



OLT OFFSHORE LNG TOSCANA SpA

Piano di monitoraggio dell'ambiente marino



**Autunno 2017 (A17), Inverno 2018 (I18)
Primavera 2018 (P18), Estate 2018 (E18)**

Fase di esercizio V Report Annuale Vol. 2

Rev. 1	08.02.19	Emissione definitiva	AMDB	GBP	CP
Rev. 0	11.12.18	Emissione per commenti committente	AMDB	GBP	CP
Rev	Data	Descrizione della revisione	Preparato da	Verificato da	Approvato da

VOLUME I	11
1 INTRODUZIONE	11
1.1 Richiami ai contenuti principali del progetto	11
1.2 Obiettivi fase di esercizio	11
2 MATERIALI E METODI	11
2.1 Attività e tempistiche	11
2.2 Area di indagine	11
2.3 COLONNA D'ACQUA	11
2.3.1 Profili idrologici.....	11
2.3.2 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	11
2.3.3 Plancton	11
2.3.4 Saggi ecotossicologici.....	11
<i>Vibrio fischeri</i> (sistema Microtox®) - fase liquida.....	11
<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	11
<i>Dicentrarchus labrax</i>	11
<i>Paracentrotus lividus</i>	11
2.4 SEDIMENTI	11
2.4.1 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	11
Analisi granulometriche	11
Analisi chimiche	11
Analisi microbiologiche.....	11
2.4.2 Saggi ecotossicologici.....	11
<i>Paracentrotus lividus</i>	11
<i>Corophium orientale</i>	11
<i>Vibrio fischeri</i> (sistema Microtox®) - fase solida	11
2.5 BIOTA	11
2.5.1 Macrozoobenthos	11
2.5.2 Meiozoobenthos	11
2.5.3 Bioaccumulo	11
2.5.4 Biomarkers	11
2.5.5 Fauna ittica bentonectonica	11
2.5.6 Fauna ittica pelagica.....	11
2.5.7 Cetacei e tartarughe marine	11
2.6 INDAGINI GENERALI	11
2.6.1 Misura del rumore	11
2.6.2 Bioacustica	11
3 RISULTATI SURVEY AUTUNNO 2017	11
3.1 COLONNA D'ACQUA	11
3.1.1 Profili idrologici.....	11
3.1.2 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	11
3.1.3 Plancton	11
3.2 BIOTA	11
3.2.1 Macrozoobenthos.....	11
3.2.2 Cetacei e tartarughe marine	11
3.3 INDAGINI GENERALI	11
3.3.1 Misura del rumore	11

3.3.2	Bioacustica	11
4	RISULTATI SURVEY INVERNO 2018.....	12
4.1	COLONNA D'ACQUA	12
4.1.1	Profili idrologici.....	12
4.1.2	Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	12
4.1.3	Plancton	12
4.1.4	Saggi eco tossicologici	12
	<i>Vibrio fischeri</i>	12
	<i>Phaeodactylum tricomutum</i>	12
	<i>Dicentrarchus labrax</i>	12
	<i>Paracentrotus lividus</i>	12
4.2	BIOTA.....	12
4.2.1	Macrozoobenthos.....	12
4.2.2	Meiozoobenthos.....	12
4.2.3	Fauna ittica bentonectonica	12
4.2.4	Cetacei e tartarughe marine	12
4.3	INDAGINI GENERALI.....	12
4.3.1	Misura del rumore	12
4.3.2	Bioacustica.....	12
VOLUME II.....		13
5	RISULTATI SURVEY PRIMAVERA 2018.....	14
5.1	COLONNA D'ACQUA	14
5.1.1	Profili idrologici.....	14
5.1.2	Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	16
	Tensioattivi	22
	Analisi microbiologiche.....	24
5.1.3	Plancton.....	25
	Analisi quantitativa e qualitativa del fitoplancton da bottiglia	25
5.2	BIOTA.....	34
5.2.1	Macrozoobenthos.....	34
5.2.2	Bioaccumulo	37
	Metalli	37
	Idrocarburi totali	38
	Cloroderivati.....	38
	Analisi microbiologiche.....	39
5.2.3	Biomarkers	39
	Neutral Red Retention Time (NRRT)	39
5.2.4	Cetacei e tartarughe marine	41
5.3	INDAGINI GENERALI.....	41
5.3.1	Misura del rumore	41
5.3.2	Bioacustica.....	46
6	RISULTATI SURVEY ESTATE 2018.....	47
6.1	COLONNA D'ACQUA	47
6.1.1	Profili idrologici.....	47
	Misure di irradianza e irradianza spettrale	48
6.1.1	Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	49
	Nutrienti inorganici disciolti	49
	Tensioattivi	56
	Cloroderivati.....	56
	Idrocarburi totali	57
	Analisi microbiologiche	57
6.1.2	Saggi eco tossicologici su campioni di acqua	58
	<i>Vibrio fischeri</i>	58
	<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	58

<i>Dicentrarchus labrax</i>	59
<i>Paracentrotus lividus</i>	59
6.1.3 Plancton	61
Analisi quantitativa e qualitativa del fitoplancton da bottiglia	61
Oloplancton	66
Meroplancton	68
Ittioplancton	69
6.2 SEDIMENTI	69
6.2.1 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	69
Analisi granulometrica	69
Metalli	70
Composti organici	70
Cloroderivati	71
Analisi microbiologiche	71
6.2.2 Saggi eco tossicologici su campioni di sedimento	71
<i>Paracentrotus lividus</i>	71
<i>Corophium orientale</i>	72
<i>Vibrio fischeri</i>	73
6.3 BIOTA	74
6.3.1 Macrozoobenthos	74
6.3.2 Meiobenthos	77
6.3.3 Bioaccumulo	85
Metalli	85
Idrocarburi totali	86
Cloroderivati	86
Analisi microbiologiche	87
6.3.4 Biomarkers	87
Neutral Red Retention Time (NRRT)	87
6.3.5 Fauna ittica bentonectonica	89
6.3.6 Fauna ittica pelagica	99
6.3.7 Cetacei e tartarughe marine	99
6.4 INDAGINI GENERALI	99
6.4.1 Misura del rumore	99
6.4.2 Bioacustica	105
7 CONFRONTO INTERSTAGIONALE E CON LA CAMPAGNA DI BIANCO	106
7.1 COLONNA D'ACQUA	106
7.1.1 Profili idrologici	106
Metodi di elaborazione dati	106
Risultati	106
7.1.2 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	111
Risultati	111
Misure di irradianza e irradianza spettrale	111
Clorofilla e diversità pigmentaria	112
Tensioattivi, cloroderivati e analisi microbiologiche	113
7.1.3 Saggi ecotossicologici su campioni di acqua	113
7.1.4 Plancton	114
Metodi di elaborazione dati	114
Risultati	115
Metodi di elaborazione dati	116
Risultati	116
7.2 SEDIMENTI	117
7.2.1 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	117
Metodi di elaborazione dati	117
Risultati	117
7.2.2 Saggi ecotossicologici su campioni di sedimento	119
7.3 BIOTA	119
7.3.1 Macrozoobenthos	119
Metodi di elaborazione dati	119
Risultati	123

7.3.2	Meiobenthos	123
	Metodi di elaborazione dati	123
	Risultati	124
7.3.3	Bioaccumulo	125
7.3.4	Biomarkers	126
	Metodi di elaborazione dati	126
	Risultati	126
7.3.5	Fauna ittica bentonectonica	127
	Metodi di elaborazione dati	127
	Risultati	128
7.3.6	Fauna ittica pelagica	134
7.3.7	Cetacei e tartarughe marine	134
7.4	INDAGINI GENERALI	136
7.4.1	Misura del rumore	136
8	CONCLUSIONI	138
9	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	140

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 – Profili di temperatura (°C), salinità (ppt), pH e torbidità (NTU); survey primavera 2018.	14
Figura 2 – Profili di ossigeno disciolto (% saturazione), clorofilla (µg/l), e potenziale di ossidoriduzione (mV); survey primavera 2018.	15
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 P18 MG7 e P18 MG10.	15
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} (λ)) riportato nella legenda insieme con la lunghezza d'onda dove si colloca (λ _{max}).	16
Figura 5 - Profili delle concentrazioni (µM) dei nutrienti inorganici disciolti: NO ₂ (nitriti), NO ₃ (nitrati), PO ₄ (fosfati), SiO ₂ (silicati).	17
Figura 6 - Profili delle concentrazioni (mg/l) dei solidi sospesi (TSM) e delle concentrazioni di particolato organico (POM).	18
Figura 7 - Profili degli assorbimenti (m ⁻¹) della CDOM a 325 nm (a _{CDOM(325)}).	19
Figura 8 – Profili delle concentrazioni (mg/m ³) di clorofilla a tot.	19
Figura 9 – Concentrazione relativa dei singoli pigmenti diagnostici in rapporto al totale delle concentrazioni dei nove Pigmenti Diagnostici (PD= Fuco+Perid+Hex-Fuco+But-Fuco+Allo+Prasino+Chlb+DVA+Zea).	22
Figura 10 - Profili delle densità fitoplanctoniche totali (cell/ml).	26
Figura 11 – Abbondanza relativa delle classi fitoplanctoniche indicate in legenda in rapporto all'abbondanza totale.	26
Figura 12 - Ripartizione dell'abbondanza totale e del numero di specie tra i principali taxa rinvenuti nella primavera 2018. Altro=nemertini, nematodi e cnidari.	35
Figura 13 - Abbondanza totale e contributo percentuale cumulativo delle specie dominanti (P18).	36
Figura 14 - Risultati della cluster analysis (group average) a sinistra, piano di ordinamento ottenuto dal n-MDS, a destra. La matrice triangolare 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. Dati relativi alla primavera 2018.	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. Dati relativi alla primavera 2018.	40
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. Dati relativi alla primavera 2018.	40
Figura 18 - Rotte effettuate per il monitoraggio visivo, acustico e bioacustico condotto in primavera 2018 (P18).	41
Figura 19 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N100 a 55m di profondità.	42
Figura 20 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto E100 a 5 m di profondità.	42
Figura 21- PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S100 a 55m di profondità. In tutte le curve a 100m sono presenti le stesse tonali a bassa frequenza.	42
Figura 22 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto W100 a 5 m di profondità.	43
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 S1K a 55m di profondità.	44
Figura 25 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S10K a 5 m di profondità.	44
Figura 26 - Confronto dei livelli in terzi d'ottava misurati a 55m di profondità lungo la direzione Sud.	44
Figura 27 - Profili di velocità del suono misurati con CTD a differenti stazioni durante la campagna P18.	45
Figura 28 - Simulazione della Transmission Loss TL alla frequenza di 12 kHz in direzione Nord.	45
Figura 29 - Trasmission Loss prevista dal modello in funzione della distanza alla profondità di 55 m.	46
Figura 30 – Profili di temperatura (°C), salinità (ppt), pH e torbidità (NTU); survey estate 2018.	47
Figura 31 – Profili di ossigeno disciolto (% saturazione), clorofilla (µg/l), e potenziale di ossidoriduzione (mV); survey estate 2018.	48
Figura 32 - 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 E18 MG7 e E18 MG10.	48
Figura 33 - 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} (λ)) riportato nella legenda insieme con la lunghezza d'onda dove si colloca (λ _{max}).	49
Figura 34 - Profili delle concentrazioni (µM) dei nutrienti inorganici disciolti: NO ₂ (nitriti), NO ₃ (nitrati), PO ₄ (fosfati), SiO ₂ (silicati).	50

Figura 35 - Profili delle concentrazioni (mg/l) dei solidi sospesi (TSM) e delle concentrazioni di particolato organico (POM).....	51
Figura 36 - Profili degli assorbimenti (m^{-1}) della CDOM a 325 nm ($a_{CDOM(325)}$).....	52
Figura 37 - Profili delle concentrazioni (mg/m^3) di clorofilla a tot.	52
Figura 38 – Concentrazione relativa dei singoli pigmenti diagnostici in rapporto al totale delle concentrazioni dei nove Pigmenti Diagnostici (PD=Fuco+Perid+Hex-Fuco+But-Fuco+Allo+Prasino+Chlb+DVA+Zea).	55
Figura 39 - Profili delle densità fitoplanctoniche totali (cell/ml).....	61
Figura 40 – Abbondanza relativa delle classi fitoplanctoniche indicate in legenda in rapporto all'abbondanza totale.	62
Figura 41 - Ripartizione dell'abbondanza totale e del numero di specie tra i principali taxa rinvenuti. Altro=nemertini.	75
Figura 42 - Abbondanza totale e contributo percentuale cumulativo delle specie dominanti.	76
Figura 43 - Risultati della cluster analysis (group average) a sinistra e piano di ordinamento ottenuto dal n-MDS, a destra. La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Bray-Curtis.....	77
Figura 44 - Stazione E18 MG1. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm^2) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	78
Figura 45 - Stazione E18 MG2. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm^2) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	79
Figura 46 - Stazione E18 MG4. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm^2) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	79
Figura 47 - Stazione E18 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).	80
Figura 48 - Stazione E18 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).	80
Figura 49 - Stazione E18 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).	80
Figura 50 - Stazione E18 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).	81
Figura 51 - Stazione E18 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).	82
Figura 52 - Stazione E18 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).	82
Figura 53 - Stazione E18 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).	83
Figura 54 - Stazione E18 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).	83
Figura 55 - Stazione E18 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).	83
Figura 56 - 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.	85
Figura 57 - 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.	88
Figura 58 - Valutazione del grado di integrità del DNA mediante Comet assay. Valori elevati della percentuale di DNA migrato corrispondono ad una maggiore entità del danno.	88
Figura 59 - 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.	88
Figura 60 - Reti da posta: composizione percentuale delle catture, espressa come n. individui/1000m/24h e kg/1000m/24h, dei principali gruppi tassonomici campionati nelle stazioni E18 P1-P4 e E18 PC.	90
Figura 61 - Rete a strascico: composizione percentuale delle catture, espressa come n. individui/km ² e kg/km ² , dei principali gruppi tassonomici campionati nelle stazioni E18 S1-S4 e E18 SC.	90
Figura 62 - Reti da posta: indici di densità e biomassa, stimati per le stazioni E18 P1-P4 e per la stazione E18 PC, per specie. Sono riportati i valori medi + la deviazione standard. In blu n. individui/1000m/24h, in azzurro kg/1000m/24h.	94
Figura 63 – Rete a strascico: indici di densità e biomassa, stimati per le stazioni E18 S1-S4 e per la stazione E18 SC, per specie. Sono riportati i valori medi + la deviazione standard. In blu n. individui/km ² , in azzurro chiaro kg/km ²	95
Figura 64 - Rete da posta: distribuzione taglia-frequenza del gattuccio (<i>Scylliorhinus canicula</i>). n. individui: 218 (E18 P1-P4), 23 (E18 PC).	96
Figura 65 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza della triglia di fango (<i>Mullus barbatus</i>). n. individui: 588 (E18 S1-S4), 81 (E18 SC).	96
Figura 66 - Reti a strascico: distribuzione taglia-frequenza del sacchetto (<i>Serranus hepatus</i>). n. individui: 107 (E18 S1-S4).	97
Figura 67 - Reti a strascico: distribuzione taglia-frequenza del nasello (<i>Merluccius merluccius</i>). n. individui: 237 (E18 S1-S4), 68 (E18 SC).	97
Figura 68 - Reti a strascico: distribuzione taglia-frequenza del merluzzetto (<i>Trisopterus capelanus</i>). n. individui: 127 (E18 S1-S4).	97
Figura 69 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del gattuccio (<i>Scylliorhinus canicula</i>). n. individui: 182 (E18 S1-S4).	98
Figura 70 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del gambero bianco (<i>Parapenaeus longirostris</i>). n. individui: 737 (E18 S1-S4), 166 (E18 SC).	98
Figura 71 – Rotte effettuate per il monitoraggio visivo, acustico e bioacustico condotto in estate 2018 (E18).	99
Figura 72 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N100 a 55m di profondità.	100
Figura 73 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto E100 a 55m di profondità.	100
Figura 74 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S100 a 55m di profondità. In tutte le curve a 100m sono presenti le stesse tonali a bassa frequenza.	100
Figura 75 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto W100 a 55m di profondità.	101
Figura 76 - Confronto dei livelli in terzi d'ottava misurati a distanza di 100 m a 55m di profondità.	101
Figura 77 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N1K a 55m di profondità.	102

Figura 78- PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N10K a 45m di profondità.....	102
Figura 79 - Confronto dei livelli in terzi d'ottava misurati a 55m di profondità lungo la direzione Nord.....	103
Figura 80 - Profili di velocità del suono misurati con CTD a differenti stazioni durante la campagna E18.....	103
Figura 81 - Simulazione della Transmission Loss TL alla frequenza di 12 kHz in direzione Nord.....	104
Figura 82 - Trasmission Loss prevista dal modello in funzione della distanza alla profondità di 50m.....	104
Figura 83 – A sx i colori utilizzati nei grafici raffigurati i profili CTD: A dx il piano di campionamento. I profili CTD sono previsti in tutte le stazioni.....	106
Figura 84 – Confronto tra i dati di Temperatura del Bianco e delle campagne estive 2014-2018.....	107
Figura 85 – Confronto tra i dati di Salinità del Bianco e delle campagne estive 2014-2018.....	108
Figura 86 – Confronto tra i dati di pH del Bianco e delle campagne estive 2014-2018.....	108
Figura 87 – Confronto tra i dati di Torbidità del Bianco e delle campagne estive 2014-2018.....	109
Figura 88 – Confronto tra i dati di Ossigeno Disciolto del Bianco e delle campagne estive 2014-2018.....	109
Figura 89 – Confronto tra i dati di Clorofilla a del Bianco e delle campagne estive 2014-2018.....	110
Figura 90 – Confronto tra i dati di ORP del Bianco e delle campagne estive 2014-2018.....	110
Figura 91 – Variazione della profondità (m) della zona eufotica (Z_{eu}) nelle due stazioni rappresentative, per tutte le campagne effettuate.....	111
Figura 92 - 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.....	112
Figura 93 - 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) media 0-12,5 m; b) media 50-70 m.....	113
Figura 94 - Variazione stagionale delle densità cellulari medie totali per campagna e dei diversi gruppi fitoplanctonici.....	115
Figura 95 – Principali classi granulometriche nei sedimenti campionati durante la campagna di Bianco (E12) e nelle successive campagne estive (da E14, a E18).....	118
Figura 96 – Risultati dell'Analsi delle Componenti Principali (PCA) relativa ai dati acquisti durante i periodi estivi (Bianco, E14, E15, E16, E17, E18). Prima dell'analisi i dati sono stati normalizzati.....	119
Figura 97 – 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.....	121
Figura 98 – 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.....	122
Figura 99 – Piano di ordinamento delle 12 stazioni investigate ottenuto dal non-metric MultiDimensional 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 nel corso di 11 campagne di prelievi dal Bianco (B) all'Estate 2018 (E18).....	124
Figura 100 – Piano di ordinamento delle 12 stazioni investigate ottenuto dal non-metric MultiDimensional 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 nel corso di sei campagne estive, dal Bianco (B) all'Estate 2018 (E18). Nel plot sono sovrapposte le label in base alle distanze delle stazioni dal Terminale (FSRU: vicine al Terminale, I: distanza intermedia, C: controlli).....	125
Figura 101 - Variazione temporale del grado di frammentazione del DNA nelle cellule branchiali di mitilo (non significativa).....	126
Figura 102 - Integrazione ponderata dei risultati dei biomarker mediante il programma <i>Sediqualssoft</i> , da cui emerge un impatto assente o moderato del Terminale nella quasi totalità delle campagne di monitoraggio effettuate.....	127
Figura 103 - Dati storici sulla presenza di cetacei risalenti agli anni 2000.....	135
Figura 104 - Avvistamenti nella campagna di Bianco B12.....	135
Figura 105 - Avvistamenti 3° anno (A15-I16-P16-E16).....	135
Figura 106 – Avvistamenti 4° anno (A16-I17-P17-E17).....	135
Figura 107 – Avvistamenti 5° anno (A17-I18-P18-E18).....	135
Figura 108 - Confronto fra i livelli PSDf in terze d'ottava del Bianco (B), i valori minimi, medi e massimi calcolati tra le campagne A13 e P18 (escluso A15 ed E18) ed i livelli misurati in A15 ed E18 nella stazione E100m a 55m di profondità.....	137

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 - Concentrazioni (μM) dei nutrienti inorganici disciolti.....	17
Tabella 2 - Concentrazioni (mg/l) dei solidi sospesi (TSM).....	18
Tabella 3 - Assorbimento (m^{-1}) della CDOM alla lunghezza d'onda di 325 nm.....	19
Tabella 4 - Concentrazioni (mg/m^3) della Clorofilla a totale (Chl a tot = Clorofilla a, + Divinil Clorofilla a + Alloclorofilla a, se presenti).....	20
Tabella 5 - Concentrazioni (mg/m^3) dei principali pigmenti diagnostici fitoplanctonici.....	21
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.....	23
Tabella 8 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di acqua di mare lungo il profilo batimetrico. I dati sono espressi in microgrammi/litro. In neretto (0,5 - 12,5 - 50 - 70) sono indicate le profondità di prelievo in metri.....	24
Tabella 9 - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di acqua superficiale. I dati sono espressi in ufc/100 ml.....	24
Tabella 10 - Densità fitoplanctonica totale (cell/ml) e delle classi o gruppi identificati.....	25
Tabella 11 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni prelevati tramite bottiglie Niskin nella primavera 2018.....	27
Tabella 12 - Lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative microscopiche (primavera 2018).....	27
Tabella 13 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni prelevati con retino nella primavera 2018.....	28
Tabella 14 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni P18 MG6, P18 MG7, P18 MG10, P18 MG12 e P18 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> . Dati relativi alla primavera 2018.....	31
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.	32
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. Dati relativi alla primavera 2018.....	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>	33
Tabella 19 - Lista delle specie macrobentoniche rinvenute nella primavera 2018 (P18).....	34
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).....	37
Tabella 21 - Concentrazione dei metalli nei mitili. Dati relativi alla campagna P18 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.	37
Tabella 22 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna P18, 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 P18, sono espressi in mg/kg.	38
Tabella 24 - Concentrazione degli cloroderivati presenti nei campioni di mitili. I dati relativi alla campagna P18 sono espressi in μ g/kg. Per il calcolo delle medie, nel caso di valori al di sotto del limite di quantificazione, è stato usata una concentrazione pari alla metà di quest'ultimo.	38
Tabella 25 - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna P18, 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. Dati relativi alla primavera 2018.....	40
Tabella 27 - Concentrazioni (μ M) dei nutrienti inorganici disciolti.....	50
Tabella 28 - Concentrazioni (mg/l) dei solidi sospesi (TSM).	51
Tabella 29 - Assorbimento (m^{-1}) della CDOM alla lunghezza d'onda di 325 nm.....	52
Tabella 30 - Concentrazioni (mg/m ³) della Clorofilla <i>a</i> totale (Chl <i>a</i> tot = Clorofilla <i>a</i> , + Divinil Clorofilla <i>a</i> + Alloclorofilla <i>a</i> , se presenti).	53
Tabella 31 - Concentrazioni (mg/m ³) dei principali pigmenti diagnostici fitoplanctonici (acronimi in Tabella 7).	54
Tabella 32 - 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.	56
Tabella 33 - Concentrazione dei cloroderivati nelle acque. I livelli indicano la profondità di prelievo del campione.	56
Tabella 29 - 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.	57
Tabella 30 - Risultati delle analisi microbiologiche condotte nelle acque superficiali durante la stagione estiva. I dati sono espressi in ufc/100ml.	57
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 32 - 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 (esprese 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 8,16-8,28, salinità ‰ 38, temperatura 20,5 \pm 1 °C.....	59
Tabella 40 - Risultati del test di embriotossicità (72 ore) con <i>P.lividus</i> e successiva stima della tossicità cronica.	59
Tabella 42 - Densità fitoplanctonica totale (cell/ml) e delle classi o gruppi identificati.....	62
Tabella 43 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni prelevati nell'estate 2018 (prelievo con Niskin).....	63
Tabella 44 - Lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative microscopiche (E18).	63
Tabella 44 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni osservati (prelievo con retino).	64
Tabella 45 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni E18 MG6, E18 MG7, E18 MG10, E18 MG12 e E18 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>	67
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.	68
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.	68
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>	69
Tabella 50 – Ripartizione delle principali classi granulometriche e relativa classificazione dei sedimenti. I dati sono espressi in percentuale.....	69
Tabella 47 – 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.....	70

Tabella 48 – Concentrazione dei contaminanti organici nei sedimenti campionati nell'estate 2018. 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.....	70
Tabella 49 – Concentrazione dei composti cloro derivati nei sedimenti campionati nell'Estate 2018.	71
Tabella 50 – Risultati delle analisi microbiologiche condotte nei sedimenti durante la stagione estiva 2017. I dati sono espressi in MPN/g.	71
Tabella 51 - Parametri registrati negli elutriati da utilizzare per il saggio con <i>P. lividus</i>	72
Tabella 52 - Risultati del saggio biologico di embriotossicità (72 ore) con <i>P. lividus</i> (su elutriati) e successiva stima della tossicità cronica.....	72
Tabella 53 - 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>	73
Tabella 54 - Percentuali di mortalità degli organismi di <i>C. orientale</i> osservate nei sedimenti testati e successiva stima della tossicità cronica.	73
Tabella 55 - 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 pelitica) espressa in %.	73
Tabella 56 – Lista delle specie rinvenute nella campagna Estate 2018 (E18).....	74
Tabella 57 – 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).....	77
Tabella 62 - Struttura della comunità meiobentonica nelle stazioni E18 MG1, E18 MG2, E18 MG4, E18 MG6, E18 MG7, E18 MG8. Densità media (\pm DS) (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. L'abbondanza relativa (%) dei singoli taxa è stata calcolata in relazione alla densità totale.	78
Tabella 63 - Struttura della comunità meiobentonica nelle stazioni E18 MG9, E18 MG10, E18 MG11, E18 MG12, E18 MG13, E18 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.	81
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).	84
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.	85
Tabella 66 - Concentrazione dei metalli nei mitili. Dati relativi alla campagna E18 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.	85
Tabella 67 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna E18, sono espressi in mg/kg.	86
Tabella 68 - Concentrazione degli IPA e dei composti organostannici presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna E18, sono espressi in mg/kg.	86
Tabella 69 - Concentrazione degli cloroderivati presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna E18, sono espressi in μ g/kg.	87
Tabella 70 - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna E18, sono espressi in ufc/g.	87
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.	88
Tabella 72 - Lista delle specie catturate con la rete a strascico e le reti da posta: Strascico: E18 S1-S4 = stazioni campionate in prossimità del terminale; E18 SC = stazione di controllo. Reti da posta: E18 P1-P4 = stazioni campionate in prossimità del terminale; E18 PC = stazione di controllo.	89
Tabella 73 - Reti da posta: indici di densità e biomassa (\pm DS), espressi in n. individui/1000m ² /24h e kg/1000m ² /24h, stimati per le specie catturate nelle stazioni E18 P1-P4 e nella stazione di controllo E18 PC. * =DS<0,05.	91
Tabella 74 - Rete a strascico: indici di densità e biomassa (\pm DS), espressi in n. individui/km ² e kg/km ² , stimati per le specie catturate nelle stazioni E18 S1-S4 e nella stazione di controllo E18 SC. * = DS<0,05.	92
Tabella 75 - ANOVA ad un fattore per i fattori anno di campionamento, distanza dal Terminale, profondità di prelievo, sulle campagne estive (Bianco, E14, E15, E16, E17, E18). * 0,01<p<0,05; ** p<0,01.	112
Tabella 76 - ANOVA ad un fattore per i fattori anno di campionamento, distanza dal Terminale, profondità di prelievo, sulle campagne estive (Bianco, E14, E15, E16, E17, E18). * 0,01<p<0,05; ** p<0,01.	113
Tabella 77 – Output del modello GLM (Generalized Linear Model) applicato ai risultati delle analisi ecotossicologiche trattati come dati di Presenza-Assenza (0-1).	114
Tabella 78 – ANOVA multifattoriale (anno, distanza dall'FSRU, profondità) sulle campagne estive (dal Bianco all'E18). *0,01<p<0,05; ** p<0,01.	115
Tabella 79 – PAIRWISE test tra Bianco (B) e le campagne estive. R (globale) = 0,543, p = 0,0001. Sono indicati gli R (**p<0,015).	115
Tabella 80 - Pairwise test di confronto tra fase di Bianco (B) e stagioni estive dal 2014 al 2018. Valore di R del <i>global test</i> = 0,567; P = 0,001.	116
Tabella 81 - Coefficienti delle combinazioni lineari degli assi. Matrice sedimenti con dati abiotici. Dati dal Bianco all'E18.	118
I risultati dei saggi biologici applicati ai sedimenti testati dal Bianco fino nell'estate 2017 avevano evidenziato complessivamente un miglioramento del grado di tossicità dei sedimenti analizzati (Tabella 82).	119
Tabella 82 - Risultati complessivi dei test ecotossicologici condotti dal Bianco all'Estate 2018. A = tossicità Assente; B = tossicità Bassa; M = tossicità Media.	119
Tabella 82 – Risultati della PERMANOVA. S (Sito) random 4 livelli gerarchizzato in D, T (Tempo) random 5 livelli; D (Distanza) 3 livelli fisso. I dati significativi sono indicati in neretto.	122
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.	123
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.	123
Tabella 84 – Risultati della PERMANOVA (Permutational Multivariate Analysis of Variance). T: Tempo, D: Distanza, S: Sito. I dati significativi sono indicati in neretto.	125
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.	129

Tabella 89 – <i>Scyliorhinus canicula</i> : coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla.	130
Tabella 90 – Pesci Ossei: coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla.	130
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.	131
Tabella 94 – Indice di biodiversità di Shannon H': coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla.	132
Tabella 95 – Ricchezza specifica S: coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla.	132
Tabella 96 - Numero totale di specie catturate per campagna.	133
Tabella 97 – <i>Scyliorhinus canicula</i> : coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla.	133
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. Non sono riportati i valori calcolati di E18 poiché la presenza del rimorchiatore Corrado Neri e della LNG Express durante tutte le misurazioni a 100m e 1000m dal Terminale rendono impossibile stimare i valori di emissione dello stesso.	136

LISTA DEGLI ACRONIMI

A, I, P, E	Indicano le stagioni (Autunno, Inverno, Primavera, Estate)
Allo	Alloxantina
B	Bianco effettuato nell'estate 2012
BP	Secondo Bianco effettuato unicamente per lo studio della fauna ittica (settembre, 2013)
But-Fuco	Butanoiloxifucoxantina
CDOM	Chromophoric Dissolved Organic Matter o sostanza organica disciolta cromoforica
Chl b	Clorofilla b + Divinilclorofilla b
DIN	Azoto Inorganico Disciolto (nitriti + nitrati)
DO %	Percentuale di Ossigeno Disciolto
DVA	Divinilclorofilla a
Fuco	Fucoxantina
Hex-Fuco	Hesanoiloxifucoxantina
LAS	Sostanze otticamente attive
ORP	Potenziale di Ossido Riduzione
PAR	Photosynthetic Available Radiation
Perid	Peridinina
POM	Particulate organic matter o frazione organica del particolato
Prasino	Prasinoxantina
PSDf	Power Spectral Density function
TSM	Total suspended matter o solidi sospesi
Zea	Zeaxantina
Zeu	Zona eufotica

ELENCO ALLEGATI

Allegato 1: Attività del Terminale durante il V anno di monitoraggio.

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

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

Allegato 4: Matrice di abbondanza specie x stazioni.

Allegato 5: Condizioni meteo-marine.

Allegato 6: Dati grezzi profili CTD.

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 tricorutum*
 - 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 2017

- 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 2018

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 2018

5.1 COLONNA D'ACQUA

5.1.1 Profili idrologici

Nel survey condotto in primavera 2018, i valori di **temperatura** (Figura 1) mostrano, nello strato superficiale, un sensibile aumento dei valori rispetto al periodo invernale. I valori più elevati, che arrivano a 20 °C in superficie, tendono a diminuire gradualmente fino ad arrivare a 14,2 °C alla profondità di 60 m per poi mantenersi costanti fino al fondo.

La **salinità** presenta valori omogenei intorno a 38 ppt dalla superficie a 40m per poi aumentare gradualmente e arrivare a 38,2 ppt sul fondo. Il **pH** ha valori costanti intorno a 8,1 su tutta la colonna d'acqua.

La **torbidità** presenta valori intorno a 1 NTU dalla superficie a 100 m per poi aumentare leggermente fino ad arrivare a 2 NTU sul fondo.

I profili di **ossigeno disciolto** (Figura 2) mostrano una graduale diminuzione dalla superficie al fondo fatta eccezione per le 3 stazioni a nord del rigassificatore che presentano una brusca diminuzione a 40m con valori che arrivano intorno a 80% di saturazione. I profili di **clorofilla** presentano valori molto bassi prossimi allo zero in superficie. Essi aumentano fino a 1 µg/l in uno strato d'acqua compreso fra 60 m 70 m per poi diminuire fino a 0,1 µg/l sul fondo. I profili di **ORP** risultano omogenei dalla superficie al fondo con valori compresi fra 200mV e 220mV.

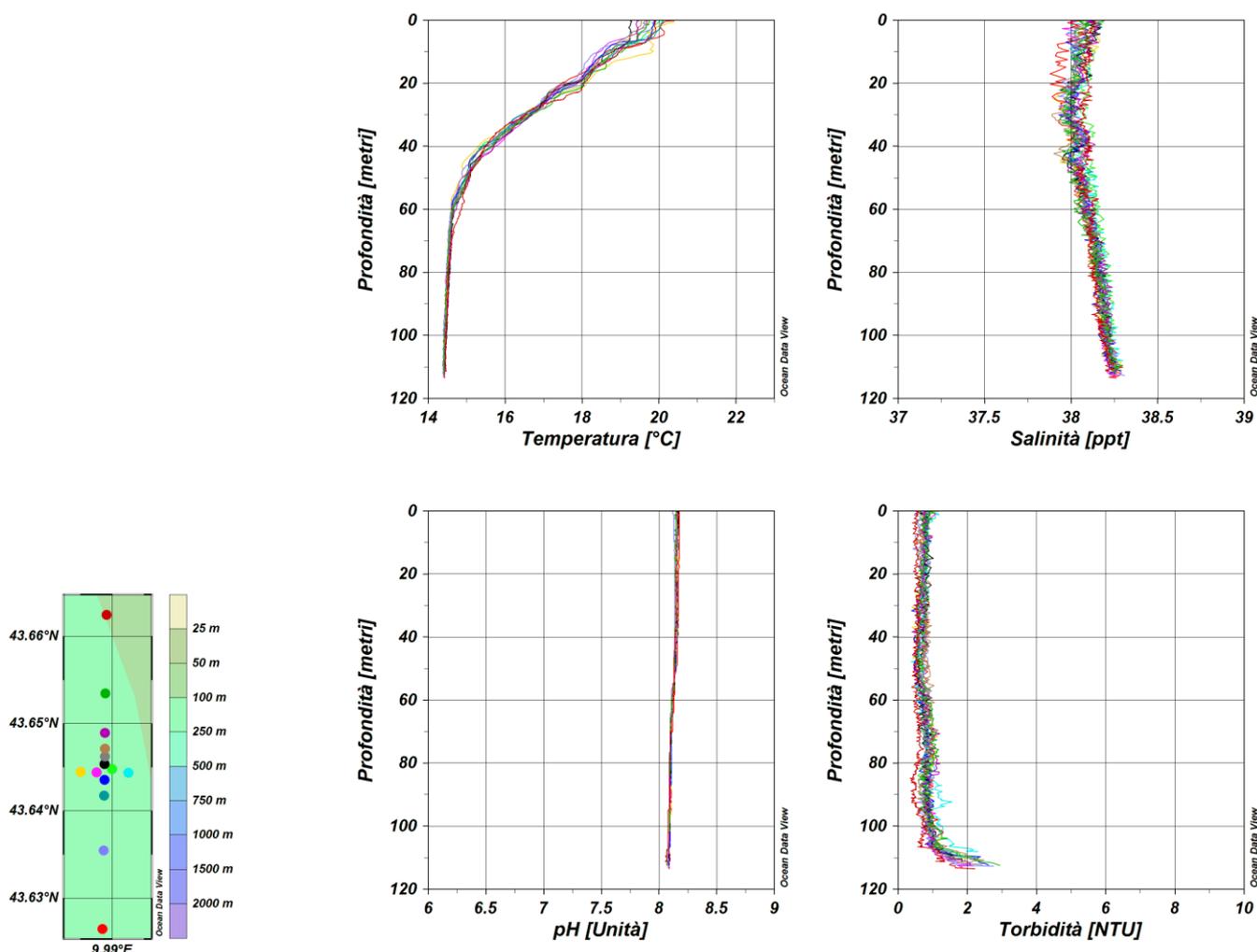


Figura 1 – Profili di temperatura (°C), salinità (ppt), pH e torbidità (NTU); survey primavera 2018.

