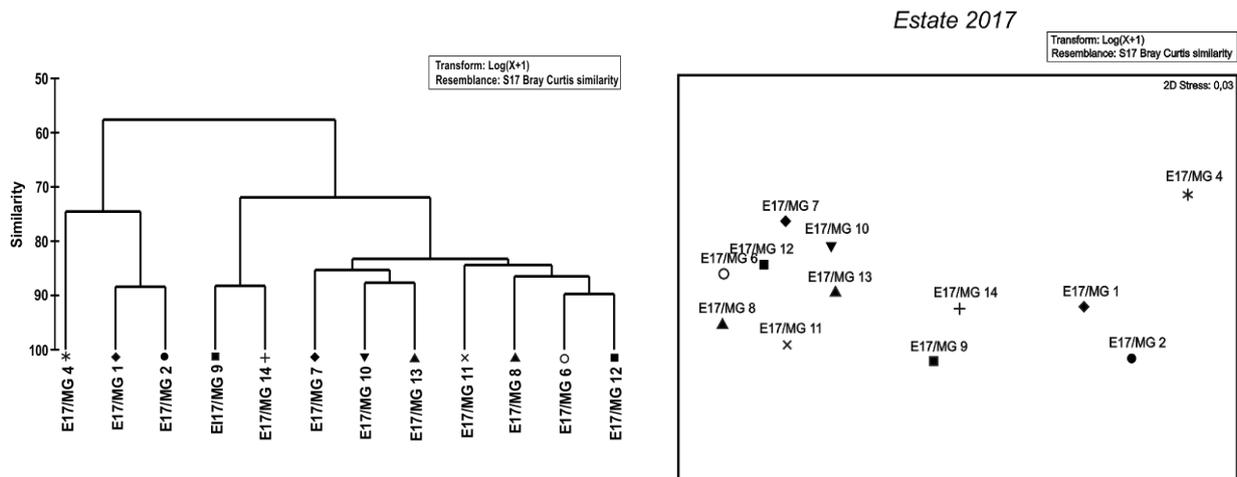


Figura 59 – A sinistra: dendrogramma per il raggruppamento gerarchico delle stazioni basato sul valore delle abbondanze medie dei taxa principali e similarità di Bray-Curtis, previa trasformazione logaritmica dei dati. A destra: piano di ordinamento ottenuto dal non-metric Multi Dimensional Scaling (nMDS), basato sul valore delle abbondanze medie dei taxa principali e similarità di Bray-Curtis, previa trasformazione logaritmica dei dati.

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	290,4 \pm 219,8	80,5	Briozoi	0,2 \pm 0,6	0,1
Copepodi	28,8 \pm 29,6	8	Gasteropodi	0,1 \pm 0,3	<0,1
Nauplii	18,7 \pm 18,4	5,2	Bivalvi	0,6 \pm 1,1	0,2
Policheti	13,9 \pm 12,8	3,9	Caudofoveati	0,2 \pm 0,7	0,1
Turbellari	0,4 \pm 1,2	0,1	Nemertini	0,5 \pm 1,3	0,1
Chinorinchi	1,9 \pm 3,0	0,5	Priapulidi	0,5 \pm 1,1	0,1
Tanaidacei	0,6 \pm 1,1	0,2	Loriciferi	0,2 \pm 0,7	0,1
Ostracodi	2,7 \pm 3,6	0,7	Oligocheti	0,1 \pm 0,5	<0,1
Anfipodi	0,2 \pm 0,9	0,1	Solenogastri	0,2 \pm 0,9	<0,1
Idrozoi	0,1 \pm 0,7	<0,1	Rotiferi	0,1 \pm 0,2	<0,1
Isopodi	0,1 \pm 0,2	<0,1	Ciliati	0,1 \pm 0,2	<0,1
Cumacei	0,1 \pm 0,3	<0,1	Acari	0,4 \pm 0,9	0,1
Altri (ITur-Aca)	8,9 \pm 9,3	2,5			
Meiofauna totale: 360,7 \pm 271,4					

6.3.3 Bioaccumulo

Metalli

I risultati della ricerca dei metalli in *M. galloprovincialis* sono riportati nella Errore. L'origine riferimento non è stata trovata..

Le concentrazioni dei metalli ricercati non mostrano anomalie negli organismi dislocati lungo lo scafo del rigassificatore.

Si evidenzia inoltre, in risposta a quanto richiesto dalla prescrizione 14 della Determina 3337 DVA R.D.R 0000277.28-09-2017, che le concentrazioni di zinco non presentano anomalie e pertanto, non si individuano effetti dovuti alla presenza degli anodi sacrificali situati lungo lo scafo del Terminale..

Tabella 66 - Concentrazione dei metalli nei mitili. Dati relativi alla campagna E17 espressi in mg/kg. Sono riportati i dati riferiti sia alla sostanza secca (s.s.) sia al peso fresco (p.f.) in accordo alla prescrizione 13 delle Determinine 2990 DVA R.D.R 0000100.04-04-2017 e 3337 DVA R.D.R 0000277.28-09-2017.

	Tempo zero		Stazione A Pos. 1		Stazione B Pos. 2		Stazione C Pos. 3		Stazione D Pos. 4		Stazione E (Bianco Gorgona)	
	s.s.	p.f.	s.s.	p.f.	s.s.	p.f.	s.s.	p.f.	s.s.	p.f.	s.s.	p.f.
Arsenico	6,43	1,09	12,15	2,07	11,60	1,97	14,18	2,41	11,18	1,90	10,95	1,86
Bario	< 1,20	-	1,46	0,25	1,85	0,32	2,65	0,45	< 1,20	-	< 1,20	-
Cadmio	0,27	0,05	0,37	0,06	0,40	0,07	0,55	0,09	0,37	0,06	0,44	0,08
Cromo totale	1,43	0,24	1,25	0,21	1,28	0,22	1,77	0,30	1,28	0,22	1,97	0,33
Ferro	128,02	21,76	77,43	13,16	70,91	12,06	84,42	14,35	56,10	9,54	80,03	13,61
Manganese	< 12,5	-	< 12,5	-	< 12,5	-	< 12,5	-	< 12,5	-	< 12,5	-
Mercurio	0,09	0,02	0,08	0,01	0,08	0,01	0,09	0,02	0,10	0,02	0,10	0,02
Nichel	< 1,20	-	< 1,20	-	< 1,20	-	< 1,20	-	< 1,20	-	< 1,20	-
Piombo	2,08	0,35	1,83	0,31	1,74	0,30	1,95	0,33	1,59	0,27	1,99	0,34
Rame	6,18	1,05	4,69	0,80	3,67	0,62	4,07	0,69	3,50	0,59	3,29	0,56
Vanadio	< 1,20	-	4,03	0,69	3,49	0,59	5,97	1,01	2,58	0,44	8,37	1,42
Zinco	217,26	36,93	215,21	36,59	230,50	39,19	308,99	52,53	218,26	37,10	269,77	45,86

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 E17, 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)	< 10	12,7	12,8	< 10	< 10	< 10

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 Naftalene in tutti i siti eccetto la Stazione C (Pos.3).

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 E17, 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	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Acenafilene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Antracene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Benzo (a) antracene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Benzo (a) pirene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Benzo (b) fluorantene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Benzo (g,h,i) perilene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Benzo (k) fluorantene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Crisene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Dibenzo (a,h) antracene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Fenantrene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Fluorantene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Fluorene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Indeno (1,2,3 - c,d) pirene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Naftalene	0,058	0,047	0,018	< 0,001	0,024	0,050
Pirene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Dibutilstagno	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001

Tabella 68 - Concentrazione degli IPA e dei composti organostannici presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna E17, sono espressi in mg/kg.						
Monobutilstagno	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Tributilstagno	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001

Cloroderivati

I risultati della ricerca dei cloroderivati sono riportati nella **Tabella 69**. I dati suggeriscono una sostanziale assenza di fenomeni di bioaccumulo nei mitili trapiantati sull'FSRU.

Tabella 69 - Concentrazione degli cloroderivati presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna E17, 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	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
2,4-dicloro fenolo	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
4-cloro-3-metil fenolo	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Pentacloro fenolo	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
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 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	<0,20	<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	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15
Tricloro Etilene	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25
1,2-Dibromo Etano	<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
Dibromoacetoneitrile	<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 non emerge alcuna contaminazione fecale (**Tabella 70**).

Tabella 70 - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna E17, 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

6.3.4 Biomarkers

Neutral Red Retention Time (NRRT).

Dalla valutazione del tempo di ritenzione del colorante vitale rosso neutro all'interno dei lisosomi degli emociti di mitilo emerge una ampia variabilità nelle risposte individuali nelle stazioni presso il Terminale FSRU, le quali sono anche caratterizzate da una integrità lisosomale mediamente più bassa rispetto ai controlli (Stazione E, bianco Gorgona). Tuttavia, dall'analisi statistica è emerso che le differenze tra le medie non sono significative, pertanto non è possibile imputare i risultati osservati ad un impatto delle attività del Terminale nel periodo indagato.

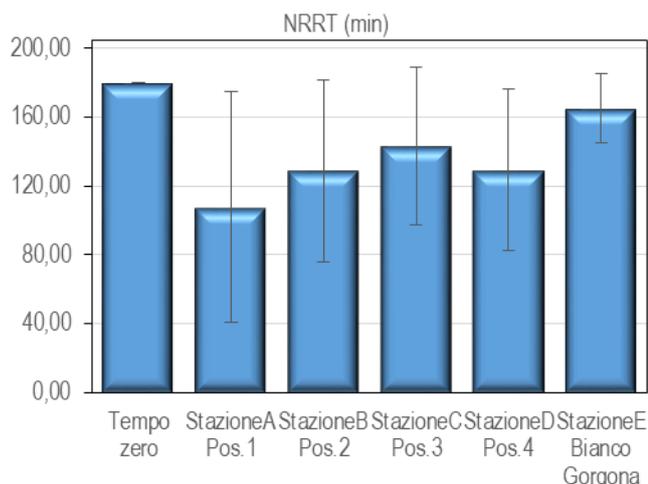


Figura 60 - Valutazione del danno cellulare mediante la misura del tempo di ritenzione del colorante vitale Rosso Neutro (NRRT) nei lisosomi degli emociti di mitilo. Valori alti del tempo di ritenzione corrispondono ad una maggiore integrità.

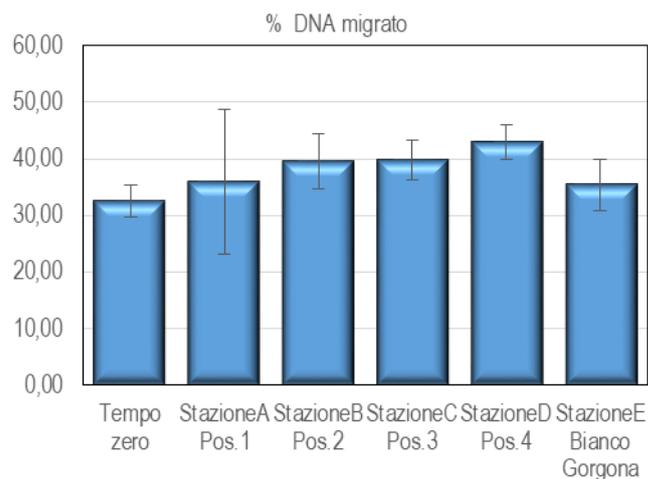


Figura 61 – Valutazione del grado di integrità del DNA mediante Comet assay. Valori elevati della percentuale di DNA migrato corrispondono ad una maggiore entità del danno.

Comet Assay

Dall'analisi dei campioni E17 è emerso che i mitili prelevati dalle stazioni poste lungo il Terminale presentavano un grado di frammentazione del DNA leggermente maggiore rispetto ai controlli (Stazione E-Bianco Gorgona). Tuttavia, solo il campione prelevato dalla stazione D (Pos. 4) ha mostrato un grado di danno significativamente superiore a quello dei mitili di controllo (**Figura 61**).

Analisi istologica del tessuto branchiale

L'analisi istologica delle branchie di mitilo non ha evidenziato differenze significative tra i mitili della stazione di controllo e quelli prelevati presso il Terminale FSRU (**Tabella 71**, **Figura 62**).

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	1
	2	1		2	1
	3	1		3	2
	4	2		4	2
	5	1		5	1
Stazione A (Pos. 1)	1	1	Stazione D (Pos. 4)	1	1
	2	1		2	1
	3	1		3	2
	4	2		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	3
	4	1		4	1
	5	1		5	2

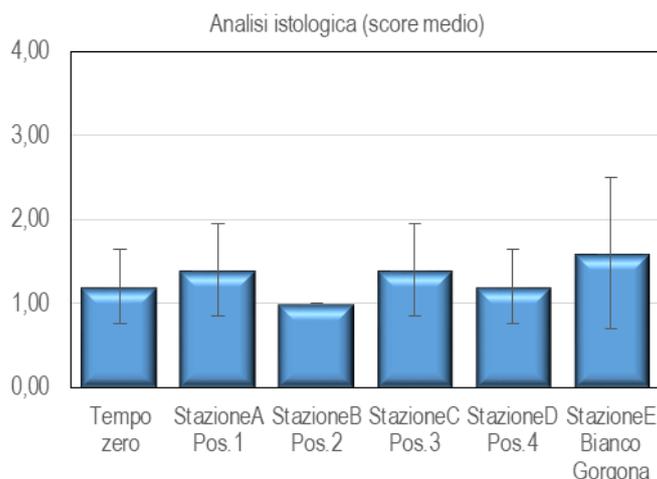


Figura 62 - Analisi istologica delle branchie di mitilo. Il parametro rappresentato nel grafico è il punteggio medio (score) per ciascuna delle stazioni indagate. La scala va da 1 a 5; il punteggio 1 indica una condizione di integrità mentre il punteggio 5 indica una forte compromissione della struttura dei filamenti branchiali.

6.3.5 Fauna ittica bentonectonica

Nella **Tabella 72** sono indicate le specie catturate durante i campionamenti effettuati con la rete a strascico e con le reti da posta in prossimità del Terminale (per lo strascico: stazioni S1, S2, S3, e S4; per le reti da posta: stazioni P1, P2, P3 e P4) e nelle due stazioni scelte come controllo (SC per la rete a strascico; PC per le reti da posta) nel corso della campagna Estate 2017.

In totale sono state catturate 82 specie.

Durante il campionamento effettuato con la rete a strascico sono state catturate 36 specie di Osteitti, 2 di Condroitti, 7 di Crostacei Decapodi e 9 di Molluschi Cefalopodi.

Il campionamento condotto con le reti da posta ha portato alla raccolta in totale di 16 specie di Osteitti, 3 di Condroitti e 3 di Crostacei Decapodi. Non sono stati catturati Molluschi Cefalopodi.

Tabella 72 – Lista delle specie catturate con la rete a strascico e le reti da posta: Strascico: E17 S1-S4 = stazioni campionate in prossimità del terminale; E17 SC = stazione di controllo. Reti da posta: E17 P1-P4 = stazioni campionate in prossimità del terminale; E17 PC = stazione di controllo.

Osteitti	Strascico		Reti da posta		Crostacei decapodi	Strascico		Reti da posta	
	E17 S1-S4	E17 SC	E17 P1-P4	E17 PC		E17 S1-S4	E17 SC	E17 P1-P4	E17 PC
<i>Antonogadus megalokynodon</i> (Kolombatovic, 1894)	*				<i>Macropipus tuberculatus</i> (Roux, 1830)	*			
<i>Argentina sphyraena</i> Linnaeus, 1758	*				<i>Pagurus excavatus</i> (Herbst, 1791)	*	*		
<i>Arnoglossus laterna</i> (Walbaum, 1792)	*	*			<i>Palinurus elephas</i> (Fabricius, 1787)			*	
<i>Aspitrigla cuculus</i> (Linnaeus, 1758)	*				<i>Parapenaeus longirostris</i> (H. Lucas, 1846)	*	*	*	
<i>Boops boops</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	*		<i>Plesionika edwardsii</i> (Brandt, 1851)	*			
<i>Capros aper</i> (Linnaeus, 1758)	*				Molluschi cefalopodi				
<i>Chelidonichthys lucerna</i> (Linnaeus, 1758)	*		*		<i>Eledone cirrhosa</i> (Lamarck, 1798)	*	*		
<i>Citharus linguatula</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	*	*	<i>Illex coindetii</i> (Vérany, 1839)	*			
<i>Conger conger</i> (Linnaeus, 1758)	*				<i>Loligo (Alloteuthis) media</i> (Linnaeus, 1758)	*			
<i>Engraulis encrasicolus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*			<i>Loligo (Alloteuthis) sp.</i>	*			
<i>Eutrigla gurnardus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*			<i>Loligo vulgaris</i> Lamarck, 1798	*			
<i>Lepidorhombus boscii</i> (Risso, 1810)	*	*	*		<i>Octopus vulgaris</i> Cuvier, 1797	*			
<i>Lepidotrigla cavillone</i> (Lacépède, 1801)	*	*	*		<i>Sepia elegans</i> Blainville, 1827	*	*		
<i>Lophius budegassa</i> Spinola, 1807	*	*	*	*	<i>Sepietta oweniana</i> (d'Orbigny, 1841)	*	*		
<i>Lophius piscatorius</i> Linnaeus, 1758	*	*	*		<i>Scaevargus unicolor</i> (Delle Chiaje, 1841)	*			
<i>Macroramphosus scolopax</i> (Linnaeus, 1758)	*				<i>Todaropsis eblanae</i> (Ball, 1841)	*			
<i>Merluccius merluccius</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	*		Altro				
<i>Mullus barbatus</i> Linnaeus, 1758	*	*			<i>Alcyonium palmatum</i> Pallas, 1766	*	*		*
<i>Pagellus acame</i> (Risso, 1826)	*		*		<i>Antedon mediterranea</i> Lamarck, 1816	*	*		
<i>Pagellus erythrinus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	*		<i>Aporrhais pespelecani</i> (Linnaeus, 1758)		*		

Tabella 72 – Lista delle specie catturate con la rete a strascico e le reti da posta: Strascico: E17 S1-S4 = stazioni campionate in prossimità del terminale; E17 SC = stazione di controllo. Reti da posta: E17 P1-P4 = stazioni campionate in prossimità del terminale; E17 PC = stazione di controllo.

	Strascico		Reti da posta			Strascico		Reti da posta	
	*	*	*	*		*	*	*	*
<i>Phycis blennoides</i> (Brünnich, 1768)	*				<i>Aporrhais serresianus</i> (Michaud, 1828)	*			
<i>Sardina pilchardus</i> (Walbaum, 1792)		*			<i>Ascidia mentula</i> O.F. Müller, 1776	*	*		*
<i>Scomber colias</i> Gmelin, 1789	*		*		<i>Astropecten aranciacus</i> (Linnaeus, 1758)				
<i>Scorpaena elongata</i> Cadenat, 1943	*				<i>Astropecten i. pentacanthus</i> (Delle Chiaje, 1825)	*	*		
<i>Scorpaena notata</i> Rafinesque, 1810	*	*			<i>Botryllus schlosseri</i> (Pallas, 1776)	*			
<i>Scorpaena scrofa</i> Linnaeus, 1758			*		<i>Calliostoma granulatum</i> (Born, 1778)	*	*		
<i>Serranus cabrilla</i> (Linnaeus, 1758)	*		*		<i>Cidaris cidaris</i> (Linnaeus, 1758)	*			*
<i>Serranus hepatus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*			<i>Echinus melo</i> Lamarck, 1816	*	*		
<i>Solea vulgaris</i> Quensel, 1806			*	*	<i>Funiculina quadrangularis</i> (Pallas, 1766)	*			*
<i>Spicara flexuosa</i> Rafinesque, 1810	*				<i>Galeodea echinofora</i> (Linnaeus, 1758)	*	*		
<i>Spicara smaris</i> (Linnaeus, 1758)				*	<i>Leptometra phalangium</i> (J. Müller, 1841)	*			
<i>Trachinus draco</i> Linnaeus, 1758	*				<i>Marthasterias glacialis</i> (Linnaeus, 1758)	*			
<i>Trachurus m. mediterraneus</i> (Steindachner, 1868)	*	*	*	*	<i>Microcosmus</i> sp.	*			
<i>Trachurus picturatus</i> (Bowdick, 1825)	*				<i>Neopycnodonte cochlear</i> (Poli, 1795)				*
<i>Trachurus trachurus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*			<i>Ophiopsila annulosa</i> (M.Sars, 1857)				*
<i>Trisopterus capelanus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*			<i>Ophiura</i> spp.	*	*		
<i>Trigla lyra</i> Linnaeus, 1758	*				<i>Ophiura texturata</i> Lamarck, 1816	*			
<i>Trigloporus lastoviza</i> (Bonnaterre, 1788)	*				<i>Ostrea</i> sp.	*			
<i>Zeus faber</i> Linnaeus, 1758	*	*			<i>Pennatula phosphorea</i> Linnaeus, 1758	*			
Condroitti					<i>Pennatula rubra</i> (Ellis, 1764)	*	*		
<i>Raja asterias</i> Delaroche, 1809			*		<i>Scaphander lignarius</i> (Linnaeus, 1758)	*			
<i>Raja clavata</i> Linnaeus, 1758	*		*		<i>Squilla mantis</i> (Linnaeus, 1758)	*			*
<i>Scyliorhinus canicula</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	*	*	<i>Stichopus regalis</i> (Cuvier, 1817)	*	*		*
Crostacei Decapodi					<i>Suberites domuncula</i> (Olivi, 1792)	*			
<i>Goneplax rhomboides</i> (Linnaeus, 1758)		*	*		<i>Tethyaster subinermis</i> (Philippi, 1837)	*			
<i>Liocarcinus depurator</i> (Leach, 1814)	*				<i>Trachythone tergestina</i> (M. Sars, 1857)	*	*		
<i>Lysmata seticaudata</i> (Risso, 1816)	*								

Indici di densità e biomassa per gruppi tassonomici

Nella **Figura 63** si riporta la composizione percentuale delle catture, espressa con indici di densità e biomassa, dei principali gruppi tassonomici campionati con le reti da posta.

I Condroitti risultano il gruppo più rappresentativo, con indici molto alti sia nelle stazioni in prossimità del Terminale (E17 P1-P4) che nella stazione di controllo (E17 PC). I Condroitti costituiscono il 78% della densità media delle stazioni E17 P1-P4 ed il 52% della stazione di controllo E17 PC. Nel caso della biomassa media questo gruppo contribuisce con il 79% nelle stazioni E17 P1-P4 e con il 60% nella stazione E17 PC.

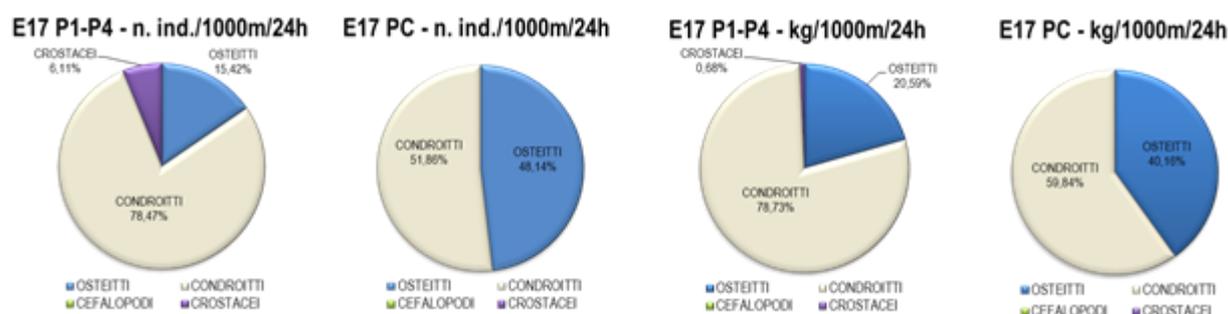


Figura 63 - Reti da posta: composizione percentuale delle catture, espressa come n. individui/1000m/24h (densità) e kg/1000m/24h (bomassa), dei principali gruppi tassonomici campionati nelle stazioni E17 P1-P4 e E17 PC.

Gli Osteitti, in relazione all'indice di densità, contribuiscono per il 15% nelle stazioni E17 P1-P4 e per il 48% nella stazione di controllo E17 PC. In biomassa il gruppo degli Osteitti rappresenta il 21% per le stazioni in prossimità del Terminale ed il 40% per la stazione di controllo. Il gruppo dei Crostacei Decapodi è stato campionato esclusivamente nelle stazioni in prossimità del Terminale, (E17 P1-P4) mostrando indici in densità e in biomassa molto bassi (6% e 0,7% rispettivamente).

Non sono stati catturati Molluschi Cefalopodi

Nella **Figura 64** è riportata la composizione in percentuale delle catture dei principali gruppi tassonomici campionati con la rete a strascico. Il gruppo degli Osteitti costituisce il 59% della densità registrata nelle stazioni in prossimità del Terminale (E17 S1-S4) ed il 77% di quella registrata nella stazione di controllo (E17 SC). L'indice di biomassa di questo gruppo è pari al 67% per le stazioni E17 S1-S4 e al 65% per la stazione E17 SC.

I Condroitti mostrano, in termini di densità, un contributo pari al 6% sia per le stazioni E17 S1-S4 che per la stazione E17 SC. Dal punto di vista della biomassa questo gruppo rappresenta il 25% nella stazioni in prossimità del Terminale ed il 30% nella stazione di controllo.

Il gruppo dei Molluschi Cefalopodi rappresenta il 3% ed il 2% della densità nelle stazioni E17 S1-S4 e E17 SC, rispettivamente. Il contributo percentuale dell'indice di biomassa per questo gruppo è pari al 2% per le stazioni poste in prossimità del Terminale (E17 S1-S4) ed all'1% per la stazione di controllo (E17 SC).

L'indice di densità dei Crostacei Decapodi è pari al 33% nelle stazioni E17 S1-S4 e al 15% nella stazione E17 SC. L'indice di biomassa si attesta invece sul 6% per le stazioni in prossimità del Terminale (E17 S1-S4) e sul 4% per la stazione E17 SC.

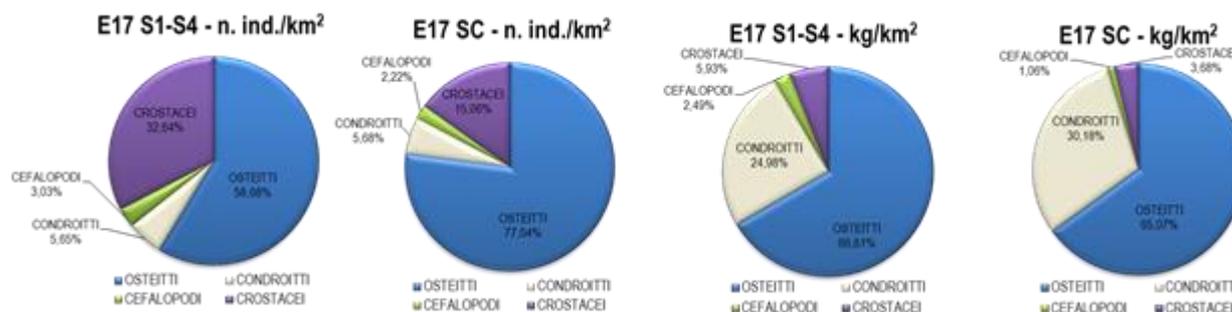


Figura 64 - Rete a strascico: composizione percentuale delle catture, espressa come n. individui/km² (densità) e kg/km² (biomassa), dei principali gruppi tassonomici campionati nelle stazioni E17 S1-S4 e E17 SC.

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. La specie più abbondante in assoluto è il gattuccio, *Scylliorhinus canicula*, con valori in densità di 84 ind./1000m/24h nel gruppo di stazioni E17 P1-P4 e di 14 ind./1000m/24h nella stazione E17 PC. L'indice di biomassa per il gattuccio è pari a 17,5 kg/1000m/24h per le stazioni poste in prossimità del Terminale (E17 P1-P4) e a 2,8 kg/1000m/24h per la stazione di controllo (E17 PC). Tra gli Osteitti le specie con gli indici di densità e biomassa più elevati sono la gallinella, *Chelidonichthys lucerna*, con valori di 5 ind./1000m/24h e 0,2 kg/1000m/24h rispettivamente per il gruppo di stazioni E17 P1-P4 e di 9 ind./1000m/24h e 0,5 kg/1000m/24h per la stazione E17 PC, seguita dalla rana pescatrice, *Lophius budegassa*, con indici di densità e biomassa pari a 3 ind./1000m/24h e 3,5 kg/1000m/24h per le stazioni in prossimità del Terminale e di 1 ind./1000m/24h e 1 kg/1000m/24h rispettivamente per la stazione di controllo. Per le altre specie catturate gli indici sono molto bassi.

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 E17 P1-P4 e nella stazione di controllo E17 PC. *: DS<0,05.

	E17 P1-P4		E17 PC	
	n. ind./1000m/24h	kg/1000m/24h	n. ind./1000m/24h	kg/1000m/24h
OSTEITTI				
<i>Boops boops</i>	0,4 \pm 1,4	0,02 \pm 0,1		
<i>Chelidonichthys lucerna</i>	0,8 \pm 1,5	0,11 \pm 0,2		
<i>Citharus linguatula</i>	5,2 \pm 5,4	0,21 \pm 0,2	9,2	0,51
<i>Lepidorhombus boschii</i>	0,4 \pm 1,3	0,04 \pm 0,1		
<i>Lepidotrigla cavillone</i>	1,6 \pm 5,5	0,02 \pm 0,1		
<i>Lophius budegassa</i>	3,2 \pm 2,9	3,54 \pm 5,3	1,0	1,01
<i>Lophius piscatorius</i>	0,4 \pm 1,3	0,19 \pm 0,6		
<i>Merluccius merluccius</i>	1,5 \pm 2,2	1,00 \pm 2,0		
<i>Pagellus acame</i>	0,3 \pm 0,9	0,01*		
<i>Pagellus erythrinus</i>	0,8 \pm 1,6	0,05 \pm 0,1		
<i>Scomber japonicus</i>	0,3 \pm 0,9	0,03 \pm 0,1		
<i>Scorpaena scrofa</i>	0,4 \pm 1,3	0,24 \pm 0,8		
<i>Serranus cabrilla</i>	0,8 \pm 2,7	0,06 \pm 0,2		

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 E17 P1-P4 e nella stazione di controllo E17 PC. *: DS<0,05.

	E17 P1-P4		E17 PC	
	n. ind./1000m/24h	kg/1000m/24h	n. ind./1000m/24h	kg/1000m/24h
<i>Solea vulgaris</i>	0,8 \pm 1,5	0,17 \pm 0,3	1,0	0,21
<i>Spicara smaris</i>			1,0	0,08
<i>Trachurus mediterraneus</i>	0,4 \pm 1,3	0,02 \pm 0,1	1,0	0,06
CONDROITTI				
<i>Raja asterias</i>	0,4 \pm 1,4	0,47 \pm 1,6		
<i>Raja clavata</i>	1,9 \pm 5,1	4,22 \pm 11,9		
<i>Scylliorhinus canicula</i>	84,4 \pm 70,4	17,50 \pm 13,3	14,3	2,79
CROSTACEI DECAPODI				
<i>Goneplax rhomboides</i>	0,4 \pm 1,3	0,001*		
<i>Palinurus elephas</i>	0,4 \pm 1,3	0,11 \pm 0,4		
<i>Parapenaeus longirostris</i>	5,7 \pm 7,6	0,07 \pm 0,1		
ALTRO				
<i>Alcyonium palmatum</i>	1,8 \pm 1,5	0,02*	1,0	0,02
<i>Ascidia mentula</i>	0,8 \pm 1,5	0,01*		
<i>Cidaris cidaris</i>	0,5 \pm 1,8	0,02 \pm 0,1		
<i>Funiculina quadrangularis</i>	0,3 \pm 0,9	0,003*		
<i>Neopycnodonte cochlear</i>	0,4 \pm 1,3	0,01*		
<i>Ophiopsila annulosa</i>	0,4 \pm 1,4	0,0007*		
<i>Squilla mantis</i>	0,3 \pm 0,9	0,01*		
<i>Sticopus regalis</i>	0,4 \pm 1,3	0,06 \pm 0,2		

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 in prossimità del Terminale (E17 S1-S4) la specie più abbondante in assoluto è il gambero bianco, *Parapenaeus longirostris*, con un indice di densità di 3430 ind./km² e un indice di biomassa di 24,5 kg/km². Tra gli Osteitti la specie più abbondante è la triglia di fango, *Mullus barbatus*, con un indice di densità di 2138 ind./km² ed un indice di biomassa di 71,2 kg/km². Altri Osteitti per i quali sono stati stimati indici elevati sono il caviglione, *Lepidotrigla cavillone*, con indici di densità e di biomassa di 866 ind./km² e di 10,4 kg/km² rispettivamente, il nasello, *Merluccius merluccius* (524 ind./km² e 20,7 kg/km²), il merluzzetto, *Trisopterus capelanus*, (470 ind./km² e 5,3 kg/km²) e il sacchetto, *Serranus hepatus*, con un indice di densità di 377 ind./km² e un indice di biomassa di 4,7 kg/km². Nel gruppo dei Condroititi la specie più abbondante è il gattuccio *S. canicula* con indici di densità e biomassa di 592 ind./km² e 92,7 kg/km² rispettivamente.