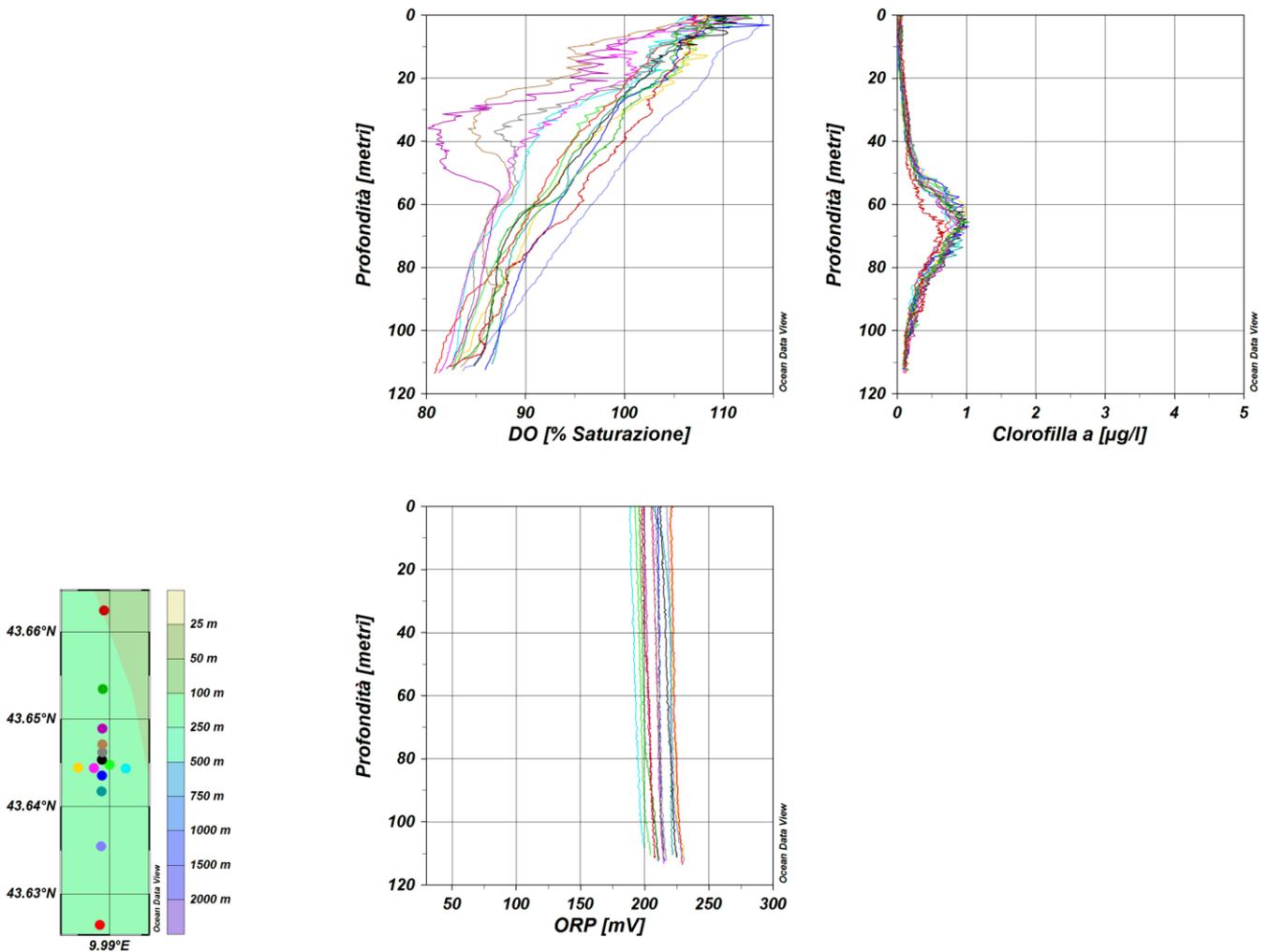


Figura 2 – Profili di ossigeno disciolto (% saturazione), clorofilla (µg/l), e potenziale di ossidoriduzione (mV); survey primavera 2018.

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 P18 MG7 e P18 MG10. La profondità della zona eufotica (Z_{eu}) è 51 m in P18 MG7 e 58,5 m in P18 MG10. La Z_{eu} ha mostrato una variazione compresa tra un minimo di 49,5 m (P18 MG9) ed un massimo di 58,5 m (P18 MG10). Non si sono evidenziate anomalie nelle registrazioni effettuate.

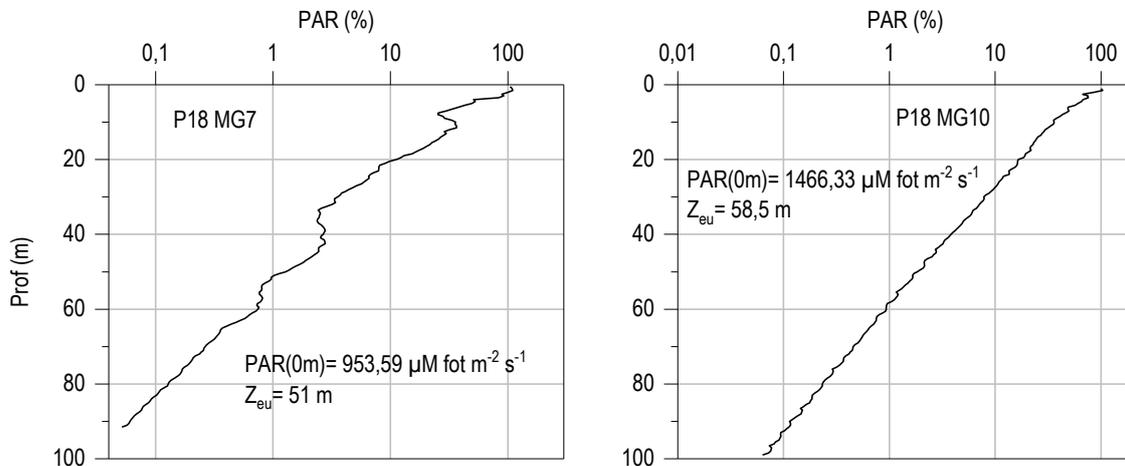


Figura 3 - Profilo del rapporto fra l'irradianza quantica PAR (Photosynthetic Available Radiation) disponibile alle varie profondità con quella contemporanea in superficie, PAR (0 m), nelle stazioni P18 MG7 e P18 MG10.

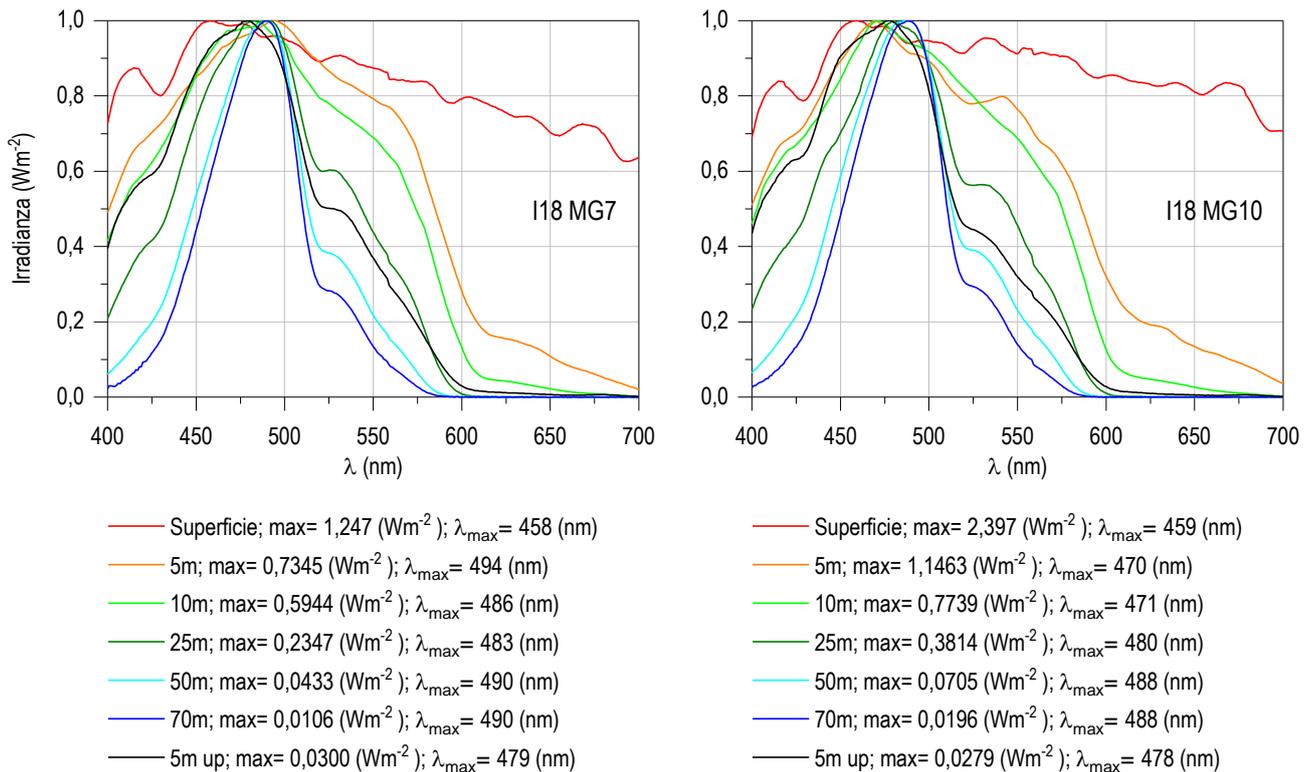


Figura 4 - Irradianza spettrale discendente superficiale e subacquea alle profondità indicate. E' inoltre riportata la irradianza spettrale ascendente a 5 m (5m up). Ogni spettro è stato normalizzato per il proprio massimo ($E_{\max}(\lambda)$) riportato nella legenda insieme con la lunghezza d'onda 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, in P18 MG7 e P18 MG10. I massimi (λ_{\max}) degli spettri dell'irradianza discendente si collocano nel range di lunghezze d'onda comprese fra 470 e 494 nm. La radiazione che raggiunge la maggior profondità, ovvero quella più penetrante, (λ_{\max} a 70 m) si trova a 490 nm alla stazione P18 MG7 e a 488 nm alla P18 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 rilevate (**Tabella 1**) sono in generale inferiori a quelle della campagna invernale I18, cioè ci troviamo in una situazione in cui si evidenzia un inizio di stratificazione termoclinica rispetto alla maggiore omogeneità riscontrata in I18. Le medie generali per ogni nutriente sono: Si $0,585 \mu\text{M}$, PO_4 $0,071 \mu\text{M}$, NO_2 $0,087 \mu\text{M}$, NO_3 $0,253 \mu\text{M}$, valori dell'ordine di quelli rilevati nelle precedenti campagne primaverili.

I dati mostrano alcuni massimi in superficie (come in P18 MG10 e P18 MG3 per quanto riguarda nitriti, nitrati e silicati) e a 70 m, per esempio alle stazioni (P18 MG7, P18 MG6 e P18 MG12) sempre a carico di nitriti, nitrati e silicati. Minori variazioni nella distribuzione lungo la colonna d'acqua (**Figura 5**) riguardano fosfati e silicati, con i fosfati che presentano una distribuzione più simile lungo la colonna d'acqua, senza aumenti superficiali o profondi. Concentrazioni al limite della rilevabilità sono state evidenziate nel caso dei nitriti, particolarmente in superficie.

I silicati presentano concentrazioni comprese tra $0,365 \mu\text{M}$ e $0,968 \mu\text{M}$, con le concentrazioni più basse alla stazione P18 MG9 mentre le concentrazioni maggiori sono presenti alle stazioni P18 MG6 e P18 MG12. Le concentrazioni dei fosfati variano tra il minimo di $0,052 \mu\text{M}$ e il massimo di $0,108 \mu\text{M}$. Le concentrazioni misurate e la distribuzione lungo la colonna d'acqua, anche per quanto riguarda nitriti e nitrati, non presentano anomalie rilevabili tra le diverse stazioni.

Tabella 1 - Concentrazioni (μM) dei nutrienti inorganici disciolti.											
Stazione	Prof. m	SiO ₂	PO ₄	NO ₂	NO ₃	Stazione	Prof. m	SiO ₂	PO ₄	NO ₂	NO ₃
P18 MG3	0,5	0,857	0,082	0,286	0,458	P18 MG9	0,5	0,387	0,071	<0,03	0,168
	12,5	0,510	0,082	0,035	0,164		12,5	0,373	0,063	<0,03	0,185
	50	0,589	0,071	0,062	0,187		50	0,456	0,088	0,089	0,302
	70	0,466	0,069	0,096	0,132		70	0,628	0,059	0,153	0,299
P18 MG5	0,5	0,618	0,089	0,019	0,177	P18 MG10	0,5	0,591	0,067	0,164	0,184
	12,5	0,585	0,063	<0,03	0,069		12,5	0,365	0,066	0,036	0,096
	50	0,493	0,062	0,041	0,055		50	0,524	0,057	0,101	0,208
	70	0,638	0,079	0,121	0,278		70	0,645	0,061	0,145	0,268
P18 MG6	0,5	0,648	0,093	<0,03	0,430	P18 MG12	0,5	0,566	0,064	0,039	0,181
	12,5	0,584	0,074	<0,03	0,231		12,5	0,560	0,076	<0,03	0,372
	50	0,765	0,083	0,143	0,391		50	0,716	0,067	0,103	0,326
	70	0,868	0,064	0,170	0,453		70	0,968	0,067	0,280	0,584
P18 MG7	0,5	0,622	0,064	0,026	0,318	P18 MG13	0,5	0,513	0,108	<0,03	0,195
	12,5	0,527	0,054	<0,03	0,132		12,5	0,453	0,076	0,030	0,064
	50	0,598	0,073	0,116	0,305		50	0,524	0,062	0,087	0,146
	70	0,628	0,078	0,216	0,476		70	0,599	0,052	0,158	0,318

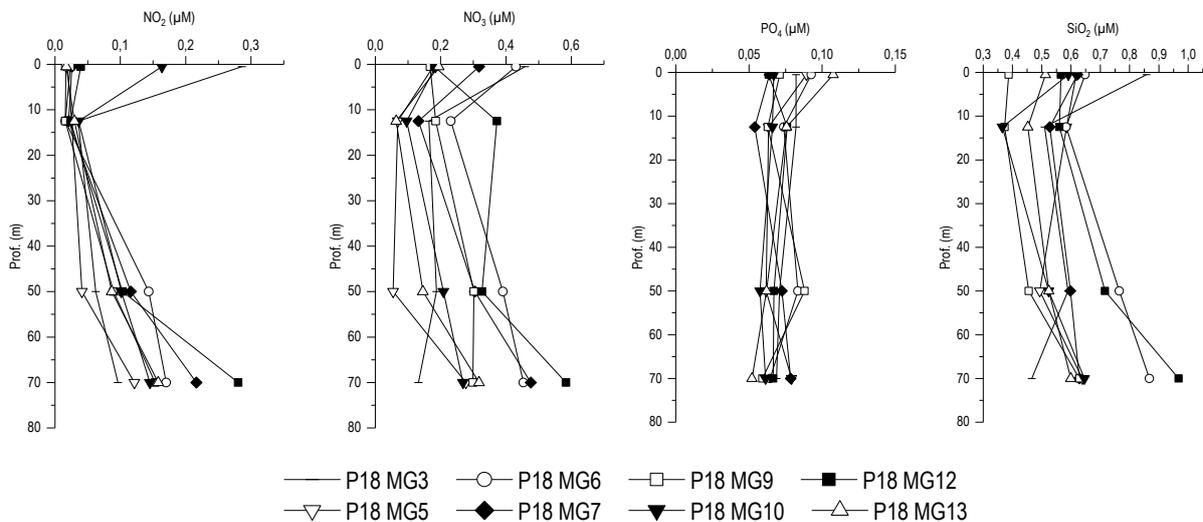


Figura 5 - Profili delle concentrazioni (μM) dei nutrienti inorganici disciolti: NO₂ (nitriti), NO₃ (nitrati), PO₄ (fosfati), SiO₂ (silicati).

Solidi sospesi (Total Suspended Matter)

Le concentrazioni di TSM in tutte le stazioni sono riportate in **Tabella 2**. Il valore medio generale è 0,951 mg/l, il minimo è 0,377 mg/l in P18 MG5 12,5 m ed il massimo è 1,978 mg/l in P18 MG3 a 50 m.

Tabella 2 - Concentrazioni (mg/l) dei solidi sospesi (TSM).				
Prof. m	Stazione	TSM (mg/l)	Stazione	TSM (mg/l)
0,5	P18 MG3	0,8276	P18 MG9	1,0594
12,5		0,9569		0,7999
50		1,9784		0,7639
70		0,7154		0,9484
0,5	P18 MG5	1,2697	P18 MG10	1,3702
12,5		0,3772		1,0962
50		0,8289		0,7016
70		1,7269		1,1542
0,5	P18 MG6	0,8315	P18 MG12	0,9211
12,5		0,9007		0,8316
50		0,5112		0,7611
70		0,9075		1,0997
0,5	P18 MG7	0,9170	P18 MG13	1,0794
12,5		0,9012		0,9152
50		0,9592		0,6122
70		0,9312		0,7987

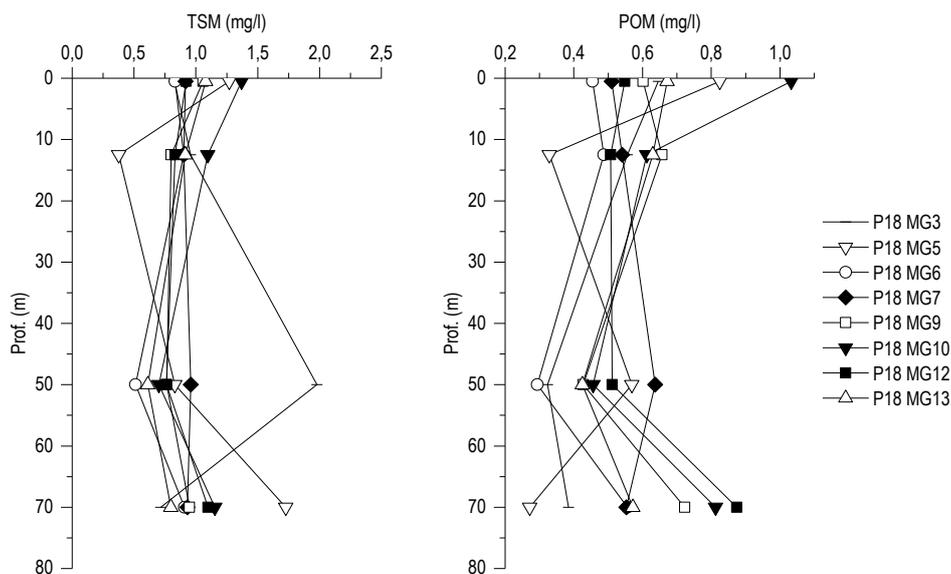


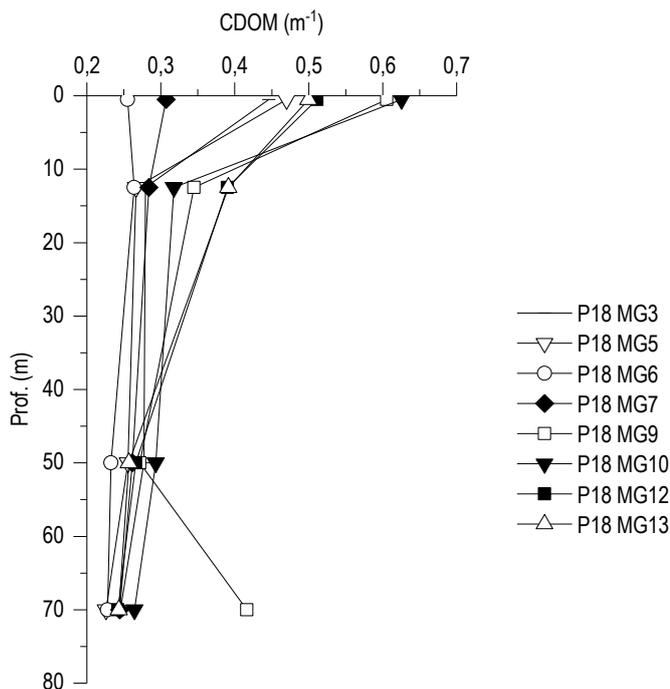
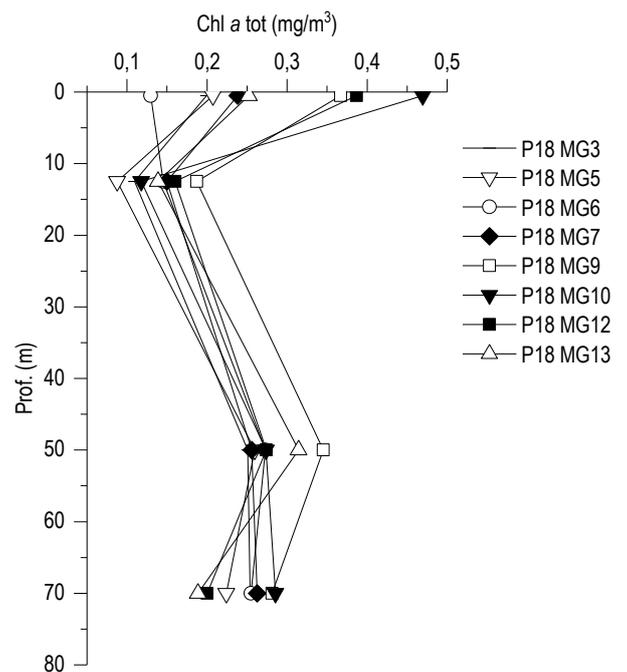
Figura 6 - Profili delle concentrazioni (mg/l) dei solidi sospesi (TSM) e delle concentrazioni di particolato organico (POM).

Le stazioni presentano profili batimetrici di TSM (Figura 6) generalmente con scarsa variazione verticale, con minimi tra 12,5 e 50 m. P18 MG3 e P18 MG5 presentano massimi più accentuati a 50 e 70 m, nell'ordine comunque della variabilità insita nel fattore in analisi. La concentrazione della frazione organica del TSM (POM) è in media 0,56 mg/l con minimo di 0,27 mg/l in P18 MG5 a 70 m e massimo di 1,03 mg/l in P18 MG10 in superficie. I profili batimetrici del POM (Figura 6) presentano, per la maggior parte delle stazioni, concentrazioni minime a 50 e massime in superficie e a 70 m. La frazione organica particellata rappresenta in media il 62,14% del TSM con minimo del 15,72% in P18 MG5 a 70 m e massimo di 87,14% sempre in P18 MG5 ma a 12,5 m.

Sostanza Organica Disciolta Cromoforica (CDOM)

Gli assorbimenti della CDOM a 325 nm $a_{CDOM}(325)$ sono in media $0,328 \text{ m}^{-1}$ e variano da un minimo di $0,226 \text{ m}^{-1}$ in P18 MG5 a 70 m ad un massimo di $0,626 \text{ m}^{-1}$ in P18 MG10 in superficie (Tabella 3). I profili batimetrici (Figura 7) presentano massimi superficiali e minimi a 70 m. In P18 MG9 si ha un minimo a 50 m e un aumento (inferiore al massimo superficiale) a 70 m.

Tabella 3 - Assorbimento (m^{-1}) 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	P18 MG3	0,4461	P18 MG9	0,6055
12,5		0,2792		0,3446
50		0,2772		0,2717
70		0,2452		0,4165
0,5	P18 MG5	0,4700	P18 MG10	0,6255
12,5		0,2663		0,3175
50		0,2555		0,2932
70		0,2259		0,2644
0,5	P18 MG6	0,2551	P18 MG12	0,5111
12,5		0,2638		0,3901
50		0,2325		0,2662
70		0,2281		0,2418
0,5	P18 MG7	0,3071	P18 MG13	0,4999
12,5		0,2840		0,3915
50		0,2614		0,2568
70		0,2446		0,2430


 Figura 7 - Profili degli assorbimenti (m^{-1}) della CDOM a 325 nm ($a_{CDOM}(325)$).

 Figura 8 – Profili delle concentrazioni (mg/m^3) di clorofilla a tot.

Clorofilla a e diversità pigmentaria

La concentrazione di clorofilla a è in media $0,236 mg/m^3$ e varia da un minimo di $0,088 mg/m^3$ in P18 MG5 12,5 m fino a un massimo di $0,470 mg/m^3$ in P18 MG10 0,5 m (Tabella 4). I valori sono nell'ordine di quelli misurati nelle altre campagne primaverili. I profili batimetrici (Figura 8) mostrano una distribuzione lungo la colonna d'acqua simile in tutte le stazioni, con minimi a 12,5 m e massimi in superficie.

Tabella 4 - Concentrazioni (mg/m³) della Clorofilla a totale (Chl a tot = Clorofilla a,+ Divinil Clorofilla a + Alloclorofilla a, se presenti).

Prof. m	Stazione	Chl a mg/m ³	Stazione	Chl a mg/m ³
0,5	P18 MG3	0,1994	P18 MG9	0,3669
12,5		0,1094		0,1871
50		0,2510		0,3452
70		0,2538		0,2812
0,5	P18 MG5	0,2074	P18 MG10	0,4695
12,5		0,0876		0,1177
50		0,2596		0,2737
70		0,2241		0,2854
0,5	P18 MG6	0,1298	P18 MG12	0,3870
12,5		0,1452		0,1603
50		0,2728		0,2741
70		0,2551		0,2003
0,5	P18 MG7	0,2383	P18 MG13	0,2523
12,5		0,1499		0,1387
50		0,2559		0,3145
70		0,2627		0,1887

Le concentrazioni dei nove pigmenti diagnostici principali sono riportate in **Tabella 5**. Il pigmento a maggiore concentrazione media è Hex-Fuco (media 0,071, min 0,033, max 0,126 mg/m³), segue Fuco (media 0,063, min 0,012, max 0,146 mg/m³), Chl *b* (media 0,027, min 0,012, max 0,047 mg/m³), But-Fuco (media 0,026, min 0,008, max 0,045 mg/m³), Perid (media 0,010, min 0,009, max 0,015 mg/m³), Zea (media 0,009, min 0,005, max 0,016 mg/m³), Allo (media 0,004, max 0,041 mg/m³), Prasino (media 0,002, max 0,004 mg/m³) e DVA (media 0,001, max 0,006 mg/m³).

La composizione pigmentaria presenta una differenziazione generalmente comune alle varie stazioni e nella distribuzione verticale e dai rapporti tra i singoli pigmenti e la loro somma totale si ottiene una stima della composizione tassonomica del popolamento fitoplanctonico (**Figura 9**).

Hex-Fuco (Prymnesiophyceae coccolitofori) e Fuco (Diatomee) presentano i contributi percentuali medi più alti rispetto agli altri pigmenti con una media rispettivamente del 33,97% e del 27,54%. Gli altri pigmenti, con distribuzione poco variabile lungo la colonna d'acqua, presentano contributi che raggiungono al massimo il 18% per Chl *b* (Chlorophyta); esclusa la frazione picoplanctonica, gli altri pigmenti contribuiscono con concentrazioni piuttosto basse, rappresentando al massimo il 14,13% (Perid, Dinoflagellati), 12,23% (But-Fuco, Dictyochophyceae, Chrysophyceae, Prymnesiophyceae non Coccolitofori), 11,25% (Allo, Cryptophyceae), 1,64% (Prasino, Prasinophyceae).

La frazione picoplanctonica totale relativa ai cianobatteri, costituita dalla somma di Zea (*Synechococcus*-like) e DVA (genere *Prochlorococcus*), rappresenta in media il 5,42% del popolamento arrivando a circa il 13% (P18 MG13, 12,5 m). Le maggiori concentrazioni sono a carico di Zea, soprattutto nei campioni superficiali, mentre DVA risulta non rilevabile in molti casi (**Tabella 5**).

Dall'analisi delle variazioni dei rapporti non emergono anomalie o differenze tra le diverse stazioni (**Figura 9**).

Tabella 5 - Concentrazioni (mg/m ³) dei principali pigmenti diagnostici fitoplanctonici.										
Stazione	Prof.m	Fuco	Perid	Hex-Fuco	But-Fuco	Prasino	Allo	Zea	DVA	Chl b
P18 MG3	0,5	0,1018	0,0099	0,0546	0,0214	0,0012	0,0037	0,0066	0,0000	0,0248
	12,5	0,0192	0,0100	0,0428	0,0123	0,0009	0,0000	0,0050	0,0000	0,0124
	50	0,0662	0,0094	0,1013	0,0387	0,0015	0,0020	0,0139	0,0000	0,0238
	70	0,0641	0,0098	0,0770	0,0317	0,0020	0,0014	0,0103	0,0022	0,0217
P18 MG5	0,5	0,0893	0,0095	0,0471	0,0166	0,0013	0,0036	0,0055	0,0000	0,0173
	12,5	0,0123	0,0093	0,0329	0,0084	0,0005	0,0010	0,0059	0,0000	0,0135
	50	0,0671	0,0095	0,0807	0,0350	0,0014	0,0025	0,0092	0,0044	0,0232
	70	0,0547	0,0106	0,0664	0,0262	0,0016	0,0015	0,0081	0,0000	0,0264
P18 MG6	0,5	0,0208	0,0101	0,0575	0,0184	0,0010	0,0031	0,0064	0,0000	0,0126
	12,5	0,0174	0,0095	0,0539	0,0153	0,0009	0,0007	0,0083	0,0000	0,0221
	50	0,0546	0,0090	0,0899	0,0384	0,0037	0,0020	0,0127	0,0000	0,0276
	70	0,0677	0,0090	0,0615	0,0306	0,0035	0,0028	0,0081	0,0000	0,0319
P18 MG7	0,5	0,0357	0,0095	0,0542	0,0177	0,0020	0,0161	0,0096	0,0000	0,0293
	12,5	0,0183	0,0106	0,0560	0,0158	0,0010	0,0000	0,0091	0,0000	0,0168
	50	0,0642	0,0094	0,0843	0,0298	0,0023	0,0017	0,0110	0,0000	0,0238
	70	0,0764	0,0100	0,0829	0,0326	0,0026	0,0038	0,0072	0,0000	0,0471
P18 MG9	0,5	0,1435	0,0103	0,0920	0,0284	0,0024	0,0052	0,0061	0,0000	0,0258
	12,5	0,0386	0,0091	0,0539	0,0154	0,0014	0,0002	0,0123	0,0055	0,0241
	50	0,0874	0,0097	0,1256	0,0453	0,0012	0,0023	0,0109	0,0043	0,0344
	70	0,0639	0,0099	0,0757	0,0318	0,0029	0,0016	0,0077	0,0058	0,0381
P18 MG10	0,5	0,0984	0,0146	0,1101	0,0358	0,0042	0,0410	0,0124	0,0017	0,0459
	12,5	0,0123	0,0138	0,0378	0,0086	0,0009	0,0007	0,0087	0,0029	0,0119
	50	0,0555	0,0131	0,0885	0,0332	0,0015	0,0013	0,0126	0,0024	0,0403
	70	0,0583	0,0126	0,0827	0,0326	0,0026	0,0035	0,0085	0,0034	0,0376
P18 MG12	0,5	0,1463	0,0094	0,0930	0,0372	0,0022	0,0054	0,0060	0,0000	0,0430
	12,5	0,0370	0,0100	0,0421	0,0159	0,0013	0,0000	0,0114	0,0000	0,0184
	50	0,0719	0,0093	0,0823	0,0334	0,0013	0,0020	0,0090	0,0000	0,0396
	70	0,0520	0,0094	0,0434	0,0220	0,0024	0,0030	0,0058	0,0000	0,0237
P18 MG13	0,5	0,1447	0,0097	0,0884	0,0317	0,0016	0,0039	0,0070	0,0000	0,0244
	12,5	0,0306	0,0100	0,0353	0,0131	0,0010	0,0005	0,0159	0,0000	0,0148
	50	0,0807	0,0100	0,1104	0,0413	0,0015	0,0008	0,0108	0,0013	0,0294
	70	0,0522	0,0097	0,0607	0,0238	0,0018	0,0015	0,0092	0,0041	0,0342

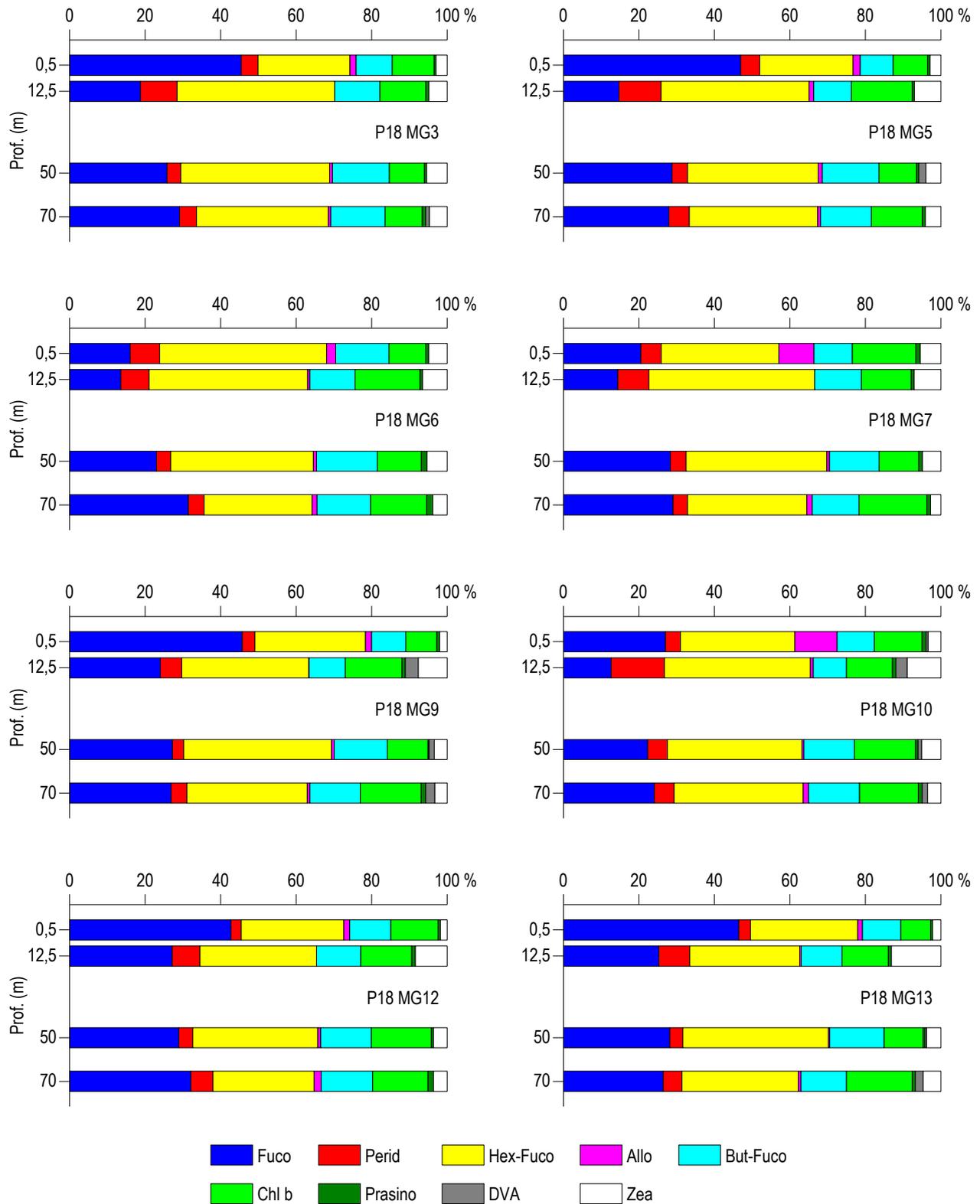


Figura 9 – Concentrazione relativa dei singoli pigmenti diagnostici in rapporto al totale delle concentrazioni dei nove Pigmenti Diagnostici (PD= Fuco+Perid+Hex-Fuco+But-Fuco+Allo+Prasino+Chlb+DVA+Zea).

Tensioattivi

Le concentrazioni dei tensioattivi risultano al di sotto del limite di quantificazione della metodica in tutti i campioni (**Tabella 6**).

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	P18 MG3				P18 MG5				P18 MG6				P18 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

Profondità	P18 MG9				P18 MG10				P18 MG12				P18 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 non sono stati rilevati (Tabella 7).