Fra i Molluschi Cefalopodi la specie più abbondante è la seppia elegante, *Sepia elegans*, con un indice di densità di 108 ind./km² e un indice in biomassa di 1,3 kg/km², seguita dal totano, *Illex coindetii*, con indici di densità e biomassa di 83 ind./km² e 2,7 kg/km² rispettivamente e dal moscardino, *Eledone cirrhosa*, (39 ind./km² e 0,8 kg/km²). Nel gruppo indicato come "Altro" le specie più abbondanti sono i due crinoidi *Leptometra phalangium*, con un indice di densità di 44037 ind./km² e un indice di biomassa di 107,6 kg/km² e *Antedon mediterranea*, con indici di densità e biomassa pari a 1957 ind./km² e 8 kg/km² rispettivamente e l'echinoderma *Astropecten irregularis pentacanthus* (1683 ind./km² e 2,4 kg/km²)

Nella stazione di controllo E17 SC la specie più abbondante in assoluto è la triglia di fango, *M. barbatus*, con un indice di densità di 1644 ind./km² e un indice di biomassa di 55,1 kg/km². Nel gruppo degli Osteitti sono particolarmente abbondanti anche il nasello *M. merluccius* (959 ind./km² e 30,7 kg/km²), il caviglione, *L. cavillone*, con indici di densità e biomassa di 763 ind./km² e 9,4 kg/km² rispettivamente, il sugarello *Trachurus trachurus* (743 ind./km² e 7,2 kg/km²) ed il merluzzetto, *T. capelanus*, con un indice di densità di 607 ind./km² ed un indice di biomassa di 6,3 kg/km². Nella stazione di controllo il gruppo dei Condroititi è rappresentato solo dal gattuccio *S. canicula*, con un indice di densità di 450 ind./km² e un indice di biomassa di 74,7 kg/km². Tra i Crostacei Decapodi la specie più abbondante è il gambero bianco *P. longirostris* (1154 ind./km² e 9 kg/km²). Tra i Molluschi Cefalopodi la specie più abbondante, come nelle stazioni in prossimità del Terminale, è la seppia elegante, *S. elegans*, con un indice di densità di 137 ind./km² e un indice di biomassa di 2,2 kg/km². Nella stazione E17 SC le specie più abbondanti appartenenti al gruppo "Altro" sono l'echinoderma *A. irregularis pentacanthus*, con un indice di densità di 3914 ind./km² e un indice di biomassa di 4,5 kg/km² e l'antozoo *Alcyonium palmatum* (352 ind./km² e 0,3 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 E17 S1-S4 e nella stazione di controllo E17 SC. *: DS<0,05.

	E17 S1-S4		E17 SC	
	n. ind./km ²	kg/km ²	n. ind./km ²	kg/km ²
OSTEITTI				
<i>Antonogadus megalokynodon</i>	4,9 \pm 16,9	0,05 \pm 0,2		
<i>Argentina sphyraena</i>	88,1 \pm 178,3	1,19 \pm 2,4		
<i>Amoglossus laterna</i>	4,9 \pm 16,9	0,02 \pm 0,1	19,6	0,04
<i>Aspitrigla cuculus</i>	9,8 \pm 33,9	0,17 \pm 0,6		
<i>Boops boops</i>	73,4 \pm 97,4	3,96 \pm 5,2	39,1	2,37
<i>Capros aper</i>	19,6 \pm 47,9	0,07 \pm 0,2		
<i>Chelidonichthys lucerna</i>	29,4 \pm 58,6	3,76 \pm 5,3		
<i>Citharus linguatula</i>	14,7 \pm 16,9	0,70 \pm 0,9	39,1	1,37
<i>Conger conger</i>	4,9 \pm 16,9	29,36 \pm 101,7		
<i>Engraulis encrasicolus</i>	29,4 \pm 43,8	0,23 \pm 0,5	58,7	0,45
<i>Eutrigla gurnardus</i>	137 \pm 138,4	0,70 \pm 0,7	508,9	3,74
<i>Lepidorhombus bosci</i>	137,0 \pm 159,0	7,35 \pm 5,3	78,3	5,81
<i>Lepidotrigla cavillone</i>	866,1 \pm 957,4	10,41 \pm 11,6	763,3	9,41
<i>Lophius budegassa</i>	146,8 \pm 105,4	72,04 \pm 86,2	117,4	27,46
<i>Lophius piscatorius</i>	4,9 \pm 16,9	3,08 \pm 10,7	19,6	0,33
<i>Macroramphosus scolopax</i>	357,2 \pm 966,1	2,39 \pm 6,4		
<i>Merluccius merluccius</i>	523,6 \pm 280,1	20,66 \pm 3,7	959,0	30,73
<i>Mullus barbatus</i>	2138,3 \pm 1423,4	71,20 \pm 30,3	1644,1	55,06
<i>Pagellus acarne</i>	4,9 \pm 16,9	0,16 \pm 0,6		
<i>Pagellus erythrinus</i>	127,2 \pm 176,1	8,60 \pm 14,3	58,7	3,78
<i>Phycis blennoides</i>	4,9 \pm 16,9	0,04 \pm 0,1		
<i>Sardina pilchardus</i>			19,6	0,33
<i>Scomber colias</i>	9,8 \pm 19,6	1,18 \pm 2,4		
<i>Scorpaena elongata</i>	9,8 \pm 19,6	2,13 \pm 6,5		
<i>Scorpaena notata</i>	4,9 \pm 16,9	0,11 \pm 0,4	78,3	2,39
<i>Serranus cabrilla</i>	53,8 \pm 84,7	2,62 \pm 3,5		
<i>Serranus hepatus</i>	376,8 \pm 534,1	4,71 \pm 6,8	137,0	1,78
<i>Spicara flexuosa</i>	4,9 \pm 16,9	0,21 \pm 0,7		
<i>Trachinus draco</i>	9,8 \pm 19,6	0,56 \pm 1,1		
<i>Trachurus mediterraneus</i>	195,7 \pm 410,5	6,84 \pm 10,3	195,7	1,74
<i>Trachurus picturatus</i>	9,8 \pm 33,9	0,69 \pm 2,4		
<i>Trachurus trachurus</i>	318,0 \pm 415,5	4,12 \pm 3,2	743,7	7,22
<i>Trigla lyra</i>	9,8 \pm 19,6	0,08 \pm 0,2		
<i>Trigloporus lastoviza</i>	4,9 \pm 16,9	0,25 \pm 0,9		
<i>Trisopterus capelanus</i>	469,7 \pm 521,5	5,34 \pm 5,2	606,7	6,32
<i>Zeus faber</i>	48,9 \pm 128,3	12,53 \pm 42,5	19,6	0,18
CONDROITTI				
<i>Raja clavata</i>	9,8 \pm 19,6	11,55 \pm 25,7		
<i>Scylliorhinus canicula</i>	592,1 \pm 412,8	92,67 \pm 42,8	450,2	74,71
CROSTACEI DECAPODI				
<i>Goneplax rhomboides</i>			19,6	0,06
<i>Liocarcinus depurator</i>	4,9 \pm 16,9	0,02 \pm 0,1		
<i>Lysmata seticaudata</i>	9,8 \pm 33,9	0,03 \pm 0,1		

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 E17 S1-S4 e nella stazione di controllo E17 SC. *: DS<0,05.

	E17 S1-S4		E17 SC	
	n. ind./km ²	kg/km ²	n. ind./km ²	kg/km ²
<i>Macropipus tuberculatus</i>	4,9 \pm 16,9	0,04 \pm 0,2		
<i>Pagurus excavatus</i>	19,6 \pm 47,9	0,06 \pm 0,2	19,6	0,06
<i>Parapenaeus longirostris</i>	3430,0 \pm 4625,7	24,48 \pm 27,5	1154,8	9,00
<i>Plesionika edwardsii</i>	4,9 \pm 16,9	0,02 \pm 0,1		
MOLLUSCHI CEFALOPODI				
<i>Alloteuthis</i> sp.	19,6 \pm 47,9	0,06 \pm 0,2		
<i>Eledone cirrhosa</i>	39,1 \pm 27,7	0,78 \pm 0,7	19,6	0,25
<i>Illex coindetii</i>	83,2 \pm 162,3	2,71 \pm 5,3		
<i>Loligo (Alloteuthis) media</i>	9,8 \pm 33,9	0,08 \pm 0,3		
<i>Loligo vulgaris</i>	14,7 \pm 50,8	0,58 \pm 2,0		
<i>Octopus vulgaris</i>	14,7 \pm 32,5	4,33 \pm 11,0		
<i>Scaevurgus unicirrhus</i>	4,9 \pm 16,9	0,17 \pm 0,6		
<i>Sepia elegans</i>	107,6 \pm 169,5	1,29 \pm 1,9	137,0	2,19
<i>Sepietta oweniana</i>	24,5 \pm 42,7	0,20 \pm 0,4	19,6	0,18
<i>Todaropsis eblanae</i>	4,9 \pm 16,9	0,17 \pm 0,6		
ALTRO				
<i>Alcyonium palmatum</i>	161,5 \pm 383,9	1,76 \pm 3,9	352,3	2,54
<i>Antedon mediterranea</i>	1957,2 \pm 6780	7,98 \pm 15,1	39,1	0,10
<i>Aporrhais pespelecani</i>			195,7	0,39
<i>Aporrhais serresianus</i>	53,8 \pm 115,4	0,22 \pm 0,4		
<i>Ascidia mentula</i>	381,7 \pm 757,8	8,66 \pm 17,0	195,7	10,18
<i>Astropecten irregularis pentacanthus</i>	1683,2 \pm 3091,7	2,35 \pm 5,3	3914,4	4,50
<i>Botryllus schlosseri</i>	9,8 \pm 19,6	1,13 \pm 2,9		
<i>Calliostoma granulatum</i>	4,9 \pm 16,9	0,02 \pm 0,1	39,1	0,16
<i>Cidaris cidaris</i>	88,1 \pm 184,6	3,50 \pm 7,3		
<i>Echinus melo</i>	34,3 \pm 50,8	10,76 \pm 21,0	19,6	5,87
<i>Funiculina quadrangularis</i>	48,9 \pm 169,5	0,29 \pm 1,0		
<i>Galeodea echinofora</i>	53,8 \pm 93,4	0,37 \pm 0,5	137,0	1,96
<i>Leptometra phalangium</i>	44037,4 \pm 152549,9	107,65 \pm 217,1		
<i>Marthasterias glacialis</i>	4,9 \pm 16,9	0,98 \pm 3,4		
<i>Microcosmus</i> spp.	4,9 \pm 16,9	0,24 \pm 0,8		
<i>Ophiura</i> spp.	538,2 \pm 1099,0	2,69 \pm 5,5	78,3	0,29
<i>Ophiura texturata</i>	24,5 \pm 50,8	0,20 \pm 0,5		
<i>Ostrea</i> spp.	293,6 \pm 1017,0	2,94 \pm 10,2		
<i>Pennatula phosphorea</i>	9,8 \pm 33,9	0,10 \pm 0,3		
<i>Pennatula rubra</i>	14,7 \pm 32,5	0,12 \pm 0,3	19,6	0,20
<i>Scaphander lignarius</i>	4,9 \pm 16,9	0,02 \pm 0,1		
<i>Squilla mantis</i>	4,9 \pm 16,9	0,05 \pm 0,2		
<i>Stichopus regalis</i>	352,3 \pm 321,6	92,23 \pm 89,0	156,6	42,08
<i>Suberites domuncula</i>	29,4 \pm 101,7	0,83 \pm 2,9		
<i>Tethyaster subinermis</i>	4,9 \pm 16,9	0,24 \pm 0,8		
<i>Trachythone tergestina</i>	34,3 \pm 69,9	0,03 \pm 0,1	58,7	0,20

Indici di densità e biomassa delle specie più rappresentative

Nella fase di Bianco, sia per le reti da posta che per la rete a strascico, sono state scelte alcune specie più rappresentative delle catture totali, da analizzare dal punto di vista degli indici di densità e biomassa e delle distribuzioni di taglia-frequenza durante tutti i campionamenti successivi.

Reti da posta

Nella **Figura 65** 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 (E17 P1-P4: stazioni in prossimità del Terminale; E17 PC: stazione di controllo).

Il gattuccio *S. canicula* e la rana pescatrice *L. budegassa* mostrano indici sostanzialmente più elevati per le stazioni poste in prossimità del Terminale (E17 P1-P4). Nel caso della linguattola, *Citharus linguatula*, gli indici di densità e biomassa sono più elevati nella stazione E17 PC rispetto al gruppo di stazioni E17 P1-P4. Per la gallinella *C. lucerna* e la razza stellata, *Raja asterias*, catturate esclusivamente nelle stazioni E17 P1-P4, gli indici stimati sono molto bassi.

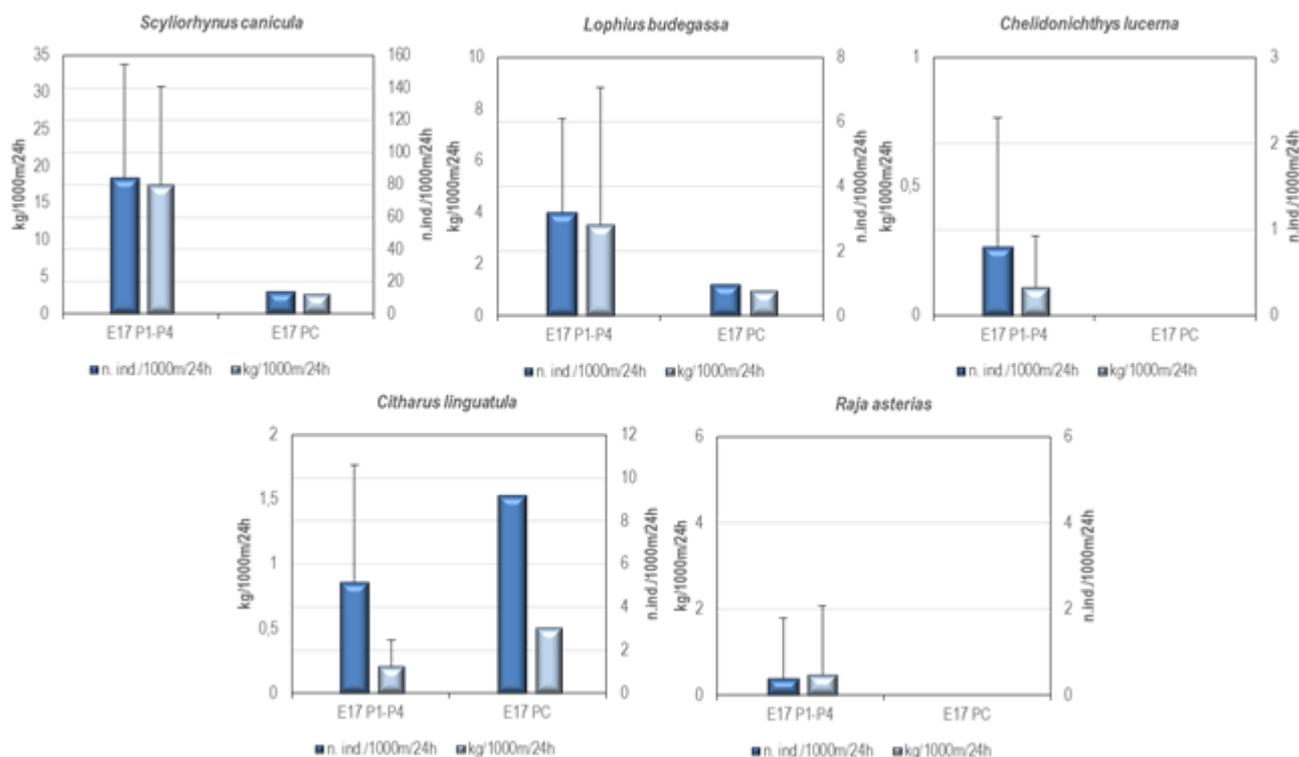


Figura 65 - Reti da posta: indici di densità e biomassa, stimati per le stazioni E17 P1-P4 e per la stazione E17 PC, per specie. Sono riportati i valori medi + la deviazione standard. In verde scuro n. individui/1000m²/24h, in verde chiaro kg/1000m²/24h.

Rete a strascico

Nella **Figura 66** sono riportati gli indici di densità e biomassa per alcune specie catturate con la rete a strascico.

La triglia di fango *M. barbatulus*, il merluzzetto *T. capelanus* e il gattuccio *S. canicula* non mostrano sostanziali differenze negli indici di densità e biomassa stimati per il gruppo di stazioni E17 S1-S4 e per la stazione E17 SC. Nel caso invece del sacchetto *S. hepatus*, del pagello fragolino *Pagellus erythrinus*, del gambero bianco *P. longirostris* e del moscardino *E. cirrhosa* gli indici di densità e biomassa sono più elevati nelle stazioni poste in prossimità del Terminale (E17 P1-P4); per il nasello *M. merluccius* e per lo scorfanotto, *Scorpaena notata*, questi stessi indici sono notevolmente più elevati nella stazione di controllo (E17 SC).

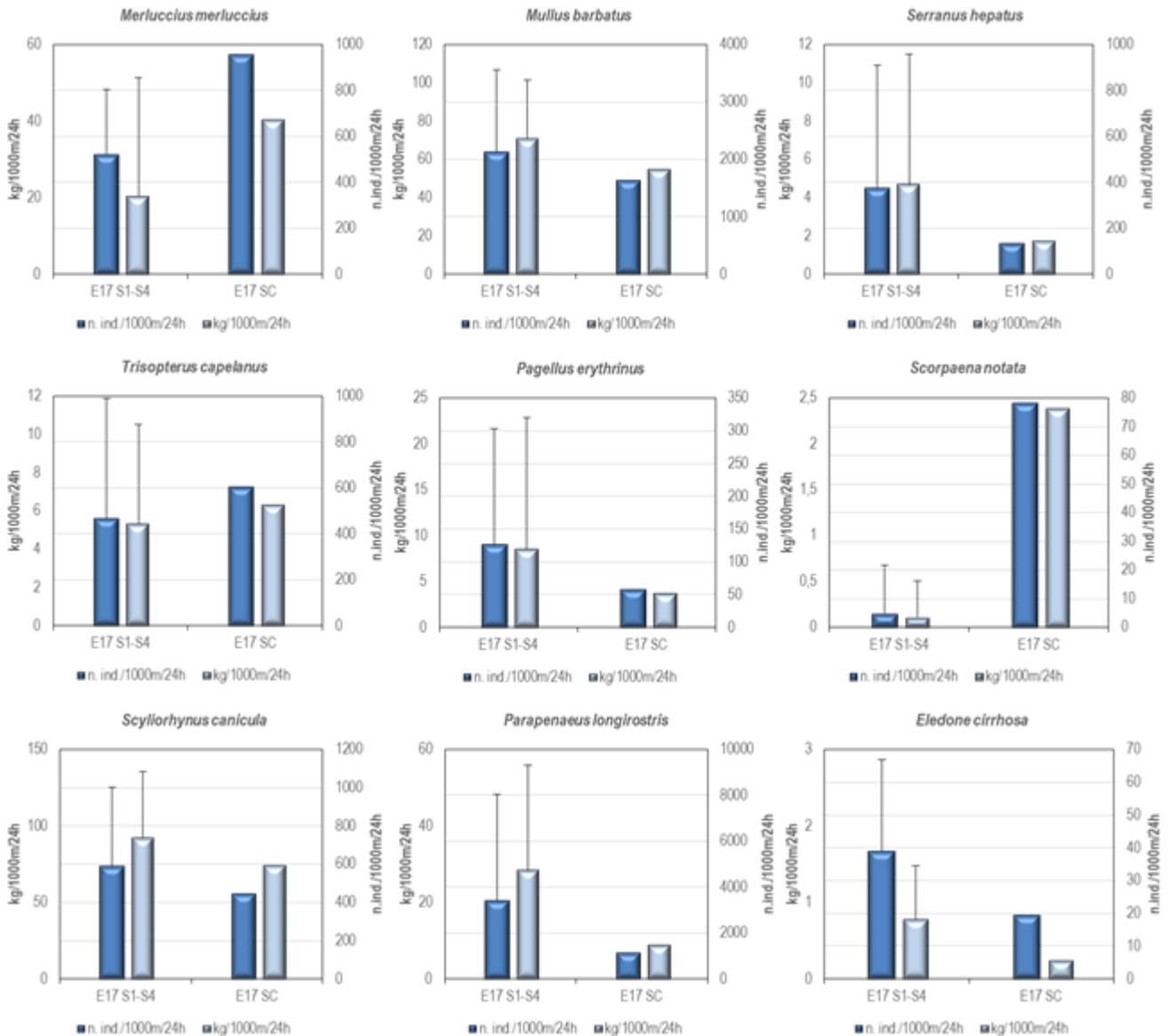


Figura 66 – Rete a strascico: indici di densità e biomassa, stimati per le stazioni E17 S1-S4 e per la stazione E17 SC, per specie. Sono riportati i valori medi + la deviazione standard. In marrone scuro n. individui/km², in marrone chiaro kg/km².

Distribuzioni taglia-frequenza per specie

Reti da posta

Nella **Figura 67** è illustrata la distribuzione di taglia/frequenza del gattuccio *S. canicula* catturato con le reti da posta. Visto lo scarso numero di individui campionati nella stazione E17 PC viene riportata solo la distribuzione di taglia degli esemplari catturati nelle stazioni E17 P1-P4. In questo gruppo di stazioni sono stati campionati 229 individui con taglia compresa tra 28 e 47 cm LT; è possibile individuare una moda a 37-38 cm LT. La maggior parte degli esemplari di gattuccio *S. canicula* si concentra tra 36 e 41 cm LT. Nella stazione di controllo E17 PC sono stati catturati solo 14 esemplari, con taglia compresa tra 30 e 43 cm LT.

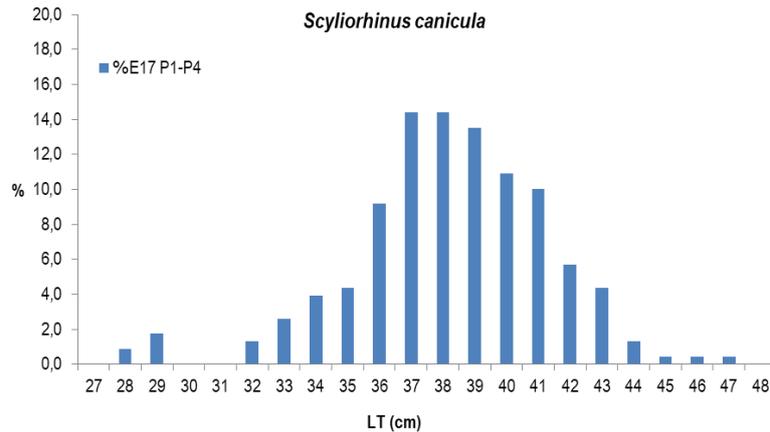


Figura 67 - Rete da posta: distribuzione taglia-frequenza del gattuccio (*Scyliorhinus canicula*). Num. individui: 229 (E17 P1-P4).

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. Sono stati campionati 10 individui di rana pescatrice *L. budegassa*: 9 esemplari con taglia compresa tra 23 e 54 cm LT sono stati catturati nelle stazioni in prossimità del terminale (E17 P1-P4), mentre 1 solo animale di 42 cm LT è stato campionato nella stazione di controllo (E17 PC). La razza stellata *R. asterias* è stata pescata solamente in una delle stazioni poste in prossimità del Terminale (E17 P1-P4; 1 individuo di 57 cm LT). Anche per la gallinella *C. lucerna* sono stati campionati solo 2 animali con taglia di 22 e 28 cm LT in due stazioni del gruppo E17 P1-P4. Nel caso della linguattola *C. linguatula* sono stati campionati 14 esemplari con taglia compresa tra 16 e 23 cm LT nelle stazioni E17 P1-P4, mentre nella stazione E17 PC sono stati catturati 9 animali con taglia compresa tra 16 e 19,5 cm LT.

Rete a strascico

Nel gruppo degli Osteitti la specie maggiormente catturata è la triglia di fango *M. barbatus*. Nel gruppo di stazioni E17 S1-S4 sono stati campionati 437 esemplari con taglia compresa tra 10,5 e 23 cm LT; nella stazione E17 SC gli individui catturati sono stati 84, aventi taglia tra 11,5 e 20,5 cm LT (**Figura 68**). La distribuzione di taglia degli organismi provenienti dalle stazioni poste in prossimità del Terminale mostra una moda a 13 cm LT. Nel caso della distribuzione di taglia degli organismi provenienti dalla stazione E17 SC la moda non è ben definita, con le maggiori percentuali di individui comprese tra 12,5 e 13 cm LT.

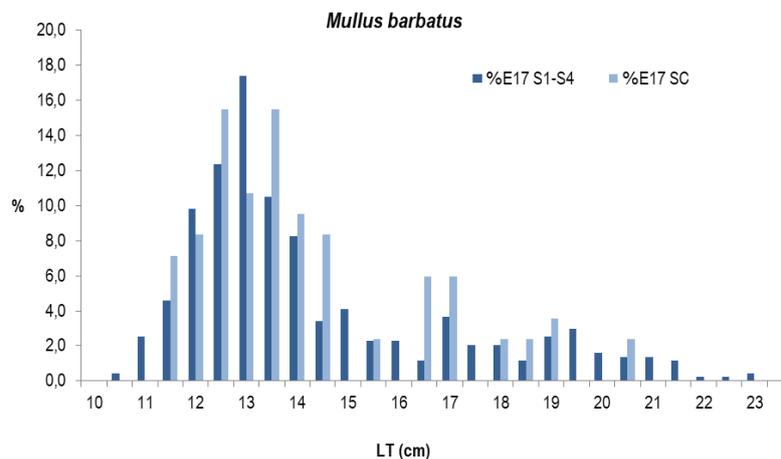


Figura 68 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza della triglia di fango (*Mullus barbatus*). Num. individui: 437 (E17 S1-S4), 84 (E17 SC).

Nel caso del nasello *M. merluccius* sono stati campionati 107 esemplari nelle stazioni E17 S1-S4, con taglia tra 8 e 31 cm LT, e 49 esemplari nella stazione E17 SC, con taglia compresa tra 8 e 30 cm LT (**Figura 69**). Mentre per gli esemplari catturati nelle stazioni in prossimità del Terminale (E17 S1-S4) è possibile evidenziare due mode, una a 10 cm LT e una a 19 cm LT, nel caso degli animali campionati nella stazione di controllo (E17 SC) si riscontra una struttura polimodale corrispondente a più classi di taglia.

Nel caso del merluzzetto, *T. capelanus* (**Figura 70**), sono stati campionati in totale 127 esemplari, 96 nel gruppo di stazioni E17 S1-S4 e 31 nella stazione E17 SC. La taglia degli animali campionati nelle stazioni in prossimità del Terminale è compresa tra 5 e 18,5 cm LT, mentre quella degli animali provenienti dalla stazione di controllo è compresa tra 6,5 e 18,5 cm LT. La distribuzione di taglia degli individui delle stazioni E17 S1-S4 mostra una moda a 8,5 cm LT, quella degli individui catturati nella stazione E17 SC ha una moda molto evidente a 9 cm LT.

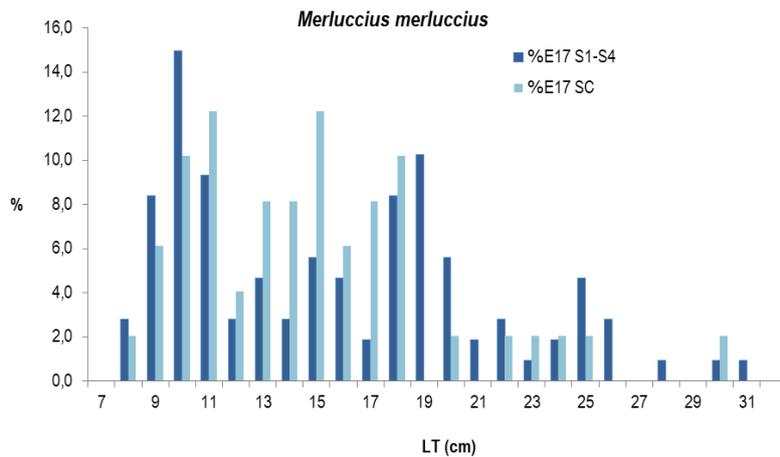


Figura 69 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del nasello (*Merluccius merluccius*). Num. individui: 107 (E17 S1-S4), 49 (E17 SC).

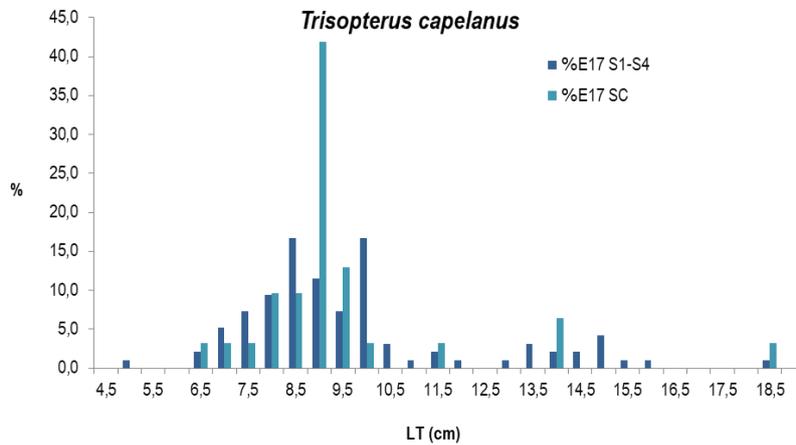


Figura 70 - Reti a strascico: distribuzione taglia-frequenza del merluzzetto (*Trisopterus capelanus*). Num. individui: 96 (E17 S1-S4), 31 (E17 SC).

Per il sacchetto *S. hepatus* viene fornita solo la distribuzione taglia-frequenza degli animali provenienti dalle stazioni E17 S1-S4. In totale nelle quattro stazioni sono stati campionati 77 animali, con taglia compresa tra 7,5 e 10,5 cm LT. Nella Figura 71 è evidente una moda a 9 cm LT. Nella stazione E17 SC sono stati catturati solo 7 esemplari di sacchetto *S. hepatus*, 4 animali di 9 cm LT e 3 con taglia di 9,5 cm LT.

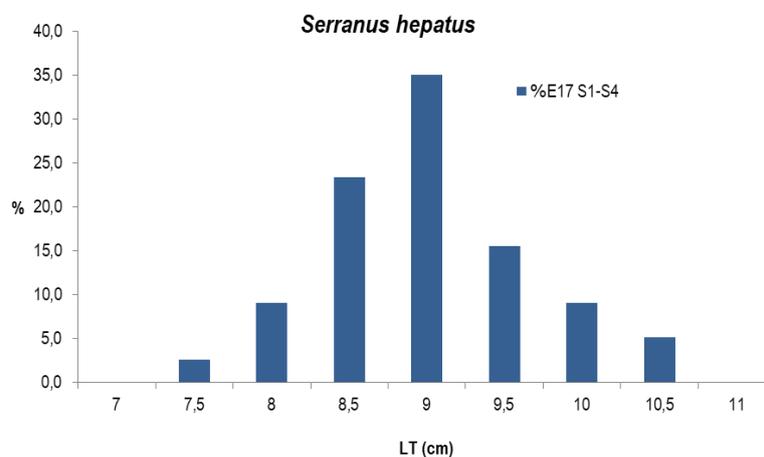


Figura 71 - Reti a strascico: distribuzione taglia-frequenza del sacchetto (*Serranus hepatus*). Num. individui: 77 (E17 S1-S4).

Per gli altri Osteitti scelti come specie di riferimento lo scarso numero di individui campionati non ha permesso di elaborare le distribuzioni di taglia-frequenza. Nel caso del pagello fragolino *P. erythrinus* sono stati catturati in totale 29 individui, 26 nelle stazioni E17 S1-S4 con taglia compresa tra 14 e 20 cm LT, e 3 nella stazione E17 SC, con taglie di 13, 16 e 19,5 cm LT. Lo scorfanotto *S. notata* è stato campionato in un'unica stazione del gruppo in prossimità del Terminale (1 esemplare di taglia 10,5 cm LT) e nella stazione di controllo (4 esemplari con taglia compresa tra 9 e 13 cm LT).

Il gattuccio *S. canicula* è presente nelle stazioni E17 S1-S4 con un totale di 121 individui, con taglia compresa tra 24 e 47 cm LT, e nella stazione E17 SC con 23 individui, con un intervallo di taglia tra 26 e 46 cm LT. (Figura 72). Entrambe le distribuzioni di taglia mostrano una struttura polimodale corrispondente e più classi di taglia.

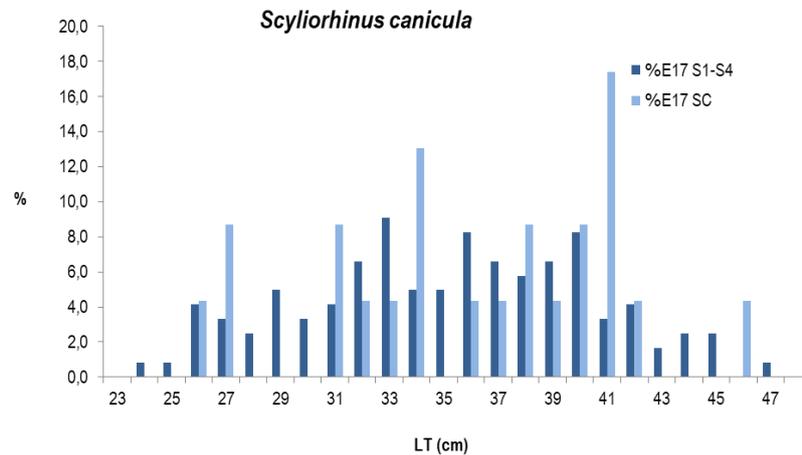


Figura 72 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del gattuccio (*Scyliorhinus canicula*). Num. individui: 121 (E17 S1-S4), 23 (E17 SC).

Passando al gambero bianco *P. longirostris* nel gruppo di stazioni E17 S1-S4 sono stati catturati 701 individui con taglia compresa tra 11 e 36 mm LC, mentre nella stazione E17 SC sono stati campionati 59 esemplari con taglia compresa tra 14 e 33 mm LC. La distribuzione di taglia-frequenza degli animali catturati in prossimità del Terminale (E17 S1-S4) mostra due mode, una a 23 mm LC e una a 29 mm LC, mentre la distribuzione degli organismi provenienti dalla stazione E17 SC ha una moda ben evidente a 28 mm LC. (Figura 73).

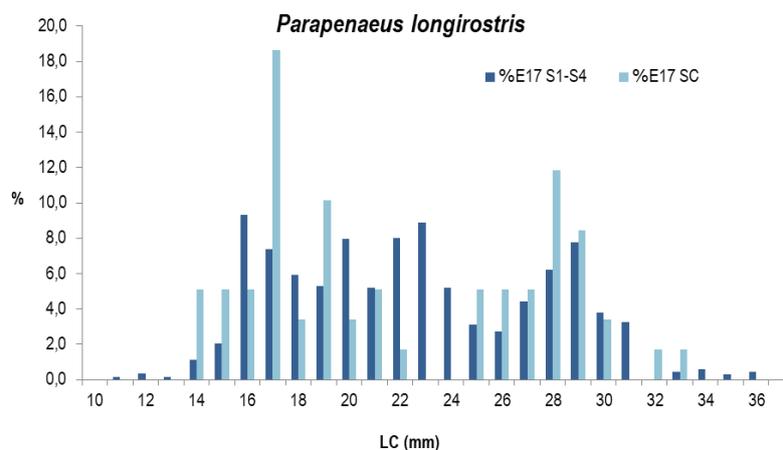


Figura 73 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del gambero bianco (*Parapenaeus longirostris*). Num. individui: 701 (E17 S1-S4), 59 (E17 SC).

Nel caso del moscardino, *E. cirrhosa*, sono stati campionati 8 animali nelle stazioni E17 S1-S4, con taglia compresa tra 3 e 5,5 cm LM, ed 1 solo animale nella stazione E17 SC di 3 cm LM.

6.3.6 Fauna ittica pelagica

Nel corso della campagna estiva E17 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 289 nm per un totale di 67h di navigazione. Nella **Figura 74** sono riportate le rotte effettuate per il monitoraggio visivo condotto a partire da settembre 2017 (E17).

Sono stati effettuati 2 avvistamenti di delfini, in entrambi i casi appartenenti alla specie *Tursiops truncatus*, entrambi in data 25 settembre: il primo avvistamento di 6 delfini adulti in posizione lat N43 44.944" e long E10 06.429" all'esterno dell'area di monitoraggio a 7,9nm NE dal Terminale; il secondo avvistamento di 12 delfini adulti e 2 piccoli in posizione lat N 43° 44.685' – long E 10° 07.566' a 4,4 nm NE dal Terminale. In totale nel periodo di monitoraggio sono stati avvistati 18 delfini tursiopi adulti e 2 piccoli.

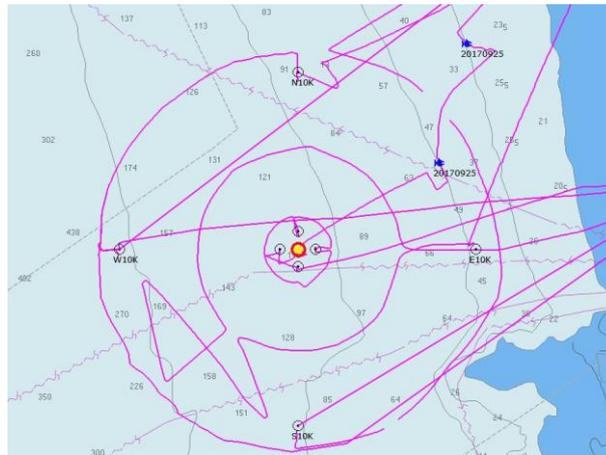


Figura 74 – Rotte effettuate per il monitoraggio visivo, acustico e bioacustico in E17.

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 metri di distanza dalla posizione del Terminale) alla profondità di 55 metri, con rappresentazione della funzione di densità spettrale di potenza (PSDf) basata sul calcolo della FFT (linea blu), e analisi in terzi d'ottava sovrapposta (linea rossa). Sono inoltre riportati i risultati a 1.000 e 10.000 metri per la direttrice Nord (quella di maggior interesse per la presente campagna).

Le quattro figure seguenti (**Figura 75**, **Figura 76**, **Figura 77**, **Figura 78**) riportano i livelli PDSf misurati rispettivamente alle stazioni Nord, Est, Sud e Ovest a 100 metri dal Terminale. In tutte le curve a 100 metri sono presenti le stesse tonali alle basse frequenze con livelli tra 90-100 dB re 1uPa²/Hz per frequenze sotto ai 300 Hz che scendono fino ai 40-50 dB re 1uPa²/Hz alle alte frequenze. Ad eccezione della stazione Nord, i valori di PDSf salgono attorno ai 110 dB re 1uPa²/Hz intorno ai 20-25 Hz. Come nelle precedenti campagne si evidenziano righe spettrali che rappresentano interferenze elettromagnetiche derivanti da strumentazioni dell'imbarcazione di supporto. Esse non sono significative per l'analisi acustica.

Nella **Figura 79** è rappresentato il confronto dei livelli in terzi d'ottava misurati a 100m per le quattro stazioni di riferimento.

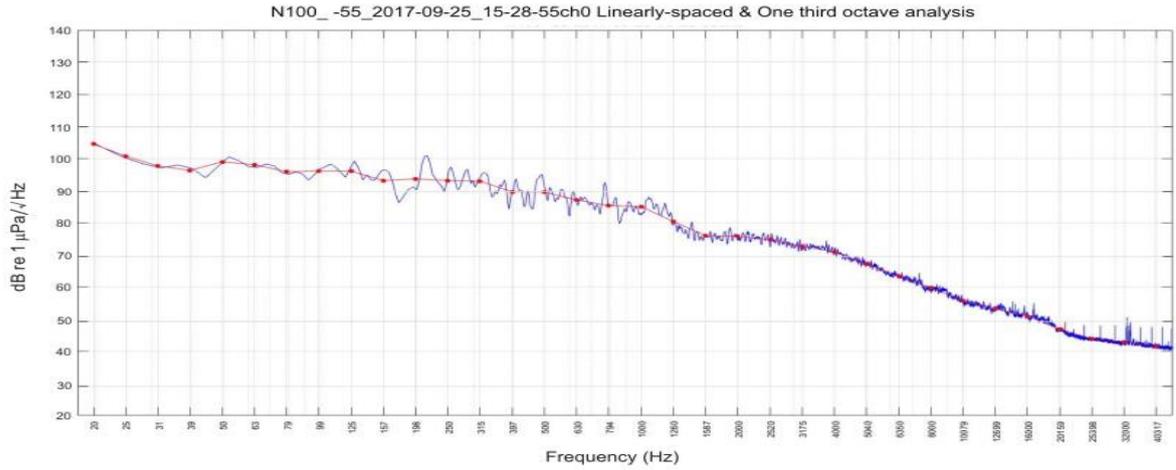


Figura 75 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N100 a 55 m di profondità.

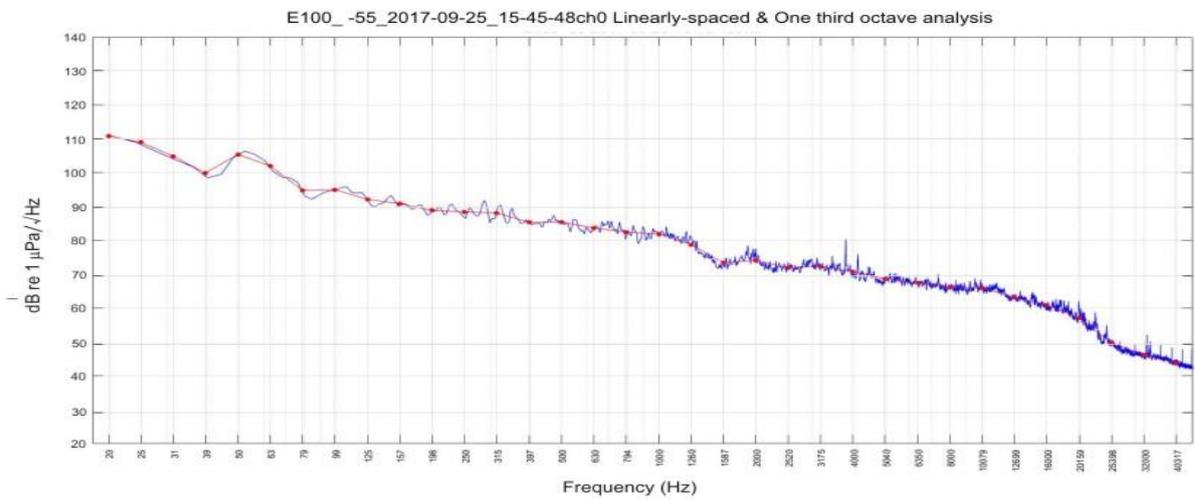


Figura 76 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto E100 a 55 m di profondità.

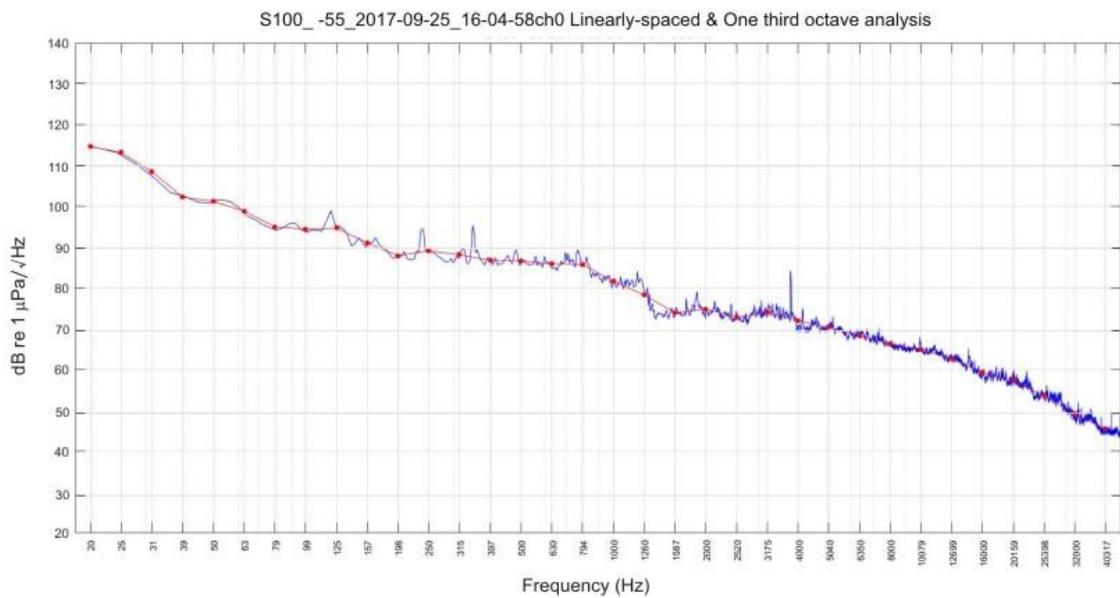


Figura 77 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S100 a 55 m di profondità.

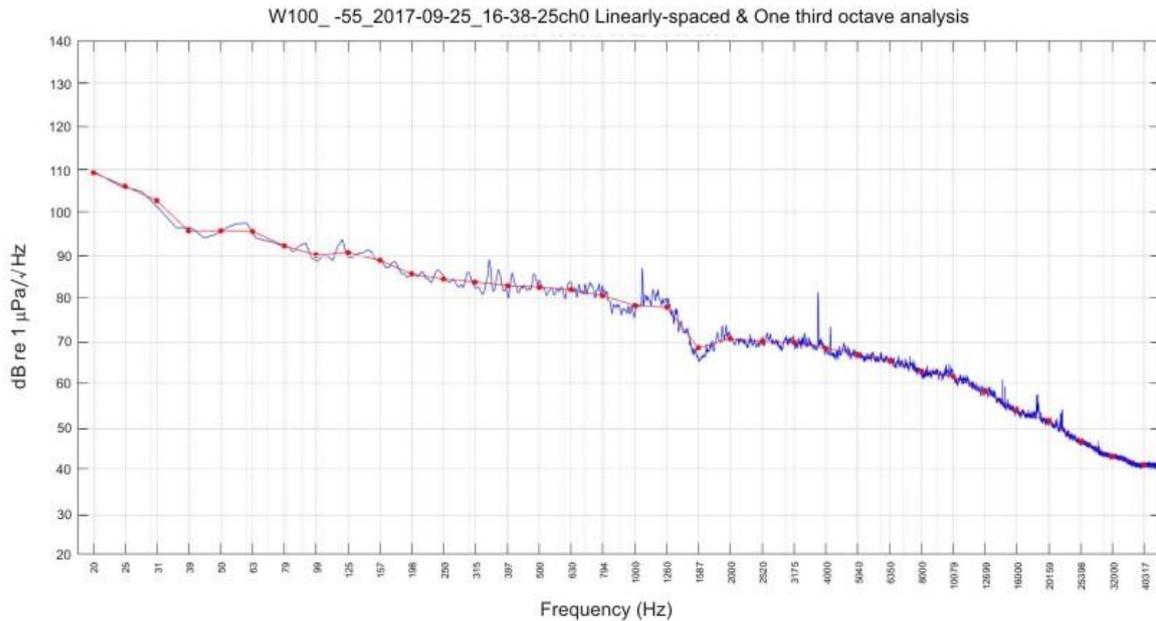


Figura 78 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto W100 a 55 m di profondità.

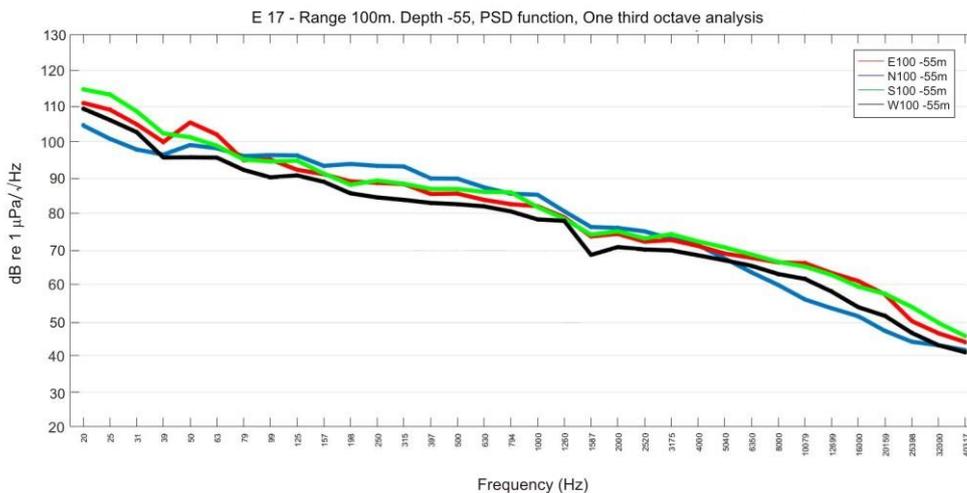


Figura 79 - Confronto dei livelli in terzi d'ottava misurati a distanza di 100 m a 55m di profondità.

Le **Figura 80** riporta i livelli PDSf misurati nella stazione Nord a 1 km dal Terminale. I livelli sono attorno ai 100 dB re 1 μ Pa²/Hz a frequenze bassissime (20 - 60 Hz) e scendono fino ai 40-50 dB re 1 μ Pa²/Hz alle alte frequenze. La stazione Nord presenta un picco spettrale attorno ai 99 Hz, non presente a 100 metri dal Terminale. La sorgente di tale rumore deve essere quindi locale. Si evidenziano righe spettrali che rappresentano interferenze elettromagnetiche derivanti da strumentazioni dell'imbarcazione di supporto. Esse non sono significative per l'analisi acustica.

La **Figura 82** riporta i livelli PDSf misurati nella stazione Nord a 10.000 m dal Terminale. I livelli sono tra 100 dB re 1 μ Pa²/Hz a frequenze bassissime (20 - 60 Hz) e scendono fino ai 40-50 dB re 1 μ Pa²/Hz alle alte frequenze.

Il picco attorno ai 99 Hz presenti a 1.000 metri nella stazione Nord non è più evidente. I picchi a 99Hz sono più alti nelle stazioni a 100 metri dal Terminale. Pertanto, il Terminale può essere considerato la sorgente di tali frequenze.

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

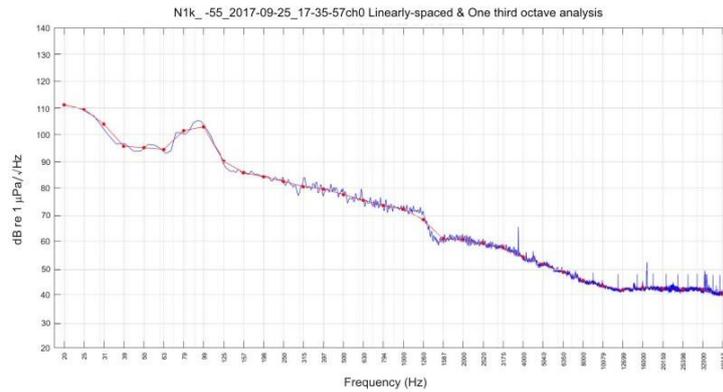


Figura 80 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N1K a 55m di profondità.

Nella Figura 81 è rappresentato il confronto dei livelli in terzi d'ottava misurati a 1000 m per le quattro stazioni di riferimento. La stazione a Nord presenta un picco di livelli attorno alla frequenza di 99 Hz.

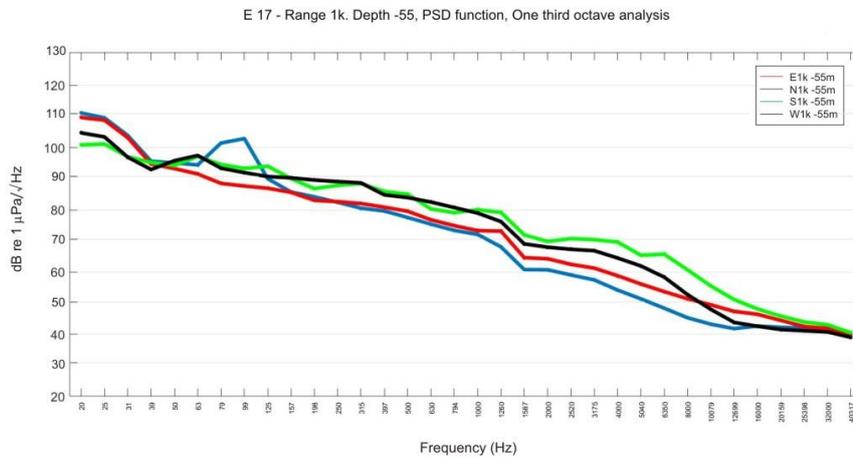


Figura 81 - Confronto dei livelli in terzi d'ottava misurati a distanza di 1000 m a 55m di profondità.

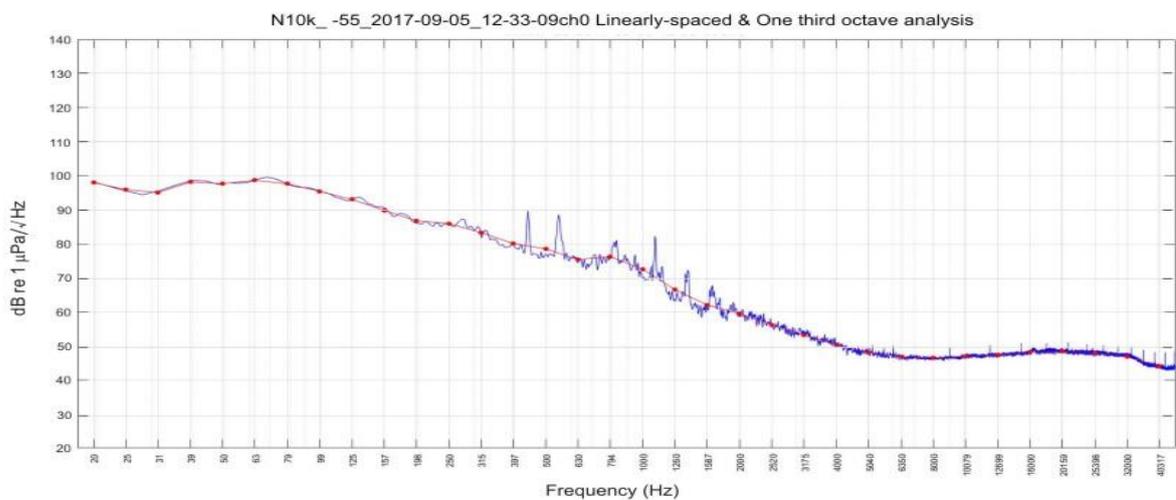


Figura 82 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N10k a 55m di profondità.

Nella Figura 83 è rappresentato il confronto dei livelli in terzi d'ottava misurati a 10.000 metri per le quattro stazioni di riferimento. In generale i livelli sono simili in tutte le stazioni. Le stazioni Nord ed Est presentano livelli più alti sopra i 5000 Hz.

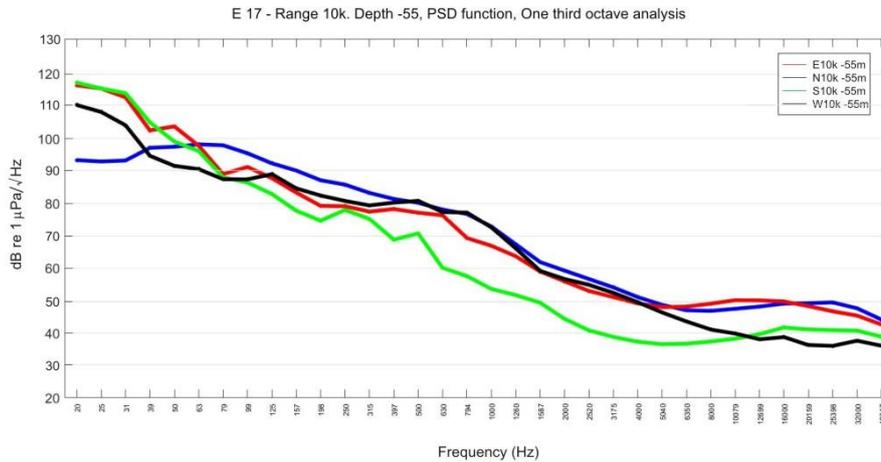


Figura 83 - Confronto dei livelli in terzi d'ottava misurati a distanza di 10 Km a 55m di profondità.

La verifica mediante simulazione

Tutte le ipotesi e assunzioni proposte nei volumi precedenti (dal bianco alla precedente campagna) rimangono valide, perciò i parametri geometrici, geofisici e relativi alla sorgente rimangono inalterati. Poiché anche nelle attuali misure e dal confronto con le campagne riportate nel capitolo dedicato dei volumi precedenti risulta che la banda in cui si rileva una certa variazione è centrata intorno a 10 – 12 kHz (valutate come differenza dai risultati del bianco), si prende come 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 comunemente rappresentativa di tutto l'insieme di frequenze interessate dalla correlazione con la distanza

Parametri oceanografici

I profili misurati durante questa campagna (Figura 84) sono tutti molto simili, fatta eccezione delle stazioni S10K e N10K dove la velocità del suono è di circa 5m/s maggiore a profondità inferiori di 20 m. Ciò può essere dovuto alla presenza di uno strato superficiale di acque con temperature più alte rispetto alle altre stazioni.

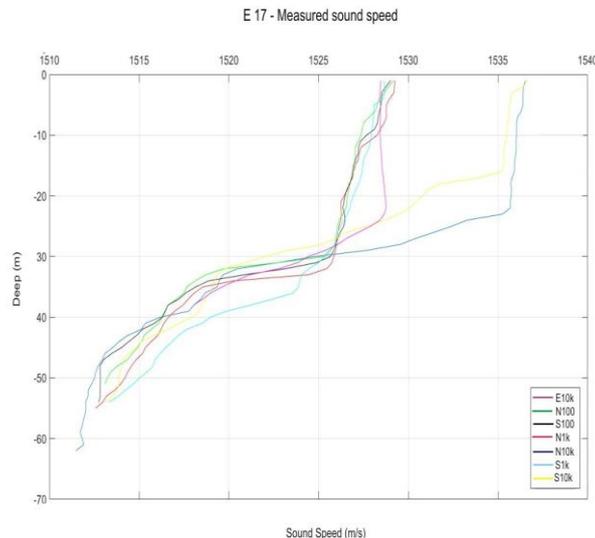


Figura 84 - Profili di velocità del suono misurati con CTD a differenti stazioni..

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 della 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 (rif. materiali e metodi, cap. "Definizione generale di un modello di propagazione del suono"). I risultati ottenuti a frequenza 12 kHz possono essere considerati validi per tutta la banda di interesse 7-20 kHz con piccole variazioni (Figura 85, Figura 86).

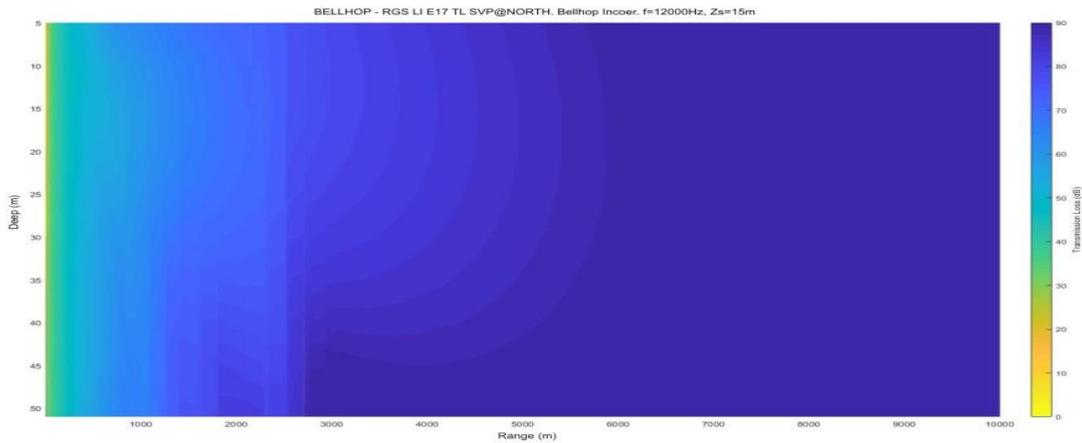


Figura 85 - Simulazione della Transmission Loss TL alla frequenza di 12 kHz.

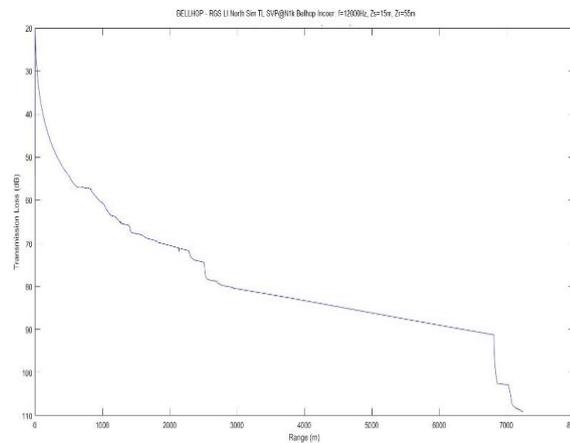


Figura 86 - Trasmission Loss prevista dal modello in funzione della distanza alla profondità di 55 metri.

La caduta di livello del rumore predetta dal modello tra le stazioni N100 e N1K a 55 metri di profondità è di circa 25 dB. Nel confronto con i livelli misurati fra le stazioni N100 e N1K abbiamo una differenza di quasi 18 dB. C'è buona rispondenza del modello ai dati sperimentali considerando che le misure nelle le due stazioni non sono contemporanee. La caduta di livello predetta dal modello a 100 metri dalla sorgente, a 55 metri di profondità per una frequenza di 12kHz, è di circa 40 dB. Considerando quindi il valore misurato sperimentalmente in N100 di circa 53 dB è possibile stimare un Source Level della sorgente (Terminale) di circa 93 dB re uPa @ 1m. Tale valore rimane al di sotto delle soglie di sicurezza per i cetacei. Tali soglie indicano un valore di 110-120 dB per livelli di rumore che possano causare le prime risposte (Tab.7, Guida SPRA, Borsani e Falchi, 2011, parte seconda, riportata in Materiali e Metodi come Tabella 8).

6.4.2 Bioacustica

Durante la campagna dell'Estate E17 non sono state registrate vocalizzazioni di cetacei.

7 CONFRONTO INTERSTAGIONALE E CON LA CAMPAGNA DI BIANCO

Nel presente capitolo vengono riportati i dati riferiti ai primi quattro anni di esercizio e i confronti tra le Campagne estive 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 2017 (si ricorda che i Piani di Monitoraggio annuali iniziano con la campagna autunnale e finiscono con quella estiva).

Nel presente capitolo, inoltre, sono riportati i metodi di elaborazione dei dati concernenti i confronti, mentre per i metodi generali si rimanda al capitolo relativo a Materiali e Metodi contenuto nel Volume I del presente documento.

7.1 COLONNA D'ACQUA

7.1.1 Profili idrologici

Metodi di elaborazione dati

Note le consistenti variazioni stagionali delle caratteristiche fisiche della colonna d'acqua, i dati, seppur acquisiti su base stagionale, sono stati elaborati limitandosi alla stagione estiva, essendo questa la stessa in cui è stato effettuato il Bianco.

I dati sono stati elaborati tramite Ocean Data View (ODV), avendo cura di utilizzare colori differenti per ciascuna stazione, in accordo alle prescrizioni 2 e 3 delle Determine 2990 DVA R.D.R 0000100.04-04-2017 e 3337 DVA R.D.R 0000277.28-09-2017, come stabilito dalla MOM riportata in **Allegato 2**.

Risultati

Il confronto dei profili CTD acquisiti durante la Campagna di Bianco (2012) ed i dati dei quattro anni 2014-2017 (campagna estiva) 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, ma risentono soprattutto delle dinamiche stagionali tipiche della zona interessata dal monitoraggio.