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

Profondità (m)	P18 MG3				P18 MG5				P18 MG6				P18 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	<2,0	<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 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	<2,0	<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 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
Aloacetoni nitrili (µg/l)																
Dibromoacetoni nitrile	<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
Dicloroacetoni nitrile	<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
Tricloroacetoni nitrile	<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)	P18 MG9				P18 MG10				P18 MG12				P18 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	<2,0	<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 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

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

Profondità (m)	P18 MG3				P18 MG5				P18 MG6				P18 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
Acido Bromocloroacetico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Dicloroacetico	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Acido Tricloroacetico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Monocloroacetico	<2,0	<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 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
Alcoacetoni (µg/l)																
Dibromoacetone	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Dicloroacetone	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Tricloroacetone	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
1,1,1-Tricloro-2-Propanone	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<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
Cloropirina	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Alometani e 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
Alifenoli (µg/l)																
2,4-Diclorofenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
4-Cloro-3-Metilfenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
2,4,6-Triclorofenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Pentaclorofenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2

Idrocarburi totali

Nella seguente tabella sono riportati i risultati ottenuti dalla ricerca degli idrocarburi totali (**Tabella 8**). Questi composti sono stati rilevati ovunque in basse concentrazioni senza esibire pattern riconducibili alla presenza dell'FSRU.

Tabella 8 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di acqua di mare lungo il profilo batimetrico. I dati sono espressi in microgrammi/litro. In neretto (0,5 - 12,5 - 50 - 70) sono indicate le profondità di prelievo in metri.

P18 MG3				P18 MG5				P18 MG6				P18 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
691,9	731,3	575,7	738,7	785,4	749,7	704,1	490,5	698,9	657,1	772,8	759,7	703,5	686,4	570,9	631,7
P18 MG9				P18 MG10				P18 MG12				P18 MG13			
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
569,6	687,6	676,4	577,7	530,8	741,1	458,4	596,3	782,3	986,2	584,1	507,6	667,4	642,4	670,2	668,7

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.

	P18 MG3	P18 MG5	P18 MG6	P18 MG7	P18 MG9	P18 MG10	P18 MG12	P18 MG13
Coliformi fecali	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Streptococchi fecali (enterococchi)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Coliformi totali	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10

5.1.3 Plancton

5.1.3.1 Fitoplancton

Analisi quantitativa e qualitativa del fitoplancton da bottiglia

Le densità fitoplanctoniche totali sono in media 111,16 cell/ml variando da un minimo di 53,84 cell/ml in P18 MG12 a 70 m ad un massimo di 421,58 cell/ml in P18 MG10 0,5 m (**Tabella 10**). I valori massimi sono generalmente superficiali, come evidenziato anche dalla distribuzione della clorofilla *a* (**Figura 10**), tranne in P18 MG6 e P18 MG7 in cui questo aumento non è presente (**Figura 10**).

Mediamente le maggiori abbondanze sono date dalla classe delle diatomee, specialmente in superficie e a 50 m. I coccolitofori variano tra 4,66 cell/ml (P18 MG13 0,5 m) e 22,19 cell/ml (P18 MG13 50 m), maggiormente abbondanti in superficie, sebbene il loro contributo relativo sia maggiore a 70 m, dove, complessivamente, il popolamento è più povero. I dinoflagellati sono scarsamente presenti, con massimi superficiali e minimi profondi (**Tabella 10**).

Una frazione notevole delle comunità fitoplanctoniche è costituita dal gruppo "Altro plancton", con densità cellulare media di circa 32 cell/ml ed un massimo di circa 231 cell/ml in P18 MG10 dove contribuisce per oltre il 50% alla densità rilevata in superficie.

Le comunità fitoplanctoniche in P18 sono costituite prevalentemente da diatomee, in media il 49,26%, per una dominanza generalizzata di *Proboscia alata*, *Leptocylindrus danicus* e *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima*. Questi tre taxa sono affiancati da *Cylindrotheca closterium* e varie specie del genere *Chaetoceros*.

Il gruppo "Altro plancton" rappresenta in media il 25,42% grazie alla presenza di molte specie, come *Phaeocystis* sp., *Plagioselmis prolunga*, Cryptophyceae n.i., *Telonema* sp., *Leucocryptos marina*, *Dictyocha fibula*, *Paulinella ovalis*, *Tetraselmis* sp., *Pyramimonas* sp. ed altre piccole forme flagellate di difficile collocazione tassonomica (**Figura 11**).

In media il 14,61% del popolamento dei coccolitofori, è costituito da *Emiliania huxleyi*, *Syracosphaera pulchra* *Sphaerocalyptra quadridentata*, *Calyptrosphaera oblonga* e *Zigosphaera hellenica*.

In media il 10,70% dei dinoflagellati, è costituito da forme atecate (*Gymnodiniaceae* spp.) e da forme tecate come *Heterocapsa minima*, *Heterocapsa rotundata*, *Oxytoxum variabile*, *Lessardia elongata* e *Mesoporus perforatus*.

Per i flagellati sono stati identificati in totale 218 taxa (**Tabella 11**) suddivisi tra le principali classi o raggruppamenti fitoplanctonici di cui si fornisce l'elenco completo in **Tabella 12**. La maggior parte dei taxa appartiene alla classe dei dinoflagellati con 83 specie e 7 forme identificate a livello di genere. Le diatomee sono rappresentate da 66 specie e 9 generi in virtù del fatto che poche specie hanno determinato le maggiori abbondanze. I coccolitofori risultano meno diversificati, con 20 specie insieme a 1 forma individuata a livello di genere. Il popolamento fitoplanctonico primaverile presenta valori di diversità specifica (Shannon) e valori di equitabilità (Pielou) che variano, rispettivamente tra 2,94 e 4,53 bit/cell e tra 0,48 e 0,76.

Tabella 10 - Densità fitoplanctonica totale (cell/ml) e delle classi o gruppi identificati.						
Stazione	prof. (m)	Diatomee	Dinoflagellati	Coccolitofori	Altro	Totale
P18 MG6	0,5	9,46	11,10	13,14	33,24	66,93
	12,5	9,52	9,52	18,92	27,92	65,88
	50	45,03	6,95	11,37	12,74	76,10
	70	47,03	5,98	9,20	7,23	69,43
P18 MG7	0,5	23,69	9,36	6,18	38,65	77,87
	12,5	11,11	13,07	13,89	23,44	61,51
	50	68,43	8,06	21,32	14,43	112,23
	70	49,05	7,77	12,88	15,00	84,70
P18 MG10	0,5	119,09	59,44	12,40	230,66	421,58
	12,5	14,27	14,27	17,42	33,94	79,90
	50	52,43	10,16	16,26	21,07	99,92
	70	38,90	6,04	9,23	10,89	65,05
P18 MG12	0,5	152,07	18,44	6,96	62,87	240,34
	12,5	57,41	7,58	8,99	15,02	88,99
	50	64,31	6,24	19,45	12,27	102,27
	70	36,74	3,56	8,07	5,47	53,84
P18 MG13	0,5	133,80	21,08	4,66	32,97	192,52
	12,5	43,99	5,72	9,49	12,48	71,68
	50	75,28	7,93	22,19	31,19	136,59
	70	33,03	5,92	9,44	7,46	55,84

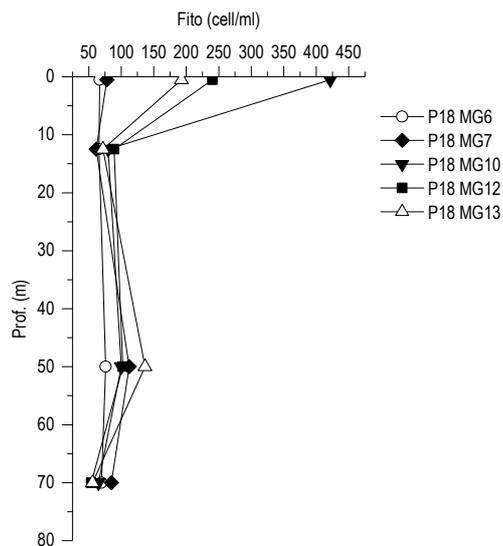


Figura 10 - Profili delle densità fitoplanctoniche totali (cell/ml).

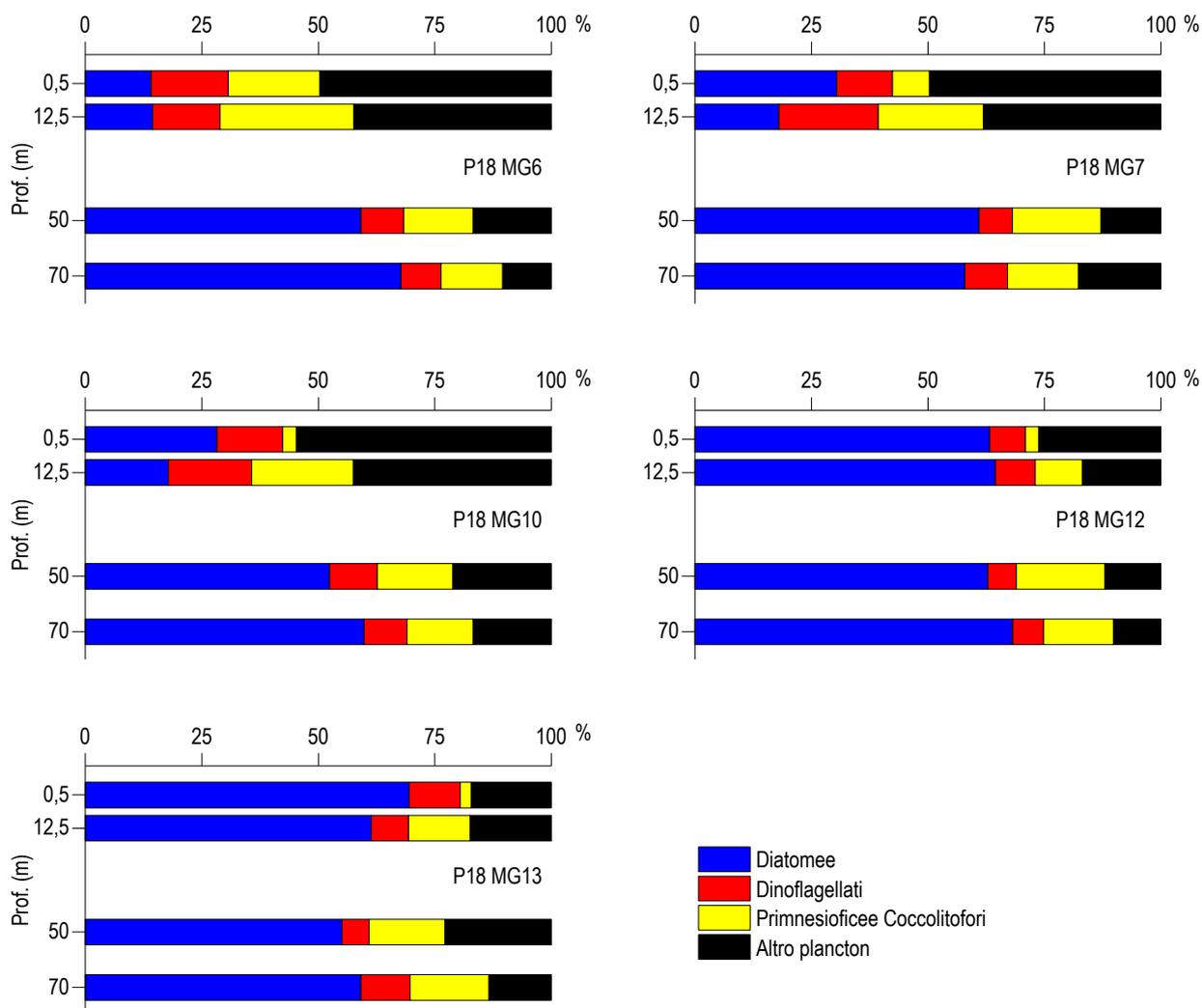


Figura 11 – Abbondanza relativa delle classi fitoplanctoniche indicate in legenda in rapporto all'abbondanza totale.

Tabella 11 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni prelevati tramite bottiglie Niskin nella primavera 2018.

Classe	Specie	Generi	Categorie superiori*
Diatomee	82	13	5
Dinoflagellati	36	4	4
Prymnesiophyceae coccolitofori	24	1	1
Cryptophyceae	1		1
Chrysophyceae/Dictyochophyceae	5		
Chlorophyta/Euglenoidea			1
Prasinophyceae	2	2	
Prymnesiophyceae non coccolitofori		1	
Altro	3	1	
Totale	153	22	12

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

Tabella 12 - Lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative microscopiche (primavera 2018).

DIATOMEE		
<i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castracane) Round 1990	<i>Dactyliosolen phuketensis</i> (Sundstrom) Hasle 1996	<i>Pleurosigma rigidum</i> Smith 1853
<i>Bacteriastrum delicatulum</i> Cleve 1897	<i>Diatomea pennata</i> n.i. (forma p)	<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström 1986
<i>Bacteriastrum furcatum</i> Shadbolt 1854	<i>Diatomee centriche</i> < 20 µm n.i.	<i>Proboscia indica</i> (Peragallo) Hernández-Becerril 1995
<i>Bacteriastrum hyalinum</i> Lauder 1864	<i>Diatomee pennate</i> < 20 µm n.i.	<i>Pseudo-nitzschia americana</i> (Hasle) Fryxell 1993
<i>Bacteriastrum jadrano</i> Godrijan, Maric & Pfannkuchen 2012	<i>Diatomee pennate</i> > 20 µm n.i.	<i>Pseudo-nitzschia cf. fraudulenta</i> (Cleve) Hasle 1993
<i>Bacteriastrum mediterraneum</i> Pavillard 1916	<i>Diploneis crabro</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1854	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cleve) Heiden 1928
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey 1937	<i>Diploneis</i> spp.	<i>Pseudo-nitzschia galaxiae</i> Lundholm & Moestrup 2002
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder 1864	<i>Entomoneis</i> spp.	<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle 1993
<i>Chaetoceros anastomosans</i> Grunow 1882	<i>Eucampia cornuta</i> (Cleve) Grunow 1883	<i>Pseudo-nitzschia subfraudulenta</i> (Hasle) Hasle 1993
<i>Chaetoceros brevis</i> Schütt 1895	<i>Fragilariopsis</i> spp.	<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultze) Sundström 1986
<i>Chaetoceros cf. costatus</i> Pavillard 1911	<i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle 1996	<i>Rhizosolenia decipiens</i> Sundström 1986
<i>Chaetoceros compressus</i> Lauder 1864	<i>Haslea</i> sp.	<i>Rhizosolenia imbricata</i> Brightwell 1858
<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve 1889	<i>Haslea wawrikae</i> (Hustedt) Simonsen 1974	<i>Tabularia gailionii</i> (Bory de Saint-Vincent) Bukhtiyarova 1995
<i>Chaetoceros danicus</i> Cleve 1889	<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow ex Van Heurck 1882	<i>Thalassionema cf. bacillare</i> (Heiden) Kolbe 1955
<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve 1873	<i>Hemiaulus sinensis</i> Greville	<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Hallegraeff 1986
<i>Chaetoceros lacinosus</i> Schütt 1895	<i>Lauderia annulata</i> Cleve 1873	<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky 1902
<i>Chaetoceros lauderi</i> Ralfs 1864	<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve 1889	<i>Thalassiosira angulata</i> (Gregory) Hasle 1978
<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow 1863	<i>Leptocylindrus mediterraneus</i> (Peragallo) Hasle 1975	<i>Thalassiosira</i> spp.
<i>Chaetoceros mitra</i> (Bailey) Cleve 1896	<i>Licmophora flabellata</i> (Grev.) Agardh 1831	<i>Thalassiothrix longissima</i> Cleve & Grunow 1880
<i>Chaetoceros neogratile</i> Van Landingham 1968	<i>Lioloma pacificum</i> (Cupp) Hasle 1996	
<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell 1856	<i>Navicula cf. transitans</i> Heimdal 1970	
<i>Chaetoceros pseudocurvisetus</i> Mangin 1910	<i>Navicula distans</i> (Smith) Ralfs 1861	
<i>Chaetoceros rostratus</i> Lauder 1864	<i>Navicula</i> spp.	
<i>Chaetoceros simplex</i> Ostenfeld 1901	<i>Nitzschia</i> (sez. <i>sigmatae</i>) sp.	
<i>Chaetoceros socialis</i> Lauder 1864	<i>Nitzschia bicapitata</i> Cleve 1901	
<i>Chaetoceros</i> spp.	<i>Nitzschia</i> spp.	
<i>Chaetoceros teres</i> Cleve 1896	<i>Plagiotropis</i> sp.	
<i>Chaetoceros vivisibilis</i> Schiller	<i>Pleurosigma majus</i> (Grunow) Cleve 1894	
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & Lewin 1964	<i>Pleurosigma naviculaceum</i> Brébisson 1854	
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i> (Bergon) Hasle 1996	<i>Pleurosigma normani</i> Ralfs 1861	
DINOFAGELLATI		
<i>Akashiwo sanguinea</i> (Hirasaka) Hansen & Moestrup 2000	<i>Gyrodinium spirale</i> (Bergh) Kofoid & Swezy 1921	<i>Oxytoxum variabile</i> Schiller 1937
<i>Alexandrium</i> spp.	<i>Gyrodinium</i> spp.	<i>Oxytoxum viride</i> Schiller 1937
<i>Amphidinium cf. globosum</i> Schröder 1911	<i>Hemidinium nasutum</i> Stein 1883	<i>Phalacroma acutum</i> (Schütt) Pavillard 1916
<i>Amphidinium cf. sphenoides</i> Wulff 1916	<i>Heterocapsa minima</i> Pomroy 1989	<i>Phalacroma ovum</i> Schütt, 1895
<i>Amphidinium</i> spp.	<i>Heterocapsa niei</i> (Loeblich III) Morrill & Loeblich III 1981	<i>Phalacroma rotundatum</i> (Claparède & Lachmann) Kofoid & Michener 1911
<i>Ceratoperidinium falcatum</i> (Kofoid & Swezy) Reñé & de Salas 2013	<i>Heterocapsa rotundata</i> (Lohmann) Hansen 1995	<i>Podolampas bipes</i> Stein 1883
<i>Cochlodinium pulchellum</i> Lebour 1917	<i>Heterocapsa triquetra</i> (Ehrenberg) Stein 1883	<i>Podolampas palmipes</i> Stein 1883
<i>Cochlodinium pupa</i> Lebour 1925	<i>Histioneis depressa</i> Schiller 1928	<i>Pronoctiluca pelagica</i> Fabre-Domergue 1889
<i>Cochlodinium</i> sp.	<i>Karenia brevis</i> (Davis) Hansen & Moestrup 2000	<i>Prorocentrum balticum</i> (Lohmann) Loeblich 1970
<i>Corythodinium tessellatum</i> (Stein) Loeblich Jr. & Loeblich III 1966	<i>Karenia mikimotoi</i> (Miyake & Kominami ex Oda) Hansen & Moestrup 2000	<i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) Abé ex Dodge 1975
<i>Dicroerisma psilonereia</i> Taylor & Cattell 1969	<i>Karenia papilionacea</i> Haywood & Steidinger 2004	<i>Prorocentrum dactylus</i> (Stein) Dodge 1975
<i>Dinoflagellati tecati</i> < 20 µm n.i.	<i>Karenia selliformis</i> Haywood, Steidinger & MacKenzie 2004	<i>Prorocentrum gracile</i> Schütt 1895
<i>Dinoflagellati tecati</i> > 20 µm n.i.	<i>Lessardia elongata</i> Saldarriaga & Taylor 2003	<i>Prorocentrum lima</i> (Ehrenberg) Stein 1878
<i>Dinophysis caudata</i> Saville-Kent 1881	<i>Lingulodinium polyedrum</i> (Stein) Dodge 1989	<i>Prorocentrum maximum</i> (Gouret) Schiller 1937
<i>Dinophysis dentata</i> Schiller 1928	<i>Mesoporos perforatus</i> (Gran) Lillick 1937	<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg 1833
<i>Dinophysis hastata</i> Stein 1883	<i>Neoceratium declinatum</i> (Karsten) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Prorocentrum rathymum</i> Loeblich, Sherley & Schmidt 1979
<i>Dinophysis odiosa</i> (Pavillard) Tai & Skogsberg 1934	<i>Neoceratium eucaratum</i> (Jørgensen) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Prorocentrum triestinum</i> Schiller 1918
<i>Dinophysis ovum</i> (Schütt) Abé	<i>Neoceratium furca</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Protoceratium areolatum</i> Kofoid 1907
<i>Dinophysis parva</i> Schiller 1928	<i>Neoceratium fusus</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Protoceratium reticulatum</i> (Claparède & Lachmann) Butschli 1885
<i>Dinophysis sacculus</i> Stein 1883	<i>Oxytoxum caudatum</i> Schiller 1937	<i>Protoperidinium cf. globulus</i> (Stein) Balech 1974
<i>Dinophysis</i> sp.	<i>Oxytoxum coronatum</i> Schiller 1937	<i>Protoperidinium claudicans</i> (Paulsen) Balech 1974
<i>Diplopsalis lenticula</i> Bergh 1881	<i>Oxytoxum curvatum</i> (Kofoid) Kofoid 1911	<i>Protoperidinium depressum</i> (Bailey) Balech 1974
<i>Erythrospidium</i> sp.	<i>Oxytoxum diploconus</i> Stein	<i>Protoperidinium diabolum</i> (Cleve) Balech 1974
<i>Goniodoma polyedricum</i> (Pouchet) Jørgensen 1899		<i>Protoperidinium divergens</i> (Ehrenberg) Balech 1974
<i>Gonyaulax digitale</i> (Pouchet) Kofoid 1911		<i>Protoperidinium oceanicum</i> (VanHöffen) Balech 1974
<i>Gonyaulax spinifera</i> (Claparède & Lachmann) Diesing 1866		<i>Protoperidinium ovum</i> (Schiller) Balech 1974

Tabella 12 - Lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative microscopiche (primavera 2018).

<i>Gymnodiniaceae</i> < 20 µm n.i.	<i>Oxytoxum globosum</i> Schiller	<i>Protopteridinium solidicorne</i> (Mangin) Balech 1974
<i>Gymnodiniaceae</i> > 20 µm n.i.	<i>Oxytoxum longum</i> Schiller 1937	<i>Protopteridinium</i> spp.
<i>Gyrodinium aciculatum</i> Hansen & Larsen 1992	<i>Oxytoxum mediterraneum</i> Schiller	<i>Protopteridinium steinii</i> (Jørgensen) Balech 1974
<i>Gyrodinium fusiforme</i> Kofoid & Swezy 1921	<i>Oxytoxum sceptrum</i> (Stein) Schroder 1906	<i>Protopteridinium tuba</i> (Schiller) Balech 1974
	<i>Oxytoxum scolopax</i> Stein 1883	<i>Pyrocystis lunula</i> (Schütt) Schütt 1896
	<i>Oxytoxum sphaeroideum</i> Stein 1883	<i>Pyrophacus horologicum</i> Stein 1883
	<i>Oxytoxum strophalatum</i> Dodge & Saunders 1985	<i>Scripsiella trochoidea</i> (Stein) Balech ex Loeblich III 1965
		<i>Torodinium robustum</i> Kofoid & Swezy 1921
PRYMNESIOPHYCEAE COCCOLITOFORI		
<i>Acanthoica quattrosolina</i> Lohmann 1903	<i>Coronosphaera mediterranea</i> (Lohmann) Gaarder 1977	<i>Sphaerocalyptra quadridentata</i> (Schiller) Deflandre 1952
<i>Algirosphaera robusta</i> (Lohmann) Norris 1984	<i>Emiliana huxleyi</i> (Lohmann) Hay & Mohler 1967	<i>Syracosphaera</i> cf. <i>molischii</i> Schiller 1925
<i>Calcidiscus leptopus</i> (Murray & Blackman) Loeblich & Tappan 1978	<i>Helicosphaera carterii</i> (Wallich) Kamptner 1954	<i>Syracosphaera histrica</i> Kamptner 1941
<i>Calciosolenia brasiliensis</i> (Lohmann) Young 2003	<i>Helladosphaera cornifera</i> (Schiller) Kamptner 1937	<i>Syracosphaera pulchra</i> Lohmann 1902
<i>Calyptrosphaera oblonga</i> Lohmann 1902	<i>Ophiaster hydroideus</i> (Lohmann) Lohmann 1913	<i>Umbilicosphaera sibogae</i> (Weber-van Bosse) Gaarder 1970
<i>Calyptrosphaera sphaeroidea</i> Schiller 1913	<i>Pontosphaera discopora</i> Schiller 1930	<i>Zigosphaera hellenica</i> Kamptner 1937
Coccolitofori ≤ 10 µm n.i.	<i>Pontosphaera</i> sp.	
<i>Coronosphaera binodata</i> (Kamptner) Gaarder 1977	<i>Rhabdosphaera clavigera</i> Murray & Blackman 1898	
CRYPTOPHYCEAE		
<i>Cryptomonas</i> sp.	<i>Plagioselmis prolunga</i> Butcher ex Novarino, Lucas & Morrall 1994	Cryptophyceae n.i.
CHRYSPHYCEAE/DICTYOPHYCEAE		
<i>Apedinella radians</i> (Lohmann) Campbell 1973	<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg 1839	<i>Meringosphaera tenerima</i> Schiller 1925
<i>Dictyocha aculeata</i>	<i>Dictyocha speculum</i> Ehrenberg 1839	<i>Ollicola vangoorii</i> (Conrad) Vørs 1992
PRASINOPHYCEAE		
<i>Halosphaera viridis</i> Schmitz 1878	<i>Pachysphaera pelagica</i> Ostenfeld 1899	<i>Pyramimonas</i> spp.
CHLOROPHYCEAE/EUGLENOPHYCEAE		
<i>Euglenoidea</i> n.i.	<i>Pseudoscourfieldia marina</i> (Thronsen) Manton 1975	<i>Tetraselmis</i> sp.
PRYMNESIOPHYCEAE NON COCCOLITOFORI		
<i>Phaeocystis</i> sp.	<i>Phaeocystis</i> forma coloniale	
ALTRO		
Flagellati indeterminati < 10 µm	<i>Leucocryptos marina</i> (Braarud) Butcher 1967	<i>Telonema</i> sp.
<i>Commaton cryoporinum</i> Thomsen & Larsen 1993	<i>Mesodinium rubrum</i>	<i>Vannella simplex</i> Bovee 1965
<i>Hermesinum adriaticum</i> Zacharias 1906	<i>Paulinella ovalis</i> (Wulff) Johnson, Hargraves & Sieburth 1988	

Analisi qualitativa del fitoplancton da retino

Per l'identificazione della comunità microfitorplanctonica lungo tutta la colonna d'acqua, sono stati raccolti con retino 5 campioni nelle stazioni P18 MG6, P18 MG7, P18 MG10, P18 MG12 e P18 MG13.

Dall'analisi qualitativa dei campioni sono stati individuati 236 taxa, di cui 219 identificati a livello di specie, 12 come genere e 5 attribuibili a categorie soprageneriche (**Tabella 13**).

L'elenco dei taxa presenti nelle diverse stazioni di campionamento è fornito in **Tabella 14**. Sono stati identificati 89 taxa di diatomee, 130 di dinoflagellati e 12 di coccolitofori; sono stati, inoltre, identificati 4 taxa appartenenti alle Dictyochophyceae ed 1 taxon attribuibile alla categoria Altro.

La numerosità dei taxa individuati in ogni stazione va da un minimo di 123 in P18 MG13 ad un massimo di 143 in P18 MG7.

Dall'osservazione non è emersa una netta differenza nella quantità di taxa presenti che, in tutte le stazioni, appartengono principalmente alla classe dei dinoflagellati (con rispettivamente 63 taxa in P18 MG6, 76 in P18 MG7, 82 in P18 MG10 ed in P18 MG12 e 71 in P18 MG13) ed in secondo luogo alla classe delle diatomee (con 55 taxa in P18 MG6, 56 in P18 MG7, 47 in P18 MG10, 42 in P18 MG12 e 46 in P18 MG13). La classe dei coccolitofori risulta piuttosto diversificata e consta di 12 specie. Sono stati inoltre, rinvenuti nuovi taxa rispetto alle campagne precedenti, tutti appartenenti alla classe dei dinoflagellati (*Alexandrium balechii*, *Ceratocorys kofoidii*, *Corythodinium frequellii*, *Gonyaulax* cf. *rotundata*).

Nelle analisi da retino (**Tabella 14**) rispetto a quelle da bottiglia (**Tabella 12**) è stata evidenziata la presenza di un maggior numero di specie rare, principalmente appartenenti alla classe dei dinoflagellati, in particolare ai generi *Gonyaulax*, *Neoceratium* (= *Ceratium*) e *Protopteridinium*.

Tabella 13 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni prelevati con retino nella primavera 2018.

Classe	Specie	Generi	Categorie superiori*
Diatomee	78	8	3
Dinoflagellati	124	4	2
Prymnesiophyceae coccolitofori	12		
Dictyochophyceae	4		
Altro	1		
Totale	219	12	5

*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 P18 MG6, P18 MG7, P18 MG10, P18 MG12 e P18 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13).

Specie	6	7	10	12	13	Specie	6	7	10	12	13
DIATOMEE											
<i>Amphiprora gigantea</i> var. <i>sulcata</i> (O'Meara) Cleve 1894		x				<i>Hemiaulus sinensis</i> Greville 1865		x			
<i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castracane) Round 1990	x	x		x	x	<i>Hemidiscus cuneiformis</i> Wallich 1860	x	x			
<i>Asterolampra marylandica</i> Ehrenberg 1844					x	<i>Lauderia annulata</i> Cleve 1873		x	x	x	
<i>Bacteriastrium furcatum</i> Shadbolt 1854	x					<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve 1889	x	x	x	x	x
<i>Bacteriastrium hyalinum</i> Lauder 1864	x					<i>Leptocylindrus mediterraneus</i> (Peragallo) Hasle 1975	x				x
<i>Bacteriastrium hyalinum</i> var. <i>princeps</i> (Castracane) Ikar		x				<i>Leptocylindrus minimus</i> Gran 1915		x			
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey 1937	x	x	x	x	x	<i>Lioloma pacificum</i> (Cupp) Hasle 1996	x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder 1864	x	x	x	x	x	<i>Lithodesmium undulatum</i> Ehrenberg 1839	x	x			
<i>Chaetoceros anastomosans</i> Grunow 1882	x	x	x			<i>Navicula directa</i> (Smith) Ralfs 1861					
<i>Chaetoceros brevis</i> Schütt 1895	x	x	x	x	x	<i>Navicula distans</i> (Smith) Ralfs 1861	x	x	x	x	
<i>Chaetoceros compressus</i> Lauder 1864	x	x	x	x	x	<i>Navicula</i> spp.				x	x
<i>Chaetoceros constrictus</i> Gran 1897	x					<i>Navicula transitans</i> var. <i>delicatula</i> Heimdal 1970		x	x		
<i>Chaetoceros costatus</i> Pavillard 1911	x	x				<i>Naviculaceae</i> spp.	x	x			x
<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve 1889	x	x	x	x	x	<i>Neocalyptrella robusta</i> (Norman ex Ralfs) Hernández-Becerril & Meave del Castillo 1997		x	x	x	x
<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve 1873		x	x	x		<i>Nitzschia</i> (sez. <i>sigmatae</i>) sp.				x	
<i>Chaetoceros didymus</i> Ehrenberg 1845	x					<i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve 1873		x			
<i>Chaetoceros laciniosus</i> Schütt 1895	x	x		x		<i>Plagiotropis</i> spp.	x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow 1863					x	<i>Pleurosigma angulatum</i> (Queckett) Smith 1852					
<i>Chaetoceros messanensis</i> Castracane 1875	x					<i>Pleurosigma</i> cf. <i>intermedium</i> Smith 1853	x	x			
<i>Chaetoceros neglectus</i> Karsten 1905	x					<i>Pleurosigma</i> cf. <i>nicobaricum</i> Grunow 1880			x	x	x
<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell 1856		x		x		<i>Pleurosigma delicatulum</i> Smith 1852					x
<i>Chaetoceros pseudocurvisetus</i> Mangin 1910			x	x	x	<i>Pleurosigma directum</i> Grunow 1880		x			
<i>Chaetoceros rostratus</i> Lauder 1864	x	x	x	x	x	<i>Pleurosigma majus</i> (Grunow) Cleve 1894	x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros socialis</i> Lauder 1864	x	x	x	x	x	<i>Pleurosigma normanii</i> Ralfs 1861	x	x	x		
<i>Chaetoceros</i> spp.	x	x	x	x	x	<i>Pleurosigma</i> spp.					x
<i>Chaetoceros teres</i> Cleve 1896		x	x	x	x	<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström 1986	x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros tetrastrichon</i> Cleve 1897	x					<i>Proboscia indica</i> (Peragallo) Hernández-Becerril 1995	x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros tortissimus</i> Gran 1900	x					<i>Psammodictyon panduriforme</i> (Gregory) Mann 1990					x
<i>Chaetoceros wighamii</i> Brightwell 1856		x	x			<i>Pseudo-nitzschia americana</i> (Hasle) Fryxell 1993					x
<i>Chaetoceros williei</i> Gran 1897	x	x	x	x	x	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cleve) Heiden 1928	x	x	x	x	x
<i>Coscinodiscus granii</i> Gough 1905					x	<i>Pseudo-nitzschia fraudulenta</i> (Cleve) Hasle 1993	x	x	x	x	x
<i>Coscinodiscus lineatus</i> Ehrenberg 1841	x	x				<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle 1993	x	x	x	x	x
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & Lewin 1964	x	x	x	x	x	<i>Pseudo-nitzschia</i> sp. (<i>seriata</i> complex)				x	
<i>Dactyliosolen blavyanus</i> (Peragallo) Hasle 1975					x	<i>Pseudo-nitzschia subfraudulenta</i> (Hasle) Hasle 1993	x	x	x	x	x
<i>Dactyliosolen fragillissimus</i> (Bergon) Hasle 1996				x	x	<i>Rhizosolenia decipiens</i> Sundström 1986	x	x	x	x	x
<i>Dactyliosolen phuketensis</i> (Sundström) Hasle 1996			x			<i>Rhizosolenia hebetata</i> Bailey 1856	x	x			
Diatomee centriche > 20 µm n.i.	x	x	x	x	x	<i>Rhizosolenia imbricata</i> Brightwell 1858	x	x	x		x
Diatomee pennate > 20 µm n.i.	x	x	x	x		<i>Rhizosolenia styliformis</i> Brightwell 1858		x			x
<i>Diploneis bombus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1853		x	x			<i>Surirella fastuosa</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1843	x	x			
<i>Entomoneis</i> spp.		x				<i>Tabularia gailionii</i> (Bory de Saint-Vincent) Bukhtiyarova 1995	x	x	x	x	x
<i>Eucampia cornuta</i> (Cleve) Grunow 1883		x	x	x		<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Hallegraeff 1986	x	x	x	x	x
<i>Fragilaria</i> cf. <i>vitrea</i> var. <i>minima</i> (Ralfs) Grunow in Van Heurck 1881	x					<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky 1902	x		x	x	x
<i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle 1996	x	x	x		x	<i>Thalassiosira</i> cf. <i>delicatula</i> Ostenfeld 1908					x
<i>Haslea wawriakae</i> (Hustedt) Simonsen 1974		x				<i>Thalassiosira</i> spp.	x	x	x	x	
<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow ex Van Heurck 1882	x	x	x	x	x						
DINOFLAGELLATI											
<i>Actiniscus pentasterias</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1844		x				<i>Neoceratium massiliense</i> (Gouret) Gómez, Moreira & López-García 2010		x		x	
<i>Alexandrium balechii</i> (Steidinger) Balech 1995		x				<i>Neoceratium pentagonum</i> (Gouret) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x	x	x	x
<i>Alexandrium catenella</i> (Whedon & Kofoid) Balech 1985		x				<i>Neoceratium pulchellum</i> (Schröder) Gómez, Moreira & López-García 2010	x		x		
<i>Alexandrium</i> cf. <i>minutum</i> Halim 1960	x	x	x	x	x	<i>Neoceratium ranipes</i> (Cleve) Gómez, Moreira & López-García 2010		x		x	
<i>Ceratium azoricum</i> Cleve 1900	x	x	x	x	x	<i>Neoceratium symmetricum</i> (Pavillard) Gómez, Moreira & López-García 2010				x	
<i>Ceratium buceros</i> Zacharias 1906		x				<i>Neoceratium trichoceros</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	x				
<i>Ceratium symmetricum</i> var. <i>coarctatum</i> (Pavillard) Graham & Bronikovsky 1944					x	<i>Neoceratium tripes</i> (O.F. Müller) Gómez, Moreira & López-García 2010				x	x
<i>Ceratocorys armata</i> (Schütt) Kofoid 1910	x		x		x	<i>Ornithocercus heteroporus</i> Kofoid 1907	x	x	x	x	
<i>Ceratocorys horrida</i> Stein 1883	x	x	x		x	<i>Ornithocercus magnificus</i> Stein 1883				x	x
<i>Ceratocorys kofoidii</i> Paulsen 1931		x	x	x		<i>Ornithocercus quadratus</i> Schütt 1900	x	x	x	x	x
<i>Ceratoperidinium falcatum</i> (Kofoid & Swezy) Reñé & de Salas 2013					x	<i>Oxytoxum areolatum</i> Rampi					x
<i>Citharistes regius</i> Stein 1883	x					<i>Oxytoxum brunellii</i> Rampi 1939				x	x
<i>Corythodinium frenguelli</i> (Rampi) Taylor 1976		x	x	x		<i>Oxytoxum constrictum</i> (Stein) Bütschli 1885	x	x	x	x	x
<i>Corythodinium reticulatum</i> (Stein) Taylor 1976	x	x				<i>Oxytoxum coronatum</i> Schiller 1937				x	
<i>Corythodinium tessellatum</i> (Stein) Loeblich Jr. & Loeblich III 1966	x	x	x	x	x	<i>Oxytoxum crassum</i> Schiller 1937					x
Dinoflagellati tecati > 20 µm n.i.	x	x	x	x	x	<i>Oxytoxum longiceps</i> Schiller	x		x		x
<i>Dinophysis amandula</i> (Balech) Sournia 1973	x	x	x	x	x	<i>Oxytoxum mediterraneum</i> Schiller		x	x	x	x
<i>Dinophysis caudata</i> Saville-Kent 1881	x	x	x	x	x	<i>Oxytoxum milneri</i> Murray & Whitting 1899		x			
<i>Dinophysis fortii</i> Pavillard 1923	x	x	x	x	x	<i>Oxytoxum sceptrum</i> (Stein) Schröder 1906	x	x			
<i>Dinophysis hastata</i> Stein 1883					x	<i>Oxytoxum scolopax</i> Stein 1883	x	x	x	x	x
<i>Dinophysis odiosa</i> (Pavillard) Tai & Skogsberg 1934					x	<i>Oxytoxum sphaeroideum</i> Stein 1883		x		x	x

Tabella 14 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni P18 MG6, P18 MG7, P18 MG10, P18 MG12 e P18 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13).