Temperatura: nelle campagne estive (B, E14, E15, E16, E17) la temperatura varia entro un *range* ampio, come tipicamente accade in questa stagione dell'anno, variando tra 12,68 e 27,46 °C lungo tutto il profilo batimetrico. Il termoclino stagionale è sempre presente e ben marcato. Le temperature massime e la profondità del termoclino subiscono qualche variazione tra un anno e l'altro, in ragione probabilmente della variazione della data di campionamento insieme con le differenti condizioni meteo del periodo estivo, che possono influenzare più o meno marcatamente il riscaldamento dello strato superficiale. La temperatura della colonna d'acqua nello strato prossimo al fondo non mostra variazioni evidenti nei diversi anni, non essendo direttamente influenzata dal riscaldamento superficiale. Non si sono notate differenze marcate nel profilo di temperatura tra le diverse stazioni. Solo il Bianco ha mostrato un profilo differente nelle due stazioni poste più a largo, dove si è osservato un termoclino non ancora ben definito. Ciò potrebbe essere dovuto ad un rimescolamento delle masse d'acqua nell'area più lontana dalla costa.

Salinità: nelle cinque campagne estive (B, E14, E15, E16 ed E17) questo parametro varia tra 37,2 e 38,5. Il profilo verticale delle diverse stazioni è molto simile nelle campagne B, E14, E16 ed E17. In questi periodi le stazioni non mostrano differenze significative, evidenziando l'omogeneità dell'area indagata durante il campionamento. Alla profondità corrispondente al termoclino si osserva anche un cambio di salinità. Tra i diversi anni sono state registrate differenze nel profilo verticale, dovute probabilmente, come già per il termoclino, al differente periodo d'indagine tra un'estate e l'altra. La campagna effettuata nel 2015 (E15) presenta delle peculiarità rispetto ai campionamenti precedenti e successivi, tuttavia non riconducibili in alcun modo alla presenza dell'FSRU.

pH: i profili di pH, fatta eccezione per la campagna E14 i cui valori variano fra 7 e 9, mostrano tutti andamenti e valori omogenei su tutta la colonna d'acqua e intorno a 8 uguali a quelli registrati nella campagna di Bianco E12. Non si è osservata disomogeneità tra le stazioni prossime all'FSRU e le altre.

Torbidità: per tutto il periodo di indagine, nelle campagne estive sono stati osservati valori bassi di torbidità, compresi per lo più tra 0 e 2 NTU, tendenti ad aumentare con l'aumentare della profondità in tutte le stazioni, indipendentemente dalla loro distanza dall'FSRU. Si tratta di valori insufficienti a testimoniare un fenomeno di risospensione di sedimenti.

DO% (percentuale di ossigeno disciolto): nella quasi totalità delle campagne estive (B, E14, E15 ed E17) questo parametro varia tra l'80% e il 116,9%. Unica eccezione è rappresentata dall'Estate 2016, in cui si assiste, al contrario, ad una variazione minima di questo parametro. Non si sono osservate differenze significative tra le varie stazioni nei singoli anni di indagine, se non per il campionamento del 2015, durante il quale le stazioni poste in prossimità dell'FSRU hanno evidenziato saturazioni inferiori. I livelli di ossigeno disciolto non hanno comunque evidenziato livelli di ossigenazione critici in nessuno dei periodi monitorati e sono sempre risultati ampiamente superiori ai livelli di ipossia (30-40%). Le variazioni interannuali rientrano nella normale variabilità stagionale dovute ai complessi processi chimico-fisico-biologici che controllano i livelli di ossigenazione delle acque del mare.

Clorofilla: i valori di questo parametro variano con il variare della stagione e non evidenziano situazioni anomale o particolari trend da segnalare. I valori di clorofilla registrati nelle campagne E14 e E15 mostrano andamenti simili al Bianco, con valori crescenti dalla superficie (1 µg/l) al fondo (1,5-2,5 µg/l), mentre nelle campagne E16 ed E17 si registrano valori di clorofilla inferiori nell'intera area, indipendentemente dalla distanza dal Terminale.

ORP: i valori del potenziale *redox* hanno un andamento omogeneo tra le diverse stazioni all'interno dello stesso campionamento, senza presentare anomalie nell'intorno dell'FSRU. Mostrano invece un'elevata variabilità temporale. I profili registrati durante la campagna di Bianco hanno mostrato andamenti differenti rispetto alle 4 campagne successive, con valori compresi fra 80 e 210 mV. Questi valori non

variano tanto nel singolo profilo, ma piuttosto da stazione a stazione, ad indicare differenti situazioni ambientali. Mentre nelle campagne E14 e E15 i valori sono risultati compresi fra 50 e 100 mV, nelle restanti due campagne E16 e E17 i valori sono risultati omogenei per tutte le stazioni e pari a 185-190 mV.

In conclusione, i profili verticali dei diversi parametri chimico fisici monitorati lungo la colonna d'acqua nelle stazioni vicine e lontane il rigassificatore non hanno presentato differenze sostanziali. Non sono state rilevate variazioni imputabili al posizionamento del rigassificatore.

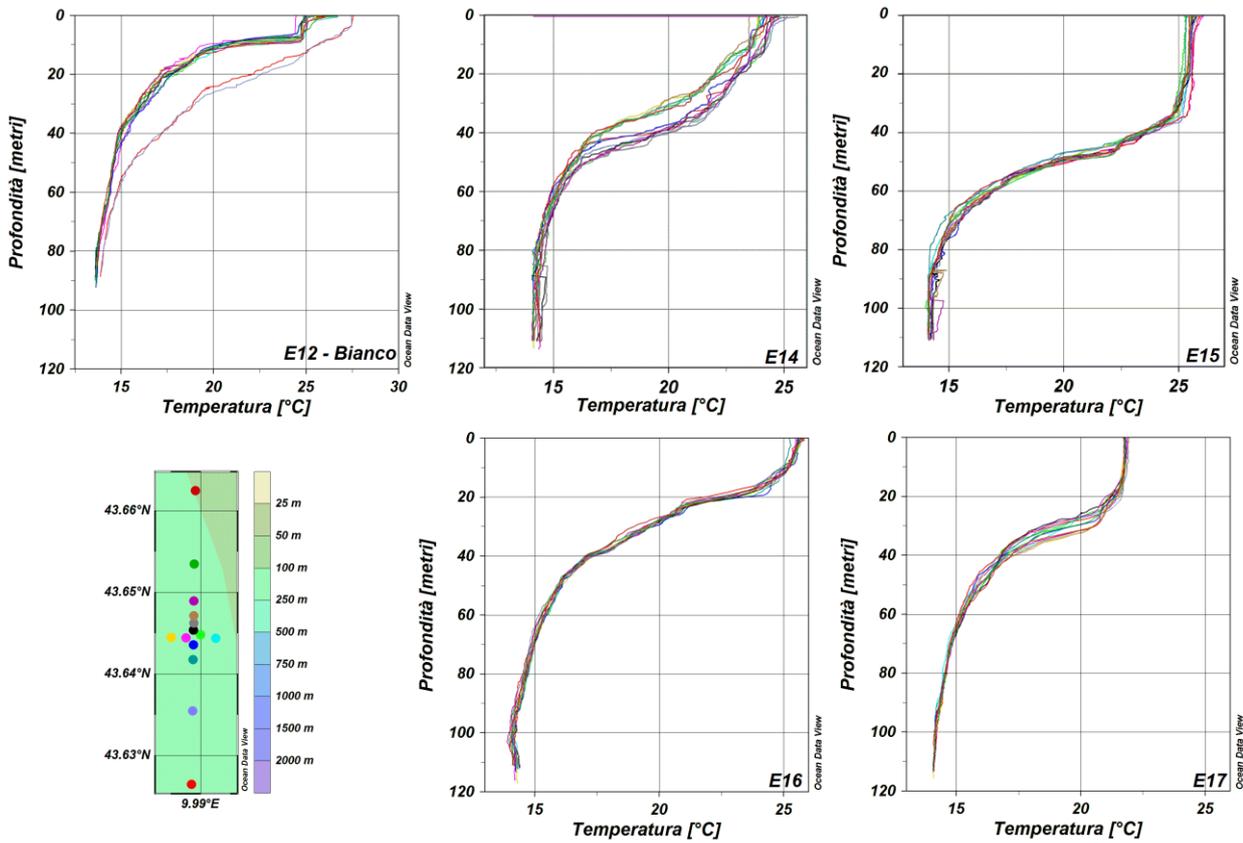


Figura 87 – Confronto tra i dati di Temperatura del Bianco e delle campagne estive 2014-2017.

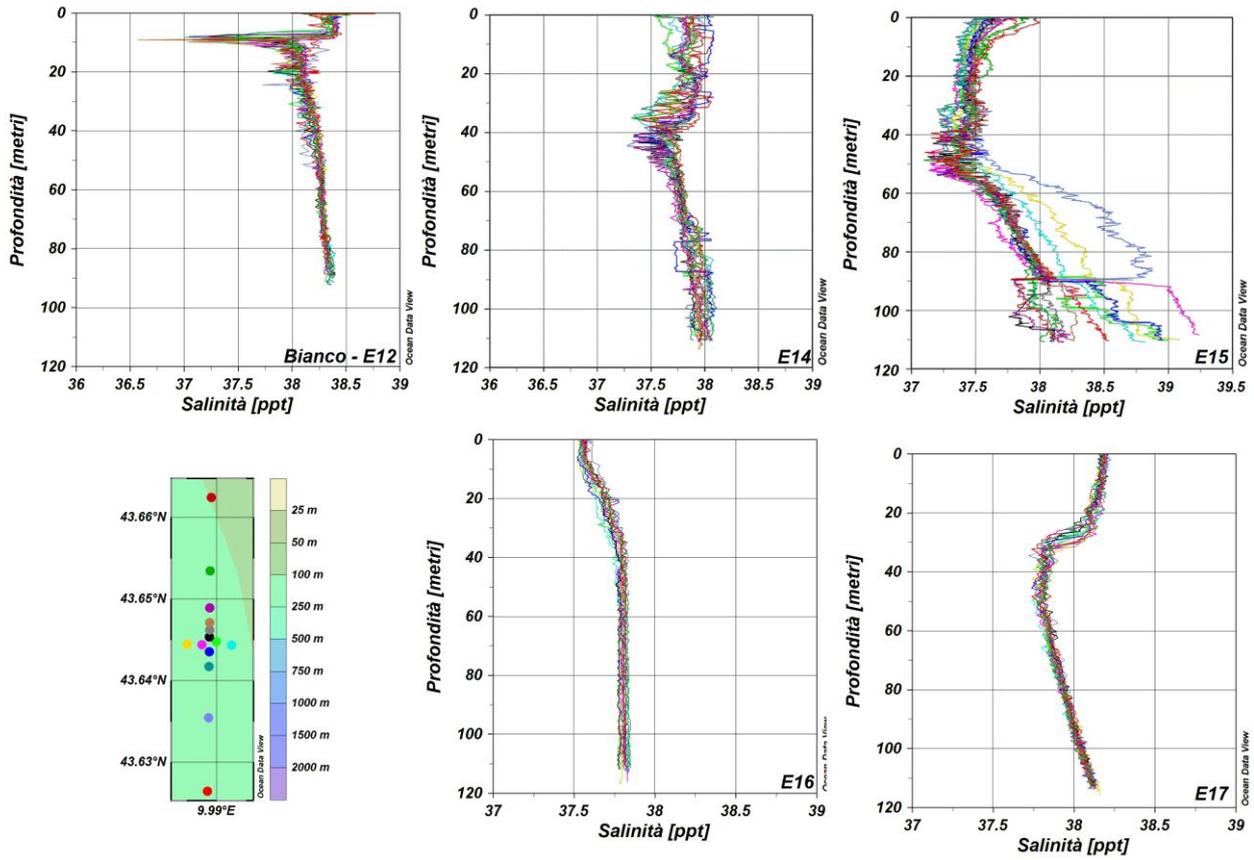


Figura 88 – Controito tra i dati di Salinità del Bianco e delle campagne estive 2014-2017.

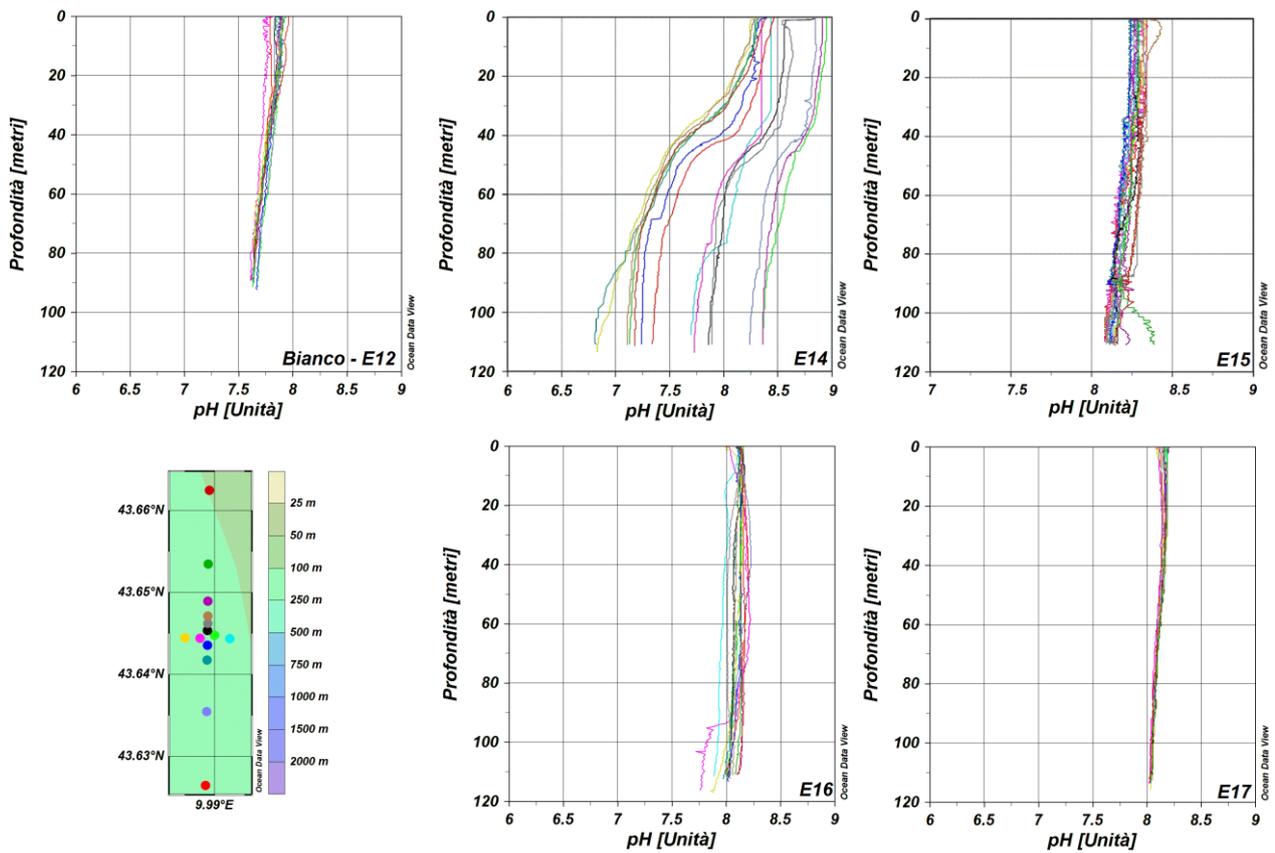


Figura 89 – Controito tra i dati di pH del Bianco e delle campagne estive 2014-2017.

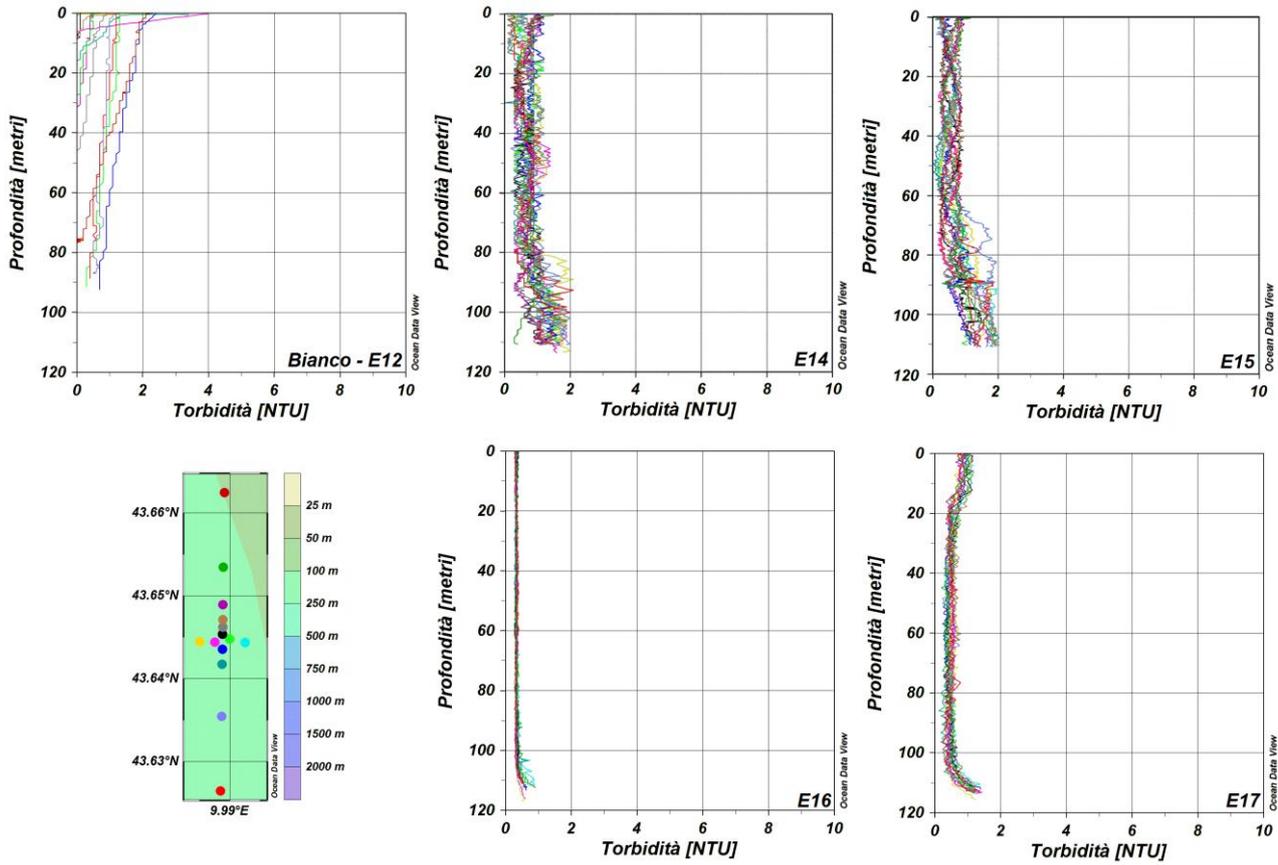


Figura 90 – Confronto tra i dati di Torbidità del Bianco e delle campagne estive 2014-2017.

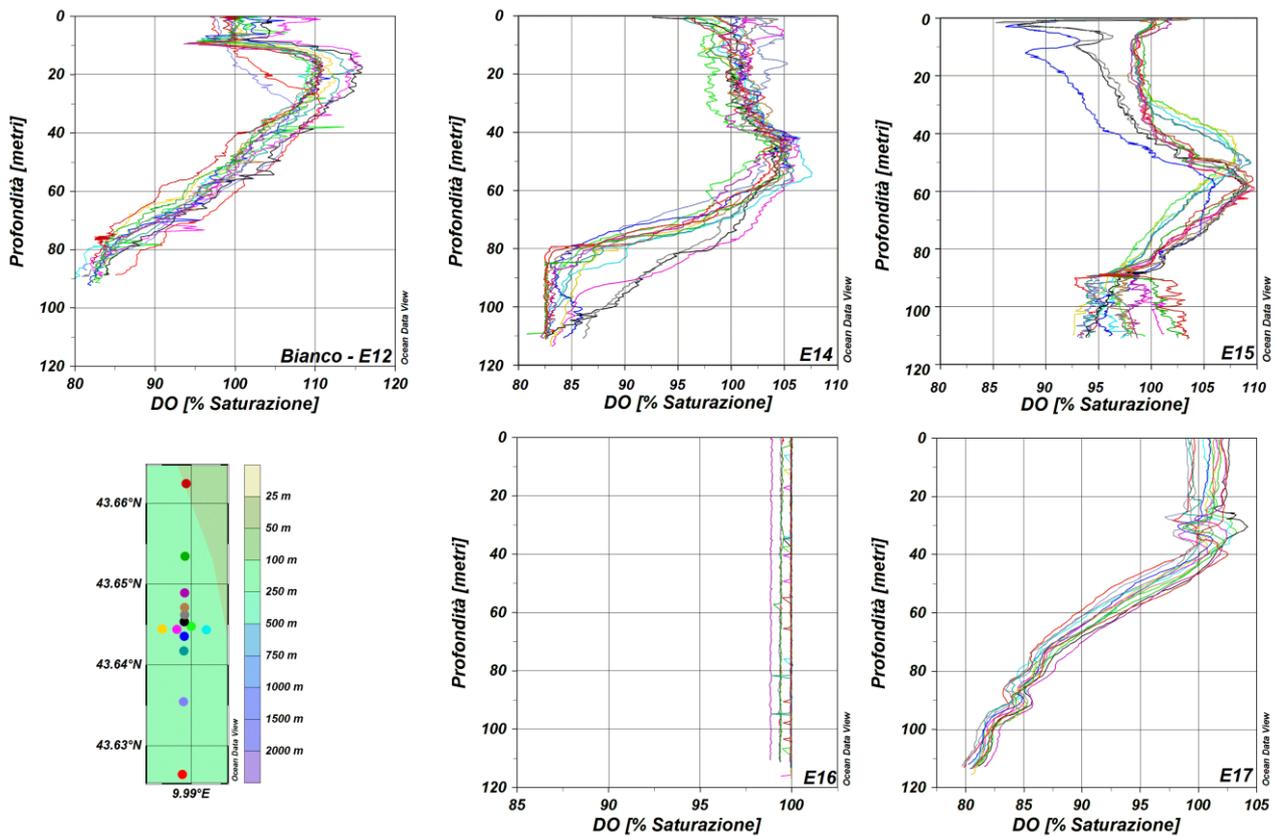


Figura 91 – Confronto tra i dati di Ossigeno Disciolto del Bianco e delle campagne estive 2014-2017.

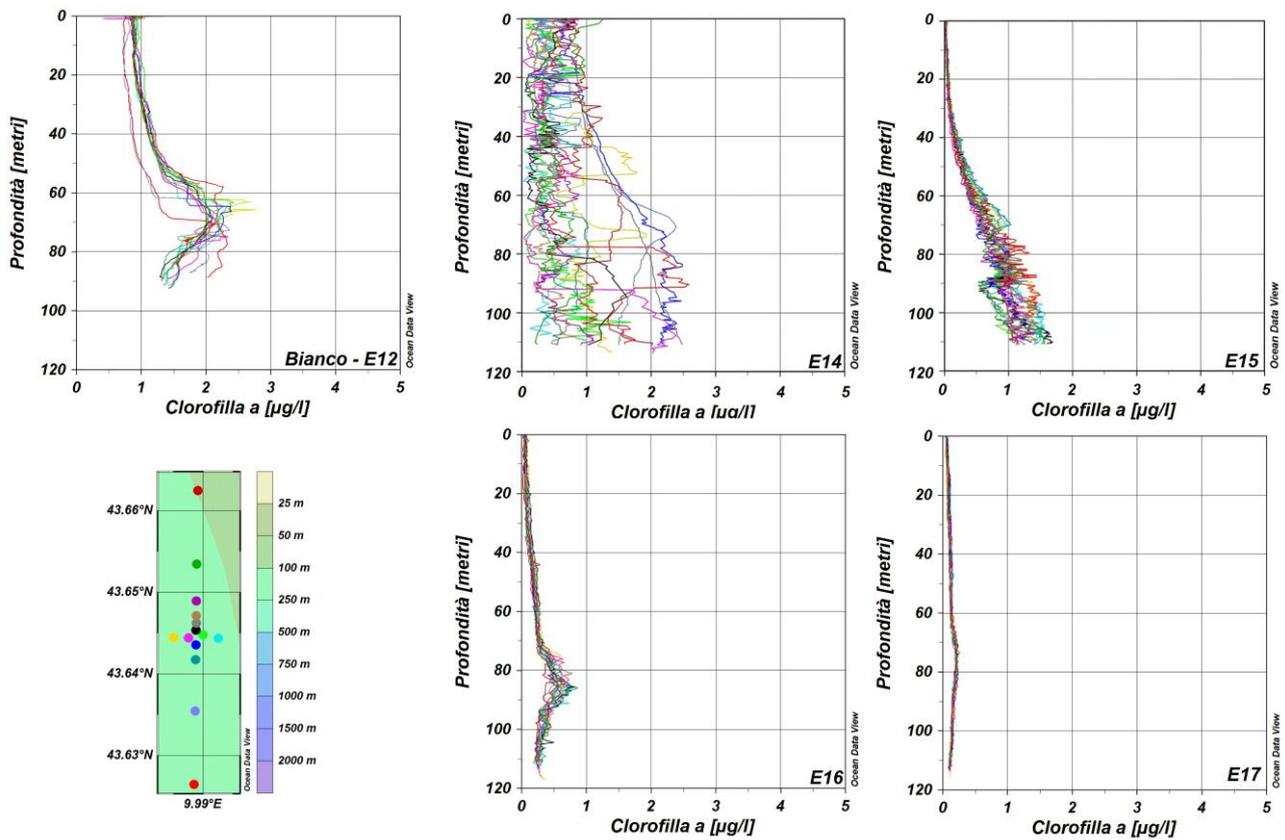


Figura 92 – Confronto tra i dati di Clorofilla a del Bianco e delle campagne estive 2014-2017.

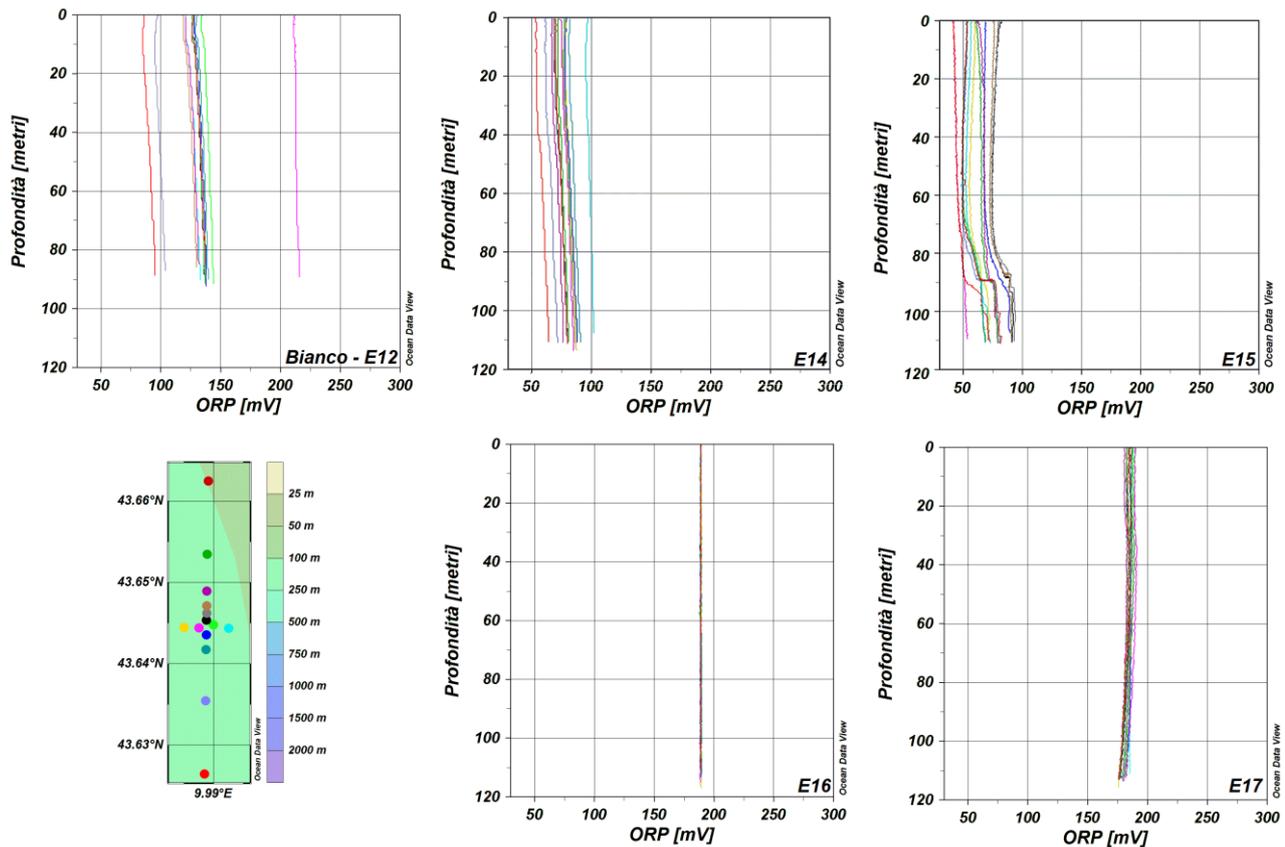


Figura 93 – Confronto tra i dati di ORP del Bianco e delle campagne estive 2014-2017.

7.1.2 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche

Metodi di elaborazione dati

Sono stati indagati gli andamenti temporali osservati dal Bianco all'Estate 2017 dei seguenti parametri irradianza e irradianza spettrale, nutrienti, solidi sospesi (TSM), sostanza organica particellata (POM) e sostanza organica disciolta cromofora (CDOM), clorofilla a (chl-a), diversità pigmentaria, per evidenziare i loro cambiamenti in relazione al tempo e alla stagione.

Per una rappresentazione sintetica della caratterizzazione ottica del sistema per tutti gli anni dal Bianco a E17, è stata utilizzata una regressione ortogonale (variabili x e y considerate entrambi indipendenti) esaminando il rapporto tra la riflettanza (R =rapporto tra l'irradianza spettrale superficiale ascendente e discendente, misurate con spettroradiometro) nel blu ($R(443)$) e quella nel verde ($R(555)$) in funzione delle concentrazioni di chl-a. Questo approccio risulta molto utile nei programmi di monitoraggio poiché in condizioni naturali in acque aperte, il rapporto varia linearmente in maniera inversamente proporzionale alla concentrazione di biomassa fitoplanctonica (chl-a) e, eventuali variazioni o scostamenti da questa relazione, vengono interpretati come indice di alterazione delle acque (Morel e Prieur, 1977; Gordon e Morel, 1983).

Per valutare gli eventuali effetti sui medesimi parametri dovuti all'attività del Terminale sono stati utilizzati unicamente i dati acquisiti nei periodi estivi (E14, E15, E16, E17), avendo a disposizione un unico Bianco effettuato in questa stagione. Pertanto è eseguita una ANOVA multifattoriale a tre fattori (anno di campionamento, distanza dal Terminale e profondità di prelievo) partendo da presupposto che effetti del Terminale, se presenti, si manifesteranno nelle sue immediate vicinanze (stazioni a 100 m) e non lontano da esso. L'analisi dei nutrienti, TSM, POM, CDOM_M, chl-a e diversità pigmentaria, include quattro stazioni a 100 m (MG6, MG7, MG12, MG13), una a 200 m (MG5), una a 500 m (MG3), una a 1000 m (MG9) e una a 2000 m (MG10). Le analisi ANOVA sono state effettuate utilizzando il software STATISTICA.

Risultati

Misure di irradianza e irradianza spettrale

La profondità della zona eufotica (Z_{eu}), cioè la profondità alla quale arriva l'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: il fitoplancton, il particolato sospeso non fitoplanctonico, di cui il TSM rappresenta un proxy, e la sostanza organica disciolta cromofora (CDOM).

L'andamento delle profondità della Z_{eu} (**Figura 3**) nelle due stazioni scelte come esemplificative tra quelle a 100 m dal Terminale (MG7) e quelle a 2000 m (MG10), mostra la regolarità delle variazioni stagionali, con massimi primaverili-estivi che si collocano nello strato compreso tra i 70 e gli 80 m e minimi maggiormente variabili in autunno-inverno che oscillano nello strato 15 - 35 m. Questo andamento stagionale è quello atteso in condizioni naturali in relazione alla maggiore o minore concentrazione delle componenti che attenuano la luce. In particolare le massime attenuazioni si hanno in relazione all'aumento dell'assorbimento della luce dovuto alle fioriture fitoplanctoniche che avvengono nelle acque superficiali in autunno-inverno. Esempio evidente è I17 (**Figura 3**) in cui sono state rilevate le minime Z_{eu} e le massime concentrazioni fitoplanctoniche. L'analisi ANOVA a tre fattori (anno, stagione, distanza) conferma infatti che solo le medie stagionali differiscono in maniera altamente significativa (** $p < 0,01$), mentre non risultano significativi i fattori distanza dal Terminale ed anno di campionamento.