Specie	6	7	10	12	13	Specie	6	7	10	12	13
<i>Dinophysis operculoides</i> (Schütt) Balech 1967	x	x	x	x	x	<i>Phalacroma doryphorum</i> Stein 1883			x	x	
<i>Dinophysis ovum</i> (Schütt) Abé		x	x		x	<i>Phalacroma ovum</i> Schütt 1895				x	
<i>Dinophysis parva</i> Schiller 1928	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	x	<i>Podolampas bipes</i> Stein 1883	x	x	x	x	x
<i>Dinophysis recurva</i> Kofoid & Skogsberg 1928			x			<i>Podolampas palmipes</i> Stein 1883			x	x	x
<i>Dinophysis schroederi</i> Pavillard 1909		x	x			<i>Podolampas spinifer</i> Okamura 1912			x		x
<i>Dinophysis schuettii</i> Murray & Whitting 1899	x			x	x	<i>Prorocentrum acuta</i> (Lohmann) Schiller 1933	x				
<i>Dinophysis similis</i> Kofoid & Skogsberg 1928		x				<i>Prorocentrum balticum</i> (Lohmann) Loeblich 1970					x
<i>Dinophysis</i> spp.				x		<i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) Abé ex Dodge 1975	x	x	x	x	x
<i>Dinophysis tripos</i> Gouret 1883			x	x		<i>Prorocentrum gracile</i> Schütt 1895	x	x	x	x	x
<i>Diplosalis lenticula</i> Bergh 1881	x	x	x	x	x	<i>Prorocentrum lima</i> (Ehrenberg) Stein 1878	x	x	x	x	x
<i>Goniodoma polyedricum</i> (Pouchet) Jörgensen 1899	x	x	x	x	x	<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg 1833			x	x	
<i>Gonyaulax</i> cf. <i>rotundata</i> Rampi 1951				x		<i>Prorocentrum rathymum</i> Loeblich, Sherley & Schmidt 1979					x
<i>Gonyaulax</i> cf. <i>sphaeroidea</i> Kofoid 1911	x	x	x	x	x	<i>Prorocentrum</i> sp.	x	x	x	x	x
<i>Gonyaulax diegensis</i> Kofoid 1911					x	<i>Prorocentrum triestinum</i> Schiller 1918				x	
<i>Gonyaulax monospina</i> Rampi 1951	x					<i>Protoceratium</i> cf. <i>areolatum</i> Kofoid 1907				x	x
<i>Gonyaulax polygramma</i> Stein 1883		x	x	x	x	<i>Protoceratium reticulatum</i> (Claparède & Lachmann) Bütschli 1885				x	x
<i>Gonyaulax scrippsae</i> Kofoid 1911	x					<i>Protoperidinium breve</i> Paulsen 1907				x	x
<i>Gonyaulax spinifera</i> (Claparède & Lachmann) Diesing 1866		x	x	x	x	<i>Protoperidinium brochii</i> (Kofoid & Swezy) Balech 1974				x	x
<i>Gymnodiniaceae</i> > 20 µm n.i.	x	x	x	x	x	<i>Protoperidinium cerasus</i> (Paulsen) Balech 1973					x
<i>Gymnodinium</i> spp.	x	x	x	x	x	<i>Protoperidinium crassipes</i> (Kofoid) Balech 1974	x	x	x	x	x
<i>Gyrodinium aciculatum</i> Hansen & Larsen 1992	x	x	x	x	x	<i>Protoperidinium depressum</i> Bailey 1854	x	x	x	x	x
<i>Gyrodinium</i> spp.	x					<i>Protoperidinium diabolium</i> (Cleve) Balech 1974	x	x	x		
<i>Heterocapsa niei</i> (Loeblich III) Morrill & Loeblich III 1981				x		<i>Protoperidinium divergens</i> (Ehrenberg) Balech 1974	x	x	x	x	x
<i>Histioneis depressa</i> Schiller 1928	x					<i>Protoperidinium globulus</i> (Stein) Balech 1974	x	x	x	x	x
<i>Histioneis longicollis</i> Kofoid 1907	x	x				<i>Protoperidinium leonis</i> (Pavillard) Balech 1974					x
<i>Karenia papilionacea</i> Haywood & Steidinger 2004		x			x	<i>Protoperidinium mediterraneum</i> (Kofoid) Balech 1974				x	x
<i>Karenia mikimotoi</i> (Miyake & Kominami ex Oda) Gert Hansen & Moestrup	x	x	x	x	x	<i>Protoperidinium oceanicum</i> (VanHöffen) Balech 1974	x	x	x	x	x
<i>Lessardia elongata</i> Saldarriaga & Taylor 2003					x	<i>Protoperidinium ovatum</i> Pouchet 1883	x				
<i>Lingulodinium polyedrum</i> (Stein) Dodge 1989	x	x	x	x	x	<i>Protoperidinium ovum</i> (Schiller) Balech 1974				x	x
<i>Mesoporos perforatus</i> (Gran) Lillick 1937	x	x				<i>Protoperidinium pallidum</i> (Ostenfeld) Balech 1973			x	x	x
<i>Neoceratium candelabrum</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010		x	x			<i>Protoperidinium pellucidum</i> Bergh ex Loeblich Jr. & Loeblich III 1881			x	x	x
<i>Neoceratium carriense</i> (Gouret) Gómez, Moreira & López-García 2011			x	x	x	<i>Protoperidinium pentagonum</i> (Gran) Balech 1974					x
<i>Neoceratium concilians</i> (Jörgensen) Gómez, Moreira & López-García 2010		x				<i>Protoperidinium pyriforme</i> (Paulsen) Balech 1974				x	x
<i>Neoceratium declinatum</i> (Karsten) Gómez, Moreira & López-García 2010		x	x	x	x	<i>Protoperidinium quamerense</i> (Schröder) Balech 1974			x		
<i>Neoceratium eucaratum</i> (Jörgensen) Gómez, Moreira & López-García 2010	x					<i>Protoperidinium steinii</i> (Jörgensen) Balech 1974	x	x	x	x	x
<i>Neoceratium falcatiforme</i> (Jörgensen) Gómez, Moreira & López-García 2010		x				<i>Protoperidinium subinermis</i> (Paulsen) Loeblich III 1969					x
<i>Neoceratium falcatum</i> (Kofoid) Gómez, Moreira & López-García 2010			x			<i>Protoperidinium tuba</i> (Schiller) Balech 1974	x	x	x	x	x
<i>Neoceratium furca</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x	x	x	x	<i>Protoperidinium conicum</i> (Gran) Balech 1974			x	x	x
<i>Neoceratium fusus</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x	x	x	x	<i>Ptychodiscus noctiluca</i> Stein, 1883					x
<i>Neoceratium hexacantum</i> (Gouret) Gómez, Moreira & López-García 2010		x	x	x	x	<i>Pyrocystis</i> cf. <i>obtusa</i> Pavillard 1931				x	
<i>Neoceratium karstenii</i> (Pavillard) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x	x	x	x	<i>Pyrocystis lunula</i> (Schütt) Schütt 1896	x	x	x		
<i>Neoceratium longirostrum</i> (Gouret) Gómez, Moreira & López-García 2010	x					<i>Pyrophacus horologicum</i> Stein 1883	x	x	x	x	x
<i>Neoceratium macroceros</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010		x	x	x	x	<i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Balech ex Loeblich III 1965	x	x	x	x	x
PRYMNESIOPHYCEAE COCCOLITOFORI											
<i>Calcidiscus leptoporus</i> (Murray & Blackman) Loeblich & Tappan 1978	x	x	x	x	x	<i>Pontosphaera syracusana</i> Lohmann 1902					x
<i>Calcosolenia brasiliensis</i> (Lohmann) Young 2003	x	x	x	x	x	<i>Rhabdosphaera clavigera</i> Murray & Blackman 1898				x	
<i>Calyptrosphaera oblonga</i> Lohmann 1902	x	x	x	x		<i>Rhabdosphaera stylifera</i> Lohmann	x	x	x		
<i>Coronosphaera mediterranea</i> (Lohmann) Gaarder 1977	x	x	x			<i>Scyphosphaera apsteinii</i> Lohmann 1902	x				
<i>Daktylethra pirus</i> (Kampfner) R.E.Norris 1985			x	x		<i>Syracosphaera pulchra</i> Lohmann 1902	x	x	x	x	x
<i>Helicosphaera carterii</i> (Wallich) Kampfner 1954	x	x	x	x	x	<i>Umblicosphaera sibogae</i> (Weber-van Bosse) Gaarder 1970	x	x			
CHRISOPHYCEAE/DICTYOCOPHYCEAE											
<i>Dictyocha epidodon</i> subsp. <i>subaculeata</i> (D.Bukry) T.V.Desikachary & P.Prema 1996	x	x				<i>Dictyocha speculum</i> Ehrenberg 1839				x	
<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg 1839	x	x	x	x	x	<i>Octactis octonaria</i> (Ehrenberg) Hovasse 1946			x		
ALTRO											
<i>Hermesinum adriaticum</i> Zacharias 1906			x								

5.1.3.2 Zooplancton

Oloplancton

Come già osservato in precedenza, anche i dati della campagna primaverile (P18), confermano la netta dominanza della componente a crostacei Copepodi all'interno del comparto oloplanctonico, lungo tutta la colonna d'acqua investigata (0-100 m).

L'analisi dei dati quali-quantitativi (ind. per m⁻³) evidenzia come la frazione a Copepodi sia maggiormente concentrata nella porzione della colonna compresa tra la superficie e i 50 m di profondità.

Nei campioni prelevati tra i 50 m di profondità e la superficie sono stati osservati i maggiori valori di abbondanza maggiori, in media 1019,79 ind/m³ (max: 1319,25 ind/m³ MG7; min: 495,21 ind/m³ MG6). Nelle pescate verticali profonde, ossia tra il fondo e i 50m le abbondanze medie sono inferiori pari a 542,52 ind/m³ (max: 648,58 ind/m³ MG13; min: 426,32 ind/m³ MG6) e scendono ulteriormente in quelle orizzontali superficiali (media 353,63 ind/m³; max: 617,46 ind/m³ MG12; min: 232,15 ind/m³ MG10). La distribuzione verticale della componente analizzata è in linea con quanto emerso durante la stagione primaverile del 2016 e del 2014.

Nel complesso i dati rivelano un'alta variabilità nella presenza di stadi giovanili di *Pelagia noctiluca* (Scyphozoa), dominanti nelle stagioni P15 e P17, praticamente assenti nelle stagioni P14, P16 e P18. Si osserva inoltre la presenza di importanti quantità di efire nei primi 50 m, fatto che condiziona la distribuzione dei Copepodi lungo la colonna; negli anni caratterizzati dal bloom di *P. noctiluca* i Copepodi si concentrano nella porzione della colonna prossima al fondale, mentre prediligono lo strato più superficiale in loro assenza. È probabile che i Copepodi subiscano una notevole pressione predatoria anche da parte degli stadi immaturi di *P. noctiluca*.

I taxa di Copepodi identificati sono 88 (Tabella 15) in rappresentanza di 27 famiglie. Sono stati campionati alcuni esemplari adulti appartenenti alla famiglia Monstrilliidae nei campioni verticali 0 – 50 m.

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). I Clausocalanidi esibiscono i minori valori di abbondanza nella parte superficiale della colonna d'acqua (153,18 ind./m³); aumentano nello strato 0 – 50 m (300,24 ind./m³) e conservano valori paragonabili (267,49 ind./m³) nella parte più profonda.

Le specie dominanti sono: *Clausocalanus pergens* (superficiale: 38,77 ind./m³; 0 – 50 m: 84,22 ind./m³; 72,53 ind./m³) e *Ctenocalanus vanus* (superficiale: 9,98 ind./m³; 0 – 50 m: 78,77 ind./m³; 56,93 ind./m³), unica specie del genere *Ctenocalanus*, campionata per la prima volta nell'area di studio durante la stagione P16. Secondo i dati di letteratura, questa specie raggiunge il picco di abbondanza nel Mediterraneo occidentale nei mesi primaverili con temperature dell'acqua non superiori ai 21 °C (19 °C durante il survey primaverile). La famiglia Paracalanidae, rappresentata da 12 taxa (2 generi) è la seconda per abbondanza (superficiale: 36,39 ind./m³; 0 – 50 m: 189,25 ind./m³; 55,11 ind./m³).

Sempre in accordo con i cicli riproduttivi stagionali caratteristici dell'area investigata, la famiglia Centropagidae, rappresentata da due specie di *Centropages* e da una specie di *Isias* è la terza per abbondanza.

Centropages typicus è la specie dominante in primavera e costituisce il 17,52 % (61,97 ind./m³) della copepodofauna rilevata nei campionamenti orizzontali, il 12,52 % (127,64 ind./m³) in quelli verticali superficiali, e il 4,84 % (26,25 ind./m³) in quelli verticali profondi.

La componente iponeustonica, è rappresentata esclusivamente da 3 taxa, sempre con abbondanze molto contenute. Regolarmente poco rappresentate le comuni specie neritiche *Nannocalanus minor* (superficiale: 1,41 ind./m³; 0 – 50 m: 2,34 ind./m³; 2,33 ind./m³ - tipicamente con picco di abbondanza estivo) e *Temora stylifera* (superficiale: 6,07 ind./m³; 0 – 50 m: 36,39 ind./m³; 2,08 ind./m³) – picco in autunno.

Tra le specie rare appartenenti ai copepodi Calanoida, deve essere menzionata la cospicua presenza di esemplari appartenenti alla famiglia Eucalanidae (*Eucalanus elongatus*, *Pareucalanus attenuatus*, *Rhincalanus nasutus*, *Subeucalanus crassus* e *S. monachus*).

La famiglia Oithonidae (superficiale: 2,99 ind./m³; 0 – 50 m: 214,98 ind./m³; 90,46 ind./m³), così come emerso nelle precedenti campagne primaverili, predilige acque profonde ed è dominata da *O. similis* e *O. longispina*.

Corycaeidae (superficiale: 32,68 ind./m³; 0 – 50 m: 41,85 ind./m³; 21,31 ind./m³) e Oncaeidae (superficiale: 25,33 ind./m³; 0 – 50 m: 31,45 ind./m³; 30,15 ind./m³) sono equamente presenti lungo tutta la colonna indagata. L'unico rappresentante dei Sapphirinidae (*Sapphirina iris*) è stato campionato sporadicamente.

I copepodi Harpacticoida sono rappresentati dalle famiglie Clytemnestridae (1 taxa), Ectinosomatidae (2 taxa), Miracidae (2 taxa), Euterpinidae (1 taxa) e Peltidiidae (1 taxa), e presentano abbondanze contenute. Si conferma la presenza primaverile di alcuni esemplari appartenenti alla famiglia Lubbockiidae, anche se esclusivamente con individui isolati.

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*. Dati relativi alla primavera 2018.

	O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50
Famiglia Acartiidae				<i>Hetererhabdus papilliger</i>	**	*		Famiglia Oithonidae			
<i>Acartia longiremis</i>	*			Famiglia Lucicutiidae				<i>Oithona decipiens</i>	*	*	*
<i>Acartia negligens</i>	*	*		<i>Lucicutia flavicomis</i>	*	*	*	<i>Oithona longispina</i>	*	*	*
<i>Acartia sp</i>	*	*	*	Famiglia Mecynoceridae				<i>Oithona nana</i>		*	*
Famiglia Augaptilidae				<i>Mecynocera clausi</i>	*	*	*	<i>Oithona plumifera</i>		*	*
<i>Haloptilus longicomis</i>	*	*	*	Famiglia Metridinidae				<i>Oithona setigera</i>		*	*
<i>Haloptilus spiniceps</i>			*	<i>Pleuromamma gracilis</i>	*	*	*	<i>Oithona similis</i>	*	*	*
Famiglia Calanidae				Famiglia Paracalanidae				<i>Oithona tenuis</i>	*	*	*
<i>Calanus helgolandicus</i>	*	*	*	<i>Calocalanus contractus</i>	*	*	*	<i>Oithona spp</i>	*	*	*
<i>Mesocalanus tenuicomis</i>	*		*	<i>Calocalanus neptunus</i>		*	*	Famiglia Oncaeidae			
<i>Nannocalanus minor</i>	*	*	*	<i>Calocalanus ovalis</i>	*	*	*	<i>Oncaea curta</i>	*	*	*

Tabella 15 – Oloplancton. O.le=orizzontale, 50-0=campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100-50=campionamento verticale da 100 a 50 metri. * presente in almeno un sub-campione, ** presente solo nell'osservazione *in toto*. Dati relativi alla primavera 2018.

<i>Neocalanus gracilis</i>	*	*	*	<i>Calocalanus pavo</i>	*	<i>Oncaea media</i>	*	*	*
Famiglia Candaciidae			*	<i>Calocalanus pavoninus</i>	*	<i>Oncaea mediterranea</i>	*	*	*
<i>Candacia ethiopica</i>	*			<i>Calocalanus plumulosus</i>	*	<i>Oncaea scottodicarloi</i>	*	*	*
<i>Candacia giesbrechti</i>	*	*	*	<i>Calocalanus styliremis</i>	*	<i>Oncaea venusta</i>	*	*	
<i>Candacia simplex</i>	*	*	*	<i>Calocalanus spp</i>	*	<i>Oncaea spp</i>	*	*	*
<i>Candacia juv</i>	*	*		<i>Paracalanus denudatus</i>	*	<i>Triconia conifera</i>			*
Famiglia Centropagidae				<i>Paracalanus nanus</i>	*	Famiglia Sapphirinidae			
<i>Centropages kroyeri</i>	*	*	*	<i>Paracalanus parvus</i>	*	<i>Sapphirina iris</i>	*	*	
<i>Centropages typicus</i>	*	*	*	<i>Paracalanus spp</i>	*	Famiglia Clytemnestridae			
<i>Isias clavipes</i>	*	*		Famiglia Pontellidae		<i>Clytemnestra scutellata</i>	*	*	*
Famiglia Clausocalanidae				<i>Pontella mediterranea</i>	*	Famiglia Ectinosomatidae			
<i>Clausocalanus arcuicornis</i>	*	*	*	<i>Pontella juv</i>	*	<i>Microsetella norvegica</i>	*	*	
<i>Clausocalanus furcatus</i>	*	*	*	<i>Pontellina plumata</i>	*	<i>Microsetella rosea</i>		*	*
<i>Clausocalanus jobei</i>	*	*	*	Famiglia Scolecitrichidae		Famiglia Euterpinidae			
<i>Clausocalanus lividus</i>	*	*	*	<i>Scolecitrichella dentata</i>		<i>Euterpina acutifrons</i>	*	*	*
<i>Clausocalanus mastigophorus</i>	*	*	*	<i>Scolecitrix bradyi</i>		Famiglia Miraciidae			
<i>Clausocalanus parapergens</i>	*	*	*	Famiglia Temoridae		<i>Distiocolus minor</i>	*	*	
<i>Clausocalanus paululus</i>	*	*	*	<i>Temora stylifera</i>	*	<i>Macrosetella gracilis</i>	*	*	
<i>Clausocalanus pergens</i>	*	*	*	Famiglia Corycaeidae		Famiglia Peltidiidae			
<i>Clausocalanus spp</i>	*	*	*	<i>Corycaeus brehmi</i>	*	<i>Goniopsyllus rostratus</i>	*	*	*
<i>Ctenocalanus vanus</i>	*	*	*	<i>Corycaeus clausi</i>	*	Famiglia Monstrillidae		*	
Famiglia Eucalanidae				<i>Corycaeus flaccus</i>	*				
<i>Eucalanus elongatus</i>	*	*	*	<i>Corycaeus furcifer</i>					
<i>Pareucalanus attenuatus</i>		*	*	<i>Corycaeus giesbrechti</i>	*				
<i>Rhincalanus nasutus</i>	*	*	*	<i>Corycaeus limbatus</i>					
<i>Subeucalanus crassus</i>	*	*	*	<i>Corycaeus ovalis</i>	*				
<i>Subeucalanus monachus</i>	*	*	*	<i>Corycaeus typicus</i>	*				
Famiglia Euchaetidae				<i>Corycaeus spp</i>	*				
<i>Euchaeta marina</i>	*	*	*	<i>Farranula rostrata</i>	*				
<i>Euchaeta sp</i>		*	*	Famiglia Lubbockidae					
Famiglia Heterorhabdidae				<i>Lubbockia squillimana</i>	*				*

Nella tabella seguente (**Tabella 16**) sono indicati i volumi di sedimentazione (dopo 24 h), espressi in ml, della componente oloplanctonica. I valori sono in linea con quanto riscontrato nella campagna primaverile del 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)	P18 MG6	P18 MG7	P18 MG10	P18 MG12	P18 MG13
OR	27	53	38	65	60
50-0	7	17	8	9	10
100-50	5	15	9,5	10	3,5

Meroplancton

Nella campagna primaverile P18, (**Tabella 17**), sono stati determinati complessivamente 47 *taxa* meroplanctonici appartenenti a 4 *phyla* di invertebrati marini (Mollusca, Annelida, Arthropoda, Echinodermata).

Nel campione primaverile del 2018 (P18) dominano le fasi larvali di molluschi gasteropodi (con protoconca già sviluppata). Elevato numero di esemplari (max in P18 MG 7 con 338,91 ind/m³) è stato registrato soprattutto nel campione profondo (50-100 m).

Questo fenomeno è da considerarsi assolutamente fisiologico e compatibile col periodo di riproduzione di numerose specie di molluschi gasteropodi che nella tarda primavera e inizio estate hanno boom riproduttivo.

Il maggior numero di *taxa* (37) appartiene ai crostacei che rappresentano il 78,7% del totale; seguono echinodermi e anellidi policheti con 3 *taxa* ciascuno (6,3%). Il dato, ancora una volta, conferma largamente quanto evidenziato in tutte le campagne fino ad oggi condotte, confermando i crostacei decapodi come il gruppo tassonomico qualitativamente più diversificato nel meroplancton marino di quest'area. Come per le precedenti campagne anche in P18 la componente larvale dei crostacei decapodi tende a concentrarsi nelle fasce più superficiali della colonna d'acqua. Il contingente maggiore in termini di numero di *taxa* (75,6%) è stato raccolto durante i retinaggi orizzontali, mentre solo il 45,9% dei *taxa* è presente anche nel campione profondo. 11 *taxa* sono presenti in tutte e tre le porzioni della colonna investigate, mentre la specie *Eusergestes arcticus* è stata raccolta solo in profondità (50-100 m).

Non sono presenti nuove segnalazioni, sebbene da sottolineare la presenza del raro palicide *Palicus caronii* già rinvenuto nel 2017.

Il brachiuro *Pirimela denticulata* e i portunoidei *Liocarcinus vernalis* e *Liocarcinus maculatus* dominano nelle acque superficiali.

In particolare *Pirimela denticulata* ha mostrato picchi di abbondanza in P18 MG12 e P18 MG13 nelle pescate orizzontali (rispettivamente 3,24 ind/m³ e 3,45 ind/m³).

Nella fascia intermedia compresa tra – 50 m e la superficie sono quantitativamente dominanti ancora *Pirimela denticulata* (max: MG13 con 5,38 ind/m³) che quindi si conferma come la specie più diffusa nell'area interessata dall'impianto di rigassificazione e *Processa edulis edulis* (max: MG12 con 5,1 ind/m³) anch'essa specie largamente presente in tutte le campagne condotte nell'area oggetto di studio.

Nella porzione profonda la struttura del campione rappresentato dalle fasi larvali dei crostacei si modifica rispetto alle fasce superiori, per la presenza della componente ad anomuri rappresentata dalle specie *Anapagurus laevis*, *Anapagurus chiroacanthus* e *Cestopagurus timidus*. Anche in questo caso si tratta di un dato largamente consolidato. Le forme larvali degli anomuri tendono infatti a concentrarsi a profondità maggiori. Valori massimi di abbondanza sono stati registrati nelle stazioni P18 MG12 e P18 MG13 (*A. laevis*: 1,62 ind/m³ in MG12 e 1,3 ind/m³ in MG13, *C. timidus*: 0,97 ind/m³ in MG12 e 1,19 ind/m³ in MG13, *A. chiroacanthus*: 0,54 ind/m³ in MG13).

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

Nel complesso anche per quanto concerne il contingente meroplanctonico della campagna P18 non si registrano differenze nella composizione della comunità attribuibili all'esercizio del rigassificatore.

Tabella 17 – Meroplancton. O.le = orizzontale, 50-0 = campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100-50 = campionamento verticale da 100 a 50 metri. * presente in almeno un sub-campione, ** presente solo nell'osservazione *in toto*. La lista include specie determinate a fresco. Dati relativi alla primavera 2018.

	O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50
MOLLUSCA				<i>Ebalia tuberosa</i>	*	*	*	<i>Philocheras bispinosus</i>	O.le	*	*
Gastropoda larvae ind	*	*	*	<i>Ebalia tumefacta</i>	*	*		<i>Pirimela denticulata</i>	*	*	*
Bivalvia larvae ind	*	*	*	<i>Eualus</i> sp		*		<i>Plesionika</i> sp	*	*	*
POLYCHAETA				<i>Eusergestes arcticus</i>			*	<i>Pilumnus hirtellus</i>	*		
Polychaeta larvae ind	*	*	*	<i>Galathea dispersa</i>	*	*		<i>Porcellana platycheles</i>		*	
Spionidae ind		*	*	<i>Galathea squamifera</i>	*	*	*	Portunidae ind	*		
Syllidae ind		*	*	<i>Galathea intermedia</i>	*	*		<i>Processa edulis edulis</i>	*	*	*
Trocofora ind	*	*	*	<i>Jaxea nocturna</i>	*	*	*	<i>Stenopus spinosus</i>	*		
CRUSTACEA				<i>Liocarcinus</i> sp	*	*	*	<i>Upogebia</i> sp	*	*	
Decapoda				<i>Lysmata seticaudata</i>	*			<i>Xantho granulicarpus</i>	*	*	*
<i>Alpheus glaber</i>	*	*		<i>Lucifer typus</i>	*	*		<i>Xantho poressa</i>	*		
<i>Athanas nitescens</i>	*	*	*	<i>Maja squinado</i>	*	*		Stomatopoda			
<i>Anapagurus chiroacanthus</i>		*	*	<i>Pachygrapsus marmoratus</i>	*	*		<i>Squilla mantis</i>	*	*	
<i>Anapagurus laevis</i>	*	*	*	<i>Palaemon serratus</i>	*	*		ECHINODERMATA			
<i>Callianassa subterranea</i>		*		<i>Palicus caronii</i>	*		*	<i>Brissopsis lyrifera</i>	*		
<i>Callianassa truncata</i>		*		<i>Palinurus elephas</i>	*			<i>Echinocardium</i> sp			
<i>Cestopagurus timidus</i>		*	*	<i>Parasergestes vigilax</i>	*			<i>Ophiotrix fragilis</i>	*	*	
<i>Ebalia cranchii</i>	*	*	*	Pandalidae ind	*	*					

Ittioplancton

Il campione costituito dalle fasi larvali dell'ittiofauna ha raccolto nella stagione P18 17 taxa (in linea con la campagna primaverile P17 e P16), confermando la presenza del Blennidae *Lipophrys canevae* (bavosa guance gialle) rinvenuto per la prima volta nella primavera passata (**Tabella 18**). L'82,3% dei taxa è stato raccolto con i retinaggi orizzontali.

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
BELONIDAE				GONOSTOMATIDAE				SPHYRAENIDAE			
<i>Belone belone</i>	*			<i>Cyclothone braueri</i>	*	*	*	<i>Sphyaena sphyraena</i>	*		
BLENNIDAE				MULLIDAE				STERNOPHYCHIDAE			
<i>Lypophrys canevae</i>	*	*		<i>Mullus barbatus</i>	*			<i>Maurolicus muelleri</i>			*
BOTHIDAE				MYCTOPHIDAE				TRIGLIDAE			
<i>Arnoglossus laterna</i>	*			<i>Myctophum punctatum</i>			*	<i>Lepidotrigla cavillone</i>	*		
CALLYONIMIDAE				SERRANIDAE				Larvae ind	*	*	*
<i>Callyonimus maculatus</i>		*	*	<i>Serranus scriba</i>	*	*		Uova <i>E. encrasicolus</i>	*	*	*
CARANGIDAE				SPARIDAE				Uova <i>M. muelleri</i>	*		
<i>Trachurus trachurus</i>	*			<i>Diplodus</i> sp	*	*		Uova ind	*	*	*
ENGRAULIDAE				<i>Pagrus pagrus</i>	*	*					
<i>Engraulis encrasicolus</i>	*	*	*	Sparidae ind	*	*					
GOBIIDAE											
Gobiidae ind	*	*									

Lo sternophychide *Maurolicus muelleri* e il myctophide *Myctophum punctatum* sono presenti in fase larvale solo nel campione profondo. I campioni raccolti attraverso i retinaggi orizzontali hanno tutti una caratteristica comune: la presenza massiccia di uova di *Engraulis encrasicolus* (acciuga) a confermare che il periodo primaverile è l'inizio dell'intensa fase riproduttiva di questa specie dal noto valore

commerciale. I valori più elevati di uova sono stati osservati nella stazione P18 MG7 (31,7 uova/m³), quelli di larva nella stazione P18 MG6 (3,1 ind/m³) ossia presso il Terminale.

In questa stessa stazione, a maggiore profondità si rilevano elevate abbondanze di *E. encrasicolus* a maggiore livello di sviluppo.

Come in ogni campagna anche nella P18 si segnala la presenza di fasi larvali appartenenti a pesci abissali. Diffuse sono infatti le larve di *Myctophum punctatum*, *Maurolicus muelleri* e *Cyclothone braueri*.

Nel complesso per quanto riguarda il contingente larvale ittioplanctonico della campagna P18 non si registrano significative differenze nella composizione della comunità attribuibili all'esercizio del rigassificatore.

5.2 BIOTA

5.2.1 Macrozoobenthos

Lo studio ha portato alla raccolta e determinazione di 6910 individui appartenenti a 175 specie (Tabella 19) comprendenti anellidi (policheti), molluschi, artropodi (crostacei), sipunculidi, echinodermi, nemertini, nematodi e cnidari.

Tabella 19 - Lista delle specie macrobentoniche rinvenute nella primavera 2018 (P18).

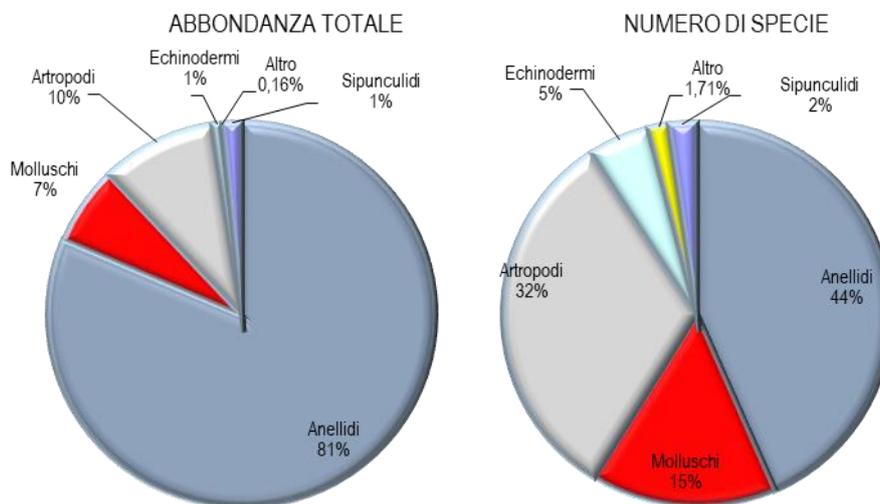
Annelidi		
<i>Abyssoninoe hibernica</i> (McIntosh, 1903)	<i>Glycinde nordmanni</i> (Malmgren, 1866)	<i>Ophelina acuminata</i> Örsted, 1843
<i>Acmira assimilis</i> (Tebble, 1959)	<i>Goniada maculata</i> Oersted, 1844	<i>Panthalis oerstedii</i> Kinberg, 1855
<i>Ampharete acutifrons</i> (Grube, 1860)	<i>Harmothoe</i> sp	<i>Paradiopatra calliopae</i> Arvanitidis & Koukouras, 1997
<i>Amphicteis midas</i> (Gosse, 1855)	<i>Heteromastus filiformis</i> (Claparède, 1864)	<i>Paralacydonia paradoxa</i> Fauvel, 1913
<i>Ancistrosyllis groenlandica</i> Mc Intosh, 1879	<i>Hyalinoecia tubicola</i> (O. F. Müller, 1776)	<i>Paraprionospio pinnata</i> (Ehlers, 1901)
<i>Aphelochaeta marioni</i> (Saint-Joseph, 1894)	<i>Kefersteinia cirrata</i> (Keferstein, 1862)	<i>Pectinaria koreni</i> (Malmgren, 1866)
<i>Aponuphis</i> sp	<i>Laonice cirrata</i> (M. Sars, 1851)	<i>Phyllodoce mucosa</i> Örsted, 1843
<i>Aricidea claudiae</i> (Laubier, 1967)	<i>Levinsenia demiri</i> Çinar, Dagli & Acik, 2011	<i>Phyllodoce</i> sp Lamarck, 1818
<i>Chaetopterus</i> sp	<i>Levinsenia gracilis</i> (Tauber, 1879)	<i>Pista cristata</i> (O. F. Müller, 1776)
<i>Chaetozone caputesocis</i> (Saint-Joseph, 1894)	<i>Lumbrineris latreilli</i> Audouin & Milne-Edwards, 1834	<i>Poecilochaetus fauchaldi</i> Pilato & Cantone, 1976
<i>Chaetozone</i> sp	<i>Lumbrineris</i> sp	<i>Polycirrus</i> sp Grube, 1850
<i>Chirimia biceps</i> (M. Sars, 1861)	<i>Lysidice unicornis</i> (Grube, 1840)	<i>Polygordius</i> sp
<i>Chloeia venusta</i> Quatrefages, 1865	<i>Maldane glebiflex</i> Grube, 1860	<i>Praxillella gracilis</i> (M. Sars, 1861)
<i>Chone</i> sp	<i>Malmgreniella lunulata</i> (Delle Chiaje, 1841)	<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>Scalibregma inflatum</i> Rathke, 1843
<i>Drilonereis filum</i> (Claparède, 1868)	<i>Minuspio cirrifera</i> Wiren, 1883	<i>Scolecopsis foliosa</i> (Audouin & Milne-Edwards, 1833)
<i>Eteone</i> sp	<i>Monticellina dorsobranchialis</i> (Kirkegaard, 1959)	<i>Scoletoma fragilis</i> (O.F. Müller, 1776)
<i>Euchone</i> sp	<i>Myriochele oculata</i> Zachs, 1923	<i>Sigambra tentaculata</i> (Treadwell, 1941)
<i>Euclymene lumbricoides</i> (Quatrefages, 1865)	<i>Neanthes</i> sp Kinberg, 1865	<i>Spiochaetopterus costarum</i> (Claparède, 1868)
<i>Euclymene oerstedii</i> (Claparède, 1863)	<i>Nephtys hombergii</i> Savigny, 1818	<i>Spiophanes kroyeri</i> Grube, 1860
<i>Eunice vittata</i> (Delle Chiaje, 1828)	<i>Nephtys hystricis</i> Mc Intosh, 1900	<i>Stemaspis scutata</i> (Renier, 1807)
<i>Exogone verugera</i> (Claparède, 1868)	<i>Notomastus filiformis</i> Verill, 1873	<i>Syllis alternata</i> Moore, 1908
<i>Gallardoneris iberica</i> Martins, Carrera-Parra, Quintino & Rodrigues, 2012	<i>Notomastus latericeus profundus</i> Eisig, 1887	<i>Terebellides stroemi</i> M. Sars, 1835
<i>Glycera alba</i> Verrill, 1900		
Artropodi		
<i>Akanthophoreus gracilis</i> (Krøyer, 1842)	<i>Gnathia oxyuraea</i> (Lilljeborg, 1855)	<i>Orchomene massiliensis</i> Ledoyer, 1977
<i>Alpheus glaber</i> (Olivì, 1792)	<i>Goneplax rhomboides</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Orchomenella nana</i> (Kroyer, 1846)
<i>Ampelisca</i> sp	<i>Haploops nirae</i> Kaim Malka, 1976	<i>Othomaera schmidti</i> (Stephensen, 1915)
<i>Ampelisca typica</i> (Bate, 1856)	<i>Harpinia crenulata</i> (Boeck, 1871)	<i>Paranymphon spinosum</i> Caullery, 1896
<i>Anapagurus</i> sp	<i>Harpinia dellavallei</i> Chevreux, 1910	<i>Paraphoxus oculatus</i> (G.O. Sars, 1879)
<i>Anthura gracilis</i> (Montagu, 1808)	<i>Hippomedon bidentatus</i> Chevreux, 1903	<i>Pardaliscella boeckii</i> (Malm, 1870)
<i>Araphura brevimanus</i> (Lilljeborg, 1864)	<i>Hippomedon massiliensis</i> bellan-Santini, 1965	<i>Pericolodes l. longimanus</i> (Bate & Westwood, 1868)
<i>Bathyporeia guilliamsoniana</i> (Bate, 1857)	<i>Ichnopus spinicornis</i> Boeck, 1861	<i>Photis longicaudata</i> (Bate & Westwood, 1862)
<i>Caeconyx caeculus</i> (G.O. Sars, 1891)	<i>Inachus</i> sp	<i>Phthisica marina</i> Slabber, 1769
<i>Campylaspis macrophthalma</i> Sars, 1879	<i>Leptocheirus mariae</i> G. Karaman, 1973	<i>Processa canaliculata</i> Leach, 1815
<i>Carangoliopsis spinulosa</i> Ledoyer, 1970	<i>Leucon</i> sp 2	<i>Processa</i> sp
<i>Chlorotocus crassicornis</i> (A. Costa, 1871)	<i>Leucothoe oboa</i> G. Karaman, 1971	<i>Pseudoprotella phasma</i> (Montagu, 1804)
<i>Cirolana borealis</i> Lilljeborg, 1852	<i>Leucothoe procera</i> Spence Bate, 1857	<i>Pseudotanais</i> sp
<i>Collettea cylindrata</i> (Sars, 1882)	<i>Liljeborgia dellavallei</i> Stebbing, 1906	<i>Solenocera membranacea</i> (Risso, 1816)
<i>Eriopisa elongata</i> (Bruzelius, 1859)	<i>Liocarcinus pusillus</i> (Leach, 1816)	<i>Stenothoe</i> sp Dana, 1852
<i>Eudorella nana</i> Sars, 1879	<i>Lophogaster typicus</i> M. Sars, 1857	<i>Tuberapseudes echinatus</i> (G.O. Sars, 1882)
<i>Eurydice spinigera</i> Hansen, 1890	<i>Maera grossimana</i> (Montagu, 1808)	<i>Upogebia deltaura</i> (Leach, 1815)
<i>Gammaropsis maculata</i> (Johnston, 1827)	<i>Medicorophium rotundirostre</i> (Stephensen, 1915)	<i>Urothoe</i> sp Dana, 1852

Tabella 19 - Lista delle specie macrobentoniche rinvenute nella primavera 2018 (P18).