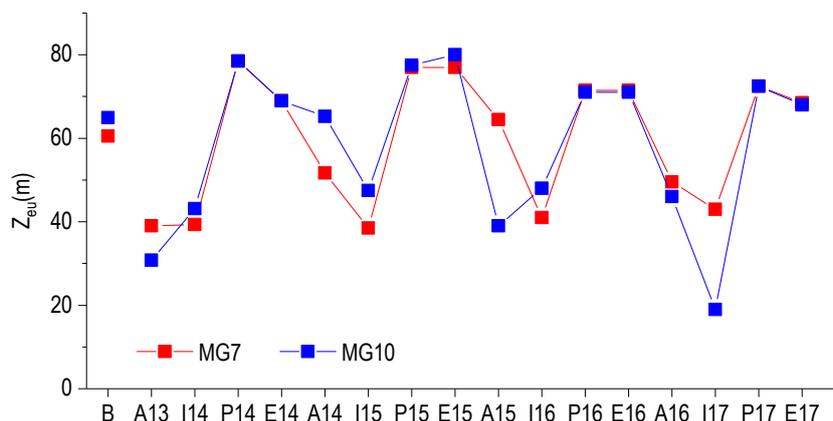


Figura 94 – Variazione della profondità (m) della zona eufotica (Z_{eu}) nelle due stazioni rappresentative, per tutte le campagne effettuate

In **Figura 95** è riportata la regressione fra i rapporti di riflettanza nel blu e nel verde in relazione alla concentrazione di chl-a media che indica un rapporto lineare tra riflettanza e concentrazione di chl-a. Tale correlazione dimostra che la biomassa fitoplanctonica è la principale componente otticamente attiva in queste acque e la principale fonte di origine delle altre componenti (TSM, CDOM). Questo avviene per tutte le stazioni indipendentemente dalla distanza dal Terminale (**Figura 95**). La stagionalità è il principale fattore di variabilità di queste grandezze e la variabilità interannuale dipende dalla climatologia dell'anno campionato e dal periodo di campionamento.

L'analisi delle proprietà bio-ottiche quali la profondità della zona eufotica (**Figura 3**) e le relazioni con la chl-a (**Figura 95**), rappresentativa della biomassa fitoplanctonica, consente di avere una visione integrata e sintetica delle interazioni fra la luce e le componenti otticamente attive nel corpo d'acqua e rappresenta uno dei parametri indicativi di alterazioni dell'ambiente marino. La variabilità di queste grandezze è sostanzialmente stagionale, indicando che ad oggi non agiscono altri elementi di alterazione dovuti alla presenza del Terminale.

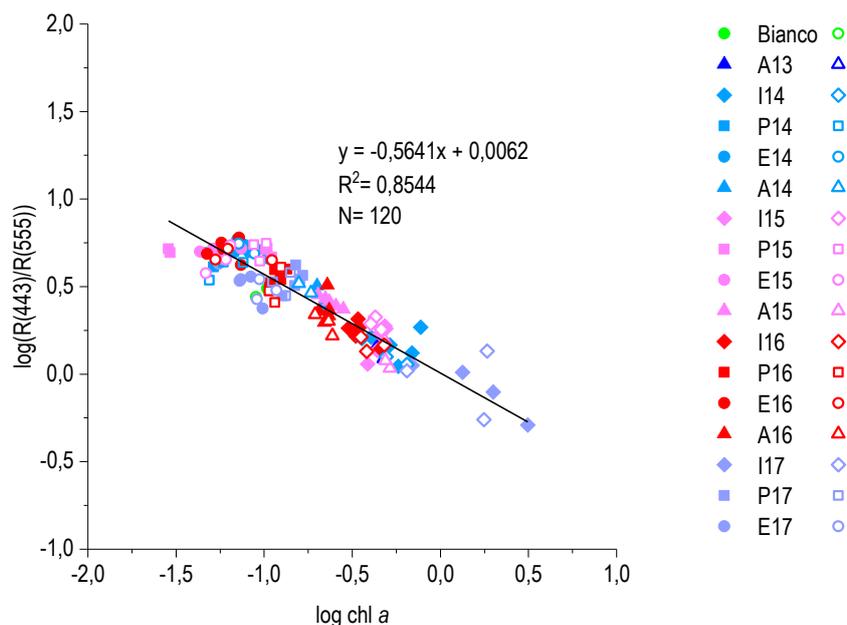


Figura 95 - Relazione fra il log del rapporto fra le riflettanze a 443 nm e quelle a 555 nm ($R(443)/R(555)$) ed il log della concentrazione della chl-a. Sono riportati l'equazione della retta di regressione ed il coefficiente di determinazione R^2 . I simboli pieni rappresentano le stazioni più vicine al Terminale e quelli vuoti le stazioni lontane.

Nutrienti inorganici, TSM (solidi sospesi), POM (particellato organico) e CDOM

Per quanto riguarda i nutrienti inorganici disciolti (DIN, PO_4 , SiO_2), la principale fonte di variabilità è rappresentata dai fattori temporali, sia stagionale che interannuale, come atteso in relazione alle dinamiche di mescolamento (arricchimento nutrizionale nelle acque superficiali) e stratificazione della colonna d'acqua (separazione dello strato superficiale impoverito di nutrienti). Le massime concentrazioni di DIN (nitrati + nitriti) sono rilevate in autunno ed in inverno (massimi in I15, A15, I16), come per PO_4 , seppure con maggiore variabilità; per SiO_2 le concentrazioni maggiori sono rilevate in I14 e I17 e quindi, oltre alla variazione stagionale delle concentrazioni, emerge anche una variabilità interannuale che non mostra al momento tendenze univoche. Anche la profondità risulta un elemento di variazione (massimi di nutrienti tendenzialmente più profondi in estate, maggiore omogeneità di concentrazioni lungo la colonna d'acqua nelle campagne di autunno-inverno), legato sempre alla dinamica stagionale delle masse d'acqua ed al consumo fitoplanctonico. Le concentrazioni risultano comunque di carattere oligo-mesotrofico e non sono evidenti alterazioni dovute all'attività del Terminale.

Le concentrazioni di CDOM, TSM, POM presentano alta variabilità interannuale, senza evidenziare uno specifico trend stagionale. Come esempio, CDOM presenta i valori medi più bassi durante il 2015 e i più alti nel 2014, con medie rispettivamente pari a 0,2388 e 0,2827 m^{-1} . Questi fattori variano anche in relazione alla profondità, ma sempre in relazione alle dinamiche della colonna d'acqua e in rapporto alla biomassa fitoplanctonica. I massimi di CDOM tendono infatti ad essere più superficiali in inverno e più profondi in estate, associati ai massimi profondi di chl-a e confermando quindi quanto detto per le relazioni ottiche.

Dai risultati dell'analisi ANOVA per DIN, PO_4 , SiO_2 , TSM, POM e CDOM per il confronto tra il Bianco e le successive campagne estive (**Tabella 75**) il fattore distanza dal Terminale non determina variazioni significative nelle medie di tutti i parametri considerati, mentre si conferma l'importanza della variabilità interannuale come fattore altamente significativo per PO_4 , SiO_2 (** $p < 0,01$), TSM, POM, e CDOM (* $0,01 < p < 0,05$) e che la profondità risulta un fattore altamente significativo per CDOM (* $p < 0,01$) e solo significativo per PO_4 (* $0,01 < p < 0,05$).

Tabella 75 - ANOVA multifattoriale a tre fattori (anno di campionamento, distanza dal Terminale, profondità di prelievo) sulle campagne estive (Bianco, E14, E15, E16, E17). * $0,01 < p < 0,05$; ** $p < 0,01$						
Fattori e interazioni	DIN (μM)	PO_4 (μM)	SiO_2 (μM)	TSM (mg/l)	POM (mg/l)	CDOM _{aCDOM(325)} m^{-1}
anno	n.s.	**	**	*	*	*
distanza	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
prof	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	**
Anno x distanza	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Anno x prof	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*
Distanza x prof	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Clorofilla e diversità pigmentaria

Le concentrazioni della chl-a, proxy della biomassa fitoplanctonica seguono variazioni stagionali ben definite e regolari indipendentemente dalla distanza dal Terminale, con massimi invernali, fra i quali spicca quello di I17, che raggiunge valori molto elevati di circa 4 mg/m³, e minimi primaverili ed estivi (Figura 96). La distribuzione verticale di chl-a presenta i massimi assoluti in superficie in inverno e relativi in profondità in estate (Figura 96). Queste variazioni stagionali e lungo le profondità, come quelle dei pigmenti diagnostici marker dei diversi gruppi fitoplanctonici analizzati, sono attese in relazione all'ecologia delle comunità fitoplanctoniche che, alle nostre latitudini, seguono un ciclo stagionale di accrescimento conseguente, come affermato per i nutrienti, alle dinamiche di mescolamento (arricchimento nutrizionale nelle acque superficiali) e stratificazione della colonna d'acqua (separazione dello strato superficiale impoverito di nutrienti). Si evidenziano anche significative variazioni interannuali (Figura 96) nell'entità delle concentrazioni e, nel caso del 2016, nel momento di massimo (A15), ma queste sono riconducibili alla specifica climatologia annuale e alle condizioni meteomarine del momento del campionamento. Anche la composizione pigmentaria varia stagionalmente e con contributi relativi diversi lungo le profondità, variazioni comunque riconducibili proprio alle caratteristiche della successione stagionale delle comunità fitoplanctoniche. La distanza dal Terminale non risulta determinare scostamenti significativi da questo andamento.

Dai risultati dell'analisi ANOVA per il confronto tra il Bianco e le successive campagne estive (Tabella 76) per chl-a e pigmenti accessori, il fattore distanza dal Terminale non determina mai variazioni significative, neanche in interazione con il fattore profondità indicando che le differenze lungo la colonna d'acqua, altamente significativa per tutti i pigmenti ad esclusione di Perid, sono dovute alle variazioni stagionali dei massimi di chl-a e dei contributi dei diversi pigmenti lungo la colonna d'acqua. A titolo esemplificativo, la presenza della componente dei Cyanobatteri (Zea+DVA) è maggiore nei popolamenti profondi particolarmente in estate.

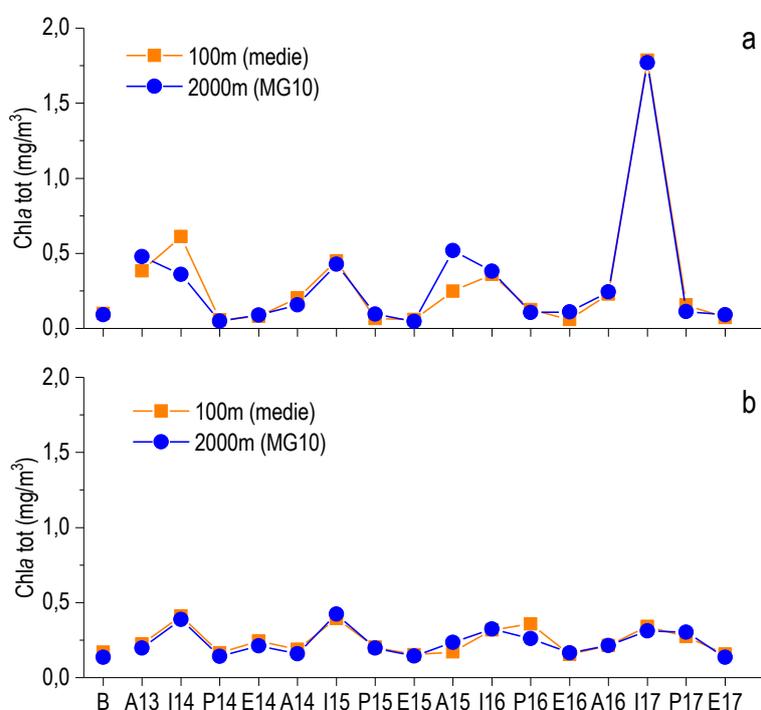


Figura 96 - Andamenti temporali delle concentrazioni della chl-a, medie per campagna delle 4 stazioni (MG6, MG7, MG12, MG13) più vicine al Terminale (100m) e della stazione a 2000 m (MG10); a) strato 0 e 12,5 m; b) 50 e 70 m.

Tabella 76 - ANOVA multifattoriale a tre fattori (anno di campionamento, distanza dal Terminale, profondità di prelievo) sulle campagne estive (Bianco, E14, E15, E16, E17) di clorofilla a totale e sui pigmenti diagnostici (mg/m ³). * 0,01<p<0,05; ** p<0,01.										
Fattori e interazioni	Chl-a tot	Chl-b	DVA	Perid	But-Fuco	Fuco	Hex-Fuco	Prasino	Allo	Zea
Anno	**	n.s.	**	**	*	n.s.	**	n.s.	n.s.	**
Distanza	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Prof	**	**	**	n.s.	**	**	**	**	**	**
Anno x Distanza	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Anno x Prof	*	n.s.	**	n.s.	n.s.	*	**	n.s.	n.s.	**
Distanza x Prof	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Tensioattivi, cloroderivati e analisi microbiologiche

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

Per quanto riguarda i tensioattivi anionici, come descritto nei rapporti annuali precedenti, i dati suggeriscono che questi contaminanti esibiscono le concentrazioni più elevate durante le stagioni invernali, indipendentemente dalla stazione e dalla profondità considerata. I valori assoluti sono diffusamente bassi. Il picco registrato in A14 MG12 a livello superficiale, rimane un caso isolato e pertanto insufficiente per identificare uno stato di alterazione dell'area.

Non sono mai stati rilevati segnali di contaminazione fecale.

7.1.3 Saggi ecotossicologici su campioni di acqua

Metodi di elaborazione dati

I risultati dei singoli test (Assente, Bassa, Media) sono stati trattati come dati di Presenza-Assenza (0-1). Di conseguenza, i dati indicati come "Assente" sono stati convertiti in 0, mentre tutte le altre risposte (Bassa, Media, Alta) sono state considerate come Presenza e convertite in 1.

Per ciascun punto di campionamento (nello spazio e nel tempo), sono state prese in considerazione le risposte dei quattro test combinate nel seguente modo: nel caso di tossicità "Assente" per tutti i test, è stato assegnato il valore 0 (risposta assente); nel caso in cui anche un solo test avesse indicato presenza di tossicità (Bassa o Media o Alta) è stato assegnato il valore 1 (risposta presente). L'approccio è quindi molto conservativo: la risposta combinata dei quattro test viene considerata positiva (presente) anche nel caso in cui solo uno di essi mostri una risposta, anche se "Bassa".

Un modello GLM (Generalized Linear Model) con distribuzione binomiale è stato applicato sul dataset, con variabile dipendente la risposta del test (in forma di Presenza-Assenza, o 0-1), e variabili indipendenti tempo (anno, come fattore a 4 livelli: 2013, 2014, 2015, 2016), distanza da FSRU e stagione (fattore a 2 livelli: E = estate, I = inverno). Il modello iniziale, contenente anche l'interazione tra tempo e distanza, è espresso dalla seguente formula:

$$\text{Risposta Test} = \alpha + f\text{Anno} + f\text{Stagione} + f\text{Distanza} + f\text{Anno}:f\text{Distanza} + \varepsilon_i$$

dove Risposta Test è la variabile dipendente (risposta combinata dei tre test, nella forma 0 - 1), α è l'intercetta, Anno, Stagione e Distanza sono le variabili indipendenti (Stagione ed Anno espresse come fattore f). Nella formula è anche indicata l'interazione tra Anno e Distanza. Dal modello iniziale, è stata effettuata una *backward selection analysis* per individuare il modello migliore nel descrivere i dati; il modello è stato validato tramite l'analisi dei residui.

Le analisi sopra descritte sono state effettuate in ambiente R (versione 3.2.5), utilizzando i pacchetti associati *mgcv* e *nlme* (R Core Team, 2016).

Risultati

Dal modello iniziale sono stati rimossi il fattore Distanza e l'interazione Distanza x Anno. Il modello migliore per spiegare i pattern osservati risulta contenere solo i fattori Anno e Stagione.

La tabella seguente mostra gli output del modello. Dalla stima dei coefficienti si evince che il fattore Stagione ha relazioni significative con le risposte dei saggi. In particolare, visto il valore negativo del coefficiente associato, si evince che in Inverno la risposta dei test sia significativamente inferiore rispetto al periodo estivo. Anche il fattore Anno mostra effetti significativi. La risposta dei saggi ecotossicologici mostra un trend di crescita; ma questo aumento non è legato alla presenza del Terminale, bensì determinato da variazioni oceanografiche nell'intera area.

Dalle analisi, quindi, emerge come le risposte dei saggi ecotossicologici non siano influenzate dalla presenza del Terminale FSRU.

Coefficienti	Stima	Errore standard	Z	Livello di significatività
Intercetta	-1.95	0.62	-3.15	<0.05
f Anno(2014)	3.45	0.75	4.61	<0.05
f Anno(2015)	1.08	0.74	1.44	NS
f Anno(2016)	3.92	0.77	5.10	<0.05
f Anno(2017)	5.32	0.84	6.34	<0.05
f Stagione(Inverno)	-2.33	0.44	-5.35	<0.05

7.1.4 Plancton

7.1.4.1 Fitoplancton

Metodi di elaborazione dati

Sono stati valutati gli andamenti temporali del fitoplancton dal Bianco a E17 sui dati delle abbondanze fitoplanctoniche totali e dei quattro gruppi considerati (Diatomee, Dinoflagellati, Coccolitofori, Altro). Per valutare eventuali cambiamenti avvenuti rispetto al Bianco e

riconducibili all'attività del Terminale è stata eseguita una ANOVA multifattoriale a tre fattori (anno di campionamento, distanza dal Terminale e profondità di prelievo) utilizzando unicamente le campagne estive (B, E14, E15, E16, E17) poiché il Bianco è stato effettuato in questa stagione.

Il test si base sull'ipotesi che gli effetti del Terminali, se esistono, saranno visibili nelle stazioni ad esso più prossime.

Il test, pertanto, tiene conto delle stazioni a 100 m dal Terminale (MG6, MG7, MG12, MG13) e di una a 2000 m (MG10). L'ANOVA è stata effettuata utilizzando il software STATISTICA.

Per rilevare i trend generali cui sono sottoposti i popolamenti, la matrice di abbondanza taxastazioni è stata sottoposta ad Analisi delle Corrispondenze (CA) dopo aver selezionato il 95% dei taxa più abbondanti.

Per ciascuna stazione sono stati usati i centroidi come media delle osservazioni effettuate alle 4 differenti profondità. Inoltre è stata utilizzata la routine SIMPER per valutare il grado di similarità della composizione tassonomica sia tra le stazioni appartenenti alla medesima campagna sia tra campagne svolte entro la medesima stagione (software PAST).

Risultati

L'osservazione del ciclo stagionale delle densità fitoplanctoniche totali e dei quattro raggruppamenti tassonomici principali durante i quattro anni indagati **Figura 97** mostrano un andamento stagionale coerente con quanto atteso dalle variazioni temporali del fitoplancton nelle acque liguri-tirreniche, ossia massimi di abbondanza nei periodi invernali e minimi in quelli estivi-autunnali. Si evidenzia, inoltre, che negli anni si verificano variazioni sia quantitative nell'ampiezza dei massimi, sia nella forma dell'andamento che riguarda soprattutto le stagioni primavera ed autunno. In particolare in A13 e A15 la fase di aumento verso il massimo invernale sembra anticipata rispetto ad altri anni come A14 e A16 durante i quali le densità si mantengono intorno a livelli tipicamente estivi.

In P14 e maggiormente in P16 le densità risultano più elevate rispetto a P15 e P17 casi in cui si registra già una diminuzione di densità verso valori più tipicamente estivi. Nei momenti di maggiore abbondanza dominano diatomee (aumentano in inverno e autunno nei campioni superficiali) e il gruppo "Altro", comprensivo in una grande varietà di classi di nanoflagellati, che rimane dominante anche in altre stagioni, rivelando una notevole diversità.

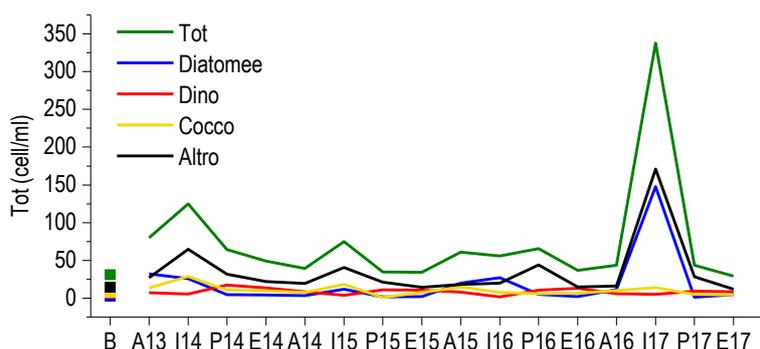


Figura 97 - Variazione stagionale delle densità cellulari medie totali per campagna e dei diversi gruppi fitoplanctonici.

Le variazioni in relazione alla profondità sono sempre da attribuirsi alla diversa composizione stagionale. Non si evidenzia quindi una differenza tra stazioni, bensì una diversa distribuzione verticale dei popolamenti che non è da attribuirsi alla distanza dal Terminale.

Dal confronto tra i dati acquisiti unicamente durante le campagne estive (**Tabella 78**), come atteso, si conferma la non significatività del fattore distanza dal Terminale, e la significatività del fattore anno di campionamento.

Tabella 78 - ANOVA multifattoriale a tre fattori (anno di campionamento, distanza dal Terminale, profondità di prelievo) sulle campagne estive (Bianco, E14, E15, E16, E17). * 0,01 < p < 0,05; ** p < 0,01.

Fattori e interazioni	Fito totale (cell/ml)	Diat (cell/ml)	Dino (cell/ml)	Cocco (cell/ml)	Altro (cell/ml)	N. Taxa
anno	**	*	**	n.s.	n.s.	**
distanza	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
prof	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.
Anno x distanza	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Anno x prof	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Distanza x prof	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

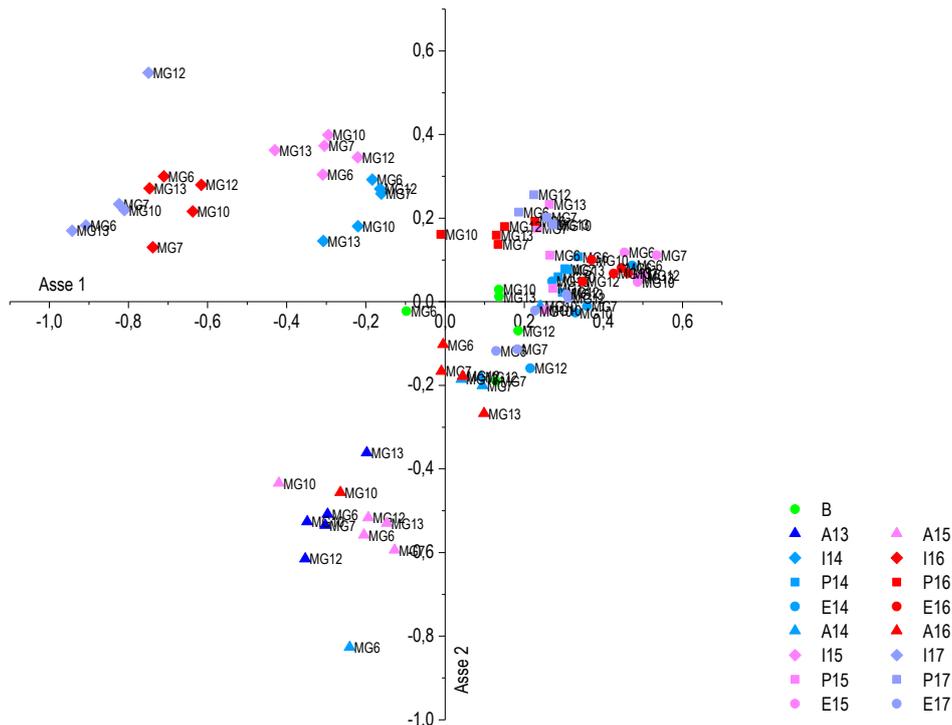


Figura 98 – Piano di ordinamento ottenuto tramite Analisi delle Corrispondenze (CA) in base alla composizione tassonomica (dati quantitativi cell/l) media per ogni stazione.

Nel piano bidimensionale dei primi due assi estratti (che spiegano rispettivamente il 23,2% e l'11,5% della varianza) dalla CA le stazioni tendono a raggrupparsi a parità di stagione senza distinzioni tra esse, con maggiore differenziazione delle annualità degli inverni e degli autunni e maggiore indistinguibilità per le primavere e le estati (gruppo a destra dell'origine). Il popolamento è caratterizzato da un gruppo di taxa da considerarsi "perenne", composto da specie e gruppi di diversa appartenenza tassonomica (*Emiliania huxleyi*, Gymnodiniaceae, nanoflagellati, *Phaeocystis* sp., alcune diatomee). La distribuzione dei gruppi invernali (Figura 98) è determinata, oltre che dalle massime abbondanze di Criptofitee e diatomee, dalla comparsa di taxa non precedentemente rilevati, soprattutto diatomee (*Skeletonema menzellii*, I15 e I17; *Pseudo-nitzschia galaxiae* (forma piccola) - I16 e I17; *Chaetoceros socialis*, I17). Considerazioni simili possono essere fatte anche per i gruppi autunnali, disposti in base alle maggiori (A13 A15) o minori (A14 A16) densità dei taxa presenti e ai taxa caratterizzanti (*Chaetoceros curvisetus*, C. spp., A13 A15; *Leptocylindrus* spp., *Proboscia alata*, *Thalassionema* spp., A14 A16).

È stata inoltre valutata l'entità di dissimilarità nella composizione tassonomica, a parità di campagna (stagione), tra stazioni utilizzando la media dei quattro punti più vicini al Terminale (MG6, MG7, MG12 e MG13, considerati repliche) in confronto alla MG10, unico punto a distanza 2000m, tramite la routine SIMPER. La dissimilarità tra i popolamenti delle stazioni nell'ambito della stessa campagna (stagione) è risultata variare dal 9% (in I15) a circa il 43% (in A15), riguarda prevalentemente un diverso contributo dei taxa presenti piuttosto che una sostituzione, e non è riconducibile alla distanza dal Terminale. La dissimilarità è maggiore nel confronto interannuale a parità di stagione, intorno al 50%, con maggiore differenza tra gli inverni e minore tra le estati. Questo conferma come le maggiori differenziazioni nelle comunità fitoplanctoniche siano stagionali e interannuali, e imputabili soprattutto all'insorgenza delle fioriture di diatomee, e secondariamente di Criptofitee.

Dall'analisi complessiva ossia che tiene conto sia dei dati ambientali sia delle caratteristiche del popolamento, si osservano variazioni significative sia interannuali sia interstagionali. I pattern osservati però non differiscono in ragione della distanza dal Terminale ad indicare essi sono del tutto simili nelle sue immediate vicinanze e lontano da esso. Tale risultato esclude che presso l'FSRU ci siano condizioni di alterazione ad esso riconducibili.

In generale, il fattore stagione determina le variazioni dei parametri ambientali (idrodinamismo, profondità della zona eufotica, concentrazioni nutritive), della biomassa fitoplanctonica (concentrazioni di chl-a, densità cellulari), della composizione delle comunità. Si verifica anche una significativa variabilità interannuale che produce ciclicità diversificate tra i quattro anni indagati, riconducibili alla specifica climatologia annuale e alle condizioni meteomarine del momento del campionamento.

L'analisi delle proprietà bio-ottiche consente una visione integrata e sintetica delle interazioni fra la luce e le sostanze otticamente attive (chl-a, TSM, CDOM) fornendo indicazione sulle eventuali alterazioni dell'ambiente marino. Le concentrazioni di queste sostanze risultano variabili sia stagionalmente sia in relazione ai diversi anni. Inoltre, i rapporti fra le tre grandezze risultano dominati dalla chl-a, cioè dal fitoplancton indicando che ad oggi non agiscono elementi di alterazione.

Le comunità fitoplanctoniche sono sempre notevolmente diversificate, in maniera comune tra tutte le stazioni, con le caratteristiche sostanzialmente attese nella variazione stagionale, ma concili annuali che differiscono nell'ampiezza delle variazioni quantitative e nelle dominanze specifiche delle fioriture. In I17 si sono registrati i massimi valori della fioritura inverno-primaverile, sia in concentrazione di chl-a che in densità cellulari (Figura 96), in concomitanza di un periodo di massima portata del fiume Arno le cui acque hanno investito l'area di indagine. A questo proposito si sottolinea che, come noto dalla conoscenza della circolazione e delle forzanti idrodinamiche della zona,

le acque dell'Arno possono arrivare, in misura maggiore o minore, all'area occupata dal Terminale e che quindi questo fattore può essere una forzante altamente variabile, che può influenzare le condizioni idrodinamiche, trofiche, di sospensione del particolato e le dinamiche delle comunità fitoplanctoniche.

7.1.4.2 Zooplancton

Metodi di elaborazione dati

Alla base di tale analisi sta il concetto di similarità/dissimilarità tra campioni espressa come indice di *Bray-Curtis coefficient*. Il test statistico non parametrico ANOSIM (*software* PRIMER v7) consente di valutare la significatività delle differenze tra campioni e il pairwise test ha permesso di verificare la significatività di tali differenze nel confronto a coppie tra fase di Bianco e stagioni estive e successive stagioni estive tra loro. L'elaborazione delle matrici di abbondanza è stata eseguita utilizzando il software statistico PRIMER (v 7).

Risultati

Dall'analisi dei dati è emerso che i popolamenti zooplanctonici variano in funzione della stagione e della profondità, che come atteso, sono i fattori più importanti che influenzano la dinamica di questo comparto biotico.

La stagione, inoltre, influenza i rapporti tra oloplancton a copepodi, meroplancton e ittioplancton, fatto legato alle caratteristiche intrinseche di questa categoria ecologica. Nel corso delle stagioni si avvicinano specie con cicli riproduttivi differenti, con picchi demografici che variano alla variare della stagione. I cambiamenti riguardano sia le caratteristiche compositive (ossia il corteggio faunistico) sia quelle strutturali (ossia i rapporti quantitativi tra le specie).

Ne è un esempio il copepode calanoide *Nannocalanus minor* che mostra un picco di abbondanza in estate, e viene sostituito dal copepode cyclopoide *Oithona plumifera* che, invece, mostra un picco di abbondanza in inverno). Analogamente, nel caso dell'ittioplancton, si osserva l'alternanze estivo - invernale di *Engraulis encrasicolus* (acciuga) e *Sardina pilchardus* (sardina), la prima abbondante in estate, la seconda dominante in inverno.

Per la componente meroplanctonica, che include molti gruppi sistematici diversi fra loro per durata e numero di fasi larvali, è possibile individuare una variazione interstagionale anch'essa legata ai cicli riproduttivi di alcuni gruppi. Gli echinodermi per esempio e, in particolare le larve di echinoidi regolari e irregolari, sono presenti in estate sulle fasce più superficiali della colonna d'acqua, mentre diminuiscono nel periodo invernale concentrandosi maggiormente a profondità più elevate.

Queste le principali cause di natura ecologica che portano alle differenze nel confronto interstagionale e che rappresentano una caratteristica peculiare che, mantenendosi inalterata nel tempo, fin dal primo anno di campionamento, porta ad affermare che su questa variabile non vi siano influenze negative o impatti visibili da attribuire all'esercizio del Terminale.

Così come per la stagione, anche le differenti fasce di profondità investigate mostrano composizioni differenti nel popolamento associato. Sebbene il rigassificatore sia ancorato a circa 12 miglia nautiche dalla costa italiana, in prossimità del bordo della piattaforma continentale, la profondità non supera 120 m. Ciononostante è sufficiente per una distribuzione non uniforme dello zooplancton e i risultati suggeriscono che soprattutto la presenza di termoclini stagionali e il sistema locale di correnti persistenti in questo settore del Mar Mediterraneo (di direzione sud-nord), influenzino fortemente la distribuzione degli organismi planctonici. In particolare si evidenziano differenze tra campioni profondi e superficiali orizzontali, ma anche tra la fascia intermedia (– 50 m e la superficie) e i retinaggi orizzontali.

In considerazione dell'elevata variabilità interstagionale dello zooplancton i dati acquisiti durante il Bianco possono essere confrontati unicamente con le campagne estive. Nel Pairwise test sono stati considerati quindi i survey E14, E15, E16, E17 ed il Bianco. I risultati del Pairwise test applicato ai tre comparti dello zooplancton, è riassunti nella **Tabella 79**.

Tabella 79 - Pairwise test di confronto tra fase di Bianco (B) e stagioni estive dal 2014 al 2017. Valore di R del global test = 0,567. P = 0,001				
Pairwise test	Oloplancton a copepodi	Meroplancton	Ittioplancton	
B vs E14	R = 0,757 **	R = 0,955 **	R = 0,224 **	
B vs E15	R = 0,85 **	R = 0,96 **	R = 0,134 *	
B vs E16	R = 0,881 **	R = 0,9 **	R = 0,219 **	
B vs E17	R = 0,864 **	R = 0,902 **	R = 0,287 **	
E14 vs E15	R = 0,47 **	R = 0,356 **	R = 0,06 n.s.	
E14 vs E16	R = 0,552 **	R = 0,336 **	R = 0,117 *	
E14 vs E17	R = 0,621 **	R = 0,256 **	R = 0,312 *	
E15 vs E16	R = 0,306 **	R = 0,354 **	R = 0,092 *	
E15 vs E17	R = 0,376 **	R = 0,167 *	R = 0,183 **	
E16 vs E17	R = 0,273 **	R = 0,201 *	R = 0,083 *	

* = 0,01 < P < 0,05; ** = P < 0,01

Dal Pairwise test emerge che la comunità zooplanctonica della fase di Bianco (B) è significativamente differente da quella delle stagioni estive successive in tutte e tre le categorie zooplanctoniche monitorate.

Il risultato è evidente per l'oloplancton a copepodi e il meroplancton (alti valori di R), mentre per l'ittioplancton, sebbene i risultati continuino a essere significativi, le differenze sono minori (valori di R più bassi).

Confrontando i risultati delle campagne estive successive si può rilevare che nel corso degli anni, dopo l'arrivo del rigassificatore, la comunità zooplanctonica registra maggiore similarità; è evidente per esempio osservando i valori del test E16 vs E17, con valori di R molto più bassi, pur confermandosi significativi.

La spiegazione del risultato è interpretabile attraverso due osservazioni: una ecologica, la seconda legata al monitoraggio dell'area. La comunità zooplanctonica, trattandosi di organismi fluttuanti nella colonna d'acqua e diffusi nell'ambiente marino secondo una distribuzione cosiddetta a *patch*, è maggiormente soggetta a oscillazioni quali-quantitative rispetto a comparti più conservativi come il benthos. Questo significa che, nella stessa stagione, a fronte della naturale variabilità delle condizioni dell'ambiente, si possono ottenere risultati diversi che si manifestano come elevate differenze nei popolamenti da un anno al successivo.

Nel caso in esame una parte delle differenze emerse può essere ricondotta, sebbene in minima parte, anche alla crescente conoscenza dell'area di studio: essa ha permesso agli operatori di raggiungere un dettaglio tassonomico sempre più elevato fornendo liste specie sempre più lunghe ed accurate.

Infine, l'assenza di effetti del Terminale è confermata anche dai risultati emersi dal confronto, per ciascuna campagna, tra le stazioni di campionamento prossime al Terminale (MG6, MG7, MG12, MG13) e quella posta a 2000m da esso (MG10). Il test ANOSIM non indica differenze significative dimostrando che la dinamica dei popolamenti non subisce alterazioni dovute alla presenza dell'FSRU.

7.2 SEDIMENTI

Per una corretta interpretazione dei dati, occorre premettere che l'area in cui è collocato il Terminale è stata, in passato, sede di sversamenti dei fanghi di dragaggio portuale. Pertanto, come già stato osservato nella fase di Bianco, la tessitura dei sedimenti e 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

Metodi di elaborazione dati

I risultati relativi ai dati acquisiti dal Bianco (B) all'Estate 2017 (E17) sono stati raccolti in una matrice e sottoposti ad analisi multivariata per identificare eventuali pattern riconducibili alla presenza del Terminale.

In particolare, i dati sono stati sottoposti all'Analisi delle Componenti Principali (PCA), ottenute come combinazioni lineari delle variabili scelte ordinate in base ad un criterio di rilevanza informativa, ossia sulla base della varianza spiegata. Nel caso in esame sono state selezionate le seguenti variabili discrittive: sabbia, elementi in tracce, IPA Totali, TOC. Prima dell'analisi i dati sono stati normalizzati.

Risultati

I sedimenti indagati mostrano elevata variabilità spaziale (**Figura 99**) senza seguire un andamento temporale ben definito o riconducibile alla presenza del rigassificatore. Una probabile spiegazione è legata al fatto che l'area è stata sede di sversamenti di fanghi portuali con conseguente deposito di strati di sedimento alloctono molto eterogeneo, incrementando la variabilità tessiturale dell'area.

I cambiamenti hanno interessato maggiormente le stazioni prossime all'FSRU rispetto ai controlli (MG9, M10) dove sono state osservate variazioni di pochi punti percentuale, fino ad un massimo del 15%.

Al contrario, presso il Terminale, sono state osservate variazioni elevate tra il Bianco e l'Estate 2014 in MG6 e MG7. Nel primo caso (MG6) si era verificata la quasi scomparsa della componente ghiaiosa a vantaggio di quella siltosa. Nel secondo (MG7), invece, si era verificato un forte calo della componente siltosa a vantaggio di quella argillosa.

Nell'Estate 2015 si era verificato in E15 MG6 un calo di silt e argilla a vantaggio della sabbia di entità paragonabili in E15 MG6 e E15 MG12, comportamento opposto a E15 MG10. Nell'Estate 2016 le variazioni erano state per lo più a carico di E16 MG6, dove era stato registrato un calo di sabbia a favore dell'argilla, incrementata anche in E16 MG9 a scapito del silt.

Nell'ultima campagna (E17) si verifica un diffuso incremento della componente ghiaiosa nelle stazioni prossime all'FSRU (tranne E17 MG6), compensato in E17 MG7 prevalentemente dal calo della sabbia, in E17 MG12 dal calo di silt e in E17 MG13 dal calo di entrambe le frazioni pelitiche.

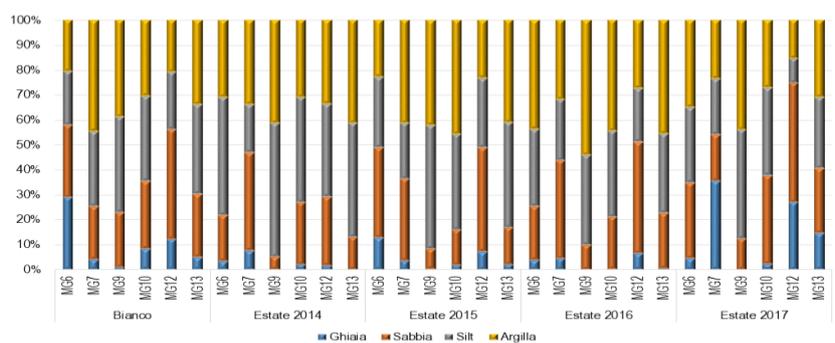


Figura 99 – Principali classi granulometriche nei sedimenti campionati durante la campagna di Bianco (E12) e nelle successive campagne estive (E14, E15, E16, E17).

I risultati delle analisi granulometriche e della ricerca di contaminanti sono stati condensati in una matrice stazioni x variabili e sottoposti ad Analisi delle Componenti principali (PCA). Da questa analisi si ottiene che il primo asse spiega il 45,2 % della varianza totale (**Tabella 80**), dovuta principalmente al contributo di molti metalli, che hanno esibito in B MG9 nella campagna di Bianco i valori più elevati (**Figura 100**). All'estremo opposto si colloca la stazione E17 MG12 per la bassa concentrazione di questi contaminanti, da relazionarsi alla maggiore percentuale di sabbia.

Lungo il secondo asse, che spiega quasi il 20% della varianza, il contributo più importante è dato dal cadmio e in minor misura dagli IPA e dal TOC, che mostrano picchi presso del Terminale nell'Estate 14 con valori che rimangono comunque paragonabili a quelli rilevati nella campagna di Bianco.

Va comunque sottolineato che in termini assoluti i valori dei contaminanti sono prevalentemente modesti e non si rileva, nel tempo, alcun gradiente di incremento di contaminazione nell'area del Terminale relazionabile alla presenza di quest'ultimo.

Tabella 80 - Coefficienti delle combinazioni lineari degli assi.					
% di varianza spiegata	45,2	19,4	12,5	7,5	5,4
	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
Sabbia	-0,244	0,111	0,338	-0,314	
Al	0,34	-0,118	0,046	-0,171	0,383
Fe	0,355	-0,17	-0,018	0,058	0,056
As	0,032	-0,397	0,48	0,127	0,017
Ba	0,309	0,176	0,108	-0,2	0,342
Cr	0,363	-0,072	0,019	-0,061	0,257
Cu	0,33	0,272	0,075	-0,015	-0,053
Cd	0,099	0,519	-0,048	0,226	-0,113
Mn	0,072	-0,463	0,222	0,208	-0,371
Hg	0,295	0,036	-0,133	0,335	-0,256
Ni	0,334	-0,129	-0,22	0,202	-0,055
Pb	0,256	-0,069	0,309	-0,4	-0,205
Zn	0,286	0,154	-0,022	-0,239	-0,415
IPA Tot	0,025	0,323	0,481	-0,011	-0,331
TOC	0,022	0,202	0,436	0,587	0,329

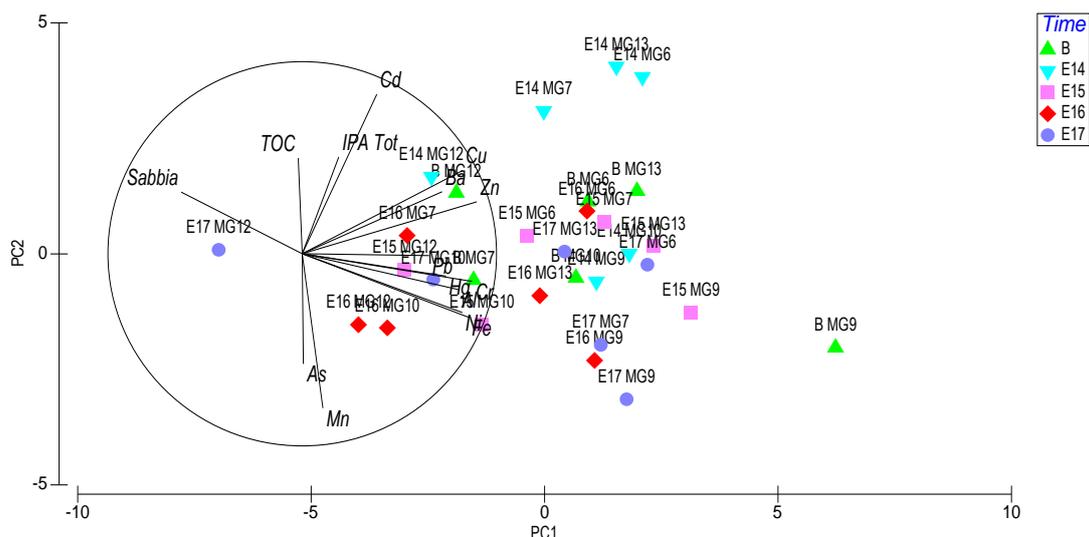


Figura 100 – Risultati dell'Analisi delle Componenti Principali (PCA) relativa ai dati acquisiti durante i periodi estivi (Bianco, E14, E15, E16, E17). Prima dell'analisi i dati sono stati normalizzati.

7.2.2 Saggi ecotossicologici su campioni di sedimento

I risultati dei saggi biologici applicati ai sedimenti testati nell'estate 2017 evidenziano complessivamente un miglioramento del grado di tossicità dei sedimenti analizzati dal Bianco ad oggi (**Tabella 81**).

Nella fase di Bianco, infatti, i sedimenti erano risultati tutti a tossicità bassa dal test con *P. lividus* e in parte media (B MG6, B MG7, B MG10, B MG12) in parte bassa (B MG13, B MG9) dal test con *C. orientale*. Nessuna tossicità era stata rilevata dal *V. fischeri*, test che non ha esibito variazioni nel tempo.

Per quanto riguarda gli altri test non sono stati rilevati pattern temporali univoci, né nelle stazioni prossime all'FSRU, né in quelle lontane suggerendo che le variazioni sono indipendenti dalla distanza dal Terminale.

I dati dell'ultimo monitoraggio forniscono comunque un quadro ecotossicologico migliore rispetto al Bianco per quasi tutte le stazioni. Solo B MG7, B MG10, B MG12, limitatamente al test con *P. lividus*, conservano lo stato di tossicità Bassa già registrato nel Bianco.

In nessun caso si registra un progressivo peggioramento dello stato ecotossicologico.

Tabella 81 – Risultati complessivi dei test ecotossicologici condotti dal Bianco all'Estate 2017. A = tossicità Assente; B = tossicità Bassa; M = tossicità Media.

	<i>P. lividus</i>					<i>C. orientale</i>					<i>V. fischeri</i>				
	B	E14	E15	E16	E17	B	E14	E15	E16	E17	B	E14	E15	E16	E17
MG6	B	A	A	B	A	M	M	A	M	B	A	A	A	A	A
MG7	B	B	B	B	B	M	M	B	M	A	A	A	A	A	A
MG9	B	A	B	M	A	B	B	B	M	A	A	A	A	A	A
MG10	B	B	B	M	B	M	B	B	M	A	A	A	A	A	A
MG12	B	M	B	B	B	M	B	ALTA	M	A	A	A	A	A	A
MG13	B	A	B	B	A	B	B	M	M	A	A	A	A	A	A

7.3 BIOTA

7.3.1 Macrozoobenthos

Metodi di elaborazione dati

I dati di abbondanza sono stati raccolti in un'unica matrice specie x stazioni.

In una prima fase i dati sono stati analizzati congiuntamente per vedere l'andamento complessivo nel periodo che va dal Bianco (Estate 2012) all'estate 2017.

Per ridurre la dispersione dei dati, l'elaborazione è stata fatta a livello di genere, come suggerito da molti autori, al fine di minimizzare l'introduzione di varianza che potrebbe essere associata ad un errore di determinazione a livello specifico. Esistono numerosi lavori in letteratura che dimostrano l'utilità di tale approccio che, a fronte di una contenuta riduzione di informazione, comporta un aumento della potenza dei test statistici.

I dati sono stati trasformati secondo la doppia radice quadrata in quanto il popolamento risulta estremamente sbilanciato a favore di pochissime specie con elevati valori di abbondanza.

La matrice così ottenuta è stata sottoposta al n-metric-MultiDimensionalScaling (n-MDS), dopo aver ottenuto la matrice triangolare di similarità tramite l'indice di Bray-Curtis.

Partendo dall'ipotesi che le stazioni più vicine all'FSRU siano quelle che maggiormente possano risentire della sua influenza, le stazioni sono state raggruppate in ragione della loro distanza, ossia: FSRU (stazioni vicine), I (stazioni intermedie), C (controlli, stazioni più lontane). I label corrispondenti (FSRU, C, I) sono stati sovrapposti al piano di ordinamento per rilevare eventuali gradienti spaziali.

Avendo a disposizione un'unica fase di Bianco eseguita in estate i dati sono stati nuovamente elaborati utilizzando unicamente i survey estivi (B, E14, E15, E16, E17). L'ordinamento dei punti stazione è stato ottenuto, anche in questo caso, tramite il n-MDS. Sui medesimi dati relativi alle campagne estive, per verificare la significatività dei pattern osservati è stata usata la PERMANOVA, test multivariato non parametrico, dopo aver testato l'omogeneità delle varianze tramite PERMDISP.

Sono stati testati il fattore Tempo (T) ed il fattore Distanza (D), formulando l'ipotesi zero stante la quale la differenza tra FSRU, I (Intermedi) e C (Controlli), se esiste, rimane costante nel tempo, ossia l'interazione tra i fattori Tempo (T) e Distanza (D) risulti non significativa.

Per completare l'analisi delle risposte della componente macrozoobentonica sono stati presi in considerazione alcuni dei classici indici ecologici che descrivono la struttura di comunità, quali l'indice di diversità di Shannon Weaver (H') e il numero di Specie (S).

Per lo studio dell'indice di diversità di Shannon Weaver è stata utilizzata l'analisi della regressione lineare multipla, considerando l'indice di diversità come variabile dipendente. Come covariate, o variabili esplicative (indipendenti), sono stati utilizzati il tempo (anni), la stagione (come fattore a 4 livelli: A = autunno, E = estate, I = inverno, P = primavera), e la distanza dall'impianto di rigassificazione FSRU (fattore a 3 livelli: FSRU = Terminale, I = area intermedia, C = area controllo). Nel modello iniziale è stata anche inserita l'interazione tra tempo e distanza.

La formula del modello iniziale è la seguente:

$$H = \alpha + \text{Anno} + f\text{Stagione} + f\text{Distanza} + \text{Anno}:f\text{Distanza} + \epsilon_i$$

dove H' è la variabile dipendente (indice di diversità), α è l'intercetta, Anno, Stagione e Distanza sono le variabili indipendenti (Stagione e Distanza espresse come fattore f). Nella formula è anche indicata l'interazione tra Anno e Distanza.

A partire dal modello iniziale, è stata effettuata una *backward selection analysis* basata sull'analisi della varianza e l'Akaike Information Criterion (AIC), al fine di individuare il modello migliore nel descrivere i dati, associato al valore di AIC più basso. Una volta individuato il modello migliore, una validazione del modello stesso è stata effettuata attraverso l'analisi grafica dei residui.

La *backward selection analysis* ha mostrato che l'interazione tra il fattore distanza dal Terminale FSRU ed il tempo non ha effetto significativo sulla variabile dipendente H' , che è stata pertanto rimossa del modello. Il modello migliore selezionato attraverso la *backward selection analysis* è perciò risultato il seguente:

$$H = \alpha + \text{Anno} + f\text{Stagione} + f\text{Distanza} + \epsilon_i$$

Lo stesso approccio è stato utilizzato per l'analisi dell'indice di ricchezza specifica (S), partendo dal seguente modello iniziale:

$$S = \alpha + \text{Anno} + f\text{Stagione} + f\text{Distanza} + \text{Anno}:f\text{Distanza} + \epsilon_i$$

dove S è la variabile dipendente (Numero di Specie), α è l'intercetta, Anno, Stagione e Distanza sono le variabili indipendenti (Stagione e Distanza espresse come fattore f). Nella formula è anche indicata l'interazione tra Anno e Distanza.

La *backward selection analysis* ha mostrato che l'interazione tra il fattore distanza dal Terminale FSRU ed il tempo non ha effetto significativo sulla variabile dipendente S, che è stata pertanto rimossa del modello. Il modello migliore selezionato attraverso la *backward selection analysis* è perciò risultato il seguente:

$$S = \alpha + \text{Anno} + f\text{Stagione} + f\text{Distanza} + \epsilon_i$$

Per tutte le analisi sopra descritte è stato utilizzato R (versione 3.4.1), ed i pacchetti associati mgcv e nlme (R Core Team, 2017).

Risultati

Nel piano di ordinamento ottenuto dal nMDS (**Figura 101**) si osserva che il fattore tempo è determinante nello spiegare la disposizione dei punti stazione. Da destra verso sinistra, infatti, i punti sono disposti in accordo all'anno di campionamento.

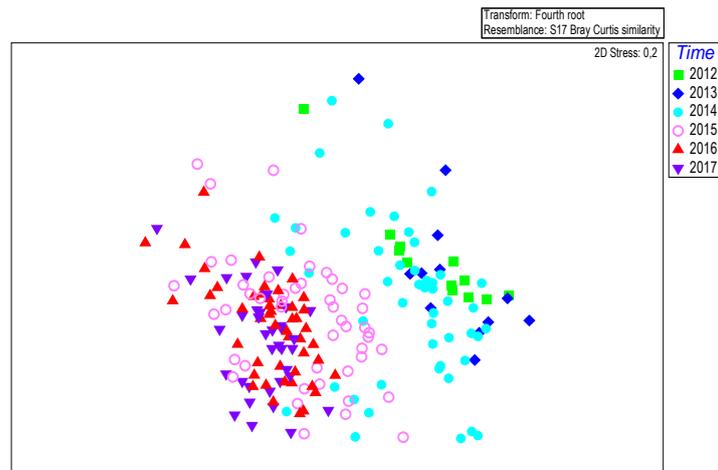


Figura 101 – Piano di ordinamento ottenuto dal n-MultiDimensional Scaling applicato alla matrice generi x stazioni dopo aver trasformato i dati secondo la radice quarta. La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Brey-Curtis.

Tale risultato indica unicamente che, come atteso, i popolamenti evolvono nel tempo, fatto che rientra nei processi naturali indipendenti dalla presenza del Terminale.

Per esplorare eventuali cambiamenti rispetto alle condizioni di Bianco l'analisi è stata ripetuta utilizzando unicamente i dati delle campagne estive poiché il Bianco è stato condotto in questa stagione.

In particolare, i dati sono stati analizzati per vedere se dopo la fase di Bianco sono avvenute modifiche significative nei popolamenti e se tali modifiche possano essere riconducibili alla presenza dell'FSRU o se, al contrario, avvengano in maniera indipendente. L'analisi è stata basata sul presupposto che, se il Terminale ha un effetto, esso sarà rilevabile nelle stazioni più vicine al Terminale stesso rispetto a quelle lontane.

Pertanto è stata testata l'ipotesi zero, secondo la quale la differenza tra le stazioni FSRU, I (stazioni intermedie) e C (stazioni di controllo), se esiste, rimane costante nel tempo, ossia l'interazione tra i fattori Tempo (T) e Distanza (D) risulti non significativa.

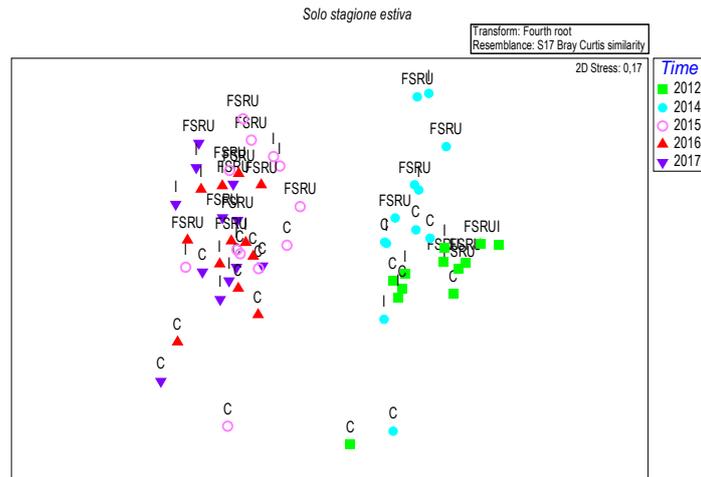


Figura 102 – Piano di ordinamento ottenuto dal n-MultiDimensional Scaling applicato alla matrice generi x stazioni (limitatamente ai campionamenti estivi) dopo aver trasformato i dati secondo da radice quarta. La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Brey-Curtis. Nel plot sono stati superimposte le label (C, FSRU, I) che indicano la posizione delle stazioni rispetto al Terminale.

Da questa analisi si conferma che il fattore tempo gioca un ruolo importante nel determinare la disposizione dei punti da destra verso sinistra del piano di ordinamento. Il fatto che il gradiente temporale sia parzialmente confuso nel plot, è dovuto alle caratteristiche del popolamento stesso, caratterizzato da pochissime specie con elevati valori di abbondanza. Tali specie mostrano modesta variabilità stagionale e temporale e identificano costantemente il popolamento. Sono le specie rare che mostrano una maggiore dinamica, ma avendo valori di abbondanza estremamente bassi apportano ciascuna solo un piccolo contributo nel determinare il pattern osservato.

Dalla medesima analisi si vede, inoltre, che i punti più lontani dal Terminale (C) tendono ad opporsi a quelli vicini (FSRU) facendo presupporre un diverso comportamento dei popolamenti in relazione alla loro distanza dall'FSRU.

Per valutare statisticamente questi due fattori (Tempo, Distanza) è stata effettuata un'analisi della varianza multivariata (PERMANOVA).

Essa ha consentito di confermare che i popolamenti cambiano significativamente nel tempo (fattore Tempo significativo) e presentano differenze significative sulla base della loro distanza dal Terminale (fattore Distanza significativo).

Tuttavia, l'interazione tra questi due fattori (Tempo x Distanza) risulta non significativa ad indicare che le differenze, osservate già nella fase di Bianco, rimangono costanti nel tempo. Pertanto, l'ipotesi secondo la quale i popolamenti più prossimi al Terminale non si modificano nel tempo diversamente dai controlli viene accettata. In altre parole i popolamenti prossimi al Terminale, ossia quelli direttamente soggetti alla sua influenza, evolvono nel tempo parallelamente a quelli di controllo, ossia a quelli non sottoposti all'influenza dell'FSRU.

Tabella 82 – Risultati della PERMANOVA. T (Tempo) random 5 livelli; D (Distanza) 3 livelli fisso. I dati significativi sono indicati in neretto.					
Sorgente di variabilità	df	SS	MS	Pseudo-F	P (perm)
Tempo (T)	4	24216	6054,1	8,2806	0,001
Distanza (D)	2	4472,6	2236,3	3,2264	0,005
TxD	8	5545,1	693,14	0,94806	0,685
Residuo	45	32900	731,11		
Totale	59	67134			

Gli aspetti strutturali del popolamenti sono stati approfonditi utilizzando l'analisi della regressione lineare multipla, considerando gli indici H' (diversità di Shannon Weaver) e S (Numero di Specie) come variabili dipendenti e Tempo (anni), Stagione (4 livelli: A = autunno, E = estate, I = inverno, P = primavera) e Distanza dal Terminale (3 livelli: FSRU = Terminale, I = area intermedia, C = area di controllo) come covariate.

L'interazione tra Tempo x Distanza è stata esclusa dal modello essendo risultata non significativa. Questo risultato dimostra che H' e S non variano in funzione della distanza dal Terminale e pertanto non sono influenzati da questo, analogamente a quanto ottenuto dalla PERMANOVA applicata alla matrice generi x abbondanza.

Dal modello regressione lineare multipla si evince, inoltre, che nel tempo si verifica un calo dell'indice di diversità di Shannon-Weaver H', il che sta ad indicare che il trend della biodiversità è in generale calo. Tuttavia, questa riduzione di diversità non risulta imputabile al Terminale. Infatti, analizzando il fattore distanza da esso, risulta che la diversità è significativamente maggiore presso il Terminale FSRU rispetto all'area controllo (C). Al contrario, la diversità risulta significativamente inferiore nell'area intermedia, rispetto al controllo. Per quanto riguarda l'effetto stagionale, solo l'inverno sarebbe associato a valori di diversità significativamente più alti rispetto alle altre stagioni.

Tabella 83 – Output del modello GLM (Generalized Linear Model) applicato sull'indice di diversità specifica di Shannon Weaver (H'). Le assunzioni di omogeneità della varianza, di indipendenza e normalità sono state rispettate.

Coefficienti:	Stima	Err.St.	valore test t	livello di significatività
Intercetta	155,10	26,97	5,75	< 0,05
Anno	-0,08	0,01	-5,61	< 0,05
fDistanza - FSRU	0,18	0,04	4,13	< 0,05
fDistanza - I	-0,21	0,04	-4,97	< 0,05
fStagione - E	-0,02	0,05	-0,44	NS
fStagione - I	0,14	0,06	2,49	< 0,05
fStagione - P	0,08	0,06	1,40	NS

La tabella seguente mostra gli output del modello di regressione lineare multipla stimato per la ricchezza specifica S . Dalla stima dei coefficienti si evince che il fattore tempo ha un effetto negativo sull'indice di ricchezza specifica, il che sta ad indicare che la tendenza generale della ricchezza specifica è alla riduzione. Tuttavia, questa riduzione non sembra poter essere imputabile al Terminale FSRU. Infatti, analizzando il fattore distanza dal Terminale, risulta che S è significativamente maggiore al livello del Terminale FSRU rispetto all'area di controllo (C ; non indicata nella tabella, in quanto preso come parametro di riferimento), mentre non ci sono differenze significative tra area intermedia e di controllo. Per quanto riguarda l'effetto stagionale, inverno e primavera sono associati a valori di diversità significativamente più alti rispetto alle altre stagioni.

Tabella 84 – Output del modello GLM (Generalized Linear Model) applicato sull'indice S (numero totale di specie). Le assunzioni di omogeneità della varianza, di indipendenza e normalità sono state rispettate.

Coefficienti	Stima	Err.St.	valore test t	Livello di significatività
Intercetta	3535.13	481.85	7.34	< 0.05
Anno	-1.74	0.24	-7.28	< 0.05
fDistanza - FSRU	5.17	0.76	6.82	< 0.05
fDistanza - I	0.14	0.76	0.19	NS
fStagione - E	-0.52	0.92	-0.57	NS
fStagione - I	5.32	1.01	5.25	< 0.05
fStagione - P	3.08	1.01	3.04	NS

Anche in questo caso dall'analisi dei residui non sono emersi trend, il che sta ad indicare che le assunzioni di omogeneità della varianza, di indipendenza e normalità sono rispettate per il modello utilizzato.

7.3.2 Meiobenthos

Metodi di elaborazione dati

I dati quantitativi derivanti dalle nove campagne di prelievo (Bianco, I14, E14, I15, E15, I16, E16, I17, E17) sono stati raccolti in un'unica matrice *taxa x stazioni* e analizzati congiuntamente per valutarne l'andamento complessivo.

I dati di abbondanza sono stati trasformati secondo l'equazione $y = \log(x+1)$, per ridurre lo sbilanciamento in favore di alcuni *taxa* particolarmente abbondanti rispetto ad altri.

Il piano di ordinamento è stato ottenuto tramite il *n*-metric MultiDimensional Scaling (*n*-MDS) applicato alla matrice di similarità ottenute tramite dell'indice di Bray-Curtis.

Analogamente a quanto descritto per i popolamenti macrobentonici, anche in questo caso è stata formulata l'ipotesi secondo la quale le stazioni più vicine all'FSRU siano quelle che maggiormente possano risentire della sua influenza. Pertanto, le stazioni sono state raggruppate in ragione della loro distanza dal Terminale, ossia: FSRU (stazioni vicine), I (stazioni intermedie), C (controlli, stazioni più lontane). I label corrispondenti (FSRU, C, I) sono stati sovrapposti al piano di ordinamento per rilevare eventuali gradienti spaziali.

Avendo a disposizione un'unica fase di Bianco eseguita in estate i dati sono stati nuovamente elaborati utilizzando unicamente i survey estivi (B, E14, E15, E16, E17). L'ordinamento dei punti stazione è stato ottenuto, anche in questo caso, tramite il *n*-MDS. Sui medesimi dati relativi alle campagne estive, per verificare la significatività dei pattern osservati è stata usata la PERMANOVA, test multivariato non parametrico.

Sono stati testati il fattore Tempo (T) ed il fattore Distanza (D), e il fattore Sito (S), gerarchizzato in Distanza [$S(D)$] formulando l'ipotesi zero stante per la quale la differenza tra FSRU, I (Intermedi) e C (Controlli), se esiste, rimane costante nel tempo, ossia l'interazione tra i fattori Tempo (T) e Distanza (D) risulta non significativa.

Per completare l'analisi delle risposte della componente meiobentonica è stata effettuata l'analisi SIMPER (Similarity Percentages), applicata alla matrice dei dati trasformati, volta a verificare quali *taxa* hanno contribuito maggiormente alla differenziazione tra campioni in base ai fattori considerati.

Le analisi sono state effettuate utilizzando il software PRIMER 6.0 (PRIMER-E Ltd, Plymouth, U.K.; Clarke & Warwick, 2001; Clarke & Gorley, 2006) con l'estensione PERMANOVA+ (Anderson et al., 2008).

Risultati

Dall'analisi congiunta della fauna rinvenuta durante le nove campagne di studio (Bianco, I14, E14, I15, E15, I16, E16, I17, E17) emerge una comunità meiobentonica costituita globalmente da organismi appartenenti a 28 gruppi tassonomici, dei quali 11 presenti in tutte le campagne di monitoraggio. I Gastrotrichi risultano presenti unicamente nel Bianco, mentre Idrozoi, Rotiferi, Oligocheiti, Sipunculidi, Briozoi, Solenogastri, Scafopodi, Loriciferi, Acari e vengono rinvenuti in una (Scafopodi), due (Briozoi) o più campagne della fasi di esercizio. Il rinvenimento o meno di questi 10 taxa nei campioni delle diverse fasi è verosimilmente legato più alla loro rarità, caratteristica che ne rende occasionale il prelievo, che ad altre cause.