<i>Gastrosaccus sanctus</i> (Van. Beneden, 1861)	<i>Metaphoxus simplex</i> Bate, 1857	
Echinodermi		
<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 elongata</i> (Düben Koren, 1844)
<i>Astropecten irregularis pentacanthus</i> (Delle Chiaje, 1825)	<i>Ophiacantha setosa</i> (Bruzelius, 1805)	<i>Trachythone tergestina</i> (Sars, 1857)
Molluschi		
<i>Abra prismatica</i> (Montagu, 1808)	<i>Eulima glabra</i> (Da Costa, 1778)	<i>Nucula sulcata</i> (Bronn, 1831)
<i>Antalis inaequicostata</i> (Dautzenberg, 1891)	<i>Falcdens gutturosus</i> (Kowalevsky, 1901)	<i>Parvicardium minimum</i> (Philippi, 1836)
<i>Bathyarca pectunculoides</i> (Scacchi, 1834)	<i>Hiatella rugosa</i> (Linnaeus, 1767)	<i>Philine aperta</i> (Linnaeus, 1767)
<i>Calliostoma granulatum</i> (Bom, 1778)	<i>Hyalia vitrea</i> (Montagu, 1803)	<i>Pitar rudis</i> (Poli, 1795)
<i>Cardiomya costellata</i> (Deshayes, 1835)	<i>Kelliella abyssicola</i> (Forbes, 1844)	<i>Thyasira allenii</i> Carozza, 1981
<i>Cuspidaria cuspidata</i> (Olivi 1792)	<i>Mendicula ferruginosa</i> (Forbes, 1844)	<i>Thyasira biplicata</i> (Philippi, 1836)
<i>Cuspidaria rostrata</i> (Olivi, 1792)	<i>Modiolula phaseolina</i> (Philippi, 1844)	<i>Thyasira granulosa</i> (Monterosato, 1874)
<i>Cyllichna cylindracea</i> (Pennant, 1777)	<i>Myrtea spinifera</i> Conraine, 1835	<i>Timoclea ovata</i> (Pennant, 1777)
<i>Ennucula aegeensis</i> (Forbes, 1844)	<i>Neopycnodonte cochlear</i> (Poli, 1795)	<i>Turritella communis</i> Risso, 1826
Sipunculida		
<i>Golfingia elongata</i> (Keferstein, 1863)	<i>Onchnesoma s. steenstrupii</i> Koren & Danilssen, 1875	<i>Phascolion strombus</i> (Montagu, 1804)
<i>Golfingia vulgaris</i> (Blainville, 1827)		
Nematodi		
Nemertini		
Actiniari		

Gli anellidi, rappresentati unicamente da policheti, risultano essere il gruppo dominante che con 5623 individui rappresentano oltre l'80% dell'abbondanza totale. Gli artropodi crostacei, secondi in ordine di abbondanza, arrivano al 10% di contributo. I molluschi costituiscono solo il 7% dell'abbondanza totale, mentre sipunculidi (108 individui) e echinodermi (46 individui) in totale raggiungono circa il 2% (**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 più del 40% delle specie rinvenute (44%). Circa un terzo 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, seguiti dai sipunculidi che forniscono solo il 2%.


Figura 12 - Ripartizione dell'abbondanza totale e del numero di specie tra i principali taxa rinvenuti nella primavera 2018. Altro=nemertini, nematodi e cidari.

Ai policheti appartengono le specie rinvenute col maggior numero di individui, tra le quali *Levinsenia demiri* (1688) e *Paradiopatra calliopae* (1443 individui) che costituiscono, rispettivamente il 24,4% e il 20,9% dell'abbondanza totale (**Figura 13**).

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 quarta in ordine di importanza, costituisce poco più del 3% dell'abbondanza totale.

Queste quattro specie rappresentano da sole quasi 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 162 specie (ossia 92,57% del totale) contribuiscono per meno dell'1% all'abbondanza totale. Inoltre il 25% circa delle specie è presente con un solo individuo.

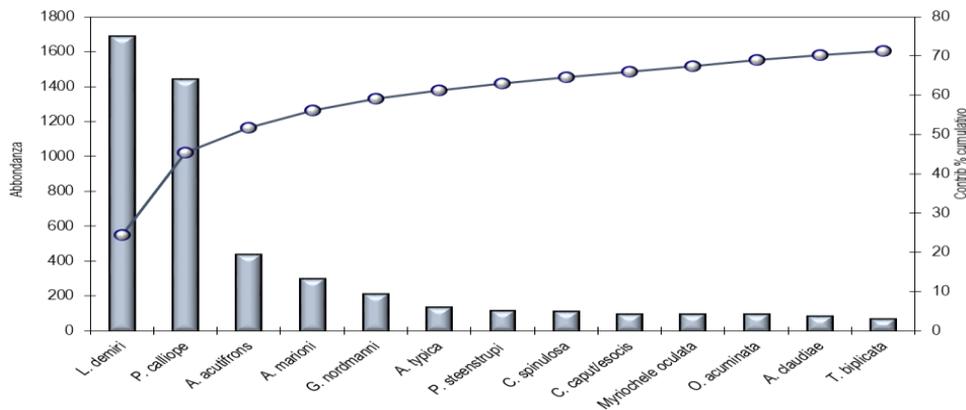


Figura 13 - Abbondanza totale e contributo percentuale cumulativo delle specie dominanti (P18).

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 varia tra 58,49% (P18 MG7) e 78,09% (P18 MG11) oscillando intorno a una media complessiva di $66,5 \pm 5,6\%$.

Dalla medesima analisi, inoltre, si evince che *Levinsenia demiri* e *Paradiopatra calliope* sono le specie che maggiormente contribuiscono alla similarità tra repliche tanto che, nella maggior parte delle stazioni, apportano un contributo complessivo maggiore del 50% con percentuali massime superiori al 70% (P18 MG6, P18 MG4). Tale percentuale scende di poco sotto al 50% in P18 MG7, P18 MG8, P18 MG10 e cala ancora in P18 MG9 (42,2 %) per raggiungere il minimo in P18 MG12 (32,28%). In questi casi *Glycinde nordmanni* e *Ampharete acutifrons* apportano un contributo importante alla similarità. Fa eccezione P18 MG9 in cui *Spiophanes kroyeri* occupa il terzo posto in ordine di importanza nel determinare la similarità tra repliche.

Nel piano di ordinamento (Figura 14) 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 sono 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 oscillando da 35,05 % (P18 MG12 vs P18 MG9) fino al 80,82% (P18 MG13 vs P18 MG4), senza mostrare relazione con la localizzazione delle stazioni.

In oltre il 75% dei casi la dissimilarità è inferiore al 50%; nel 22% dei casi è maggiore del 50% di cui in soli quattro casi supera il 60%. I valori maggiori di dissimilarità (ossia maggiori del 60%) sono stati tutti riscontrati dal raffronto con la stazione P18 MG9 (vs P18 MG10, vs P18 MG11, vs P18 MG12; vs P18 MG4). Dissimilarità elevata, maggiore del 50%, è stata riscontrata anche con le stazioni P18 MG13, P18 MG6, P18 MG8, P18 MG1.

Nel piano di ordinamento (Figura 14), infatti la stazione P18 MG9 è localizzata nella parte destra del plot e tende ad essere separata dalle altre. Questo pattern è sostanzialmente dovuto al comportamento di *P. calliope* e *L. demiri* che presentano in questa stazione bassi valori di abbondanza.

Anche le stazioni P18 MG2, P18 MG14, P18 MG7 tendono a localizzarsi nella parte destra del plot, comportamento legato per lo più alla scarsa presenza di *Ampharete acutifrons*.

Dalla parte opposta del plot tendono a localizzarsi le stazioni con alti valori di abbondanza di *P. calliope* e *L. demiri*: questi due policheti, tuttavia, non mostrano pattern correlabili alla presenza del Terminale, essi rispecchiano piuttosto una intrinseca variabilità spaziale dell'area di indagine.

Tale variabilità si riscontra anche dall'analisi del biodeposito talvolta dominato da fibra vegetale, talvolta da sabbia o biodeposito conchifero.

Nelle stazioni con elevati valori di abbondanza di *P. calliope* e *L. demiri* la fibra vegetale è generalmente più abbondante rispetto alla sabbia o al biodeposito.

In P18 MG9, in particolare, il sedimento è costituito per lo più da biodeposito conchifero che rappresenta l'80% del campione ed è costituito in prevalenza da briozoi. La fibra vegetale costituisce solo il 15% del campione. Il resto è rappresentato da una piccola frazione di sabbia (5%).

Anche dal punto di vista strutturale (Tabella 20) i parametri indagati risultano variabili da stazione a stazione, in particolare, come atteso, l'abbondanza totale varia in relazione al comportamento delle specie dominanti e pertanto risulta massima in P18 MG12, P18 MG10.

Il numero di specie segue, con poche eccezioni, il pattern delle abbondanze e mostra valori più elevati sempre in P18 MG12, P18 MG10.

La diversità varia tra 4,93 (P18 MG12) e 3,01 (P18 MG6) con valori variabili indipendentemente dalla distanza dall'FSRU.

Presso il Terminale ossia in P18 MG12 si registra anche il picco di Ricchezza di Margalef confermando che questa stazione è quella maggiormente strutturata. All'estremo opposto si colloca la stazione P18 MG6 dove si registra il minimo di questo parametro.

Infine la stazione P18 MG9 esibisce il più elevato valore di equitabilità dovuto alla scarsa dominanza di *P. calliope* e *L. demiri* fatto che comporta una maggiore equipartizione di abbondanza tra le specie.

Nel complesso, i dati suggeriscono che l'andamento dei parametri non rispecchia la localizzazione delle stazioni e non risulta chiaramente correlabile alla presenza del rigassificatore.

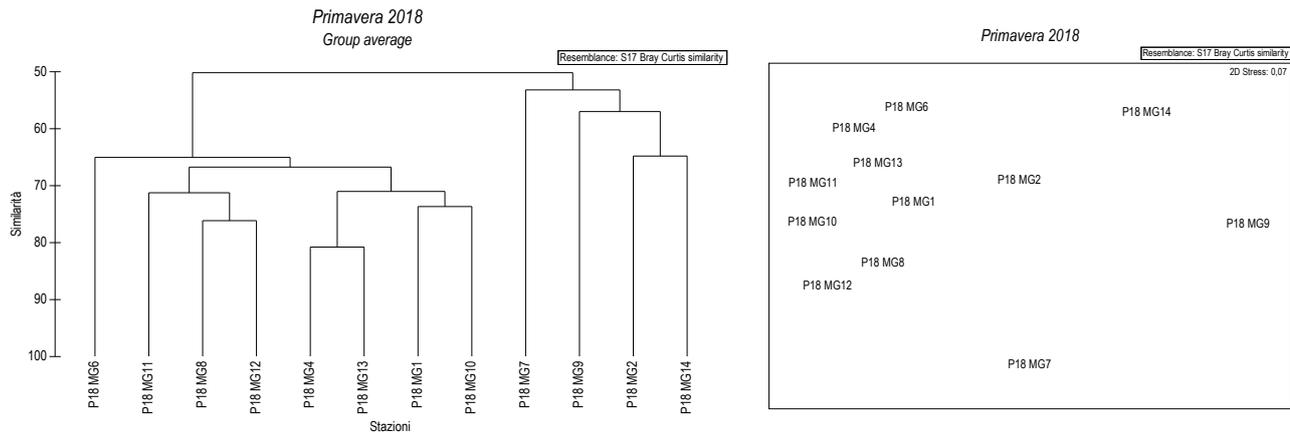


Figura 14 - Risultati della cluster analysis (group average) a sinistra, piano di ordinamento ottenuto dal n-MDS, a destra. La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Bray-Curtis.

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
P18 MG1	41,75 \pm 2,87	155,25 \pm 16,19	4,24 \pm 0,26	8,09 \pm 0,61	0,79 \pm 0,04
P18 MG2	29,50 \pm 1,00	98,75 \pm 19,36	3,79 \pm 0,18	6,23 \pm 0,22	0,78 \pm 0,04
P18 MG4	32,50 \pm 4,80	179,75 \pm 82,77	3,24 \pm 0,37	6,09 \pm 0,89	0,65 \pm 0,06
P18 MG6	25,25 \pm 2,22	133,50 \pm 33,21	3,01 \pm 0,10	4,97 \pm 0,21	0,65 \pm 0,02
P18 MG7	35,00 \pm 6,73	94,75 \pm 12,71	4,23 \pm 0,53	7,49 \pm 1,46	0,83 \pm 0,06
P18 MG8	44,50 \pm 5,20	159,75 \pm 16,07	4,31 \pm 0,32	8,58 \pm 1,00	0,79 \pm 0,04
P18 MG9	24,50 \pm 0,58	60,75 \pm 5,68	4,10 \pm 0,12	5,73 \pm 0,15	0,89 \pm 0,02
P18 MG10	47,50 \pm 3,70	202,25 \pm 34,07	4,30 \pm 0,12	8,77 \pm 0,60	0,77 \pm 0,01
P18 MG11	41,00 \pm 1,41	174,25 \pm 22,20	3,87 \pm 0,17	7,76 \pm 0,28	0,72 \pm 0,03
P18 MG12	60,75 \pm 5,56	220,25 \pm 61,17	4,93 \pm 0,34	11,15 \pm 1,12	0,83 \pm 0,05
P18 MG13	38,75 \pm 8,66	173,50 \pm 80,24	3,74 \pm 0,37	7,37 \pm 1,22	0,71 \pm 0,05
P18 MG14	25,00 \pm 3,16	74,75 \pm 23,07	3,80 \pm 0,19	5,59 \pm 0,49	0,82 \pm 0,05

5.2.2 Bioaccumulo

Metalli

Non ci sono anomalie da segnalare. Le concentrazioni nei mitili lungo il Terminale sono paragonabili a quelle dei mitili al tempo "0" o al bianco. Solo l'Arsenico mostra un incremento nei mitili trapiantati lungo l'FSRU, fatto non osservato nel Bianco Gorgona. Si tratta, tuttavia, di incrementi estremamente modesti.

Tabella 21 - Concentrazione dei metalli nei mitili. Dati relativi alla campagna P18 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 Determine 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	
	s.s.	p.f.										
Arsenico	8,45	1,69	9,11	1,82	8,83	1,77	8,80	1,76	9,32	1,86	7,95	1,59
Bario	< 1,20	-	< 1,20	-	< 1,20	-	< 1,20	-	< 1,20	-	< 1,20	-
Cadmio	0,17	0,03	0,26	0,05	0,32	0,06	0,25	0,05	0,25	0,05	0,26	0,05
Cromo totale	< 1,20	-	< 1,20	-	< 1,20	-	< 1,20	-	< 1,20	-	< 1,20	-

Tabella 21 - Concentrazione dei metalli nei mitili. Dati relativi alla campagna P18 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.

Ferro	54,36	10,87	38,34	7,67	35,27	7,05	42,66	8,53	57,80	11,56	54,73	10,95
Manganese	4,27	0,85	3,61	0,72	3,30	0,66	3,73	0,75	3,62	0,72	3,18	0,64
Mercurio	< 12,5	-	< 12,5	-	< 12,5	-	< 12,5	-	< 12,5	-	< 12,5	-
Nichel	0,08	0,02	0,07	0,01	0,08	0,02	0,07	0,01	0,08	0,02	0,07	0,01
Piombo	< 1,20	-	< 1,20	-	< 1,20	-	< 1,20	-	< 1,20	-	< 1,20	-
Rame	2,40	0,48	2,32	0,46	1,76	0,35	2,16	0,43	2,28	0,46	2,04	0,41
Vanadio	< 1,20	-	< 1,20	-	< 1,20	-	< 1,20	-	< 1,20	-	< 1,20	-
Zinco	150,28	30,06	168,91	33,78	135,84	27,17	151,67	30,33	174,56	34,91	152,34	30,47

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 P18, 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	< 0,58	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,65
Idrocarburi C10-C40 (mg/kg)	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5

IPA e composti organostannici

Questi composti sono pressochè assenti. Quelli rilevati presentano concentrazioni trascurabili prossime al limite di quantificazione.

Tabella 23 - Concentrazione degli IPA e dei composti organostannici presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna P18, sono espressi in mg/kg.

	Tempo zero	Stazione A Pos. 1	Stazione B Pos. 2	Stazione C Pos. 3	Stazione D Pos. 4	Stazione E (Bianco Gorgona)
Acenafte	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,001
Acenaftilene	< 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	0,004	< 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	0,003	< 0,001	0,001	0,000	< 0,001	0,000
Fluorene	0,002	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001
Indeno (1,2,3 - c,d) pirene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Naftalene	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Pirene	0,002	< 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

Questi composti non sono stati rilevati (**Tabella 24**).

Tabella 24 - Concentrazione degli cloroderivati presenti nei campioni di mitili. I dati relativi alla campagna P18 sono espressi in µg/kg. Per il calcolo delle medie, nel caso di valori al di sotto del limite di quantificazione, è stata usata una concentrazione pari alla metà di quest'ultimo.

	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

Tabella 24 - Concentrazione degli cloroderivati presenti nei campioni di mitili. I dati relativi alla campagna P18 sono espressi in µg/kg. Per il calcolo delle medie, nel caso di valori al di sotto del limite di quantificazione, è stata usata una concentrazione pari alla metà di quest'ultimo.

	Tempo zero	Stazione A Pos. 1	Stazione B Pos. 2	Stazione C Pos. 3	Stazione D Pos. 4	Stazione E (Bianco Gorgona)
Acido Dicloroacetico	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
Acido Tricloroacetico	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
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	< 0,2	< 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 Dicloro 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

Le indagini sui mitili non rilevano la presenza di contaminazione fecale (**Tabella 25**).

Tabella 25 - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna P18, 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	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Streptococchi fecali (enterococchi)	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Coliformi totali	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10

5.2.3 Biomarkers

Neutral Red Retention Time (NRRT)

Dall'analisi del Neutral Red Retention Time è emersa una elevata integrità morfo-funzionale dei lisosomi in tutti i campioni analizzati e non sono emerse differenze significative tra i mitili di controllo (Stazione E – Gorgona) e quelli posizionati lungo le 4 stazioni di monitoraggio del Terminale FSRU (**Figura 15**).

Comet Assay

L'analisi del Comet assay è emerso che un lieve, ma significativo incremento del danno al DNA nei mitili collocati presso le stazioni A, B, D del Terminale FSRU, rispetto a quello misurato nei controlli stazione E, Gorgona) (**Figura 16**).

Analisi istologia del tessuto branchiale.

Anche l'istologia delle branchie ha messo in luce un elevato grado di integrità dell'apparato branchiale e l'assenza di differenze significative tra i mitili del Terminale FSRU e quelli di controllo (**Figura 17, Tabella 26**).

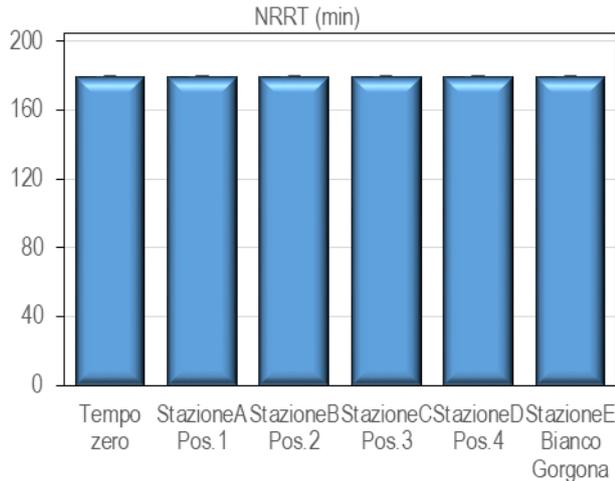


Figura 15 - Valutazione del danno cellulare mediante la misura del tempo di ritenzione del colorante vitale Rosso Neutro (NRRT) nei lisosomi degli emociti di mitilo. Valori alti del tempo di ritenzione corrispondono ad una maggiore integrità. Dati relativi alla primavera 2018.

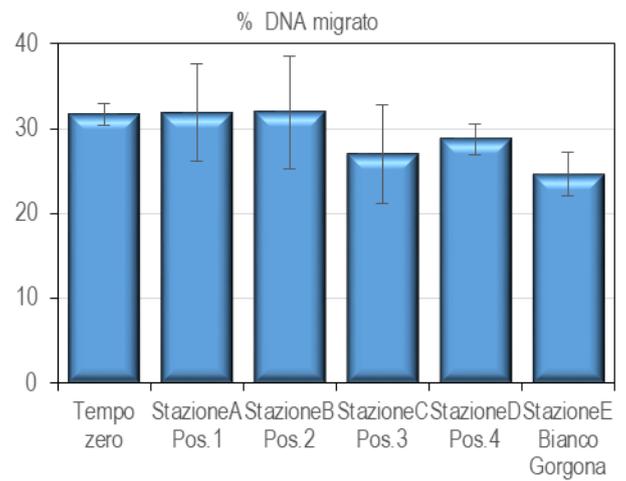


Figura 16 - Valutazione del grado di integrità del DNA mediante Comet assay. Valori elevati della percentuale di DNA migrato corrispondono ad una maggiore entità del danno. Dati relativi alla primavera 2018.

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. Dati relativi alla primavera 2018.

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

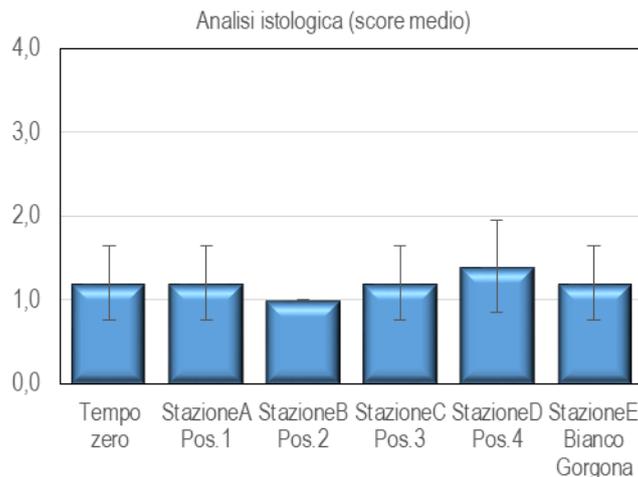


Figura 17 - Analisi istologica delle branchie di mitilo. Il parametro rappresentato nel grafico è il punteggio medio (score) per ciascuna delle stazioni indagate. La scala va da 1 a 5; il punteggio 1 indica una condizione di integrità mentre il punteggio 5 indica una forte compromissione della struttura dei filamenti branchiali. Dati relativi alla primavera 2018.

In conclusione, i risultati della campagna di monitoraggio P18 hanno evidenziato unicamente un moderato incremento del danno genotossico nei mitili del terminale. Considerata la modesta entità del danno, la sua natura reversibile ed il fatto che gli altri biomarker analizzati non hanno rilevato alcuna differenza rispetto ai controlli, si può concludere che l'impatto del terminale nel periodo di riferimento è trascurabile.

5.2.4 Cetacei e tartarughe marine

Per questa indagine sono state percorse 278 nm per un totale di 64h di navigazione. Nella **Figura 18** sono riportate le rotte percorse per il monitoraggio visivo condotto a partire da maggio 2018 (P18). Non sono stati effettuati avvistamenti di cetacei o tartarughe marine.

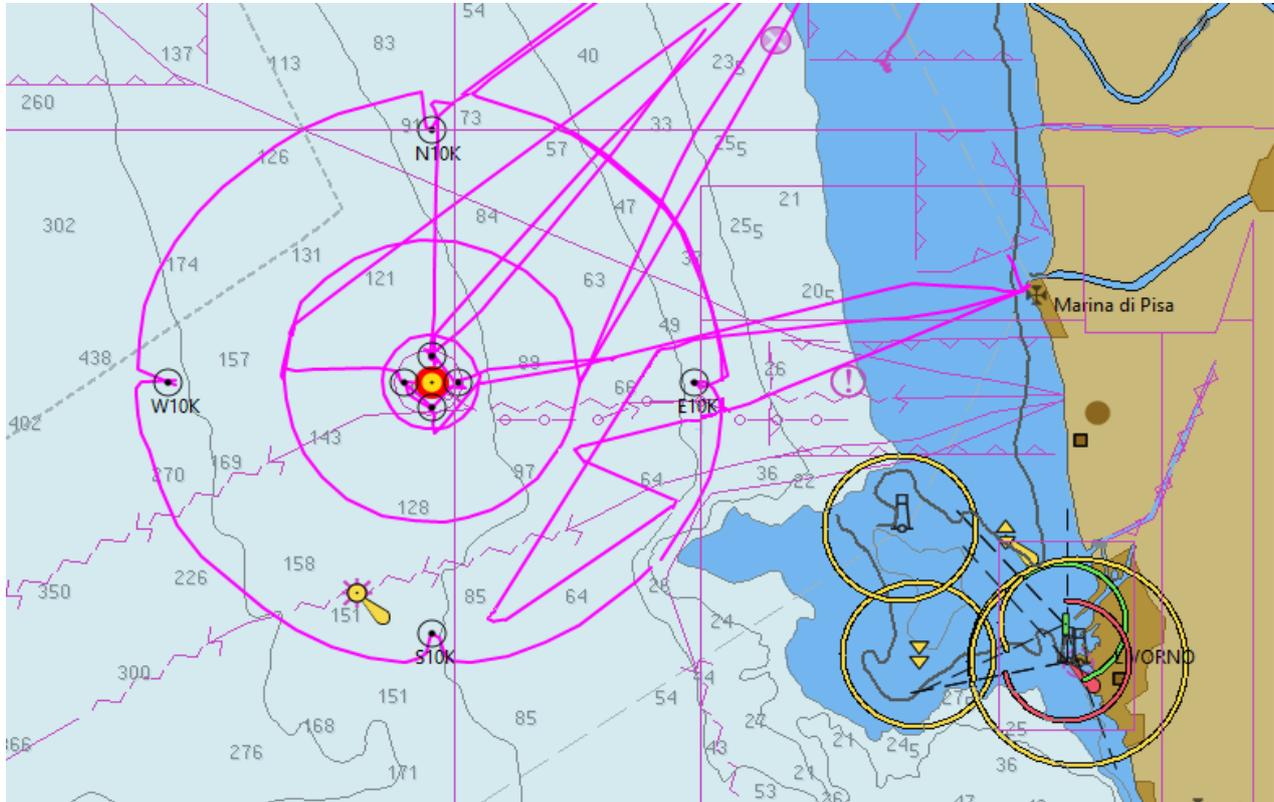


Figura 18 - Rotte effettuate per il monitoraggio visivo, acustico e bioacustico condotto in primavera 2018 (P18).

5.3 INDAGINI GENERALI

5.3.1 Misura del rumore

In questo paragrafo sono riportati i risultati delle misure di rumore acustico subacqueo effettuate nei punti più vicini all'FSRU (a 100 metri di distanza dal Terminale) alla profondità di 55 metri, con rappresentazione della funzione di densità spettrale di potenza (PSDf, linea blu) basata sul calcolo della FFT, e analisi in terzi d'ottava sovrapposta (linea rossa).

Sono inoltre riportati i risultati a 1.000 e 10.000 metri per la direttrice Sud (quella di maggior interesse per la presente campagna). La direttrice Sud è stata scelta in quanto nessuna imbarcazione era presente durante la raccolta dati entro le 10 miglia dalla stazione misurata.

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 a 100 metri dalla sorgente. In tutti i casi, si osserva un rapido incremento dei livelli al di sotto dei 2 kHz. Per frequenze tra 100 e i 1200 Hz, i livelli sono tra gli 80 e i 100 dB re 1uPa²/Hz. Le stazioni Est e Sud presentano livelli più alti nella banda di frequenze tra i 100 Hz e i 20 kHz (quasi tutto lo spettro di frequenze). In tutti i casi, i livelli al di sotto dei 50 Hz sono attorno ai 120 dB re 1uPa²/Hz.

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 90 Hz si rileva in ogni stazione, tranne N100.

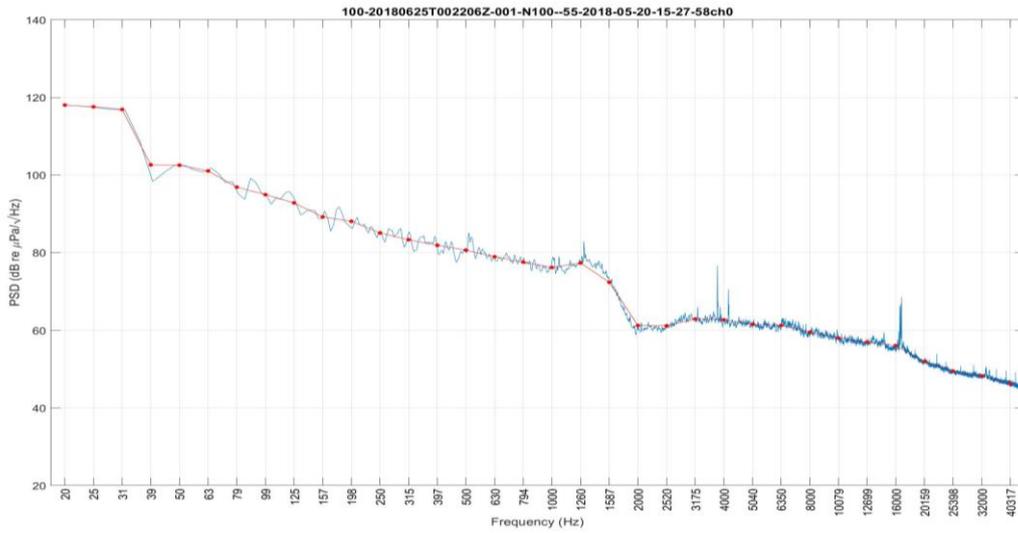


Figura 19 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N100 a 55m di profondità.

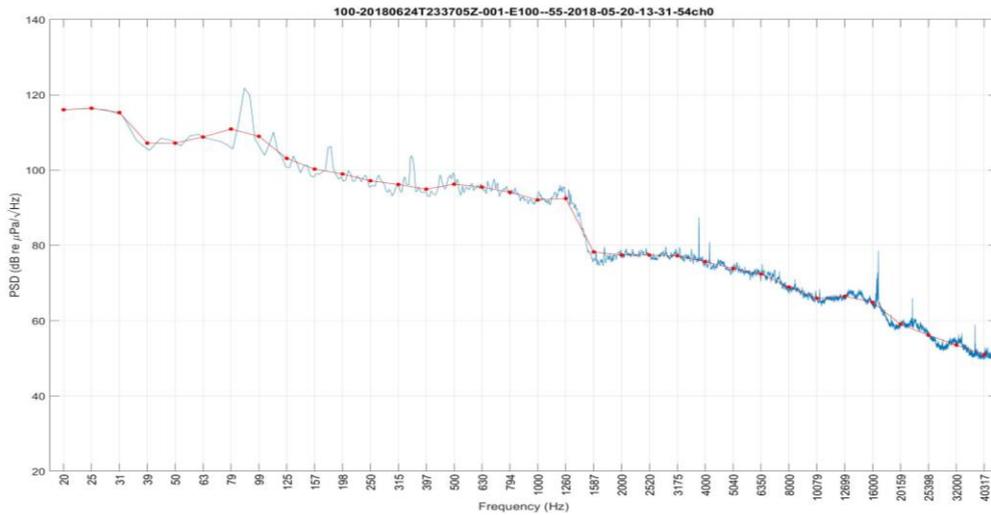


Figura 20 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto E100 a 5 m di profondità.

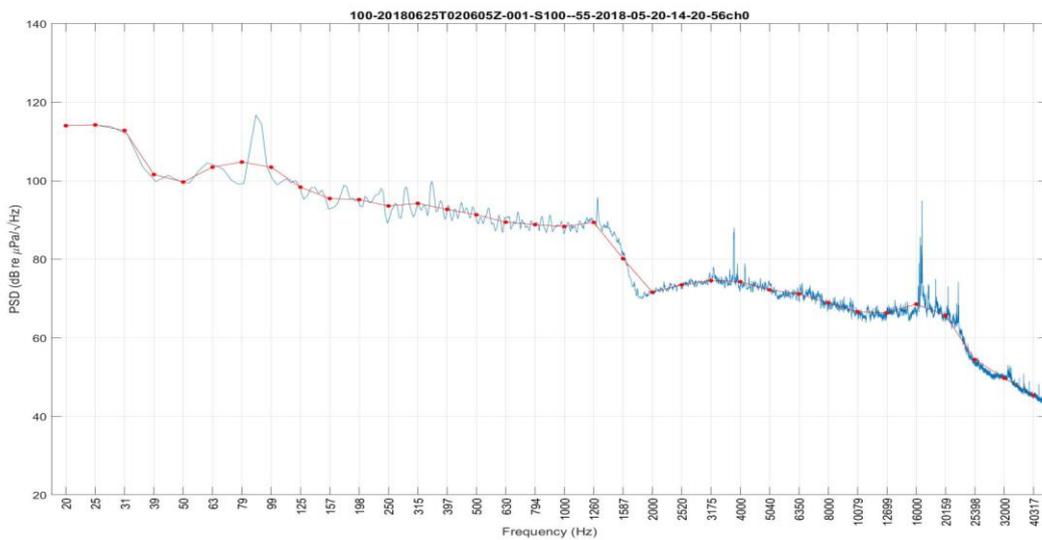


Figura 21- PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S100 a 55m di profondità. In tutte le curve a 100m sono presenti le stesse tonali a bassa frequenza.