La densità media totale dell'area investigata è risultata di $358,8 \pm 168,3$ ind./10 cm² durante il Bianco, variando, nelle fasi di Esercizio, da un minimo di $103,5 \pm 101,5$ ind./10 cm² in I17 ad un massimo di $360,7 \pm 271,4$ ind./10 cm² in E17. I Nematodi sono risultati sempre il taxon dominante (range: 79-290 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: 8-34 ind./10 cm²; 4,4-10,1%), Policheti (range: 10-20 ind./10 cm²; 3,9-9,1%) e, infine, Nauplii (range: 4-18 ind./10 cm²; 1,8-5,2%). I primi quattro gruppi costituiscono nel complesso e, a seconda delle campagne, il 95-98% della biocenosi meiobentonica. Gli altri taxa sono presenti con densità e percentuali molto basse, fornendo un valore di abbondanza variabile tra il 2,0% (E15) ed il 5,1% (Bianco) dell'intero popolamento. Tra questi solo Ostracodi, Scafopodi, Turbellari e Ciliati raggiungono in alcune occasioni l'1,0% del totale. Il piano di ordinamento bidimensionale ottenuto mediante il n-MDS (**Figura 103**) non si evidenziano né chiari pattern spaziali né temporali riconducibili alla stagionalità.

Per approfondire eventuali cambiamenti avventui a seguito dell'arrivo del Terminale, i dati sono stati nuovamente elaborati prendendo in considerazione unicamente la campagne estive poiché il Bianco è stato condotto in questa stagione.

Nel piano di ordinamento bidimensionale ottenuto dell'n-MDS (**Figura 104**) si evidenzia che i punti stazione prossimi al Terminale risultano sempre ravvicinati tra loro, nella parte sinistra del plot, in virtù di una maggiore similarità faunistica, diversamente da quanto avviene per le stazioni poste a distanza maggiore che tendono a localizzarsi della parte destra del piano.

Se questo pattern è indipendente dalla presenza del Terminale, allora le differenze tra siti vicini e siti lontani non cambiano nel tempo.

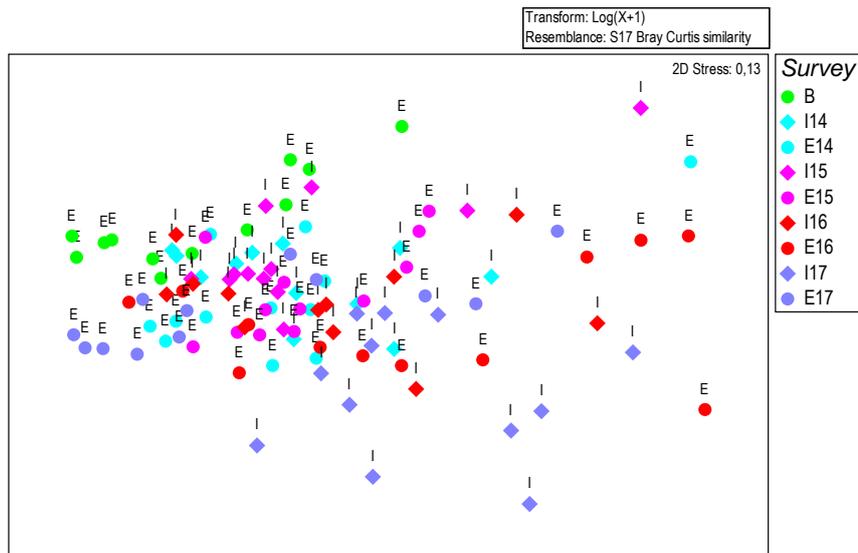


Figura 103 – Piano di ordinamento ottenuto dal non-metric Multi Dimensional Scaling (n-MDS), basato sul valore delle abbondanze medie dei taxa principali e similarità di Bray-Curtis, previa trasformazione logaritmica dei dati. Sono stati analizzati i dati acquisiti dal Bianco (B) all'Estate 2017 (E17).

Per esplorare eventuali differenze tra i popolamenti posti a diverse distanze dal terminale e per verificare come tali differenze evolvano nel tempo rispetto al Bianco, è stata utilizzata la PERMANOVA applicata unicamente ai dati acquisiti nelle campagne estive.

In particolare, i dati sono stati analizzati per vedere se dopo la fase di Bianco sono avvenute modifiche significative nei popolamenti e se tali modifiche possano essere riconducibili alla presenza dell'FSRU o se, al contrario, avvengano in maniera indipendente. L'analisi è stata basata sul presupposto che, se il Terminale ha un effetto, esso sarà rilevabile nelle stazioni più vicine al Terminale stesso rispetto a quelle lontane.

Pertanto è stata testata l'ipotesi zero, secondo la quale la differenza tra le stazioni FSRU, I (stazioni intermedie) e C (stazioni di controllo), se esiste, rimane costante nel tempo, ossia l'interazione tra i fattori Tempo (T) e Distanza (D) risulti non significativa.

Dall'analisi PERMANOVA si evince che il fattore Tempo è significativo ad indicare che i popolamenti, come atteso, evolvono nel tempo. Al contrario il fattore Distanza risulta non significativo, ad indicare che i popolamenti posti a diverse distanze dal Terminale non differiscono tra loro. Tale condizione con cambia nel tempo, infatti l'interazione Tempo x Distanza non risulta significativa (**Tabella 85**).

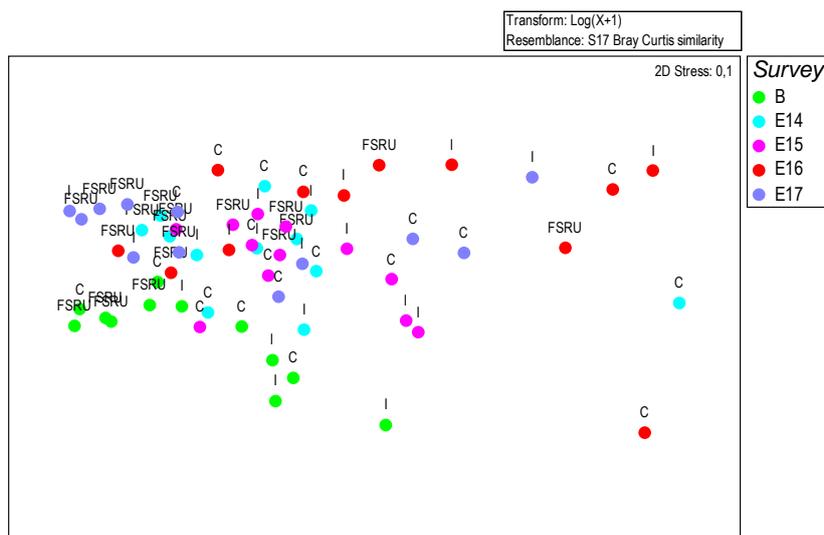


Figura 104 – Piano di ordinamento ottenuto dal non-metric Multi Dimensional Scaling (n-MDS), basato sul valore delle abbondanze medie dei taxa principali e similarità di Bray-Curtis, previa trasformazione logaritmica dei dati. Sono stati analizzati i dati acquisiti durante i periodi estivi dal Bianco (B) all'Estate 2017 (E17). Nel piano sono sovrapposti i label in base alle distanze delle stazioni dal Terminale (FSRU: prossime al Terminale, I: distanza intermedia, C: controlli).

Tabella 85 – Risultati della PERMANOVA (Permutational Multivariate Analysis of Variance). T: Tempo, D: Distanza, S: Sito. I dati significativi sono indicati in neretto.

Sorgente di variabilità	df	SS	MS	Pseudo-F	P (perm)
Tempo (T)	8	13183	1647,8	4,9348	0,001
Distanza (D)	2	3828,9	1914,4	1,882	0,169
Sito [S(D)]	9	9155,3	1017,3	3,0464	0,001
T x D	16	5226,4	326,65	0,97822	0,507
Residuo	72	24042	333,92		
Totale	107	55436			

L'analisi SIMPER evidenzia che le differenze tra siti siano riconducibili principalmente alla riduzione delle densità di Copepodi e Nauplii. Riguardo al solo fattore "Tempo", dalla SIMPER analysis emerge anche una significativa riduzione, di Ciliati. In conclusione, le analisi effettuate rilevano alcune variazioni nel tempo a carico della comunità meiobentonica nell'area indagata; tuttavia, tali differenze non sono imputabili alla presenza e funzionamento del Terminale, ma sono riconducibili principalmente ad una generalizzata riduzione delle abbondanze avvenuta nel tempo.

7.3.3 Bioaccumulo

I dati ad oggi acquisiti non testimoniano la presenza di processi di bioaccumulo in atto.

Un lieve incremento di concentrazione di idrocarburi pesanti è stato osservato nelle campagne estive del 2015 e del 2016 e nell'Autunno 2016 senza, tuttavia, esibire particolari trend spazio-temporali attribuibili alla presenza del Terminale. I livelli di concentrazione raggiunti sono bassi e le anomalie sporadiche.

Per quanto riguarda gli elementi in tracce, si osserva bioaccumulo di ferro all'interno dei mitili unicamente nell'Autunno 2016. Questo evento, risulta isolato e non relazionabile ad una precisa stazione di indagine, ad escludere l'esistenza di una relazione di causalità con una specifica fonte di contaminazione – il rigassificatore. Inoltre, l'andamento delle concentrazioni dello zinco trovato nei mitili non dimostra l'esistenza di effetti riconducibili alla presenza degli anodi sacrificali dislocati lungo lo scafo del Terminale.

Infine, non sono stati rilevati segnali di contaminazione fecale.

7.3.4 Biomarkers

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

Metodi di elaborazione dati

Per verificare se i risultati dei biomarker indagati mostrassero variazioni temporali abbiamo eseguito un'analisi della regressione lineare utilizzando come variabile indipendente il tempo (la serie delle campagne di monitoraggio comprese tra P14 e E17) e come variabile

dependente la grandezza T-C (Terminale meno Controllo), dove T rappresenta il valore medio ottenuto analizzando tutti i mitili posizionati presso il terminale FSRU e C il valore medio dei mitili di controllo (mantenuti presso la stazione E – Isola di Gorgona). Inoltre, per rendere più semplice l'interpretazione dei risultati dell'indagine basata sui *biomarker*, i dati ottenuti sono stati elaborati utilizzando il programma *Sediquisoft*, che permette di integrare *dataset* eterogenei e fornisce una misura del livello di rischio ambientale (Piva et al., 2011). Il modulo sulle analisi dei Biomarker può elaborare i risultati ottenuti a partire da un'ampia lista di biomarker tra quelli maggiormente utilizzati dalla comunità scientifica. A ciascun biomarker è associato un "peso", diverso a seconda della rilevanza biologica della risposta e del livello di conoscenze sui meccanismi coinvolti; per ciascun biomarker inoltre, è stabilita anche una "soglia" (Threshold) che corrisponde alla variazione minima considerata biologicamente significativa in funzione della specie e del tessuto analizzato. Per calcolare l'indice cumulativo di pericolo per i biomarker, la variazione misurata per ciascun parametro è confrontata con la "soglia" e corretta sia per la significatività statistica della differenza rispetto al controllo, che per l'importanza biologica della risposta ("peso"); ogni biomarker è quindi assegnato ad una classe di pericolo (da assente a molto grave) a seconda dell'entità della variazione rispetto alla soglia. I risultati di tutti i biomarker sono diversamente pesati nel calcolo del pericolo cumulativo e della sua attribuzione ad 1 di 5 classi di gravità. Il modello indica il numero di biomarker all'interno di ciascuna delle 5 classi, il valore di pericolo cumulativo e la classe di pericolo complessivo per i biomarker (Piva et al., 2011). Questo approccio è stato validato ed applicato in differenti contesti ambientali anche di grande complessità, come nel caso del monitoraggio associato al naufragio ed alla rimozione della Nave Concordia presso l'Isola del Giglio (Regoli et al., 2014).

Risultati

Solo nel caso del danno al DNA (risultati del Comet assay) si è osservata una variazione significativa nel tempo ($r^2=0.302$; $p<0.05$) che descrive un moderato incremento del grado di frammentazione del DNA nei mitili trapiantati presso il Terminale rispetto ai controlli negli ultimi due anni di monitoraggio (**Figura 20**). Diversamente, la stabilità lisosomale e lo stato di integrità del tessuto branchiale non hanno fatto registrare alcuna variazione significativa nel tempo.

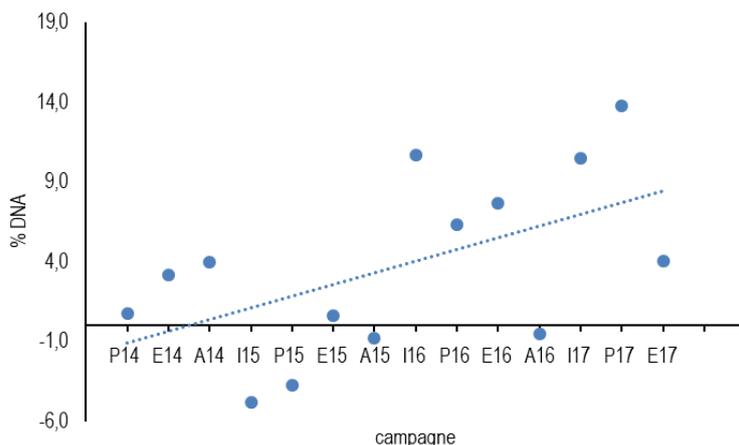


Figura 105 - Variazione temporale del grado di frammentazione del DNA nelle cellule branchiali di mitilo

I risultati della elaborazione *Sediquisoft*, che integra i dati relativi a tutti i biomarker indagati, sono illustrati graficamente nella **Figura 105**, nella quale è riportata la classe di rischio per ciascuna delle 14 campagne di monitoraggio effettuate dall'inizio dell'attività. Anche in questo caso, i risultati delle 4 stazioni presso il Terminale FSRU sono stati cumulati. Il modello ha messo in evidenza che solo in una campagna delle 14 effettuate (Inverno 15) è emerso un livello moderato di rischio ambientale, mentre in tutti gli altri casi il rischio è risultato lieve o assente. L'elaborazione *Sediquisoft* evidenzia anche che l'incremento del danno al DNA nel tempo, riportato in **Figura 106**, non modifica la valutazione complessiva dell'impatto del Terminale, che viene confermato essere di entità molto modesta.

CAMPAGNA	CLASSE DI RISCHIO						
-	-	A14	ABSENT	A15	ABSENT	A16	ABSENT
-	-	I15	MODERATE	I16	SLIGHT	I17	SLIGHT
P14	SLIGHT	P15	ABSENT	P16	SLIGHT	P17	SLIGHT
E14	SLIGHT	E15	SLIGHT	E16	SLIGHT	E17	SLIGHT

Figura 106 - Integrazione ponderata dei risultati dei biomarker mediante il programma *Sediquisoft*, da cui emerge un impatto assente o moderato del Terminale nella quasi totalità delle campagne di monitoraggio effettuate.

7.3.5 Fauna ittica bentonectonica

Metodi di elaborazione dati

Per quanto riguarda i confronti tra le diverse campagne effettuate fino ad oggi, le analisi statistiche sono state limitate alle specie che rappresentano i principali target della pesca professionale con rete a traino di fondo: triglia di fango, *Mullus barbatus*, nasello, *Merluccius merluccius*, gambero rosa, *Parapenaeus longirostris*, e gattuccio, *Scyllorhinus canicula*.

Per lo studio delle risposte della componente demersale sono stati presi in considerazione gli indici di biomassa, espressi come kg/km², delle specie sopra indicate.

Gli indici di biomassa delle singole specie sono stati investigati attraverso l'analisi della regressione lineare multipla, considerando l'indice di biomassa come variabile dipendente. Come covariate, o variabili esplicative (indipendenti), sono state utilizzate il tempo (anni), la stagione (come fattore a 2 livelli: E = estate, I = inverno), e la distanza dall'impianto di rigassificazione FSRU (fattore a 2 livelli: I = area interna, C = area controllo). Nel modello iniziale è stata anche inserita l'interazione tra tempo e distanza.

La formula del modello iniziale è la seguente:

$$\log(BI) = \alpha + \text{Anno} + \text{Profondità} + f\text{Stagione} + f\text{Distanza} + \text{Anno}:f\text{Distanza} + \epsilon_i,$$

dove $\log(BI)$ è il logaritmo dell'indice di biomassa di una delle specie investigate (variabile dipendente), α è l'intercetta, Anno, Profondità, Stagione e Distanza sono le variabili indipendenti (Stagione e Distanza espresse come fattore f). Nella formula è anche indicata l'interazione tra Anno e Distanza.

A partire dal modello iniziale è stata effettuata una *backward selection analysis* basata sull'analisi della varianza e l'Akaike Information Criterion (AIC), al fine di individuare il modello migliore nel descrivere i dati, che risulta essere quello associato al valore di AIC più basso. Una volta individuato il modello migliore, la validazione del modello stesso è stata effettuata attraverso l'analisi grafica dei residui.

Lo stesso tipo di analisi è stato utilizzato per modellare i dati relativi alle categorie faunistiche principali (Pesci Ossei, Pesci Cartilaginei, Cefalopodi e Crostacei Decapodi), sempre espressi come indici di biomassa (kg/km²) calcolati in ciascuna stazione di campionamento. Inoltre, sono stati analizzati con lo stesso approccio anche alcuni indici ecologici di descrizione della struttura di comunità, quali l'indice di diversità di Shannon (H') e l'indice di ricchezza specifica (S).

Infine, questo stesso approccio è stato seguito per i dati provenienti dalle campagne sperimentali realizzate con reti da posta. L'unica differenza ha riguardato la scelta della variabile dipendente, che nel caso delle reti a imbrocco, è stata la cattura in kg, in quanto sia la lunghezza delle reti che la durata delle pesche sono state mantenute costanti. Per quanto riguarda la specie, sono state effettuate analisi solo sul gattuccio, *S. canicula*, e la razza chiodata, *Raja clavata*, le due specie che hanno mostrato i rendimenti più elevati nel corso di tutte le campagne di monitoraggio. Le analisi sopra descritte sono state effettuate in ambiente R (versione 3.4.1), utilizzando i pacchetti associati *mgcv* e *nlme* (R Core Team, 2017).

Risultati

Reti a strascico

Il confronto tra le due campagne di Bianco (B ed BP), le campagne invernali dell'anno 2014 (I14 ed E14), del 2015 (I15 ed E15), del 2016 (I16 ed E16) e del 2017 (I17 ed E17) effettuate con rete a strascico mostra, dal punto di vista delle specie catturate, una tendenza alla diminuzione, con una leggera ripresa nelle campagne del 2016 ed un incremento importante nelle campagne condotte nel 2017 (**Tabella 86**). Per le campagne effettuate nel 2017 la percentuale delle specie comuni alle stazioni poste in prossimità del Terminale (S1-S4) e alla stazione di controllo risultano sostanzialmente simili a quanto osservato nell'anno 2016, mentre, per la campagna I17, si osserva una diminuzione della percentuale delle specie esclusive delle stazioni S1-S4 rispetto a quanto osservato nelle campagne invernali precedenti. Per quanto riguarda le specie esclusive della stazione di controllo si può osservare un leggero incremento nelle percentuali delle due campagne effettuate nel 2017 rispetto a quanto riportato per le campagne del 2016, anche se le percentuali registrate nell'ultimo anno risultano comunque inferiori a quanto osservato nei primi tre anni di campionamento.

Tabella 86 - Numero totale di specie catturate per campagna.										
STRASCICO										
	B	BP	I14	E14	I15	E15	I16	E16	I17	E17
Specie Totali (S1-S4+SC)	80	68	60	63	57	53	59	59	73	81
Specie comuni	51%	41%	35%	45%	37%	27%	44%	46%	47%	44%
Specie esclusive delle stazioni S1-S4	41%	46%	55%	41%	53%	38%	51%	51%	45%	52%
Specie esclusive della stazione SC	8%	13%	10%	14%	11%	11%	5%	3%	8%	4%

Seguoni i risultati delle analisi statistiche per singolo taxon.

Mullus barbatus

Nel caso della triglia di fango, *M. barbatus*, la *backward selection analysis* ha mostrato che sia il fattore distanza, che l'interazione tra il fattore distanza dal Terminale FSRU ed il tempo non hanno effetto significativo sulla variabile dipendente BI, pertanto sono stati rimossi dal modello. Il modello migliore selezionato attraverso la *backward selection analysis* è pertanto risultato il seguente:

$$\log(BI) = \alpha + \text{Anno} + \text{Profondità} + f\text{Stagione} + \varepsilon_i.$$

La **Tabella 87** mostra gli output del modello. Dalla stima dei coefficienti si evince che il fattore tempo ha un effetto positivo sull'indice di biomassa di *M. barbatus*, il che sta ad indicare che la tendenza generale della biomassa di questa specie è in aumento. Per quanto riguarda l'effetto stagionale, l'inverno sarebbe associato a valori di biomassa significativamente più alti rispetto alle campagne di monitoraggio effettuate in estate. Questo fenomeno è in linea con la dinamica di popolazione della specie. In ogni caso, non è possibile individuare alcun effetto sulla popolazione di triglia di fango legato alla presenza del Terminale FSRU.

Tabella 87 – <i>Mullus barbatus</i>: coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla.				
Coefficienti	Stima	Err. St.	Valore test t	Livello di significatività
Intercetta	-202,70	75,90	-2,67	<0,05
Profondità	-0,01	0,00	-1,97	NS
Anno	0,0	0,04	2,73	<0,05
fStagione - I	0,63	0,12	5,12	<0,05

Dall'analisi dei residui non sono emersi trend, il che sta ad indicare che le assunzioni di omogeneità della varianza, di indipendenza e normalità sono rispettate per il modello utilizzato.

Merluccius merluccius

Nel caso del nasello, *M. merluccius*, la *backward selection analysis* ha mostrato che il modello migliore nel fittare i dati relativi all'indice di biomassa (kg/km²) di questa specie è quello contenente come variabili esplicative solo i fattori stagione e distanza. Il modello migliore selezionato attraverso la *backward selection analysis* è pertanto risultato il seguente:

$$\log(BI) = \alpha + f\text{Stagione} + f\text{Distanza} + \varepsilon_i.$$

La **Tabella 88** mostra gli output del modello. Dalla stima dei coefficienti delle variabili incluse nel modello si evince che solo il fattore stagione ha un effetto significativo sulla biomassa del nasello. In particolare, risulta che in inverno la biomassa di *M. merluccius* sia maggiore di quella osservata in estate. Di conseguenza, non è possibile individuare alcun effetto sulla popolazione di nasello legato alla presenza del Terminale FSRU.

Tabella 88 – <i>Merluccius merluccius</i>: coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla.				
Coefficienti	Stima	Err. St.	Valore test t	Livello di significatività
Intercetta	3,5	0,16	22,21	<0,05
fDistanza - I	0,24	0,17	1,46	NS
fStagione - I	-1,05	0,14	-7,41	<0,05

Dall'analisi dei residui non sono emersi trend, il che sta ad indicare che le assunzioni di omogeneità della varianza, di indipendenza e normalità sono rispettate per il modello utilizzato.

Parapenaeus longirostris

Per quanto riguarda il gambero rosa, *P. longirostris*, la *backward selection analysis* ha mostrato che il modello migliore nel fittare i dati relativi all'indice di biomassa (kg/km²) di questa specie è quello contenente come variabili esplicative solo le variabili continue tempo, profondità ed il fattore stagione. Il modello migliore selezionato attraverso la *backward selection analysis* è pertanto risultato il seguente:

$$\log(BI) = \alpha + \text{Anno} + \text{Profondità} + f\text{Stagione} + \varepsilon_i.$$

La **Tabella 89** mostra gli output del modello. Dalla stima dei coefficienti delle variabili incluse nel modello si evince come la biomassa della specie aumenti lievemente in base alla profondità. Inoltre, si osserva un aumento generale della biomassa in base al tempo. Questo è in linea con le conoscenze sulla dinamica della specie lungo le coste italiane nord-occidentali. Infine, in inverno la biomassa osservata risulta inferiore a quella presente in estate. In conclusione, non è possibile individuare alcun effetto sulla popolazione di gambero rosa legato alla presenza del Terminale FSRU.

Tabella 89 – <i>Parapenaeus longirostris</i> : coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla.				
Coefficienti	Stima	Err. St.	Valore test t	Livello di significatività
Intercetta	-592,89	270,74	-2,19	<0,05
Profondità	0,03	0,01	2,68	<0,05
Anno	0,29	0,13	2,19	<0,05
fStagione - I	-0,80	0,44	-1,81	<0,05

Dall'analisi dei residui non sono emersi trend, il che sta ad indicare che le assunzioni di omogeneità della varianza, di indipendenza e normalità sono rispettate per il modello utilizzato.

Scyllorhinus canicula

Per quanto riguarda il gattuccio, *S. canicula*, la *backward selection analysis* ha mostrato che il modello migliore nel fittare i dati relativi all'indice di biomassa (kg/km²) di questa specie è quello contenente come variabili esplicative il tempo ed i fattori stagione e distanza. Il modello migliore selezionato attraverso la *backward selection analysis* è pertanto risultato il seguente:

$$\log(BI) = \alpha + \text{Anno} + f\text{Stagione} + f\text{Distanza} + \varepsilon_i$$

La **Tabella 90** mostra gli output del modello. Dalla stima dei coefficienti delle variabili incluse nel modello si evince come la biomassa della specie mostri un trend positivo in relazione al tempo; tuttavia, tale effetto risulta non significativo da un punto di vista statistico. Il fattore distanza mostra un effetto positivo per quanto riguarda l'area interna (I), cioè quella più prossima al Terminale FSRU. Infine, in inverno la biomassa osservata risulta superiore a quella presente in estate. In conclusione, per quanto riguarda questa specie, è possibile individuare un effetto positivo sulla biomassa della popolazione legato alla presenza del Terminale FSRU.

Tabella 90 – <i>Scyllorhinus canicula</i> : coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla.				
Coefficienti	Stima	Err. St.	Valore test t	Livello di significatività
Intercetta	-172,51	95,42	-1,81	<0,05
Anno	0,09	0,05	1,85	NS
fDistanza - I	0,36	0,15	2,36	<0,05
fStagione - I	0,56	0,15	3,76	<0,05

Dall'analisi dei residui non sono emersi trend, il che sta ad indicare che le assunzioni di omogeneità della varianza, di indipendenza e normalità sono rispettate per il modello utilizzato.

Pesci Ossei

Per quanto riguarda i Pesci Ossei, la *backward selection analysis* ha mostrato che il modello migliore nel fittare i dati relativi all'indice di biomassa (kg/km²) di questa categoria faunistica è quello contenente come unica variabile esplicative il fattore stagione. Il modello migliore selezionato attraverso la *backward selection analysis* è pertanto risultato il seguente:

$$\log(BI) = \alpha + f\text{Stagione} + \varepsilon_i$$

La **Tabella 91** mostra gli output del modello. Dalla stima dei coefficienti delle variabili incluse nel modello, si evince come solo la stagione abbia un effetto significativo sulla biomassa totale dei pesci ossei: in inverno la biomassa osservata risulta superiore a quella presente in estate. In conclusione, anche per quanto riguarda questa categoria faunistica, non è possibile individuare alcun effetto sulla popolazione legato alla presenza del Terminale FSRU.

Tabella 91 – Pesci Ossei: coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla.				
Coefficienti	Stima	Err. St.	Valore test t	Livello di significatività
Intercetta	5,42	0,07	78,22	<0,05
fStagione - I	0,94	0,11	8,09	<0,05

Dall'analisi dei residui non sono emersi trend, il che sta ad indicare che le assunzioni di omogeneità della varianza, di indipendenza e normalità sono rispettate per il modello utilizzato.

Pesci cartilaginei

Per quanto riguarda i pesci cartilaginei, la *backward selection analysis* ha mostrato che il modello migliore nel fittare i dati relativi all'indice di biomassa (kg/km²) di questa categoria faunistica è quello contenente come variabili esplicative il tempo (Anno), ed i fattori stagione e distanza. Il modello migliore selezionato attraverso la *backward selection analysis* è pertanto risultato il seguente:

$$\log(BI) = \alpha + \text{Anno} + f\text{Stagione} + f\text{Distanza} + \varepsilon_i.$$

La **Tabella 92** mostra gli output del modello. Dalla stima dei coefficienti delle variabili incluse nel modello, si evince come la variabile anno ed i fattori distanza e stagione abbiano un effetto significativo sulla biomassa totale dei pesci cartilaginei. In particolare, in inverno la biomassa osservata risulta superiore a quella presente in estate. Allo stesso modo, la biomassa dei pesci cartilaginei risulta essere più elevata nei siti di campionamento posti in prossimità del Terminale FSRU, rispetto ai siti di controllo. In conclusione, per quanto riguarda questa categoria faunistica, è possibile individuare un effetto positivo sulla popolazione legato alla presenza del Terminale FSRU.

Tabella 92 - Pesci Cartilaginei: coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla.				
Coefficienti	Stima	Err. St.	Valore test t	Livello di significatività
Intercetta	-293,61	140,20	-2,09	<0,05
Anno	0,15	0,07	2,12	<0,05
fDistanza - I	0,99	0,23	4,29	<0,05
fStagione - I	0,51	0,25	2,06	<0,05

Dall'analisi dei residui non sono emersi trend, il che sta ad indicare che le assunzioni di omogeneità della varianza, di indipendenza e normalità sono rispettate per il modello utilizzato.

Cefalopodi

Come per i Pesci Ossei, anche per quanto riguarda i Cefalopodi, la *backward selection analysis* ha mostrato che il modello migliore nel fittare i dati relativi all'indice di biomassa (kg/km²) di questa categoria faunistica è quello contenente come unica variabile esplicativa il fattore stagione. Il modello migliore selezionato attraverso la *backward selection analysis* è pertanto risultato il seguente:

$$\log(BI) = \alpha + f\text{Stagione} + \varepsilon_i.$$

La **Tabella 93** mostra gli output del modello. Dalla stima dei coefficienti delle variabili incluse nel modello, si evince come solo il fattore stagione abbia un effetto significativo sulla biomassa totale dei Cefalopodi. In particolare, in inverno la biomassa osservata risulta superiore a quella presente in estate. Di conseguenza, anche per quanto riguarda questa categoria faunistica, non è possibile individuare alcun effetto sulla popolazione legato alla presenza del Terminale FSRU.

Tabella 93 - Cefalopodi: coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla.				
Coefficienti	Stima	St.Err.	Valore test t	Livello di significatività
Intercetta	3,47	0,14	25,66	<0,05
fStagione - I	1,05	0,22	4,85	<0,05

L'analisi dei residui non ha riscontrato la presenza di trend nei residui, il che sta ad indicare che le assunzioni di omogeneità della varianza, di indipendenza e normalità sono rispettate per il modello utilizzato.

Crostacei Decapodi

Per quanto riguarda i Crostacei Decapodi, la *backward selection analysis* ha mostrato che il modello migliore nel fittare i dati relativi all'indice di biomassa (kg/km²) di questa categoria faunistica è quello contenente come variabili esplicative la profondità ed il tempo (Anno). Il modello migliore selezionato attraverso la *backward selection analysis* è pertanto risultato il seguente:

$$\log(BI) = \alpha + \text{Profondità} + \text{Anno} + \epsilon_i$$

La **Tabella 94** mostra gli output del modello. Dalla stima dei coefficienti delle variabili incluse nel modello, si evince come la biomassa dei Crostacei Decapodi aumenti con la profondità e con il tempo. L'aumento della biomassa in base al tempo è probabilmente legato al fatto che la specie più abbondante è il gambero rosa, *P. longirostris*, che, come ricordato in precedenza, sta mostrando un generale trend volto all'aumento lungo tutte le coste nord-occidentali italiane (probabilmente in conseguenza dell'aumento della temperatura media del Mediterraneo). In conclusione, anche per quanto riguarda questa categoria faunistica, non è possibile individuare alcun effetto sulla popolazione legato alla presenza del Terminale FSRU.

Tabella 94 – Crostacei Decapodi: coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla.				
Coefficienti	Stima	Err. St.	Valore test t	Livello di significatività
Intercetta	-782,36	176,75	-4,43	<0,05
Profondità	0,04	0,01	3,74	<0,05
Anno	0,39	0,09	4,42	<0,05

Dall'analisi dei residui non sono emersi trend, il che sta ad indicare che le assunzioni di omogeneità della varianza, di indipendenza e normalità sono rispettate per il modello utilizzato.

Indice di biodiversità di Shannon H'

La *backward selection analysis* ha mostrato che l'interazione tra il fattore distanza dal Terminale FSRU e il tempo non ha effetto significativo sulla variabile dipendente H', pertanto è stata rimossa dal modello. Il modello migliore selezionato attraverso la *backward selection analysis* è pertanto risultato il seguente:

$$H' = \alpha + \text{Profondità} + \text{Anno} + f\text{Stagione} + \epsilon_i$$

La **Tabella 95** mostra gli output del modello. Dalla stima dei coefficienti si evince che il fattore tempo ha un effetto negativo sull'indice di biodiversità di Shannon, il che sta ad indicare che la tendenza generale della biodiversità è volta alla riduzione. Tuttavia, questa riduzione di biodiversità non sembra poter essere imputabile al Terminale FSRU. La biodiversità, invece, risulta positivamente correlata con la profondità. Infine, l'indice di biodiversità risulta in generale più elevato in estate che in inverno, come mostrato dal coefficiente negativo associato alla stagione invernale.