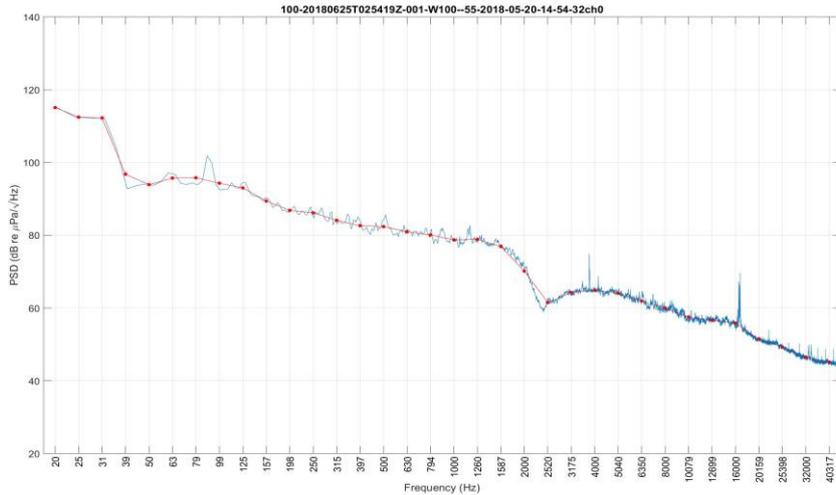


Figura 22 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto W100 a 5 m di profondità.

Nella **Figura 23** è rappresentato il confronto dei livelli in terzi d'ottava misurati a 100 m per le quattro stazioni di riferimento. La stazione a Est presenta livelli più alti su tutto lo spettro di frequenza. Le stazioni Sud, Est e Ovest presentano un picco di livelli attorno alla frequenza di 90 Hz.

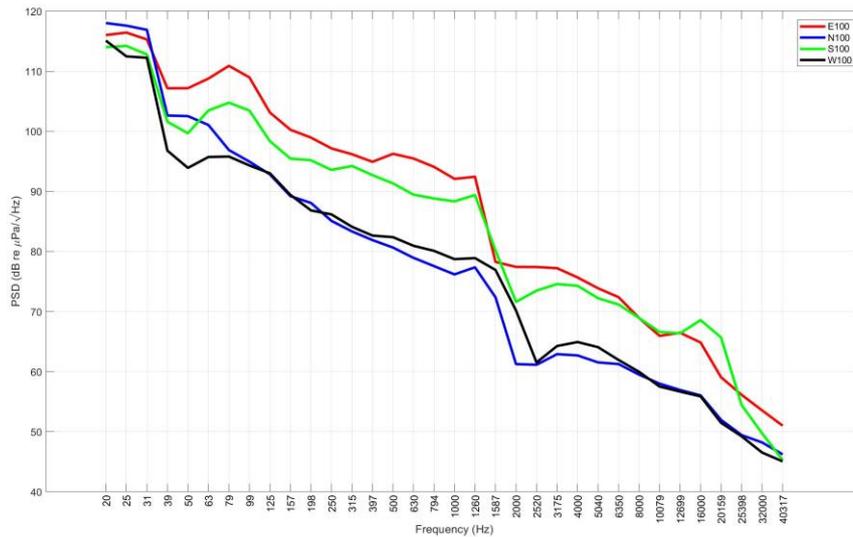


Figura 23 - Confronto dei livelli in terzi d'ottava misurati a distanza di 100 m a 55m di profondità.

Le seguenti figure riportano i livelli PDSf misurati alle stazioni Sud alla distanza rispettivamente di 1.000 e 10.000 metri dal Terminale. Nella **Figura 24** i livelli sono attorno ai 90-110 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 90 Hz presenti a 100m di range non sono presenti. Anche qui si evidenziano righe spettrali che rappresentano interferenze elettromagnetiche derivanti da strumentazioni dell'imbarcazione di supporto. Esse non sono significative per l'analisi acustica.

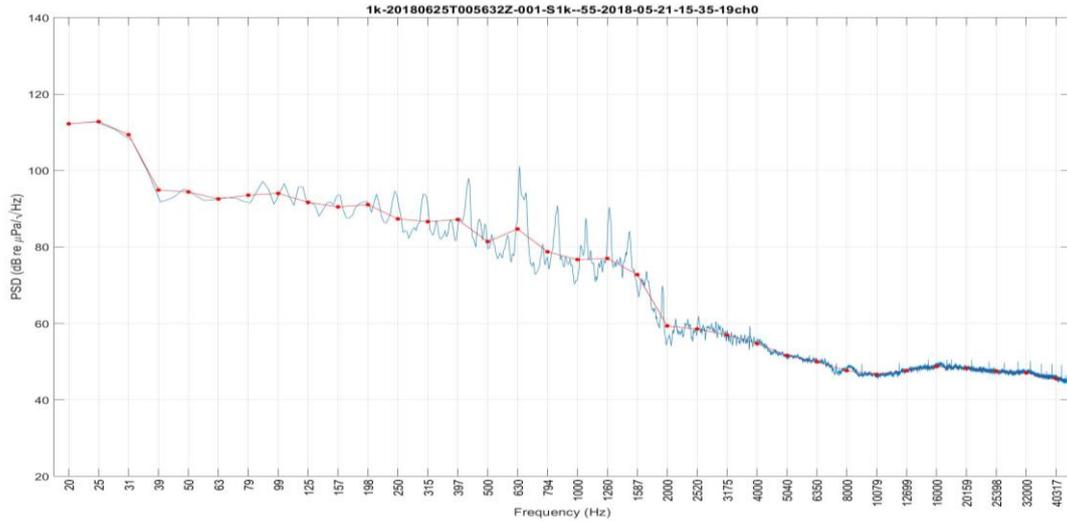


Figura 24 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S1K a 55m di profondità.

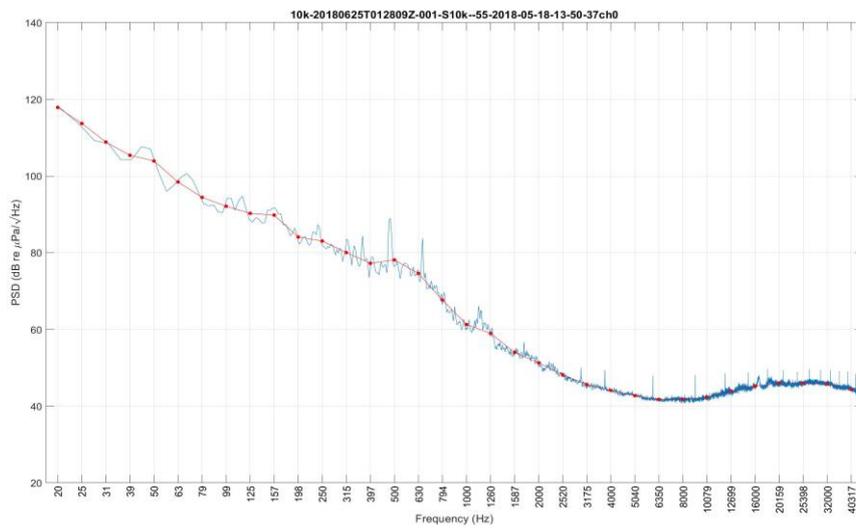


Figura 25 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S10K a 5 m di profondità.

Nella **Figura 26** sono riportati i valori PDSf in terzi d'ottava lungo la direzione Sud. Il picco a 90 Hz è visibile a 100 metri dal Terminale. Tale picco appare attenuato a 1.000 metri e scompare a 10.000 metri. Come negli altri casi al di sotto dei 50-60 Hz i livelli sono generalmente attribuibili a rumore ambientale.

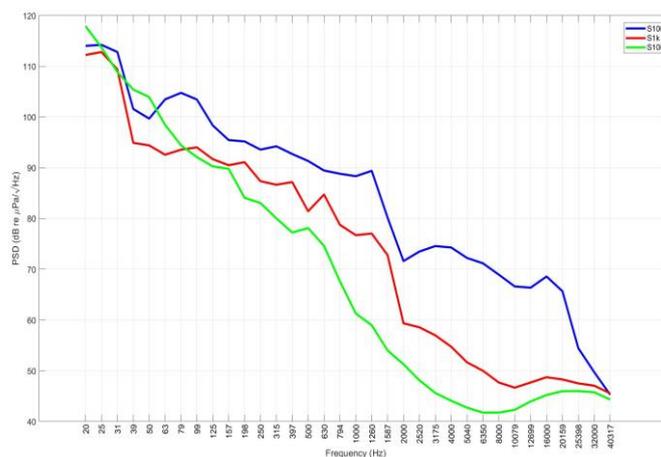


Figura 26 - Confronto dei livelli in terzi d'ottava misurati a 55m di profondità lungo la direzione Sud.

Verifica simulazione

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

Parametri oceanografici

I profili misurati durante questa campagna **Figura 27** sono tutti molto simili. In generale la velocità del suono diminuisce con la profondità per effetto della diminuzione della temperatura delle acque.

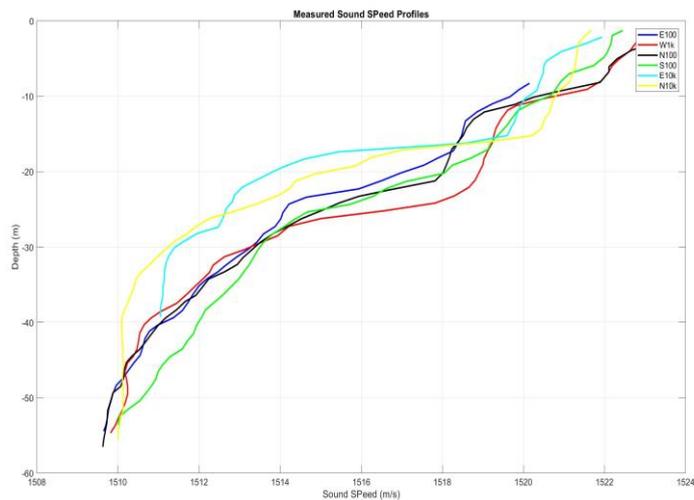


Figura 27 - Profili di velocità del suono misurati con CTD a differenti stazioni durante la campagna P18.

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 (**Figura 28**). I risultati ottenuti a frequenza 12 kHz possono essere considerati validi per tutta la banda di interesse 7-20 kHz con piccole variazioni.

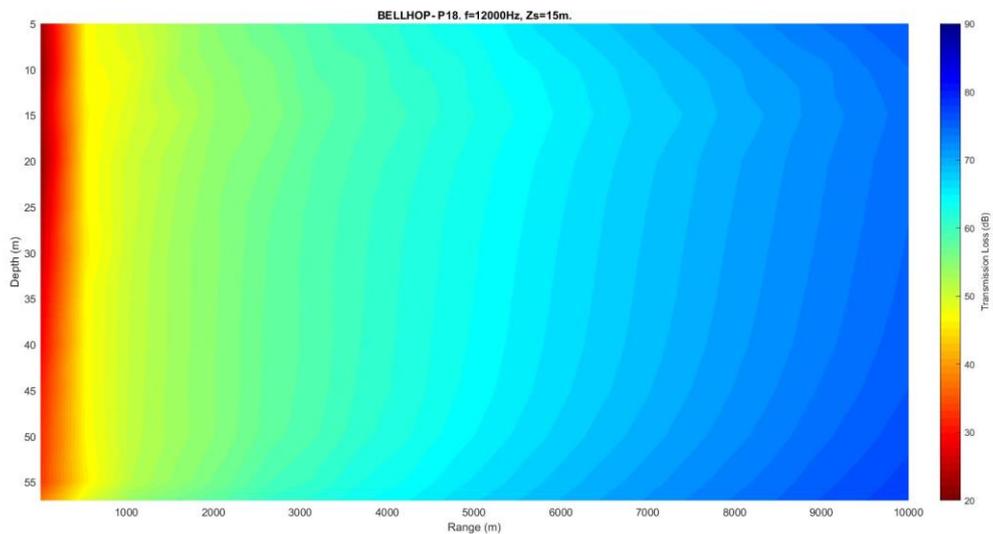


Figura 28 - Simulazione della Transmission Loss TL alla frequenza di 12 kHz in direzione Nord.

Il profilo di velocità del suono misurato sperimentalmente determina nel modello una maggiore propagazione del rumore alla profondità della sorgente (15 metri). Oltre i 5000 metri di distanza l'attenuazione del suono modellata è di ~65 dB.

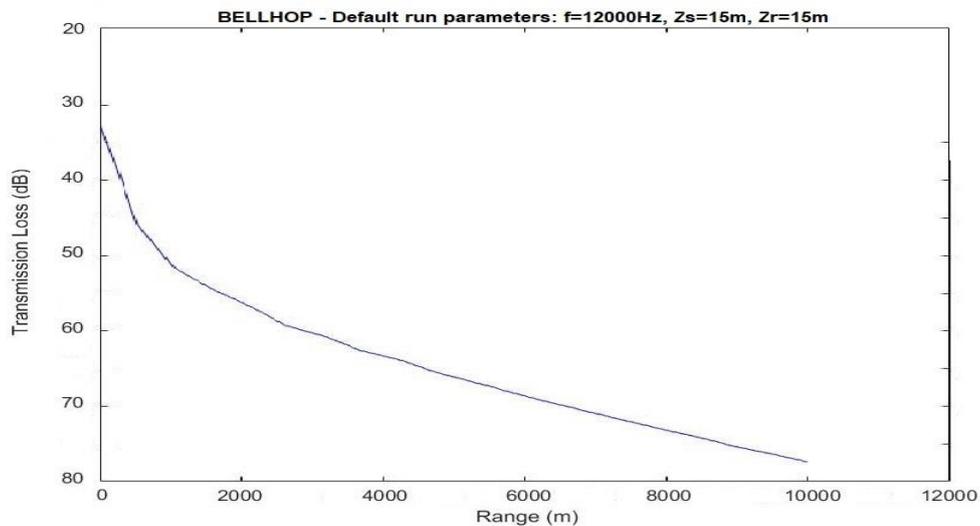


Figura 29 - Trasmissione Loss prevista dal modello in funzione della distanza alla profondità di 55 m.

La caduta di livello del rumore predetta dal modello tra le stazioni N100 e N1K a 55 metri di profondità è di circa 15 dB. Nel confronto con i livelli misurati fra le stazioni N100 e N1K abbiamo una differenza di circa 12 dB. C'è un'ottima rispondenza del modello ai dati sperimentali considerando che le misure nelle 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 35 dB. Considerando quindi il valore misurato sperimentalmente in N100 di circa 57 dB è possibile stimare un Source Level della sorgente (Terminale) di circa 92 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 (Tab.7, Guida SPRA, Borsani e Falchi, 2011, parte seconda, riportata in Materiali e Metodi come Tabella 8).

5.3.2 Bioacustica

Durante la campagna di P18 non sono stati effettuati avvistamenti di mammiferi marini e pertanto non sono state effettuate registrazioni di vocalizzazioni.

6 RISULTATI SURVEY ESTATE 2018

6.1 COLONNA D'ACQUA

6.1.1 Profili idrologici

Nel survey condotto in estate 2018, i profili di **temperatura** (Figura 30) mostrano un evidente termocline in accordo con le caratteristiche tipiche del periodo estivo. Le masse d'acqua superficiali esibiscono valori intorno a 24-25,5 °C nei primi 20m di profondità, per poi diminuire rapidamente fino a circa 17 °C alla profondità di 30m, per poi diminuire ulteriormente fino ad arrivare a valori intorno a 14,8 °C a 70 m e da qui mantenersi costante fino al 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 30m per poi aumentare gradualmente fino a 38,2 ppt valori massimi rilevati sul fondo. Il **pH** presenta valori omogenei su tutta la colonna d'acqua intorno a 7,8-8,1. La **torbidità** esibisce valori bassi e omogenei nell'area di indagine intorno a 0,2 NTU con un lieve aumento a 1-2 NTU negli ultimi 5m dal fondo.

I profili di **ossigeno disciolto** (Figura 31) presentano valori intorno a 95% nei primi 5m di profondità per poi aumentare e raggiungere il massimo valore intorno al 102% a 10m e da qui diminuire gradualmente fino ad arrivare a 87 % di saturazione sul fondo. I profili di **clorofilla** presentano bassi valori su tutta la colonna d'acqua compresi fra 0 µg/l e 0,5 µg/l. I profili di **ORP** sono omogenei su tutta la colonna d'acqua con valori intorno a 230 mV.

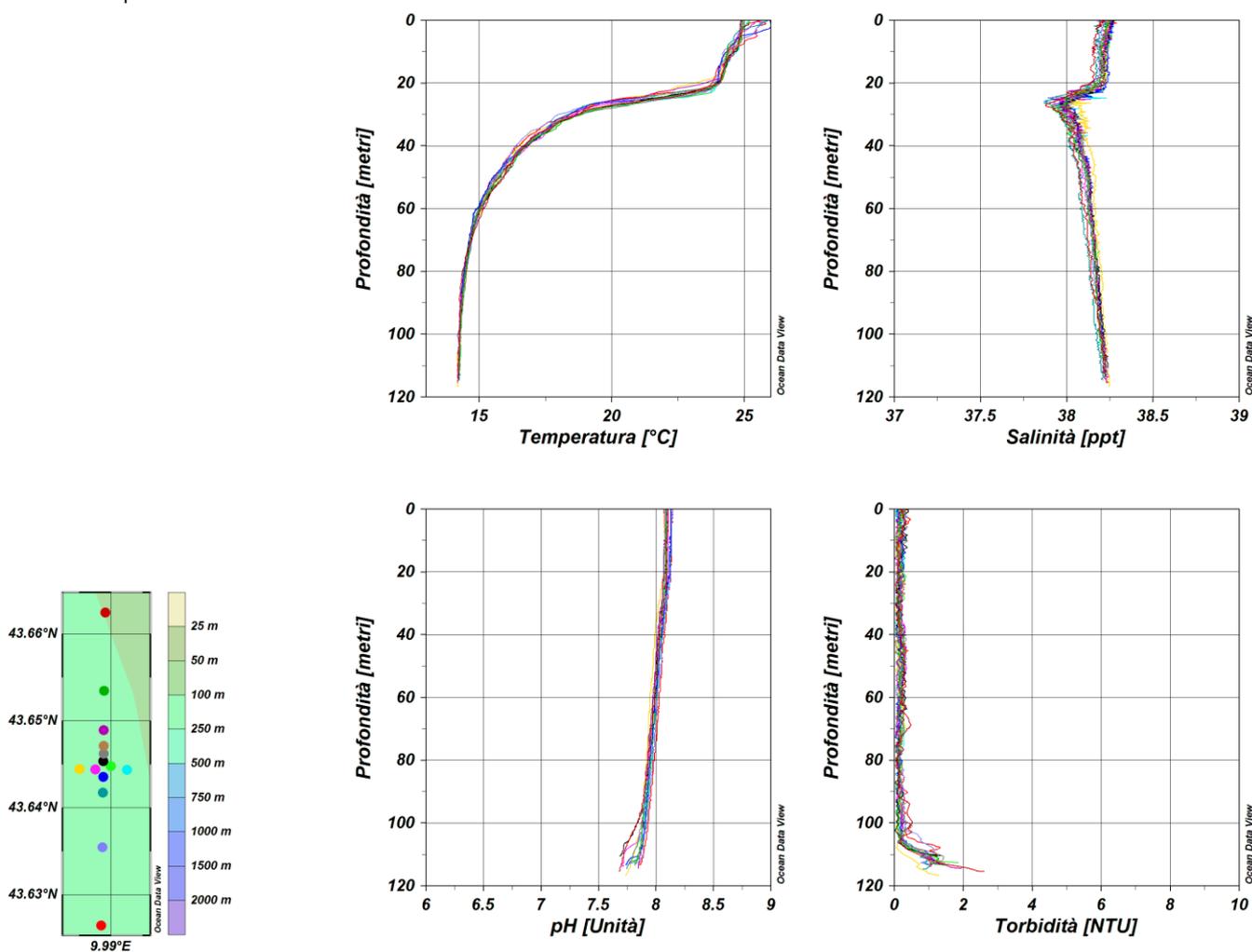


Figura 30 – Profili di temperatura (°C), salinità (ppt), pH e torbidità (NTU); survey estate 2018.

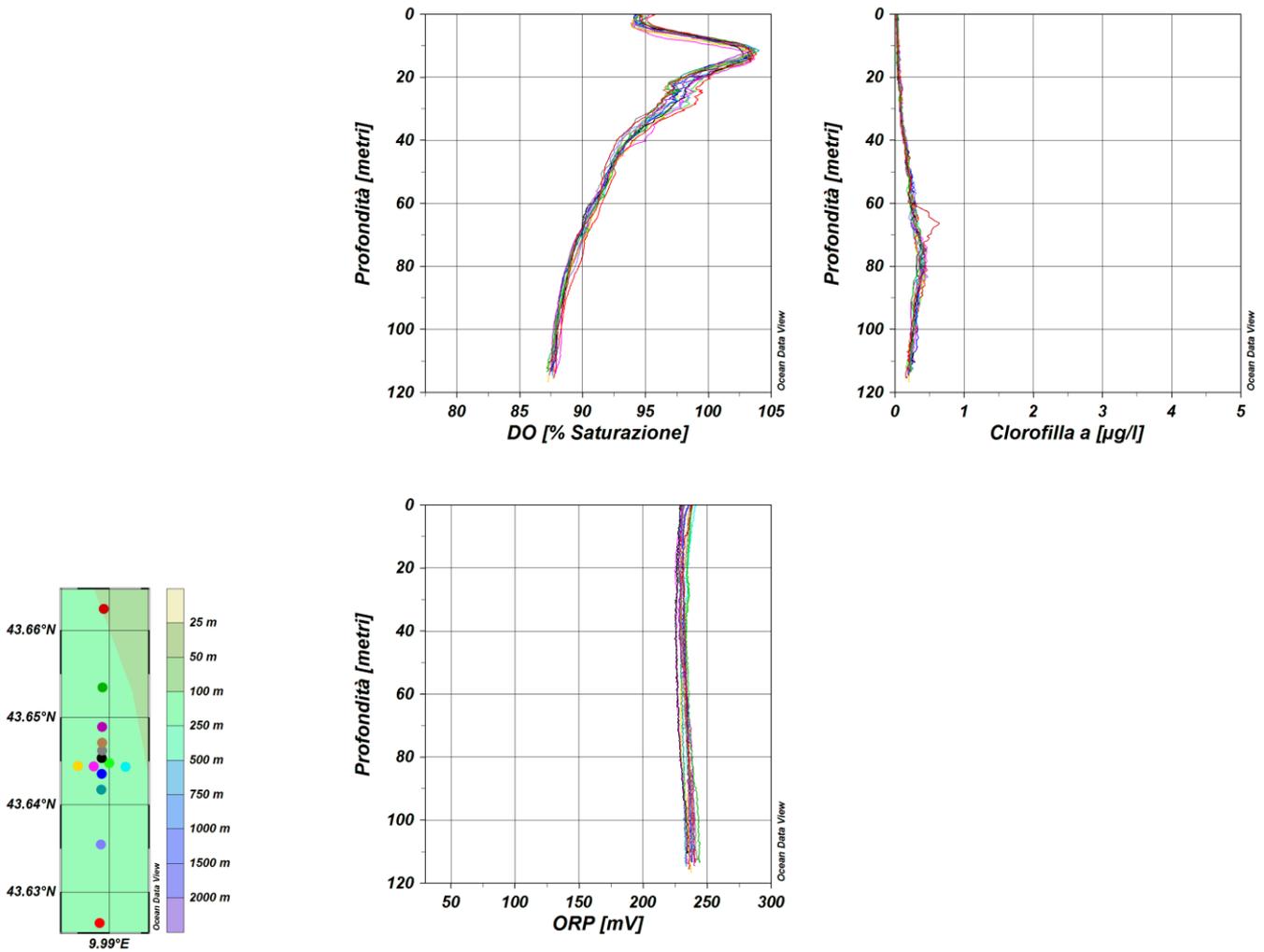


Figura 31 – Profili di ossigeno disciolto (% saturazione), clorofilla ($\mu\text{g/l}$), e potenziale di ossidoriduzione (mV); survey estate 2018.

Misure di irradianza e irradianza spettrale

In **Figura 32** sono mostrati i profili di irradianza PAR (Photosynthetic Available Radiation) sottomarina normalizzati rispetto a quella contemporanea superficiale nelle stazioni E18 MG7 e E18 MG10. La profondità della zona eufotica (Z_{eu}) è 73 m in E18 MG7 e 71 m in E18 MG10. La Z_{eu} ha mostrato una variazione compresa tra un minimo di 64 m (E18 MG3) ed un massimo di 73 m (E18 MG10). Le profondità misurate in E18 sono nello stesso intervallo di variazione delle Z_{eu} misurate nelle altre campagne estive senza esibire anomalie.

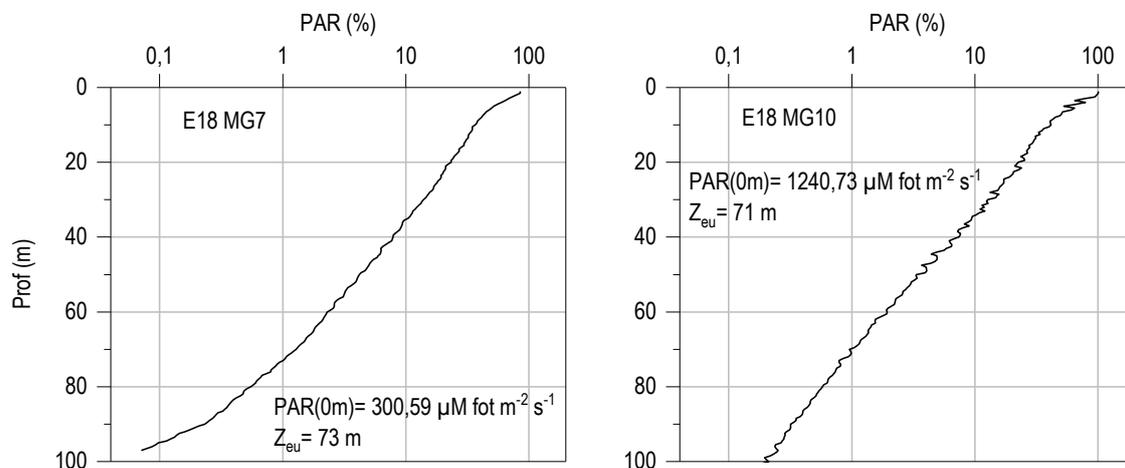


Figura 32 - Profilo del rapporto fra l'irradianza quantica PAR (Photosynthetic Available Radiation) disponibile alle varie profondità con quella contemporanea in superficie, PAR (0 m), nelle stazioni E18 MG7 e E18 MG10.

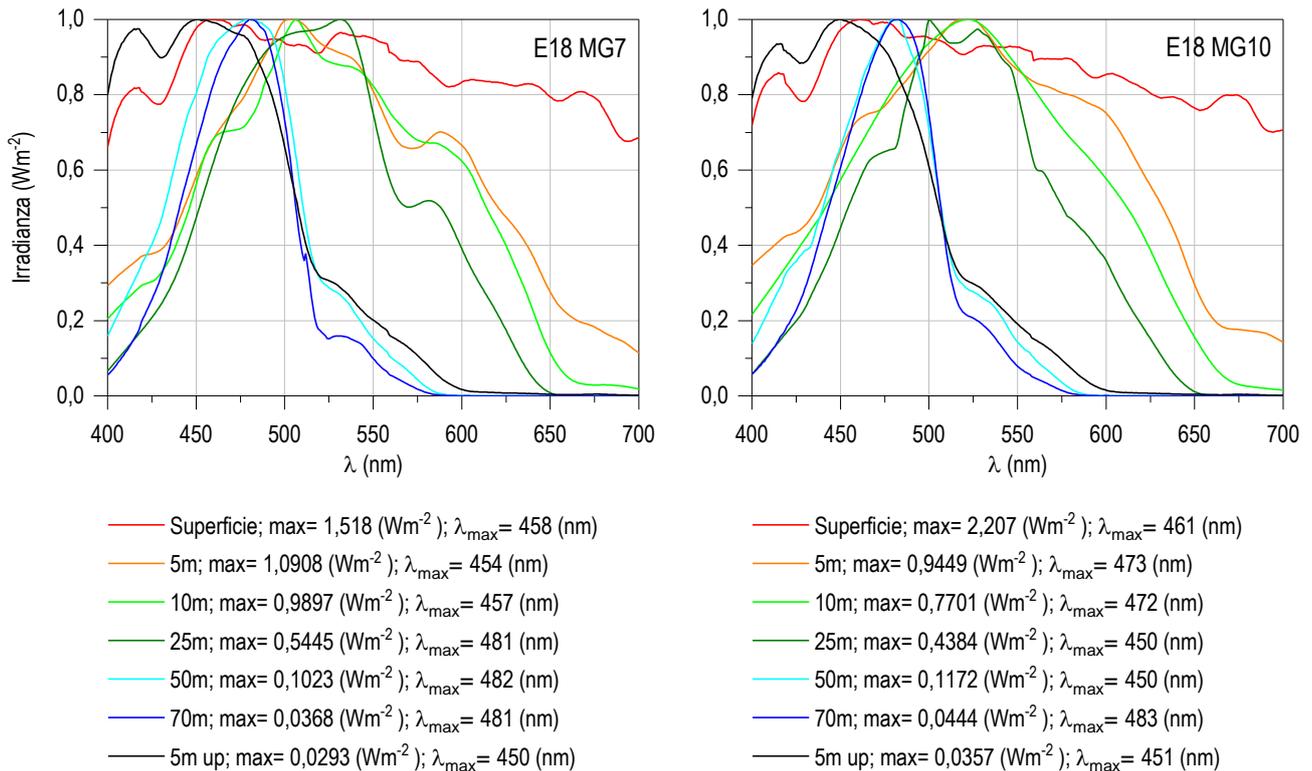


Figura 33 - Irradianza spettrale discendente superficiale e subacquea alle profondità indicate. E' inoltre riportata la irradianza spettrale ascendente a 5 m (5m up). Ogni spettro è stato normalizzato per il proprio massimo ($E_{\max}(\lambda)$) riportato nella legenda insieme con la lunghezza d'onda dove si colloca (λ_{\max}).

In **Figura 33** 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, in E18 MG7 e E18 MG10. I massimi (λ_{\max}) degli spettri dell'irradianza discendente si collocano nel range di lunghezze d'onda comprese fra 450 e 483 nm. La radiazione che raggiunge la maggior profondità, ovvero quella più penetrante, (λ_{\max} a 70 m) si trova a 481 nm alla stazione E18 MG7 e a 483 nm alla E18 MG10. Anche in questo caso non si sono rilevate anomalie imputabili alla presenza del terminale.

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 dei nutrienti variano in un intervallo (**Tabella 27**) sovrapponibile a quello rilevato nelle precedenti campagne estive e inferiori alle concentrazioni misurate nella campagna primaverile P18, fatta eccezione per i silicati. Le concentrazioni medie per i singoli nutrienti sono: SiO_2 1,526 μM , PO_4 0,055 μM , NO_2 0,024 μM e NO_3 0,168 μM .

I nitriti sono in generale molto bassi tanto che nello strato 0-50 m in tutte le stazioni presentano concentrazioni sempre al di sotto del limite di rilevabilità (**Tabella 27**). Essi aumentano solo a 70 m, dove raggiungono la massima concentrazione (0,118 μM in E18 MG7).

I nitrati, più elevati in valore assoluto, seguono la stessa distribuzione dei nitriti. Anche essi sono poco concentrati nello strato superficiale e in alcuni casi risultano al di sotto del limite di rilevabilità (**Tabella 27**). Concentrazioni più alte e variabili si rilevano a 70 m dove variano da 0,099 in E18 MG3 a 0,864 μM massimo registrato in E18 MG13.

I silicati presentano concentrazioni variabili (**Tabella 27**) tra il minimo di 1,230 μM (E18 MG5 50 m) e il massimo di 1,864 μM (E18 MG12 70 m). La distribuzione lungo la colonna d'acqua ha un andamento molto simile in tutte le stazioni (**Figura 34**), con una diminuzione a 50 m e un aumento a 70 m, dove si rilevano le due concentrazioni maggiori.

Per quanto riguarda i fosfati, la variazione è tra il minimo di 0,037 μM (E18 MG9 0,5 m) e il massimo di 0,090 (E18 MG6 50 m). L'andamento lungo la colonna d'acqua è fortemente omogeneo a tutte le profondità (**Figura 34**), senza che si rilevino i massimi per gli altri nutrienti.

Tabella 27 - Concentrazioni (μM) dei nutrienti inorganici disciolti.											
Stazione	Prof. m	SiO ₂	PO ₄	NO ₂	NO ₃	Stazione	Prof. m	SiO ₂	PO ₄	NO ₂	NO ₃
E18 MG3	0,5	1,482	0,068	< 0,03	0,300	E18 MG9	0,5	1,443	0,037	< 0,03	0,192
	12,5	1,488	0,055	< 0,03	0,055		12,5	1,502	0,048	< 0,03	0,063
	50	1,602	0,053	< 0,03	< 0,03		50	1,327	0,053	< 0,03	0,038
	70	1,538	0,062	0,073	0,150		70	1,516	0,048	0,032	0,223
E18 MG5	0,5	1,495	0,063	< 0,03	0,244	E18 MG10	0,5	1,672	0,057	< 0,03	0,136
	12,5	1,497	0,054	< 0,03	0,172		12,5	1,703	0,056	< 0,03	0,063
	50	1,230	0,066	< 0,03	0,069		50	1,318	0,052	< 0,03	0,066
	70	1,492	0,057	< 0,03	0,099		70	1,548	0,062	0,043	0,301
E18 MG6	0,5	1,753	0,055	< 0,03	0,089	E18 MG12	0,5	1,529	0,056	< 0,03	0,231
	12,5	1,575	0,052	< 0,03	< 0,03		12,5	1,580	0,041	< 0,03	0,066
	50	1,330	0,090	< 0,03	0,089		50	1,237	0,051	< 0,03	0,044
	70	1,775	0,049	0,104	0,683		70	1,864	0,058	0,094	0,579
E18 MG7	0,5	1,478	0,061	< 0,03	0,072	E18 MG13	0,5	1,637	0,055	< 0,03	0,058
	12,5	1,485	0,052	< 0,03	0,046		12,5	1,559	0,048	< 0,03	0,063
	50	1,275	0,042	< 0,03	< 0,03		50	1,324	0,052	< 0,03	0,066
	70	1,773	0,050	0,118	0,277		70	1,790	0,057	0,091	0,804

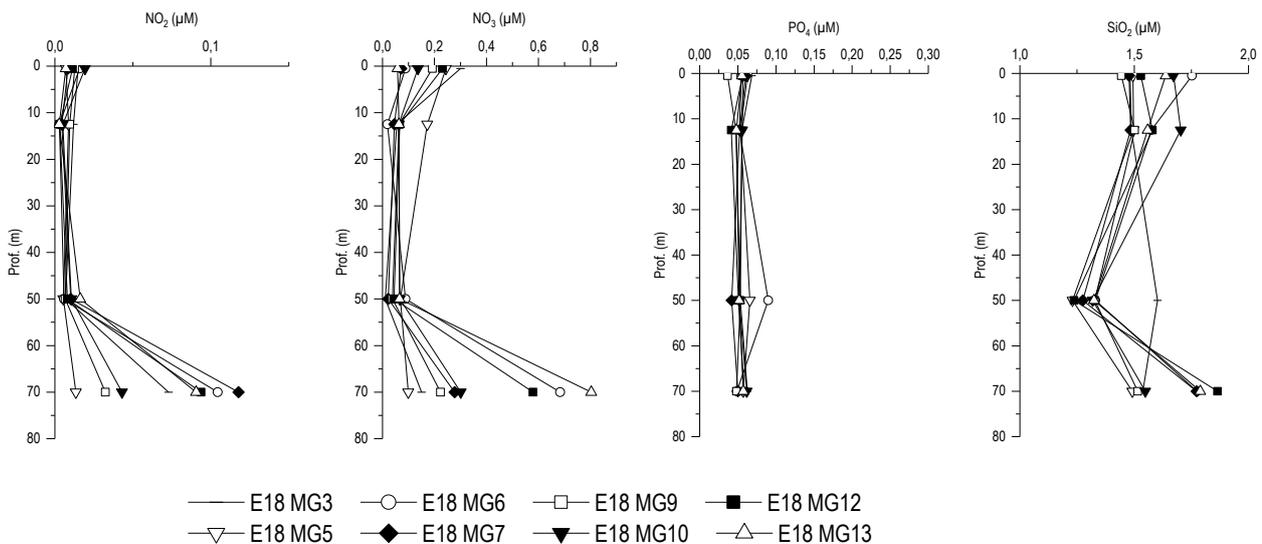


Figura 34 - Profili delle concentrazioni (μM) dei nutrienti inorganici disciolti: NO₂ (nitriti), NO₃ (nitrati), PO₄ (fosfati), SiO₂ (silicati).

Solidi sospesi (Total Suspended Matter)

Le concentrazioni di TSM in tutte le stazioni sono riportate in **Tabella 28**. Il valore medio generale è 0,887 mg/l, il minimo è 0,428 mg/l (E18 MG13 50 m) ed il massimo è 2,016 mg/l (E18 MG3 70 m). Anche in questo caso l'intervallo di variazione è nell'ambito di quelli misurati nelle altre campagne estive.

Tabella 28 - Concentrazioni (mg/l) dei solidi sospesi (TSM).				
Prof. m	Stazione	TSM (mg/l)	Stazione	TSM (mg/l)
0,5	E18 MG3	1,0849	E18 MG9	0,7771
12,5		1,4551		0,7474
50		1,1748		0,4739
70		2,0158		0,7604
0,5	E18 MG5	0,8526	E18 MG10	0,7419
12,5		0,8868		0,6906
50		0,6831		1,7199
70		1,0143		0,8366
0,5	E18 MG6	0,7199	E18 MG12	0,7526
12,5		0,6556		0,7491
50		0,6256		0,4779
70		0,7761		0,8186
0,5	E18 MG7	1,1299	E18 MG13	1,4716
12,5		0,6934		0,5071
50		0,8939		0,4279
70		0,9001		0,8819

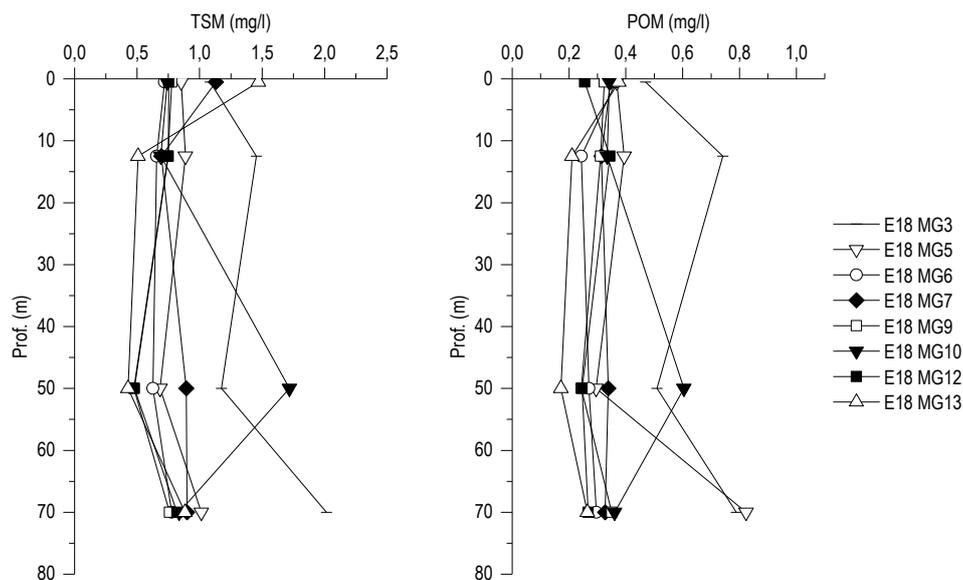


Figura 35 - Profili delle concentrazioni (mg/l) dei solidi sospesi (TSM) e delle concentrazioni di particolato organico (POM).

I profili batimetrici di TSM (Figura 35) presentano andamenti diversi da stazione a stazione, ma variano nel complesso in un range ristretto. In E18 MG7, E18 MG9 ed E18 MG13 le concentrazioni massime di TSM sono state rilevate in superficie, mentre in E18 MG10 a 50 m. La concentrazione della frazione organica del TSM (POM) è in media 0,37 mg/l con minimo di 0,17 mg/l in E18 MG13 a 70 m e massimo di 0,82 mg/l in E18 MG5 a 70 m. I profili batimetrici del POM (Figura 35) seguono lo stesso andamento di TSM, con concentrazioni più basse tra 12,5 e 50 m, e più elevate tra 0,5 e 12,5 m (E18 MG6, E18 MG7, E18 MG13, E18 MG12) e tra 50 e 70 m (E18 MG10, E18 MG3, E18 MG5, E18 MG9). La frazione organica particellata rappresenta in media il 42,57% del TSM con minimo del 25,52% in E18 MG13 in superficie e massimo di 81,19% in E18 MG5 a 70 m.

Sostanza Organica Disciolta Cromoforica (CDOM)

Gli assorbimenti della CDOM a 325 nm $a_{CDOM}(325)$ sono in media $0,221 \text{ m}^{-1}$ e variano da un minimo di $0,128 \text{ m}^{-1}$ in E18 MG9 a 12,5 m ad un massimo di $0,354 \text{ m}^{-1}$ in E18 MG13 a 50 m (Tabella 29). I profili batimetrici (Figura 36) presentano massimi a 50 m e minimi tra 0,5 e 12,5 m, con tutte le stazioni raggruppate in un ambito ristretto di variazione.

Tabella 29 - Assorbimento (m^{-1}) 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	E18 MG3	0,1315	E18 MG9	0,1301
12,5		0,1388		0,1284
50		0,3258		0,3193
70		0,2802		0,2903
0,5	E18 MG5	0,1577	E18 MG10	0,1555
12,5		0,1500		0,1597
50		0,3256		0,3239
70		0,2809		0,2481
0,5	E18 MG6	0,1395	E18 MG12	0,1397
12,5		0,1416		0,1472
50		0,3174		0,3383
70		0,2718		0,2556
0,5	E18 MG7	0,1503	E18 MG13	0,1331
12,5		0,1338		0,1435
50		0,3264		0,3539
70		0,2726		0,2579

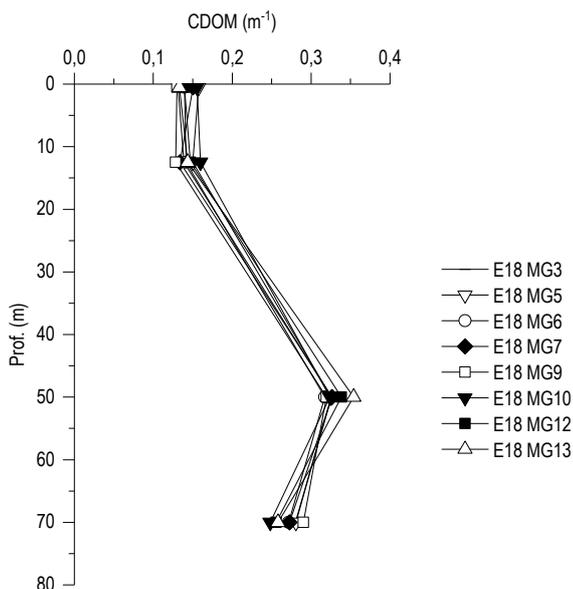


Figura 36 - Profili degli assorbimenti (m^{-1}) della CDOM a 325 nm ($a_{CDOM(325)}$).

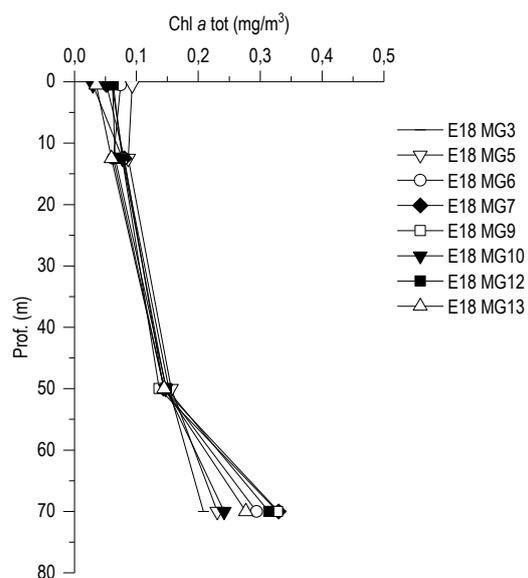


Figura 37 - Profili delle concentrazioni (mg/m^3) di clorofilla a tot.

Clorofilla a e diversità pigmentaria

La concentrazione di clorofilla a è in media $0,139 mg/m^3$ e varia da un minimo di $0,029 mg/m^3$ (E18 MG10 0,5 m) fino a un massimo di $0,329 mg/m^3$ (E18 MG7 70 m) (Tabella 30), valori inferiori a quelli di P18 e delle precedenti campagne estive. I profili batimetrici (Figura 37) mostrano grande omogeneità tra tutte le stazioni, con una distribuzione delle concentrazioni di Chl a lungo la colonna d'acqua con minimi tra la superficie e 12,5 m e massimi a 70m, come generalmente atteso nella stagione estiva.

Tabella 30 - Concentrazioni (mg/m³) della Clorofilla *a* totale (Chl *a* tot = Clorofilla *a*,+ Divinil Clorofilla *a* + Alloclorofilla *a*, se presenti).

Prof. m	Stazione	Chl <i>a</i> mg/m ³	Stazione	Chl <i>a</i> mg/m ³
0,5	E18 MG3	0,0606	E18 MG9	0,0627
12,5		0,0787		0,0771
50		0,1523		0,1369
70		0,2084		0,3282
0,5	E18 MG5	0,0931	E18 MG10	0,0298
12,5		0,0870		0,0777
50		0,1563		0,1473
70		0,2306		0,2416
0,5	E18 MG6	0,0746	E18 MG12	0,0614
12,5		0,0626		0,0655
50		0,1447		0,1484
70		0,2941		0,3143
0,5	E18 MG7	0,0516	E18 MG13	0,0349
12,5		0,0805		0,0595
50		0,1438		0,1448
70		0,3297		0,2767

Le concentrazioni dei nove pigmenti diagnostici principali sono riportate in **Tabella 31**. Il pigmento a maggiore concentrazione media è Hex-Fuco (media 0,038, min 0,007, max 0,086 mg/m³), segue Chl *b* (media 0,033, min 0,005, max 0,098 mg/m³), DVA (media 0,028, max 0,126 mg/m³), Zea (media 0,022, min 0,009, max 0,041 mg/m³), But-Fuco (media 0,021, min 0,001, max 0,080 mg/m³), Fuco (media 0,012, min 0,001, max 0,046 mg/m³), Perid (media 0,009, min 0,008, max 0,011 mg/m³). Prasino e Allo hanno le concentrazioni più basse, con valori spesso prossimi allo zero. Per la generalità dei pigmenti, le concentrazioni tendono ad aumentare verso lo strato più profondo (50-70 m).

La composizione pigmentaria risulta simile nella distribuzione verticale tra le diverse stazioni. Dai rapporti tra i singoli pigmenti e la loro somma totale si ottiene una stima della composizione tassonomica del popolamento fitoplanctonico (**Figura 38**). Hex-Fuco (Prymnesiophyceae coccolitofori) e Chl *b* (Chlorophyta), con le più alte concentrazioni, presentano anche i contributi percentuali medi più alti rispetto agli altri pigmenti con una media rispettivamente del 25,85% e del 17,50%. Gli altri pigmenti, esclusa la frazione picoplanctonica, presentano contributi minori che raggiungono al massimo l'11,18% per But-Fuco (Dictyochophyceae, Chrysophyceae, Prymnesiophyceae non Coccolitofori), il 9,03% per Perid, (Dinoflagellati), il 6,26%, per Fuco (Diatomee), 0,85% per Prasino (Prasinophyceae) e 0,31% per Allo (Cryptophyceae). Si sottolinea che i pigmenti Fuco, Hex-Fuco, But-Fuco, seppure indicati come diagnostici per una determinata classe fitoplanctonica, sono spesso condivisi in misura differente da diverse classi algali.

La frazione picoplanctonica totale relativa ai cianobatteri, costituita dalla somma di Zea (*Synechococcus*-like) e DVA (genere *Prochlorococcus*), rappresenta in media il 27,67% del popolamento arrivando al 56,43% (E18 MG10, 50 m). Le maggiori concentrazioni si riscontrano tra 50 e 70 m (**Tabella 31**).

Dall'analisi del contributo dei pigmenti diagnostici (**Figura 38**) emerge una composizione pigmentaria simile nelle varie stazioni con aumento di Fuco (diatomee) e componente picoplanctonica in profondità e, comunità fitoplanctoniche con elevata differenziazione.

Tabella 31 - Concentrazioni (mg/m ³) dei principali pigmenti diagnostici fitoplanctonici (acronimi in Tabella 7).										
Stazione	Prof.m	Fuco	Perid	Hex-Fuco	But-Fuco	Prasino	Allo	Zea	DVA	Chl b
E18 MG3	0,5	0,0054	0,0094	0,0186	0,0083	0,0007	0,0000	0,0138	0,0015	0,0050
	12,5	0,0067	0,0105	0,0251	0,0082	0,0008	0,0002	0,0187	0,0000	0,0175
	50	0,0071	0,0092	0,0467	0,0193	0,0010	0,0003	0,0210	0,0238	0,0093
	70	0,0291	0,0094	0,0661	0,0540	0,0035	0,0004	0,0298	0,0591	0,0779
E18 MG5	0,5	0,0047	0,0101	0,0176	0,0059	0,0003	0,0000	0,0138	0,0000	0,0078
	12,5	0,0069	0,0098	0,0282	0,0085	0,0008	0,0007	0,0163	0,0018	0,0103
	50	0,0101	0,0106	0,0517	0,0233	0,0010	0,0009	0,0242	0,0235	0,0158
	70	0,0136	0,0098	0,0493	0,0297	0,0012	0,0006	0,0336	0,0836	0,0787
E18 MG6	0,5	0,0055	0,0103	0,0238	0,0090	0,0004	0,0002	0,0140	0,0030	0,0119
	12,5	0,0065	0,0114	0,0299	0,0145	0,0005	0,0004	0,0183	0,0062	0,0071
	50	0,0068	0,0092	0,0512	0,0203	0,0013	0,0005	0,0234	0,0231	0,0352
	70	0,0444	0,0099	0,0588	0,0785	0,0065	0,0020	0,0323	0,0621	0,0950
E18 MG7	0,5	0,0025	0,0097	0,0203	0,0051	0,0004	0,0000	0,0094	0,0025	0,0113
	12,5	0,0056	0,0096	0,0270	0,0095	0,0012	0,0000	0,0172	0,0055	0,0136
	50	0,0078	0,0088	0,0553	0,0228	0,0010	0,0007	0,0251	0,0135	0,0204
	70	0,0453	0,0105	0,0638	0,0803	0,0058	0,0006	0,0327	0,0693	0,0909
E18 MG9	0,5	0,0048	0,0094	0,0250	0,0070	0,0010	0,0004	0,0165	0,0000	0,0085
	12,5	0,0029	0,0110	0,0230	0,0070	0,0016	0,0002	0,0162	0,0017	0,0147
	50	0,0088	0,0098	0,0418	0,0196	0,0016	0,0004	0,0281	0,0336	0,0238
	70	0,0233	0,0099	0,0862	0,0705	0,0049	0,0013	0,0408	0,0774	0,0895
E18 MG10	0,5	0,0020	0,0090	0,0078	0,0027	0,0003	0,0002	0,0133	0,0000	0,0152
	12,5	0,0049	0,0100	0,0309	0,0081	0,0002	0,0000	0,0135	0,0021	0,0057
	50	0,0087	0,0096	0,0478	0,0206	0,0015	0,0005	0,0293	0,1260	0,0310
	70	0,0105	0,0089	0,0852	0,0326	0,0000	0,0012	0,0410	0,0993	0,0894
E18 MG12	0,5	0,0030	0,0103	0,0153	0,0056	0,0004	0,0006	0,0156	0,0075	0,0165
	12,5	0,0055	0,0116	0,0277	0,0091	0,0009	0,0000	0,0191	0,0000	0,0059
	50	0,0057	0,0090	0,0434	0,0168	0,0007	0,0000	0,0259	0,0286	0,0240
	70	0,0462	0,0090	0,0471	0,0752	0,0056	0,0012	0,0287	0,0734	0,0985
E18 MG13	0,5	0,0017	0,0101	0,0107	0,0019	0,0003	0,0000	0,0134	0,0008	0,0189
	12,5	0,0020	0,0114	0,0191	0,0043	0,0002	0,0009	0,0156	0,0020	0,0201
	50	0,0079	0,0104	0,0482	0,0198	0,0013	0,0000	0,0267	0,0257	0,0158
	70	0,0454	0,0102	0,0494	0,0018	0,0043	0,0027	0,0291	0,0627	0,0938

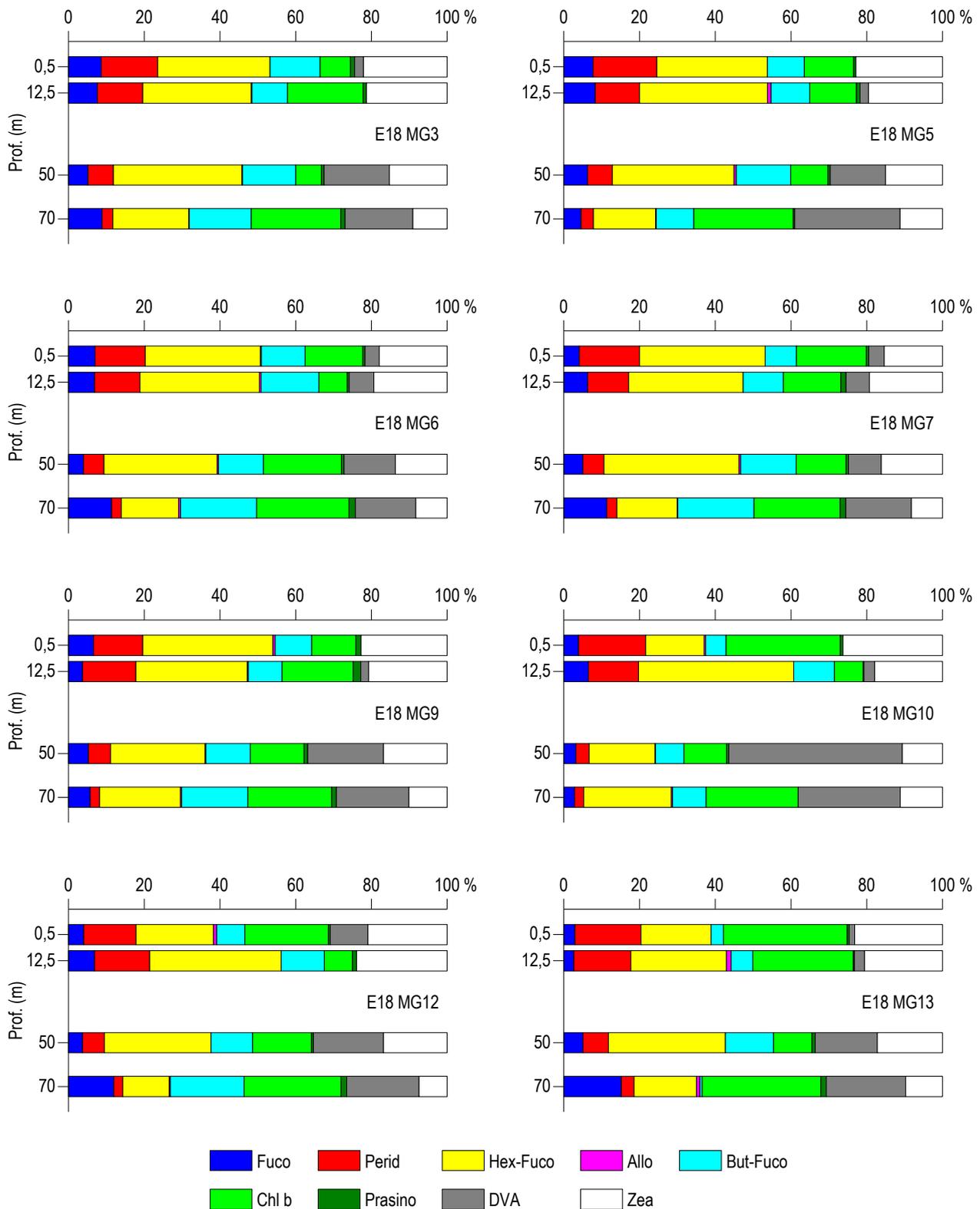


Figura 38 – Concentrazione relativa dei singoli pigmenti diagnostici in rapporto al totale delle concentrazioni dei nove Pigmenti Diagnostici (PD= Fuco+Perid+Hex-Fuco+But-Fuco+Allo+Prasino+Chl**b**+DVA+Zea).

Tensioattivi

 Le concentrazioni dei **tensioattivi** risultano al di sotto del limite di quantificazione della metodica in tutti i campioni **Tabella 32**.

Tabella 32 - 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	E18 MG3				E18 MG5				E18 MG6				E18 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

Profondità	E18 MG9				E18 MG10				E18 MG12				E18 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 non sono stati rilevati (**Tabella 33**).

Tabella 33 - Concentrazione dei cloroderivati nelle acque. I livelli indicano la profondità di prelievo del campione.

Profondità (m)	E18 MG3				E18 MG5				E18 MG6				E18 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	<2,0	<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 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	<2,0	<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 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
Aloacetoni nitrili (µg/l)																
Dibromoacetoni nitrile	<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
Dicloroacetoni nitrile	<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
Tricloroacetoni nitrile	<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)	E18 MG9				E18 MG10				E18 MG12				E18 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

Tabella 33 - Concentrazione dei cloroderivati nelle acque. I livelli indicano la profondità di prelievo del campione.

Profondità (m)	E18 MG3				E18 MG5				E18 MG6				E18 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
Acido Tribromoacetico	< 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 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	< 2,0	< 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 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
Aloacetoni nitrili (µg/l)																
Dibromoacetoni nitrile	< 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
Dicloroacetoni nitrile	< 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
Tricloroacetoni nitrile	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
1,1,1-Tricloro-2-Propanone	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
1,1-Dicloro-2-Propanone	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Cloropicrina	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Alometani e VOC (µg/l)																
Cloroformio	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Carbonio Tetracloruro	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Tricloro Etilene	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Dicloro Bromo Metano	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Tetracloro Etilene	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Dibromo Cloro Metano	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Bromoformio	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,2-Dibromo Etano	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,1,1-Tricloro Etano	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,1,2-Tricloro Etano	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Alofenoli (µg/l)																
2,4-Diclorofenolo	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
4-Cloro-3-Metilfenolo	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
2,4,6-Triclorofenolo	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Pentaclorofenolo	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2

Idrocarburi totali

Sono stati rilevati in tutte le stazioni senza pattern particolari riconducibili alla presenza dell'FSRU o al gradiente batimetrico (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.

E18 MG3				E18 MG5				E18 MG6				E18 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
288,7	131,5	151,3	167,7	153,8	285,2	128,3	110,6	76,8	154,4	109,8	299,8	183,1	62,4	228,8	243,2
E18 MG9				E18 MG10				E18 MG12				E18 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
131,0	164,8	207,5	285,9	295,3	134,4	137,2	214,9	207,6	113,7	250,8	83,3	114,7	162,3	331,5	238,9

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.

	E18 MG3	E18 MG5	E18 MG6	E18 MG7	E18 MG9	E18 MG10	E18 MG12	E18 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. tricornutum</i> e <i>D. labrax</i> . Salinità (‰); Ossigeno disciolto (mg/l).									
Campione	Prof. m	Salinità	pH	Ossigeno disciolto	Campione	Prof. m.	Salinità	pH	Ossigeno disciolto
Controllo		36	8,12	6,02					
E18 MG3	0,5	38	8,27	5,71	E18 MG9	0,5	38	8,23	5,78
	12,5	38	8,23	6,03		12,5	38	8,26	5,81
	50	38	8,16	5,45		50	38	8,19	5,64
E18 MG5	0,5	38	8,20	5,38	E18 MG10	0,5	38	8,24	5,68
	12,5	38	8,21	5,57		12,5	38	8,25	5,88
	50	38	8,17	5,66		50	38	8,16	5,92
E18 MG6	0,5	38	8,26	5,78	E18 MG12	0,5	38	8,22	5,67
	12,5	38	8,26	5,80		12,5	38	8,19	6,02
	50	38	8,21	5,45		50	38	8,21	5,91
E18 MG7	0,5	38	8,24	6,02	E18 MG13	0,5	38	8,24	5,80
	12,5	38	8,22	6,03		12,5	38	8,21	5,71
	50	38	8,21	6,00		50	38	8,16	5,64

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. 17K4276A (scadenza 11/19). Il valore della EC50(15') = 11,36 mg/l (LC = 9,19 mg/l e UC=14,03 mg/l) ottenuto con la sostanza di riferimento ZnSO₄·7H₂O rientra nei limiti della carta di controllo del laboratorio. L'assenza di inibizione della bioluminescenza e i valori dell'EC20>90 e dell'EC50>90 mostrano l'assenza di tossicità in tutti i campioni di acqua testati.

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 %.																
Campione	Prof.	EC20	EC50	max. effetto 15'	max. effetto 30'	Tossicità	Campione	Prof.	EC20	EC50	max. effetto 15'	max. effetto 30'	Tossicità			
E18 MG3	0,5	≥90	>90	-8,29	-7,70	Assente	E18 MG9	0,5	0,5	≥90	>90	-9,58	Assente			
	12,5	≥90	>90	-6,53	-7,03			12,5	12,5	≥90	>90	-5,38				
	50	≥90	>90	-7,46	-8,53			50	50	≥90	>90	-10,61				
E18 MG5	0,5	≥90	>90	-7,05	-6,44		E18 MG10	0,5	0,5	≥90	>90	-11,99		Assente		
	12,5	≥90	>90	-5,78	-5,79			12,5	12,5	≥90	>90	-7,24				
	50	≥90	>90	-9,52	-9,48			50	50	≥90	>90	-6,01				
E18 MG6	0,5	≥90	>90	-4,04	-5,29		E18 MG12	0,5	0,5	≥90	>90	-4,69			Assente	
	12,5	≥90	>90	-6,99	-7,61			12,5	12,5	≥90	>90	-3,43				
	50	≥90	>90	-7,60	-7,49			50	50	≥90	>90	-6,98				
E18 MG7	0,5	≥90	>90	-11,44	-11,62		E18 MG13	0,5	0,5	≥90	>90	-5,79				Assente
	12,5	≥90	>90	-8,66	-8,76			12,5	12,5	≥90	>90	-4,45				
	50	≥90	>90	-8,19	-7,92			50	50	≥90	>90	-3,27				

Phaeodactylum tricornutum

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

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 = 2,81 mg/l (L.C. 95%: 2,68-2,94); 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 tricornutum*).

In tutti i campioni di acqua testati la tossicità risulta Assente con la sola eccezione del campione superficiale in E18 MG12.

Tabella 38 - Risultati del test con *Phaeodactylum tricomutum* 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			6,09	± 0,13								
E18 MG3	0,5	≥90/>100	5,63	± 0,15	Assente	E18 MG9	0,5	≥90/>100	10,11	± 0,29	Assente	
	12,5	≥90/>100	6,37	± 0,15			12,5	≥90/>100	11,19	± 0,28		
	50	≥90/>100	5,83	± 0,15			50	≥90/>100	10,41	± 0,34		
E18 MG5	0,5	≥90/>100	5,77	± 0,12		E18 MG 10	0,5	≥90/>100	11,41	± 0,45		Assente
	12,5	≥90/>100	5,40	± 0,20			12,5	≥90/>100	12,30	± 0,34		
	50	≥90/>100	5,37	± 0,21			50	≥90/>100	10,56	± 0,44		
E18 MG6	0,5	≥90/>100	5,97	± 0,15		E18 MG 12	0,5	87,38/>100	11,19	± 0,39		Bassa
	12,5	≥90/>100	5,87	± 0,15			12,5	≥90/>100	10,37	± 0,26		Assente
	50	≥90/>100	6,03	± 0,21			50	≥90/>100	10,19	± 0,39		
E18 MG7	0,5	≥90/>100	6,10	± 0,20		E18 MG 13	0,5	≥90/>100	9,89	± 0,40		Assente
	12,5	≥90/>100	5,73	± 0,21			12,5	≥90/>100	11,11	± 0,48		
	50	≥90/>100	6,30	± 0,10			50	≥90/>100	11,63	± 0,61		

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* (98±22 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 2,12 mg/l, valore che rientra all'interno della carta di controllo del laboratorio (L.C. 95%: 1,65 mg/l-2,68 mg/l). Nessun campione è risultato tossico.

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 stabilizzazione. Volume 5000 ml, aerazione, % saturazione ossigeno disciolto >90%, pH range 8,16-8,28, salinità ‰ 38, temperatura 20,5±1 °C.

Campione	Prof. m	N. pesci esposti			% mortalità media	Tossicità acuta	Campione	Prof. m	N. pesci esposti			% mortalità media	Tossicità acuta
		R1	R2	R3					R1	R2	R3		
Controllo	-	10	10	10	3,3								
E18 MG3	0,5	10	10	10	3,3	Assente	E18 MG9	0,5	10	10	10	3,3	Assente
	12,5	10	10	10	6,7			12,5	10	10	10	0,0	
	50	10	10	10	10,0			50	10	10	10	3,3	
E18 MG5	0,5	10	10	10	0,0		E18 MG10	0,5	10	10	10	0,0	
	12,5	10	10	10	6,7			12,5	10	10	10	10,0	
	50	10	10	10	3,3			50	10	10	10	10,0	
E18 MG6	0,5	10	10	10	0,0		E18 MG12	0,5	10	10	10	3,3	
	12,5	10	10	10	3,3			12,5	10	10	10	6,7	
	50	10	10	10	0,0			50	10	10	10	0,0	
E18 MG7	0,5	10	10	10	6,7		E18 MG13	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	10,0	

Paracentrotus lividus

QA-QC – Il test eseguito con la sostanza di riferimento ha fornito una EC₅₀ di 21,80 µg l⁻¹ di Cu (LC=20,51 e UC=23,18), che rientra nei limiti della carta di controllo del laboratorio. La percentuale media di embrioni allo stadio di pluteo (85 ± 2,52%) 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**.

Nella maggior parte dei siti la tossicità risulta assente. In prossimità dell'FSRU la tossicità risulta variabile essendo in alcuni casi bassa (E18 MG 6 0,5; E18 MG 6 12,5; E18 MG 0,5; E18MG13 0,5; E18MG13 12,5; E18MG13 50) in altri assente (E18 MG 12 tutti i livelli; E18 MG 6 50), in un solo caso (E18MG7 50) media.

Nelle restanti stazioni tossicità bassa è stata rilevata unicamente in E18MG5 50 posta a 200 m dal Terminale.

Tabella 40 - Risultati del test di embriotossicità (72 ore) con <i>P.lividus</i> e successiva stima della tossicità cronica.						
Concentrazione (%) del campione	% media di plutei (± dev.st %)	% media di embrioni non sviluppati	Correzione ABBOTT (embrioni non sviluppati)	EC 20 (%)	EC 50 (%)	Tossicità
Controllo	85 ± 2,52	15	0	≥ 90	>100	Assente

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
E18 MG3/0,5	100	77 \pm 1,00	23	10	≥ 90	>100	Assente
	50	83 \pm 1,53	17	3			
	25	85 \pm 1,15	15	0			
E18 MG3/12,5	100	77 \pm 2,08	23	10	≥ 90	>100	Assente
	50	82 \pm 1,53	18	4			
	25	84 \pm 1,15	16	1			
E18 MG3/50	100	77 \pm 2,08	23	10	≥ 90	>100	Assente
	50	81 \pm 2,31	19	5			
	25	84 \pm 2,08	16	2			
E18 MG5/0,5	100	78 \pm 2,08	22	9	≥ 90	>100	Assente
	50	82 \pm 1,53	18	4			
	25	83 \pm 2,08	17	2			
E18 MG5/12,5	100	78 \pm 1,53	22	9	≥ 90	>100	Assente
	50	81 \pm 2,08	19	5			
	25	84 \pm 2,00	16	2			
E18 MG5/50	100	75 \pm 0,58	25	12	≥ 90	>100	Bassa
	50	81 \pm 2,00	19	5			
	25	84 \pm 1,00	16	2			
E18 MG6/0,5	100	65 \pm 1,53	35	24	75,1	>100	Bassa
	50	72 \pm 2,00	28	16			
	25	82 \pm 1,53	18	4			
E18 MG6/12,5	100	55 \pm 2,65	45	36	54,4	>100	Bassa
	50	69 \pm 1,53	31	20			
	25	81 \pm 0,58	19	5			
E18 MG6/50	100	44 \pm 2,00	56	48	≥ 90	>100	Assente
	50	62 \pm 5,86	38	27			
	25	79 \pm 1,53	21	7			
E18 MG7/0,5	100	77 \pm 1,00	23	10	≥ 90	>100	Bassa
	50	80 \pm 1,53	20	6			
	25	83 \pm 2,08	17	2			
E18 MG7/12,5	100	75 \pm 1,15	25	12	≥ 90	>100	Assente
	50	80 \pm 2,00	20	6			
	25	83 \pm 2,08	17	3			
E18 MG7/50	100	31 \pm 2,00	69	64	35,6	72,2	Media
	50	55 \pm 2,65	45	36			
	25	79 \pm 1,53	21	8			
E18 MG9/0,5	100	74 \pm 1,15	26	13	≥ 90	>100	Assente
	50	80 \pm 1,00	20	6			
	25	83 \pm 1,53	17	3			
E18 MG9/12,5	100	76 \pm 2,00	24	11	≥ 90	>100	Assente
	50	79 \pm 1,00	21	7			
	25	84 \pm 2,08	16	2			
E18 MG9/50	100	75 \pm 1,53	25	12	≥ 90	>100	Assente
	50	79 \pm 0,58	21	7			
	25	84 \pm 2,31	16	2			
E18 MG10/0,5	100	75 \pm 1,15	25	13	≥ 90	>100	Assente
	50	79 \pm 1,53	21	7			
	25	83 \pm 2,08	17	2			
E18MG10/12,5	100	76 \pm 1,15	24	11	≥ 90	>100	Assente
	50	80 \pm 1,53	20	6			
	25	83 \pm 2,08	17	2			
E18 MG10/50	100	78 \pm 1,53	22	9	≥ 90	>100	Assente
	50	80 \pm 1,53	20	6			
	25	84 \pm 1,73	16	2			
E18 MG12/0,5	100	78 \pm 1,73	22	9	≥ 90	>100	Assente
	50	81 \pm 2,08	19	5			
	25	84 \pm 1,00	16	2			
E18MG12/12,5	100	77 \pm 1,73	23	10	≥ 90	>100	Assente
	50	79 \pm 1,53	21	8			
	25	84 \pm 1,15	16	2			
E18 MG12/50	100	78 \pm 1,53	22	9	≥ 90	>100	Assente
	50	81 \pm 2,08	19	5			
	25	84 \pm 2,00	16	2			

Tabella 40 - Risultati del test di embriotossicità (72 ore) con <i>P.lividus</i> 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
E18 MG13/0,5	100	63 \pm 1,15	37	26	71,1	>100	Bassa
	50	71 \pm 2,31	29	16			
	25	83 \pm 1,53	17	2			
E18MG13/12,5	100	64 \pm 1,15	36	25	78,8	>100	Bassa
	50	74 \pm 1,53	26	13			
	25	83 \pm 1,53	17	2			
E18 MG13/50	100	56 \pm 0,58	44	34	52,3	>100	Bassa
	50	67 \pm 1,53	33	22			
	25	80 \pm 1,53	20	6			

6.1.3 Plancton

6.1.3.1 Fitoplancton

Analisi quantitativa e qualitativa del fitoplancton da bottiglia

Le densità fitoplanctoniche totali sono in media 41,77 cell/ml, variando da un minimo di 15,94 cell/ml in E18 MG6 12,5 m, ad un massimo di 90,34 cell/ml in E18 MG10 12,5 m (Tabella 41). Mediamente le maggiori abbondanze sono date dal gruppo "Altro plancton" costituito dalle classi di nanoflagellati (Cryptophyceae, Chrysophyceae, Dictyochophyceae, Prasinophyceae, Prymnesiophyceae non Coccolitofori più i flagellati non identificati) che variano da un minimo di 3,69 cell/ml in E18 MG6 12,5 m ad un massimo di 62,59 cell/ml in E18 MG10 a 12,5 m. Le classi diatomee, dinoflagellati, coccolitofori, sono presenti con densità inferiori a 20 cell/ml (a parte il massimo di 22,9 cell/ml delle diatomee in E18MG13 70m); i dinoflagellati hanno le abbondanze maggiori, fino a 17,91 cell/ml (E18 MG12 70 m) mentre le diatomee hanno abbondanze inferiori a 5 cell/ml lungo la colonna d'acqua tranne che a 70 m, dove superano invece 10 cell/ml.