Tabella 95 – Indice di biodiversità di Shannon H': coefficienti stimati attraverso l'analisi della regressione lineare multipla.				
Coefficienti	Stima	Err. St.	Valore test t	Livello di significatività
Intercetta	150,15	46,22	3,25	<0,05
Profondità	0,85	0,23	3,77	<0,05
Anno	-0,08	0,02	-3,29	<0,05
fStagione - I	-0,18	0,07	-2,58	<0,05

Dall'analisi dei residui non sono emersi trend, il che sta ad indicare che le assunzioni di omogeneità della varianza, di indipendenza e normalità sono rispettate per il modello utilizzato.

Ricchezza specifica S

La *backward selection analysis* ha mostrato che l'interazione tra il fattore distanza dal Terminale FSRU e il tempo non ha effetto significativo sulla variabile dipendente S, che pertanto è stata rimossa del modello. Il modello migliore selezionato attraverso la *backward selection analysis* è perciò risultato il seguente:

$$S = \alpha + \text{Profondità} + \text{Anno} + f\text{Distanza} + \epsilon_i$$

La **Tabella 96** mostra gli output del modello. Dalla stima dei coefficienti si evince che il fattore tempo ha un effetto negativo sull'indice di ricchezza specifica, il che sta ad indicare che la tendenza generale in termini di numero di specie è volta alla riduzione. La ricchezza specifica, invece, risulta positivamente correlata con la profondità, sebbene tale effetto non sia statisticamente significativo. Infine, l'indice di biodiversità risulta in generale più elevato nelle aree di controllo, rispetto alle aree limitrofe al Terminale FSRU, come mostrato dal coefficiente negativo associato alle stazioni interne (I). Tuttavia, anche questo effetto non risulta statisticamente significativo. Ad ogni modo, il fatto che la ricchezza specifica sia inferiore nelle aree più vicine al Terminale FSRU non può essere considerato come un effetto negativo dell'impianto. Infatti, la differenza tra controllo e area interna è costante nel tempo, come dimostrato dal fatto che non esista un effetto significativo dell'interazione tra tempo e distanza dal Terminale FSRU. Di conseguenza, questa differenza era presente anche prima della costruzione del Terminale FSRU stesso.

Tabella 96 – Ricchezza specifica S: coefficienti stimati attraverso l'analisi della regressione lineare multipla.				
Coefficienti	Stima	Err. St.	Valore test t	Livello di significatività
Intercetta	2410,15	877,00	2,74	<0,05
Profondità	5,63	4,28	1,31	NS
Anno	-1,19	0,43	-2,75	<0,05
fDistanza - I	-0,91	1,30	0,70	NS

Dall'analisi dei residui non sono emersi trend, il che sta ad indicare che le assunzioni di omogeneità della varianza, di indipendenza e normalità sono rispettate per il modello utilizzato.

Reti da posta

Il confronto tra le due campagne di Bianco (B ed BP), le campagne condotte nell'anno 2014 (I14 ed E14), nel 2015 (I15 ed E15), nel 2016 (I16 ed E16) e nel 2017 (I17 ed E17) mostra una certa stabilità nel numero di specie catturate negli ultimi due anni di campionamento (**Tabella 97**).

Rispetto a quanto osservato nei campionamenti effettuati nel 2016, nel 2017 è possibile evidenziare una diminuzione della percentuale delle specie comuni al gruppo di stazioni poste in prossimità del Terminale (P1-P4) e alla stazione di controllo (PC) ed un incremento invece delle specie esclusive delle stazioni P1-P4. La percentuale delle specie esclusive della stazione PC rimane costante negli ultimi tre anni di campionamento, fatta eccezione per il campionamento estivo E15, dove si è registrata la percentuale più alta (30%) fra tutti i campionamenti fino ad ora realizzati. L'andamento fluttuante del numero di specie che si può osservare nel corso delle varie campagne è da collegare alla dinamica stagionale dei popolamenti ittici, con una maggiore ricchezza specifica nel periodo estivo rispetto a quello invernale.

Tabella 97 - Numero totale di specie catturate per campagna.										
RETI DA POSTA										
	B	BP	I14	E14	I15	E15	I16	E16	I17	E17
Specie Totali (P1-P4+PC)	30	22	19	26	19	27	23	33	27	30
Specie comuni	40%	36%	21%	34%	21%	19%	35%	21%	26%	17%
Specie esclusive delle stazioni P1-P4	50%	59%	79%	58%	74%	52%	57%	73%	67%	77%
Specie esclusive della stazione PC	10%	5%	0%	8%	5%	30%	9%	6%	7%	7%

Seguono le analisi statistiche per singolo taxon.

Scyliorhinus canicula

Per quanto riguarda i dati di cattura del gattuccio, *S. canicula*, con le reti da posta, la *backward selection analysis* ha mostrato che il modello migliore nel fittare i dati relativi alle catture in peso (kg) di questa specie è quello contenente come variabili esplicative il tempo, i fattori stagione e distanza, e l'interazione tra tempo e distanza. Il modello migliore selezionato attraverso la *backward selection analysis* è pertanto risultato il seguente:

$$kg = \alpha + \text{Anno} + f\text{Stagione} + f\text{Distanza} + \text{Anno}:f\text{Distanza} + \epsilon_i$$

La **Tabella 98** mostra gli output del modello. Dalla stima dei coefficienti delle variabili incluse nel modello, e dai livelli di significatività associati, si evince che l'unico effetto significativo sulla biomassa del gattuccio sia dovuto al fattore stagionale. In particolare, risulta che le catture di gattuccio siano inferiori in inverno, rispetto all'estate. Questa osservazione è in disaccordo con quanto ottenuto dalle campagne con rete a traino di fondo, in cui le catture di gattuccio risultavano più elevate in inverno. Tuttavia, questa differenza può essere dovuta al fatto che mentre la rete a traino di fondo cattura principalmente animali giovani (che risultano più abbondanti in inverno), la rete a imbrocco, essendo molto più selettiva, cattura solo animali di grandi dimensioni. In ogni caso, non è possibile individuare alcun effetto sulla popolazione di gattuccio legato alla presenza del Terminale FSRU.

Tabella 98 - <i>Scyliorhinus canicula</i>: coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla.				
Coefficienti	Stima	Err. St.	Valore test t	Livello di significatività
Intercetta	2072,61	1349,53	1,54	NS
Anno	-1,02	0,67	-1,53	NS
fDistanza - I	-3411,73	1455,98	-1,34	NS
fStagione - I	-3,35	0,98	-3,43	<0,05
Anno:fStagione - I	1,69	0,73	1,34	NS

Dall'analisi dei residui non sono emersi trend, il che sta ad indicare che le assunzioni di omogeneità della varianza, di indipendenza e normalità sono rispettate per il modello utilizzato.

Raja clavata

Per quanto riguarda i dati di cattura della razza chiodata, *R. clavata*, la *backward selection analysis* ha mostrato che il modello migliore nel fittare i dati relativi alle catture in peso (kg) di questa specie è quello contenente come variabili esplicative la profondità ed il fattore stagionale. Il modello migliore selezionato attraverso la *backward selection analysis* è pertanto risultato il seguente:

$$kg = \alpha + \text{Profondità} + f\text{Stagione} + \varepsilon_i.$$

La **Tabella 99** mostra gli output del modello. Dalla stima dei coefficienti delle variabili incluse nel modello si evince che la biomassa della razza chiodata aumenti con la profondità. Inoltre, si osserva un aumento della biomassa in inverno rispetto alla stagione estiva, sebbene ciò non sia significativo da un punto di vista statistico. In ogni caso, anche per questa specie non è possibile individuare alcun effetto sulla popolazione legato alla presenza del Terminale FSRU.

Tabella 99 - <i>Raja clavata</i>: coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla.				
Coefficienti	Stima	Err. St.	Valore test t	Livello di significatività
Intercetta	-6,60	5,89	-1,12	NS
Profondità	0,10	0,06	1,96	<0,05
fStagione - I	1,07	1,00	1,07	NS

Dall'analisi dei residui non sono emersi trend, il che sta ad indicare che le assunzioni di omogeneità della varianza, di indipendenza e normalità sono rispettate per il modello utilizzato.

Al fine di sintetizzare i risultati ottenuti con le analisi statistiche è stata utilizzata una rappresentazione di tipo *traffic light*, che permette una immediata valutazione visiva dei risultati ottenuti (**Tabella 100**). Nel caso in cui l'analisi statistica mostri una differenza statisticamente significativa degli indici analizzati in relazione alla distanza, con incremento dei valori a maggiori distanze dal Terminale, l'effetto è rappresentato da un rettangolo colorato in rosso. La colorazione è verde se gli indici risultano significativamente più elevati in vicinanza del Terminale rispetto alle stazioni più lontane, mentre in grigio è rappresentato il caso in cui non ci sia alcun tipo di effetto in relazione alla distanza sempre dal Terminale.

Tabella 100 – Tabella riassuntiva dei risultati con approccio "Traffic light".		
Attrezzo campionario	Specie	Effetto del Terminale
Strascico	<i>Mullus barbatus</i>	
Strascico	<i>Merluccius merluccius</i>	
Strascico	<i>Parapenaeus longirostris</i>	
Strascico	<i>Scyliorhinus canicula</i>	
Rete da posta	<i>Scyliorhinus canicula</i>	

Tabella 100 – Tabella riassuntiva dei risultati con approccio “Traffic light”.		
Attrezzo campionario	Specie	Effetto del Terminale
Rete da posta	<i>Raja clavata</i>	
Strascico	Pesci ossei	
Strascico	Pesci cartilaginei	
Strascico	Crostacei	
Strascico	Cefalopodi	
Strascico	Diversità specifica	
Strascico	Ricchezza di specie	

Legenda:

Effetto negativo

Nessun effetto

Effetto positivo

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. Pertanto, questa indagine non fornisce informazioni utili per valutare eventuali effetti del Terminale.

7.3.7 Cetacei e tartarughe marine

L'area scelta per il posizionamento del Terminale FSRU Toscana ricade all'interno del Santuario Pelagos. In tale area le informazioni sulla presenza di cetacei e tartarughe risale agli anni 2000. Nella **Figura 107** sono riportati alcuni degli avvistamenti antecedenti alla campagna di Bianco E12.



Figura 107 – Avvistamenti di cetacei antecedenti la fase di Bianco.

Al termine della campagna di Bianco i cetacei sono stati avvistati sia all'interno dell'area di monitoraggio nei settori Est e Sud, sia all'esterno dell'area nel settore Sud-Ovest.

Nel quarto anno di monitoraggio (A16-I17-P17-E17) sono stati effettuati 5 avvistamenti di delfini tursiopi (*Tursiops truncatus*), tutti a Nord-Est compresi tra le 2,8 e le 9,7 miglia nautiche di distanza dal Terminale ed un avvistamento di delfini appartenenti alla specie *Stenella coeruleoalba* in corrispondenza della stazione di monitoraggio acustico W10k. La distribuzione degli avvistamenti rispetta il comportamento caratteristico delle specie, con un 66% all'interno dell'area di monitoraggio. Rispetto al precedente anno di monitoraggio, che comunque può essere considerato un'eccezione, è stata riscontrata una diminuzione degli avvistamenti che, tuttavia, risultano in linea con l'andamento generale osservato nell'intero periodo monitorato.



Figura 108 - Avvistamenti nella campagna di Bianco E12

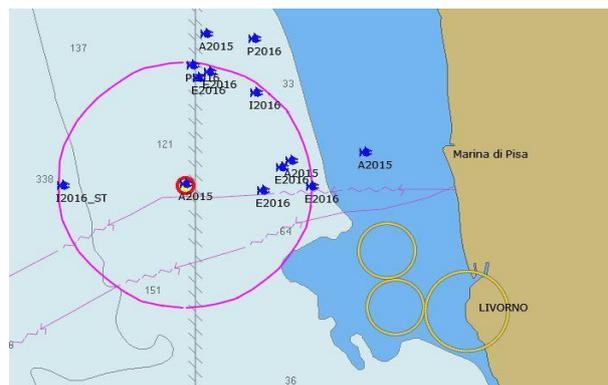


Figura 109 - Avvistamenti 3° anno (A15-I16-P16-E16)

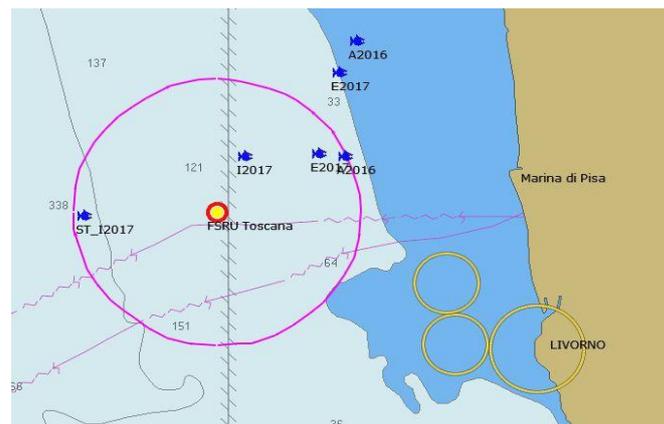


Figura 110 - Avvistamenti 4° anno (A16-I17-P17-E17)

Gli spostamenti del gruppo di delfini tursiopi appartenenti al Gruppo ALFA presenti nell'area Versilia-Pisana-Livornese avvengono in relazione alla ricerca del cibo e alla normale vita sociale. Le attività antropiche, quali la pesca sia a strascico sia con reti fisse, interagiscono con la vita dei delfini e possono determinare la nascita di nuovi comportamenti. Tra questi il riconoscimento acustico del rumore dei pescherecci e la conseguente associazione con la presenza di prede di "facile" cattura permettono al delfino di ottenere una facilitazione nella ricerca del cibo (alimentazione opportunistica). La presenza del Terminale e della corrispondente area di interdizione alla navigazione e alla pesca influenza quindi gli spostamenti dei tursiopi soprattutto durante la caccia. Si può osservare, infatti, che gli avvistamenti del quarto anno si concentrano prevalentemente nel settore NE, dove si svolgono le attività di strascico. L'assenza di avvistamenti durante la campagna di P17 è molto probabilmente ricollegabile all'assenza di pescherecci durante le giornate di monitoraggio.

La presenza del Terminale, pertanto, sembra non influenzare direttamente le dinamiche di gruppo. Al contrario la creazione dell'area di interdizione alla navigazione concentrerebbe le rotte dei pescherecci dove, appunto si registra con il maggior numero di avvistamenti.

L'assenza di avvistamenti di tartarughe nel quarto anno, ed in ogni caso la scarsità di presenze in tutti gli anni, è molto probabilmente da ricondursi al comportamento specifico di questi animali (lunghe apnee, poche respirazioni in superficie, rapide immersioni in caso di disturbi esterni) e non ad un'influenza del Terminale

7.4 INDAGINI GENERALI

7.4.1 Misura del rumore

Per la valutazione della misura del rumore sono stati confrontati i risultati delle campagne da A13 a E17 (tenendo presente quanto previsto nella valutazione previsionale, e i valori soglia delle Linee Guida di ISPRA) con i livelli di rumore misurati nelle stazioni durante la fase di Bianco (livelli minimi, medi e massimi calcolati della PSDf in terze d'ottava nello spettro 20Hz-40kHz).

Per ogni campagna, attraverso i livelli misurati in campo e con la definizione di un adeguato modello di propagazione del suono, è stato possibile determinare il livello di emissione alla sorgente costituita dal Terminale, ed è stata individuata la banda di frequenze prevalente in cui il rumore prodotto altera in misura maggiore il rumore di fondo naturale.

La **Tabella 101** rappresenta la sintesi delle misure effettuate nelle singole campagne. Ad oggi, nella frequenza di 12 kHz, è stato individuato il maggior contributo di rumore del Terminale. Il livello misurato nel Bianco a quella frequenza (12 kHz) è stata di 47 dB. La media dei valori ottenuta dai dati di tutte le campagne finora eseguite in presenza del Terminale è pari a 104,7 dB e risulta superiore di 57,7 dB rispetto al Bianco, mentre il valore massimo (113 dB) registrato tra tutti gli anni, risulta maggiore di 66 dB.

È utile confrontare il valore di emissione del Terminale con i due valori di soglia. Il primo, contenuto nella Valutazione previsionale redatta durante la fase di progetto, riporta nelle conclusioni un valore atteso di 185 dB re 1uPa @ 1m. Il livello massimo finora registrato di 113 dB re 1uPa @ 1m è dunque ampiamente inferiore a quello calcolato in fase di progetto ed approvato dall'Autorità preposta. Il secondo valore soglia è quello individuato dalle Linee Guida Ispra che definisce in 110-120 dB il limite al di sopra del quale vengono provocate le prime risposte comportamentali nei cetacei potenzialmente presenti nell'area del Terminale. Anche in questo caso il livello di 113 dB si colloca entro i limiti di riferimento. Possiamo quindi affermare che non vi sono superamenti rispetto a quanto previsto in fase di progetto e a quanto affermato dalle attuali linee guida.

Per caratterizzare meglio l'ambiente acustico nell'area del Terminale in tutto lo spettro di frequenze, è stata considerata per ogni campagna una curva di riferimento della PSDf misurata nella stazione E100m a 55m di profondità, ossia la stessa curva presa a riferimento per il calcolo del livello alla sorgente. Per evitare errate interpretazioni è stato necessario escludere dai calcoli la campagna A15. Infatti, come specificato nella relazione ad essa relativa, durante le misure era presente in movimento come nave d'appoggio il rimorchiatore Corrado Neri, che produceva livelli di rumore molto più elevati della media in tutto lo spettro considerato. Pur trattandosi di attività connesse al Terminale è stato ritenuto più corretto evidenziare a parte tale contributo emissivo perché transitorio e non derivante dal normale funzionamento degli impianti di bordo.

Tabella 101 - Riepilogo dei livelli calcolati alla sorgente delle emissioni acustiche del Terminale.		
Campagna	Livello calcolato alla sorgente [dB re 1 uPa @1m]	Frequenza
A13	107	12kHz
I14	99	12kHz
P14	102	12kHz
E14	99	12kHz
A14	98	12kHz
I15	107	12kHz
P15	98	12kHz
E15	113	12kHz
A15	112	12kHz
I16	111	12kHz
P16	103	12kHz
E16	107	12kHz
A16	112	12KHz
I17	111	12KHz
P17	103	12KHz
E17	93	12KHz
Max	113	12kHz
Media	104,7	12kHz
Dev. standard	6,2	12kHz
Min	93	12kHz

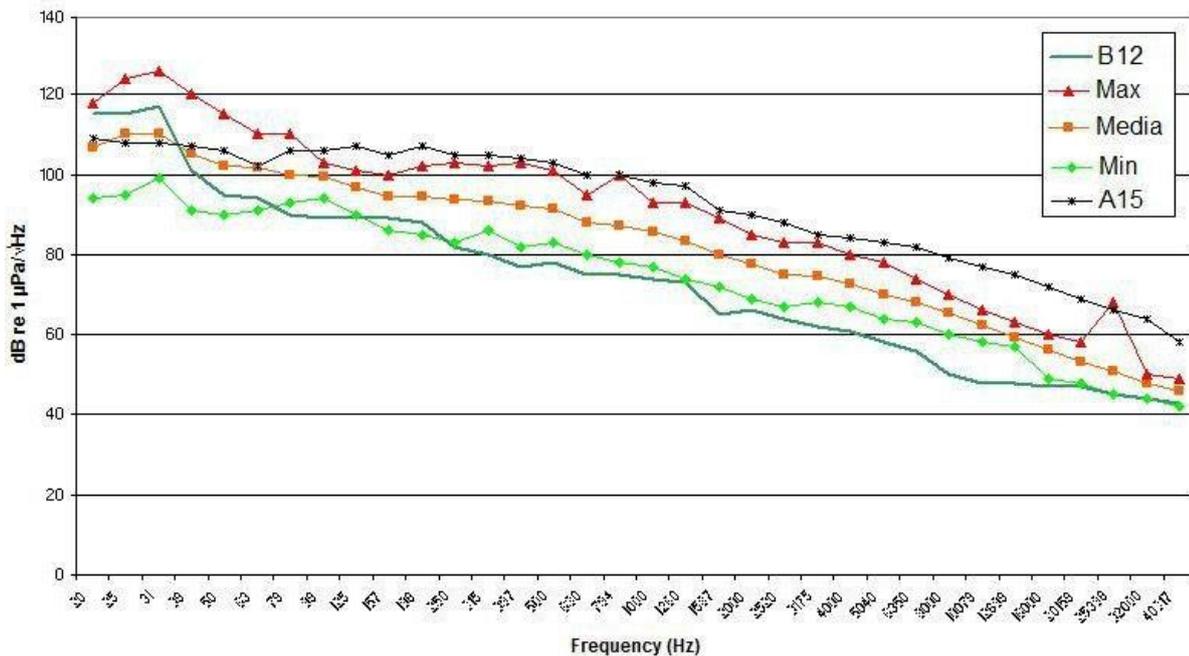


Figura 111 - Confronto fra i livelli PSDf in terze d'ottava del Bianco (B), i valori minimi, medi e massimi calcolati tra le campagne A13 ed E17 (escluso A15) ed i livelli misurati in A15 nella stazione E100m a 55m di profondità.

Nella Figura 111 va precisato che disponiamo di una sola campagna di Bianco e quindi i dati, seppur di qualità affidabile, sono modesti in quantità e insufficienti per avere informazioni sulla loro variabilità in relazione alla presenza di diverse sorgenti di rumore antropico, allo stato del mare e, più in generale, alle condizioni ambientali che possono modificare il rumore sia in termini di frequenze sia di livelli. Pertanto i confronti possono essere solo puntuali avendo a disposizione una unica serie di dati acquisiti nel Bianco.

Dal confronto con i valori minimi, medi e massimi misurati nelle undici campagne (escludendo A15 per i motivi suddetti) si evince che in quasi tutto lo spettro considerato i livelli misurati a E100m in presenza del Terminale sono più elevati della curva di Bianco (B),

confermando che il Terminale modifica l'ambiente acustico dell'area. Le basse frequenze, al di sotto dei 79Hz, mostrano invece un risultato inverso. Il rumore a bassa frequenza, anche fino a 1000Hz è originato prevalentemente dal traffico navale che rende questa parte dello spettro dipendente da sorgenti di rumore anche molto lontane. Tutte le curve differiscono dal Bianco maggiormente nell'intorno dei 12kHz. Ciò, pertanto, giustifica l'aver scelto tale frequenza come riferimento per le emissioni del Terminale. La curva di A15 condizionata dalla presenza del Corrado Neri dimostra che la presenza di un singolo rimorchiatore è in grado di produrre livelli di rumore ampiamente più elevati rispetto a quello legato al funzionamento degli impianti del Terminale.

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 seguendo un approccio multidisciplinare, prendendo in considerazione sia il comparto biotico che quello abiotico relativi alla colonna d'acqua ed 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, 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)

Inoltre, questo documento è stato redatto tenendo conto delle ulteriori prescrizioni contenute nelle Determine di ottemperanza del primo e secondo anno di esercizio (2990 DVA R.D.R 0000100.04-04-2017 e 3337 DVA R.D.R 0000277.28-09-2017), stante le quali viene richiesto di:

- 1. mantenere un record accurato di tutte le attività del terminale durante i monitoraggi in modo da poter correlare eventuali anomalie nei monitoraggi con dette attività;*
- 2. ripresentare i dati delle campagne di monitoraggio pregresse di "bianco" e del "primo anno" all'interno del piano di monitoraggio del secondo anno e successivi per ogni stazione di misura in modo da poter meglio valutare eventuali variazioni misurate con gli stessi criteri di ora adottati;*
- 3. rappresentare i dati in modo tale che siano chiaramente individuabili le stazioni di campionamento, e che i relativi dati graficati siano rappresentati in modo chiaro e leggibile, evitando aggregazioni che pongano problemi interpretativi;*
- 4. relativamente alle misurazioni con CTD, fornire indicazioni riguardanti le attività di calibrazione dei sensori;*
- 5. restituire i risultati relativi al macrozoobenthos secondo una matrice di abbondanza degli organismi ritrovati in una tabella stazione/specie, così come già fatto per il meiobenthos;*
- 6. accompagnare i report del piano di campionamento da una scheda di bordo che riporti le condizioni meteo-marine e altre indicazioni correlabili con le caratteristiche chimico-fisiche delle acque (soleggiamento ecc.);*
- 7. per quanto riguarda i dati correntometrici, auspicabilmente dotare il terminale, oltre che dei già installati correntometri orizzontali, anche di un correntometro doppler (ADCP) che rilevi le caratteristiche idrodinamiche verticali dell'intera colonna d'acqua;*
- 8. fornire l'intera documentazione con i dati grezzi per tutti i parametri monitorati con il rispettivo tempo di misura, relativi alle singole stazioni di campionamento e ai singoli campionamenti, in modo da consentire eventuali elaborazioni e valutazioni generali;*
- 9. argomentare le anomalie di dati o variazioni particolarmente significative, specialmente per quanto riguarda ad esempio pH e sua variabilità, torbidità, temperatura, clorofilla, ecc;*
- 10. completare il modello di diffusione delle acque di scarico per tutta l'estensione della colonna d'acqua, analizzando diverse condizioni di densità dell'acqua e velocità della corrente (che includa anche la condizione zero-corrente);*
- 11. fornire le caratteristiche del sistema di scarico delle acque di raffreddamento dei vaporizzatori anche con immagini;*
- 12. argomentare la possibile relazione esistente tra risospensione dei sedimenti ed il sistema di ancoraggio e riser; in particolare si richiede di fornire uno schema del sistema di ancoraggio in cui risultino le dislocazioni delle catene delle ancore, la loro lunghezza ed eventualmente una stima dell'area di sedimento interessata dal loro movimento;*
- 13. per le analisi del biota, esprimere le concentrazioni dei metalli e degli altri inquinanti su peso umido anziché su peso secco, come riportato nel D.M. 260/ 2010 e nel D.Lgs 172/2015;*
- 14. valutare l'effetto degli anodi sacrificali in tutte le componenti del terminale al contenuto di metalli nell'acqua di mare (limitatamente alla Determina 3337 DVA R.D.R 0000277.28-09-2017).*

Di seguito è riportata la sintesi dei risultati con riferimento a tutti i punti della Prescrizione n. 7 e delle Determinine di cui sopra (2990 DVA R.D.R 0000100.04-04-2017 e 3337 DVA R.D.R 0000277.28-09-2017).

Risposte ai punti della Prescrizione 7

Lo studio condotto ha consentito di rispondere puntualmente a quanto richiesto dalla suddetta Prescrizione, come esposto qui a seguire:

- a. Non sono state rilevate variazioni spaziali e/o temporali delle componenti chimico-fisiche-biotiche riconducibili alla presenza dell'FSRU.
- b. Le biocenosi non mostrano nel tempo sostanziali cambiamenti ed i popolamenti che le costituiscono esibiscono cambiamenti relazionabili alla naturale dinamica temporale e non alla presenza del Terminale.
- c. I livelli di rumore prodotto dall'FSRU in fase di esercizio e misurati in campo hanno esibito, nel tempo, valori medi annuali compresi tra 95 e 113 dB re 1 μ Pa@ 1m, ossia ampiamente inferiori al valore di 148 dB re 1 μ Pa@ 1m riportato nel documento di "Valutazione previsionale di impatto acustico subacqueo" redatto durante la fase progettuale.
- d. Nella fase di esercizio, complessivamente, gli avvistamenti si sono concentrati nel settore NE rispetto alla campagna di Bianco durante la quale avevano esibito una distribuzione più diffusa nell'area. E' noto che la presenza dei pescherecci rappresenta una forte attrazione per i delfini. Questo comportamento giustifica il maggior numero di avvistamenti nei settori NE ed E rispetto all'FSRU, dove a seguito dell'istituzione dell'area di interdizione, si concentra maggiormente la pesca a strascico.
- e. I dati di torbidità lungo il profilo di colonna d'acqua (0-120 metri) evidenziano l'assenza di cambiamenti relazionabili a fenomeni di risospensione dei sedimenti di fondo causati dal getto di acqua di rigassificazione dello scarico principale. In prossimità del fondo, infatti, non si verificano anomali incrementi di torbidità, come tipicamente accade, invece, nei casi in cui si verificano fenomeni di risospensione di sedimento.

Risposte alle Determinine 2990 DVA R.D.R 0000100.04-04-2017 e 3337 DVA R.D.R 0000277.28-09-2017

Di seguito si riportano, relativamente all'anno di esercizio indagato- il quarto- le risposte alle prescrizioni delle Determinine 2990 DVA R.D.R 0000100.04-04-2017 e 3337 DVA R.D.R 0000277.28-09-2017 già ampiamente argomentate all'interno del presente documento e integralmente riportate all'interno della tabella di sintesi posta in Allegato 2.

1. La risposta al primo punto relativamente al quarto anno di esercizio è stata presentata nell'Allegato 1, al quale si rimanda.
2. - 3. Come da minuta di meeting del 25/05/2017, riportata in Allegato 2, questi due punti sono stati tra loro accorpati. I dati ottenuti dai profili CTD sono stati presentati per ogni campagna (A16, I17, P17, E17) in grafici utilizzando colori differenti, così da rendere inequivocabilmente identificabili le diverse stazioni. L'elenco dei campioni con relative date di campionamento relativi al quarto anno di monitoraggio sono riportate in Allegato 3.
4. Le attività di calibrazione dei sensori sono state inserite nel capitolo Materiali e Metodi del Volume 1 del presente documento.
5. Le matrici specie x stazioni con i valori di abbondanza relative al quarto anno di monitoraggio sono state riportate in Allegato 4.
6. Le informazioni riguardanti le condizioni meteo-marine ed altre indicazioni correlabili con le caratteristiche chimico-fisiche delle acque verranno forniti a partire dal quinto anno di monitoraggio, così come stabilito nella minuta di meeting del 25/05/2017 riportata in Allegato 2.
7. La risposta a tale prescrizione, non pertinente per il quarto anno di esercizio in quanto superata, è comunque riportata nella tabella di sintesi presente nell'Allegato 2.
8. I dati grezzi per tutti i parametri monitorati con il rispettivo tempo di misura saranno forniti a partire dal quinto anno di monitoraggio, come stabilito nella minuta di meeting del 25/05/2017 (Allegato 2).
9. Nel quarto anno di esercizio non sono state rilevate anomalie nei dati acquisiti tramite sonda multiparametrica, motivo per cui non sono state argomentate.
10. La risposta a tale prescrizione non è pertinente per il quarto anno di esercizio in quanto superata; nella tabella di sintesi dell'Allegato 2 sono comunque riportati i dettagli delle attività implementate.
11. La risposta a tale prescrizione non è pertinente per il quarto anno di esercizio in quanto superata; nella tabella di sintesi dell'Allegato 2 sono comunque riportati i dettagli delle attività implementate.
12. Nel quarto anno di esercizio non sono state rilevate anomalie sulla torbidità lungo la colonna d'acqua in nessuna delle campagne di monitoraggio.
13. Le concentrazioni dei metalli e degli altri inquinanti presenti in tracce nei *M. galloprovincialis* sono stati espressi sia come peso fresco sia come peso secco.
14. I risultati frutto della ricerca della presenza di tracce di elementi metallici nei *M. galloprovincialis* non danno evidenza di anomalie riconducibili alla presenza degli anodi sacrificali dislocati lungo lo scafo del Terminale.

CONCLUSIONE GENERALE

I risultati delle Campagne, ivi incluse quelle relative al quarto anno di esercizio oggetto della presente Relazione, permettono di asserire che non si sono verificate durante i primi quattro 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., Gorley R. N. 2006. PRIMER v.6: User Manual/Tutorial. Primer-E, Plymouth, UK.
- Clarke K. R., Warwick R. M. 2001. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation, 2nd edition, 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.
- Gordon H, Morel A. 1983. Remote Assessment of Ocean Color for Interpretation of Satellite Visible Imagery: A Review. Lecture Notes on Coastal and Estuarine Studies, Vol. 4, Springer Verlag, New York, 114 pp.
- 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.
- Morel A, Prieur L. 1977. Analysis of variation in ocean color. *Limnology and Oceanography*, 22, 709-722.
- 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-Roumazeilles 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.* doi:10.1007/s12526-015-0359-z.