I profili verticali (Figura 39) mostrano scarsa variabilità, con generalmente valori più bassi in superficie che tendono ad aumentare verso le maggiori profondità.

La dominanza del gruppo "Altro plancton" e dei dinoflagellati (Figura 40), generalmente attesa per la stagione estiva, è determinata soprattutto dalla componente di nano-fitoplancton flagellato, costituita prevalentemente da *Phaeocystis* sp., Chlorophyta (*Tetraselmis* sp., *Pyramimonas* sp., *Pseudoscurfieldia marina*), poche Cryptophyceae e altre forme di nanoflagellati di difficile identificazione. La presenza di queste forme contribuisce alla diversificazione della comunità fitoplanctonica, come evidente dalla diversità pigmentaria: la notevole presenza di Hex-Fuco e But-Fuco è attribuibile infatti sia alla (scarsa) presenza di coccolitofori (soprattutto *Emiliania huxleyi*, e *Sphaerocalypta quadridentata*, *Calyptrosphaera oblonga*) che soprattutto anche alle

I dinoflagellati sono in media il 24,73%, e sono rappresentati principalmente da forme atecate (*Gymnodiniaceae* spp., spesso non fotosintetici) e da forme tecate come *Heterocapsa minima*, *Heterocapsa rotundata*, *Oxytoxum variabile*, *Lessardia elongata*.

Le diatomee, in media il 12,89% (Figura 40), aumentano di importanza con la profondità, con un comportamento tipico per la stagione estiva. Sono presenti *Cylindroseteca closterium*, *Chaetoceros* spp., ed altre forme appartenenti a pennate nanoplanctoniche lungo tutta la colonna d'acqua, aumentano soprattutto a 70 m specie del genere *Pseudo-nitzschia* (*P. galaxiae*, *P. pseudodelicatissima*, *P. delicatissima*), genere potenzialmente tossico ma presente con densità comunque al di sotto di 10 cell/ml.

abbondanze di *Phaeocystis* sp., e degli altri nanoflagellati, come il contributo delle Chlorophyta sopra citate è evidenziato dalla presenza di Chl b.

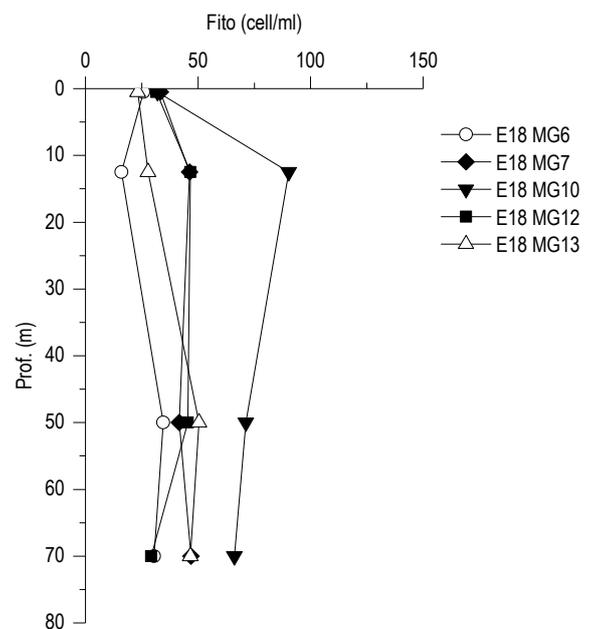


Figura 39 - Profili delle densità fitoplanctoniche totali (cell/ml).

Tabella 41 - Densità fitoplanctonica totale (cell/ml) e delle classi o gruppi identificati.						
Stazione	prof. (m)	Diatomee	Dinoflagellati	Coccolitofori	Altro	Totale
E18 MG6	0,5	2,81	6,71	6,57	9,65	25,73
	12,5	1,16	6,57	4,52	3,69	15,94
	50	1,98	14,09	4,93	13,55	34,55
	70	13,72	3,94	5,11	7,74	30,52
E18 MG7	0,5	1,66	8,83	10,23	12,55	33,27
	12,5	1,69	13,59	12,18	18,73	46,19
	50	2,30	16,88	5,44	17,02	41,64
	70	16,62	8,10	5,49	16,62	46,83
E18 MG10	0,5	2,01	3,96	6,50	19,56	32,04
	12,5	1,06	11,75	14,93	62,59	90,34
	50	3,04	17,11	7,60	43,53	71,28
	70	5,98	10,66	3,44	46,07	66,15
E18 MG12	0,5	1,92	4,65	10,42	14,54	31,53
	12,5	3,52	11,44	10,62	21,06	46,64
	50	1,68	17,91	7,65	18,24	45,47
	70	10,90	6,60	3,16	8,53	29,19
E18 MG13	0,5	1,30	4,74	10,07	7,08	23,20
	12,5	1,18	7,58	8,17	10,89	27,82
	50	2,47	15,47	7,34	25,08	50,36
	70	22,90	6,84	5,18	11,75	46,66

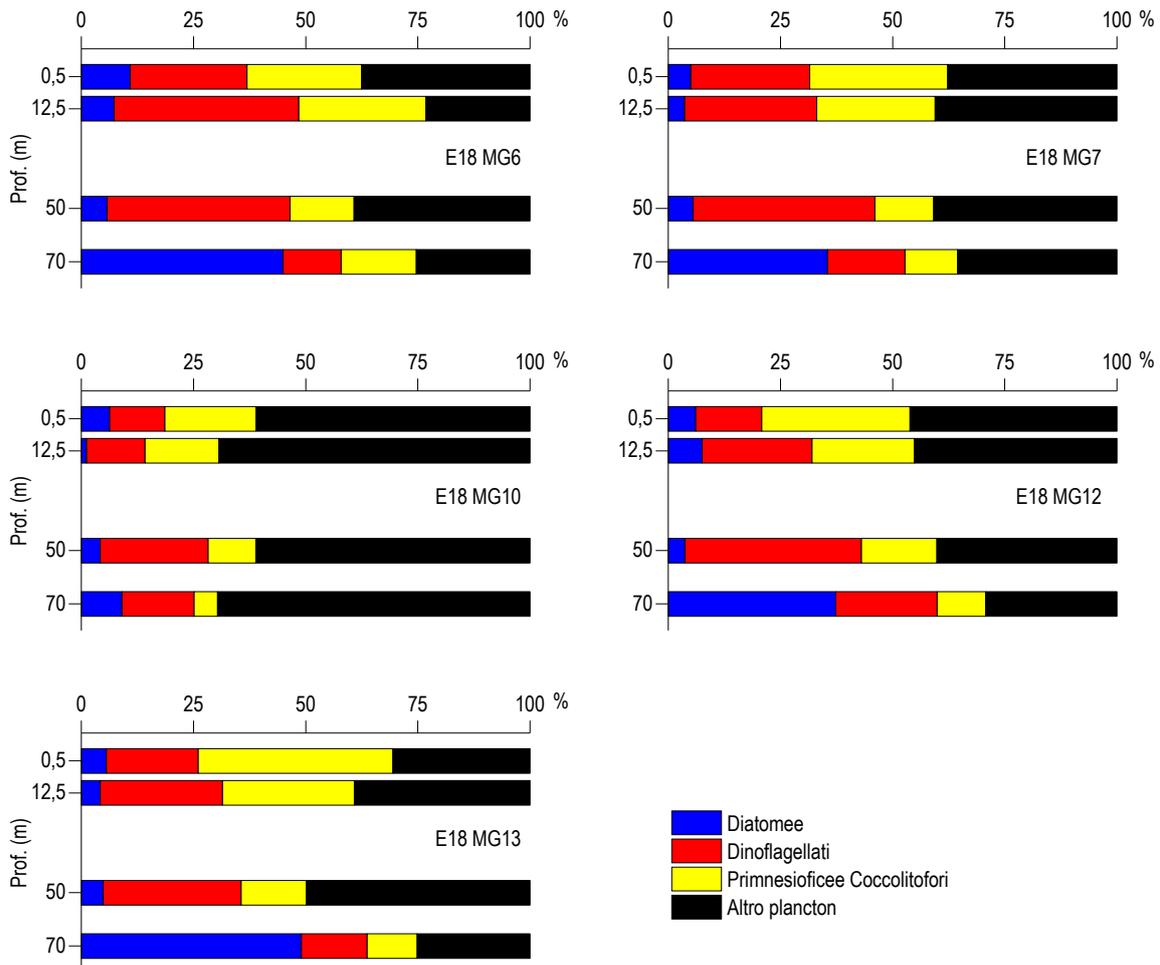


Figura 40 – Abbondanza relativa delle classi fitoplanctoniche indicate in legenda in rapporto all'abbondanza totale.

Sono stati identificati in totale, a diverso livello tassonomico, 176 taxa (**Tabella 42**), più la categoria dei Flagellati indeterminati, suddivisi tra le principali classi o raggruppamenti fitoplanctonici di cui si fornisce l'elenco completo in **Tabella 43**. La maggior parte dei taxa appartiene alla classe dei dinoflagellati con 60 specie e 3 forme identificate a livello di genere. Le diatomee sono rappresentate da 45 specie e 11 generi mentre i coccolitofori risultano meno diversificati con 26 specie insieme a 1 forma individuata a livello di genere. Il popolamento fitoplanctonico estivo presenta valori di diversità specifica (Shannon) e valori di equitabilità (Pielou) che variano, rispettivamente tra 2,84 e 4,61 bit/cell e tra 0,51 e 0,84. Tali valori sono elevati, come atteso in questa stagione.

Non si sono evidenziate fioriture anomale e quindi si conferma l'elevata differenziazione dei popolamenti fitoplanctonici, sia in termini di composizione pigmentaria sia in ricchezza di taxa.

Tabella 42 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni prelevati nell'estate 2018 (prelievo con Niskin).			
Classe	Specie	Generi	Categorie superiori*
Diatomee	45	11	5
Dinoflagellati	60	3	3
Prymnesiophyceae coccolitofori	26	1	1
Cryptophyceae	1		1
Chrysophyceae/Dictyochophyceae	5		
Chlorophyta/Euglenoidea			2
Prasinophyceae	3	2	
Prymnesiophyceae non coccolitofori		1	
Altro	3	3	
Totale	143	21	12

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

Tabella 43 - Lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative microscopiche (E18).

DIATOMEE		
<i>Amphora</i> spp.	Diatomee pennate > 20 µm n.i.	<i>Nitzschia sicula</i> (Castracane) Hustedt
<i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castracane) Round 1990	<i>Diploneis crabro</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1854	<i>Nitzschia</i> spp.
<i>Bacteriastrium delicatulum</i> Cleve 1897	<i>Diploneis</i> spp.	<i>Paralia</i> sp.
<i>Bacteriastrium furcatum</i> Shadbolt 1854	<i>Entomoneis</i> cf. <i>paludosa</i> (Smith) Reimer 1975	<i>Phaeodactylum tricornutum</i> Bohlin 1897
<i>Bacteriastrium hyalinum</i> Lauder 1864	<i>Entomoneis</i> spp.	<i>Plagiotropis</i> sp.
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder 1864	<i>Fragilariopsis dolioli</i> (Wallich) Medlin & Sims 1993	<i>Pleurosigma majus</i> (Grunow) Cleve 1894
<i>Chaetoceros atlanticus</i> Cleve 1873	<i>Guinardia flaccida</i> (Castracane) Peragallo 1892	<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström 1886
<i>Chaetoceros compressus</i> Lauder 1864	<i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle 1996	<i>Psammodyctyon panduriforme</i> (Gregory) Mann 1990
<i>Chaetoceros curviseus</i> Cleve 1889	<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow 1880	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cleve) Heiden 1928
<i>Chaetoceros danicus</i> Cleve 1889	<i>Haslea</i> sp.	<i>Pseudo-nitzschia galaxiae</i> Lundholm & Moestrup 2002
<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve 1873	<i>Haslea wawriake</i> (Hustedt) Simonsen 1974	<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle 1993
<i>Chaetoceros lacinosus</i> Schütt 1895	<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow ex Van Heurck 1882	<i>Pseudo-nitzschia subfraudulenta</i> (Hasle) Hasle 1993
<i>Chaetoceros pseudocurviseus</i> Mangin 1910	<i>Lauderia annulata</i> Cleve 1873	<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultze) Sundström 1886
<i>Chaetoceros rostratus</i> Lauder 1864	<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve 1889	<i>Rhizosolenia castracanei</i> Peragallo 1888
<i>Chaetoceros</i> spp.	<i>Leptocylindrus mediterraneus</i> (Peragallo) Hasle 1975	<i>Rhizosolenia decipiens</i> Sundström 1886
<i>Chaetoceros wighamii</i> Brightwell 1856	<i>Leptocylindrus minimus</i> Gran 1915	<i>Synedra</i> spp.
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & Lewin 1964	<i>Navicula distans</i> (Smith) Ralfs 1861	<i>Thalassionema cf. bacillare</i> (Heiden) Kolbe 1955
<i>Dactylosolen blavyanus</i> (Peragallo) Hasle 1975	<i>Navicula</i> spp.	<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Hallegraeff 1886
Diatomea pennata n.i. (forma p)	<i>Nitzschia</i> (sez. sigmatae) sp.	<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky 1902
Diatomee centriche < 20 µm n.i.	<i>Nitzschia bicapitata</i> Cleve 1901	<i>Thalassiosira</i> spp.
Diatomee pennate < 20 µm n.i.		
DINOFLAGELLATI		
<i>Akashiwo sanguinea</i> (Hirasaka) Hansen & Moestrup 2000	<i>Heterocapsa niei</i> (Loeblich III) Morrill & Loeblich III 1981	<i>Oxytoxum scolopax</i> Stein 1883
<i>Alexandrium</i> cf. <i>minutum</i> Halim 1960	<i>Heterocapsa rotundata</i> (Lohmann) Hansen 1995	<i>Oxytoxum sphaeroideum</i> Stein 1883
<i>Amphidinium</i> cf. <i>globosum</i> Schröder 1911	<i>Heterocapsa triquetra</i> (Ehrenberg) Stein 1883	<i>Oxytoxum strophalatum</i> Dodge & Saunders 1985
<i>Amphidinium</i> cf. <i>sphenoides</i> Wulff 1916	<i>Karenia brevis</i> (Davis) Hansen & Moestrup 2000	<i>Oxytoxum variabile</i> Schiller 1937
<i>Amphidinium</i> spp.	<i>Karenia mikimotoi</i> (Miyake & Kominami ex Oda) Hansen & Moestrup 2000	<i>Oxytoxum viride</i> Schiller 1937
<i>Asterodinium libanum</i> Abboud-Abi Saab 1989	<i>Karenia papilionacea</i> Haywood & Steidinger 2004	<i>Phalacroma rotundatum</i> (Claparède & Lachmann) Kofoid & Michener 1911
<i>Azadinium caudatum</i> var. <i>margalefii</i> Nézan & Chomérat 2012	<i>Karenia selliformis</i> Haywood, Steidinger & MacKenzie 2004	<i>Podolampas palmipes</i> Stein 1883
<i>Ceratoperidinium falcatum</i> (Kofoid & Swezy) Reñé & de Salas 2013	<i>Karenia</i> spp.	<i>Pronoctiluca acuta</i> (Lohmann) Schiller 1933
<i>Cladopyxis brachiolata</i> Stein 1883	<i>Lessardia elongata</i> Saldarriaga & Taylor 2003	<i>Pronoctiluca spinifera</i> (Lohmann) Schiller 1932
<i>Cochlodinium pulchellum</i> Lebour 1917	<i>Mesoporos adriaticus</i> (Schiller) Lillick	<i>Prorocentrum balticum</i> (Lohmann) Loeblich 1970
<i>Cochlodinium pupa</i> Lebour 1925	<i>Mesoporos perforatus</i> (Gran) Lillick 1937	<i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) Abé ex Dodge 1975
<i>Dicroerisma psilonereia</i> Taylor & Cattell 1969	<i>Micracanthodinium setiferum</i> (Lohmann) Deflandre 1937	<i>Prorocentrum minimum</i> (Pavillard) Schiller 1933
Dinoflagellati tecati > 20 µm n.i.	<i>Minuscula bipes</i> (Paulsen) Lebour 1925	<i>Prorocentrum rathymum</i> Loeblich, Sherley & Schmidt 1979
<i>Dinophysis caudata</i> Saville-Kent 1881	<i>Neoceratium declinatum</i> (Karsten) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Prorocentrum scutellum</i> Schröder 1900
<i>Erythrospidium agile</i> (Hertwig) Silva 1960	<i>Neoceratium massiliense</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Prorocentrum triestinum</i> Schiller 1918
<i>Goniodoma sphaericum</i> Murray & Whitting 1899	<i>Neoceratium symmetricum</i> (Pavillard) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Protoceratium areolatum</i> Kofoid 1907
Gymnodiniaceae < 20 µm n.i.	<i>Oxytoxum caudatum</i> Schiller 1937	<i>Protoperidinium breve</i> Paulsen 1907
Gymnodiniaceae > 20 µm n.i.	<i>Oxytoxum laticeps</i> Schiller 1937	<i>Protoperidinium crassipes</i> (Kofoid) Balech 1974

<i>Gyrodinium aciculatum</i> Hansen & Larsen 1992	<i>Oxytoxum ligusticum</i> Rampi 1941	<i>Protooperidinium tuba</i> (Schiller) Balech 1974
<i>Gyrodinium fusiforme</i> Kofoid & Swezy 1921	<i>Oxytoxum longiceps</i> Schiller	<i>Pyrophacus horologicum</i> Stein 1883
<i>Gyrodinium</i> spp.	<i>Oxytoxum longum</i> Schiller 1937	<i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Balech ex Loeblich III 1965
<i>Heterocapsa minima</i> Pomroy 1989	<i>Oxytoxum mediterraneum</i> Schiller	<i>Torodinium robustum</i> Kofoid & Swezy 1921
PRYMNESIOPHYCEAE COCCOLITOFORI		
<i>Acanthoica quattrosipina</i> Lohmann 1903	<i>Coronosphaera binodata</i> (Kamptner) Gaarder 1977	<i>Ophiaster hydroideus</i> (Lohmann) Lohmann 1913
<i>Algirosphaera robusta</i> (Lohmann) Norris 1984	<i>Coronosphaera mediterranea</i> (Lohmann) Gaarder 1977	<i>Pontosphaera</i> sp.
<i>Alisphaera ordinata</i> (Kamptner) Heimdal 1973	<i>Cyrtosphaera aculeata</i> (Kamptner) Kleijne 1992	<i>Rhabdosphaera clavigera</i> Murray & Blackman 1898
<i>Anacanthoica acanthos</i> (Schiller) Deflandre 1952	<i>Daktylethra pirus</i> (Kamptner) Norris 1985	<i>Sphaerocalyptra quadridentata</i> (Schiller) Deflandre 1952
<i>Calcidiscus leptoporus</i> (Murray & Blackman) Loeblich & Tappan 1978	<i>Discosphaera tubifer</i> (Murray & Blackman) Ostenfeld 1900	<i>Syracosphaera anthos</i> (Lohman) Janin 1987
<i>Calciosolenia brasiliensis</i> (Lohmann) Young 2003	<i>Emiliania huxleyi</i> (Lohmann) Hay & Mohler 1967	<i>Syracosphaera cf. molischii</i> Schiller 1925
<i>Calyptrosphaera oblonga</i> Lohmann 1902	<i>Florisphaera profunda</i> Okada & Honjo 1973	<i>Syracosphaera histrica</i> Kamptner 1941
<i>Calyptrosphaera sphaeroidea</i> Schiller 1913	<i>Helicosphaera carterii</i> (Wallich) Kamptner 1954	<i>Syracosphaera pulchra</i> Lohmann 1902
<i>Coccolithus pelagicus</i> (Wallich) Schiller 1930	<i>Helladosphaera cornifera</i> (Schiller) Kamptner 1937	<i>Zigosphaera hellenica</i> Kamptner 1937
Coccolitofori $\leq 10 \mu\text{m}$ n.i.		
CRYPTOPHYCEAE		
Cryptophyceae n.i.	<i>Plagioselmis prolonga</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>Meringosphaera tenerima</i> Schiller 1925	
PRASINOPHYCEAE		
<i>Halosphaera viridis</i> Schmitz 1878	<i>Pseudoscofieldia marina</i> (Thronsen) Manton 1975	<i>Tetraselmis</i> sp.
<i>Pachysphaera pelagica</i> Ostenfeld 1899	<i>Pyramimonas</i> spp.	
CHLOROPHYCEAE/EUGLENOPHYCEAE		
Chlorophyta n.i.	Euglenoidea n.i.	
PRYMNESIOPHYCEAE NON COCCOLITOFORI		
<i>Phaeocystis</i> sp.		
ALTRO		
<i>Merismopedia</i> sp.	<i>Commation cryoporinum</i> Thomsen & Larsen 1993	<i>Paulinella ovalis</i> (Wulff) Johnson, Hargraves & Sieburth 1988
<i>Microcystis</i> sp.	<i>Leucocryptos marina</i> (Braarud) Butcher 1967	<i>Telonema</i> sp.
Flagellati indeterminati $< 10 \mu\text{m}$		

Analisi qualitativa del fitoplancton da retino

Per l'identificazione della comunità microfitorplanctonica lungo tutta la colonna d'acqua, sono stati raccolti con retino 5 campioni nelle stazioni E18 MG6, E18 MG7, E18 MG10, E18 MG12 e E18 MG13.

Dall'analisi qualitativa dei campioni sono stati individuati 168 taxa, di cui 148 identificati a livello di specie, 15 come genere e 5 attribuibili a categorie soprageneriche (**Tabella 44**). L'elenco completo dei taxa presenti nelle diverse stazioni di campionamento è fornito in **Tabella 44**. Nell'insieme di tutte le stazioni, 104 taxa appartengono ai dinoflagellati, 44 alle diatomee, e 14 ai coccolitofori; sono stati, inoltre, identificati 4 taxa appartenenti alle Dictyochophyceae e 2 alla classe delle Euglenoideae; non è stato individuato alcun taxon attribuibile alla categoria Altro.

Dall'osservazione non è emersa una netta differenza nel numero di taxa presenti nelle diverse stazioni. Infatti, essi variano da un minimo di 70 in E18 MG7 ad un massimo di 86 in E18 MG12.

I taxa individuati, in tutte le stazioni, sono principalmente appartenenti alla classe dei dinoflagellati (con rispettivamente 41 taxa in E18 MG6, 40 in E18 MG7, 52 in E18 MG10, 53 in E18 MG12 e 46 in E18 MG13) ed in secondo luogo alla classe delle diatomee (con 18 taxa in E18 MG6, 15 in E18 MG7, 16 in E18 MG10, 20 in E18 MG12 e 27 in E18 MG13). Anche la classe dei coccolitofori risulta piuttosto differenziata in tutte le stazioni (con 10 taxa in E18 MG6, E18 MG12 ed E18 MG13, 11 taxa in E18 MG7 ed 8 in E18 MG10). Sono stati, inoltre, identificati ed aggiunti 4 nuovi taxa, tutti appartenenti alla classe dei dinoflagellati (*Goniodoma sphaericum*, *Gonyaulax cf. cochlea*, *Gymnodinium gracile* e *Polykrikos* sp.), che non erano stati ancora rilevati nei retini dei precedenti campionamenti.

Nelle analisi da retino è stata evidenziata la presenza di un gran numero di specie rare, principalmente appartenenti alla classe dei dinoflagellati, in particolare ai generi *Gonyaulax*, *Neoceratium* (= *Ceratium*) e *Protooperidinium*.

Tabella 44 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni osservati (prelievo con retino).

Classe	Specie	Generi	Categorie superiori*
Diatomee	39	2	3
Dinoflagellati	91	11	2
Prymnesiophyceae coccolitofori	13	1	
Dictyochophyceae	4		
Euglenoideae	1	1	
Totale	148	15	5

*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 E18 MG6, E18 MG7, E18 MG10, E18 MG12 e E18 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	x	Diatomee pennate > 20 µm n.i.			x		x
<i>Bacteriastrium delicatulum</i> Cleve 1897	x		x		x	<i>Diploneis crabro</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1854			x		
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder 1864					x	<i>Entomoneis</i> spp.		x			
<i>Chaetoceros cf. perpusillus</i> Cleve 1897				x	x	<i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle 1996					x
<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve 1889			x	x	x	<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow ex Van Heurck 1882	x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros dadayi</i> Pavillard 1913	x	x	x	x	x	<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve 1889			x		
<i>Chaetoceros danicus</i> Cleve 1889					x	<i>Leptocylindrus mediterraneus</i> (Peragallo) Hasle 1975	x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve 1873	x					<i>Navicula transitans</i> var. <i>delicatula</i> Heimdal 1970					x
<i>Chaetoceros diversus</i> Cleve 1873		x		x	x	<i>Naviculaceae</i> spp.	x	x	x	x	
<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow 1863			x			<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs 1861		x			
<i>Chaetoceros neogracile</i> Van Landingham 1968		x		x	x	<i>Nitzschia sicula</i> (Castracane) Hustedt					x
<i>Chaetoceros rostratus</i> Lauder 1864	x				x	<i>Phaeodactylum tricornutum</i> Bohlin 1897	x		x	x	x
<i>Chaetoceros socialis</i> Lauder 1864					x	<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström 1986	x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros</i> spp.	x	x	x		x	<i>Pseudo-nitzschia subfraudulenta</i> (Hasle) Hasle 1993			x		x
<i>Chaetoceros tenuissimus</i> Meunier 1913	x					<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultze) Sundström 1986					x
<i>Chaetoceros tetrastichon</i> Cleve 1897					x	<i>Rhizosolenia castracanei</i> H.Peragallo 1888	x			x	x
<i>Chaetoceros wighamii</i> Brightwell 1856	x			x	x	<i>Rhizosolenia decipiens</i> Sundström 1986					x
<i>Coscinodiscus granii</i> Gough 1905			x			<i>Synedra doliolus</i> Wallich 1860			x		
<i>Coscinodiscus lineatus</i> Ehrenberg 1841			x			<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Hallegraeff 1986	x	x	x	x	x
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & Lewin 1964			x	x	x	<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky 1902	x				
<i>Dactyliosolen blavyanus</i> (Peragallo) Hasle 1975					x	<i>Thalassiosira cf. delicatula</i> Ostefeld 1908					x
Diatomee centriche > 20 µm n.i.					x	<i>Thalassiothrix longissima</i> Cleve & Grunow 1880					x
DINOFLAGELLATI											
<i>Actiniscus pentasterias</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1844			x			<i>Neoceratium macroceros</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010					x
<i>Alexandrium cf. minutum</i> Halim 1960	x	x	x		x	<i>Neoceratium massiliense</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-García 2010					x
<i>Alexandrium</i> spp.		x	x		x	<i>Neoceratium pentagonum</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-García 2010		x	x	x	x
<i>Amphisolenia bidentata</i> Schröder 1900				x		<i>Neoceratium pulchellum</i> (Schröder) Gómez, Moreira & López-García 2010				x	
<i>Azadinium caudatum</i> (Halldal) Nézan et Chomérat 2012				x		<i>Neoceratium teres</i> (Kofoid) Gómez, Moreira & López-García 2010					x
<i>Ceratium symmetricum</i> Pavillard 1905					x	<i>Neoceratium tripos</i> (O.F.Müller) Gómez, Moreira & López-García 2010					x
<i>Ceratocorys goureii</i> Paulsen 1931		x				<i>Ornithocercus heteroporus</i> Kofoid 1907			x		
<i>Ceratocorys horrida</i> Stein 1883		x				<i>Ornithocercus quadratus</i> Schütt 1900					x
<i>Cladopyxis brachiolata</i> Stein 1883	x	x	x	x	x	<i>Oxytoxum adriaticum</i> Schiller 1937	x	x			
<i>Cochlodinium</i> sp.		x				<i>Oxytoxum coronatum</i> Schiller 1937	x				
Dinoflagellati tecati > 20 µm n.i.	x	x	x	x	x	<i>Oxytoxum crassum</i> Schiller 1937			x		
<i>Dinophysis amandula</i> (Balech) Sournia 1973					x	<i>Oxytoxum elegans</i> Pavillard 1916					x
<i>Dinophysis caudata</i> Saville-Kent 1881	x	x	x	x	x	<i>Oxytoxum globosum</i> Schiller	x	x			x
<i>Dinophysis fortii</i> Pavillard 1923	x	x				<i>Oxytoxum laticeps</i> Schiller 1937	x	x	x	x	
<i>Dinophysis infundibula</i> Schiller 1928				x		<i>Oxytoxum ligusticum</i> Rampi 1941					x
<i>Dinophysis operculoides</i> (Schütt) Balech 1967					x	<i>Oxytoxum longiceps</i> Schiller					x
<i>Dinophysis parva</i> Schiller 1928	x		x	x	x	<i>Oxytoxum mediterraneum</i> Schiller	x	x	x	x	x
<i>Dinophysis parvula</i> (Schütt) Balech 1967					x	<i>Oxytoxum parvum</i> Schiller 1937	x	x			
<i>Dinophysis schuettii</i> Murray & Whitting 1899		x				<i>Oxytoxum rampii</i> Sournia			x		
<i>Dinophysis similis</i> Kofoid & Skogsberg 1928	x					<i>Oxytoxum sceptrum</i> (Stein) Schröder 1906				x	
<i>Dinophysis</i> spp.	x			x		<i>Oxytoxum scolopax</i> Stein 1883	x	x	x	x	x
<i>Erythropsiadinium</i> sp.		x				<i>Oxytoxum sphaeroideum</i> Stein 1883	x	x	x	x	
<i>Goniodoma polyedricum</i> (Pouchet) Jörgensen 1899		x	x	x	x	<i>Oxytoxum spinosum</i> Rampi					x
<i>Goniodoma sphaericum</i> Murray & Whitting 1899			x	x		<i>Oxytoxum variabile</i> Schiller 1937	x				x
<i>Gonyaulax cf. cochlea</i> Meunier 1919					x	<i>Oxytoxum viride</i> Schiller 1937	x	x	x	x	x
<i>Gonyaulax cf. sphaeroidea</i> Kofoid 1911	x	x	x	x	x	<i>Phalacrocoma rotundatum</i> (Claparède & Lachmann) Kofoid & Michener 1911	x	x	x	x	x
<i>Gonyaulax monacantha</i> Pavillard 1916	x	x				<i>Podolampas bipes</i> Stein 1883					x
<i>Gonyaulax scrippsae</i> Kofoid 1911		x				<i>Podolampas palmipes</i> Stein 1883	x	x	x		x
<i>Gonyaulax</i> sp.					x	<i>Podolampas spinifer</i> Okamura 1912			x		x
<i>Gymnodiniaceae</i> > 20 µm n.i.	x	x	x	x	x	<i>Polykrikos</i> sp. Bütschli 1873					
<i>Gymnodinium gracile</i> Bergh 1881		x				<i>Pronoctiluca acuta</i> (Lohmann) Schiller 1933	x				
<i>Gymnodinium</i> spp.	x	x	x	x	x	<i>Pronoctiluca pelagica</i> Fabre-Domergue 1889					x
<i>Gyrodinium aciculatum</i> Hansen & Larsen 1992	x	x	x	x		<i>Prorocentrum balticum</i> (Lohmann) Loeblich 1970	x	x	x	x	x
<i>Gyrodinium</i> spp.	x					<i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) Abé ex Dodge 1975	x	x		x	x
<i>Heterocapsa niei</i> (Loeblich III) Morrill & Loeblich III 1981		x	x	x	x	<i>Prorocentrum dactylus</i> (Stein) Dodge 1975			x		
<i>Heterocapsa rotundata</i> (Lohmann) Hansen 1995					x	<i>Prorocentrum dentatum</i> Stein 1883				x	x
<i>Heterocapsa</i> spp.					x	<i>Prorocentrum gracile</i> Schütt 1895	x		x	x	
<i>Histioneis cf. vouckii</i> Schiller 1928						<i>Prorocentrum lima</i> (Ehrenberg) Stein 1878	x	x		x	x
<i>Histioneis joergensenii</i> Schiller 1928					x	<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg 1833					x
<i>Histioneis variabilis</i> Schiller 1933					x	<i>Prorocentrum</i> sp.		x			
<i>Lingulodinium polyedrum</i> (Stein) Dodge 1989				x	x	<i>Protoperidinium breve</i> Paulsen 1907				x	x
<i>Mesoporos adriaticus</i> (Schiller) Lillick	x	x	x	x	x	<i>Protoperidinium compressum</i> (Abé) Balech 1974				x	
<i>Mesoporos perforatus</i> (Gran) Lillick 1937	x	x	x	x	x	<i>Protoperidinium crassipes</i> (Kofoid) Balech 1974					x
<i>Micrakanthodinium setiferum</i> (Lohmann) Deflandre 1937				x	x	<i>Protoperidinium divergens</i> (Ehrenberg) Balech 1974					x
<i>Neoceratium candelabrum</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010					x	<i>Protoperidinium globulus</i> (Stein) Balech 1974				x	x
<i>Neoceratium carriense</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-García 2011	x	x	x		x	<i>Protoperidinium ovum</i> (Schiller) Balech 1974				x	
<i>Neoceratium declinatum</i> (Karsten) Gómez, Moreira & López-	x	x	x	x	x	<i>Protoperidinium quarnerense</i> (Schröder) Balech 1974					x

Tabella 45 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni E18 MG6, E18 MG7, E18 MG10, E18 MG12 e E18 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13)									
Garcia 2010									
<i>Neoceratium falciforme</i> (Jørgensen) Gómez, Moreira & López-Garcia 2010			x	x	<i>Protoperidinium steinii</i> (Jørgensen) Balech 1974		x		x
<i>Neoceratium furca</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-Garcia 2010	x	x	x	x	<i>Protoperidinium tuba</i> (Schiller) Balech 1974			x	x
<i>Neoceratium fusus</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-Garcia 2010			x	x	<i>Pyrocystis lunula</i> (Schütt) Schütt 1896		x		x
<i>Neoceratium hexacantum</i> (Gouret) Gómez, Moreira & López-Garcia 2010			x	x	<i>Scrippsiella</i> sp.				x
<i>Neoceratium karstenii</i> (Pavillard) Gómez, Moreira & López-Garcia 2010	x				<i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Balech ex Loeblich III 1965		x	x	x
PRYMNESIOPHYCEAE COCCOLITOFORI									
<i>Calcidiscus leptoporus</i> (Murray & Blackman) Loeblich & Tappan 1978		x	x	x	<i>Pontosphaera syracusana</i> Lohmann 1902				x
<i>Calyptrosphaera oblonga</i> Lohmann 1902		x	x	x	<i>Rhabdosphaera clavigera</i> Murray & Blackman 1898		x	x	x
<i>Coronosphaera mediterranea</i> (Lohmann) Gaarder 1977		x	x	x	<i>Rhabdosphaera stylifera</i> Lohmann		x	x	x
<i>Daktylethra pirus</i> (Kamptner) R.E.Norris 1985		x	x	x	<i>Scyphosphaera apsteinii</i> Lohmann 1902		x		x
<i>Discosphaera tubifer</i> (Murray & Blackman) Ostenfeld 1900			x		<i>Syracosphaera histrica</i> Kamptner 1941			x	
<i>Helicosphaera carterii</i> (Wallich) Kamptner 1954		x	x	x	<i>Syracosphaera pulchra</i> Lohmann 1902		x	x	x
<i>Pontosphaera</i> sp.		x	x	x	<i>Zigosphaera hellenica</i> Kamptner 1937		x	x	x
CHRISOPHYCEAE/DICTYOCOPHYCEAE									
<i>Dictyocha</i> cf. <i>defflandrei</i>		x	x		<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg 1839		x	x	x
<i>Dictyocha epiodion</i> subsp. <i>subaculeata</i> (D.Bukry) T.V.Desikachary & P.Prema 1996			x	x	<i>Oclactis octonaria</i> (Ehrenberg) Hovasse 1946				x
EUGLENOIDEAE									
<i>Euglena acusformis</i>		x			<i>Eutreptiella</i> spp.		x	x	x

6.1.3.2 Zooplancton

Oloplancton

Analizzando l'intero comparto oloplanctonico di piattaforma continentale nella stagione estiva 2018, si osserva una distribuzione quali/quantitativa in linea con i risultati attesi, confermando i crostacei copepodi la componente mesozooplanctonica dominante dell'area di studio. Tale andamento accomuna tutte le stazioni di campionamento alle tre profondità investigate.

Nell'estate 2018 i Copepodi esibiscono una distribuzione verticale inversamente proporzionale alla profondità: l'abbondanza media nei campioni orizzontali superficiali è di 643,84 m⁻³ (max= 792,23 ind. m⁻³ E18 MG10; min= 454,16 ind. m⁻³ E18 MG12), essa cala nelle pescate verticali 0 – 50 m con valori medi di 518,60 ind. m⁻³ (max= 597,89 ind. m⁻³ E18 MG10; min= 401,62 ind. m⁻³ E18 MG12) e ancor più in quelle profonde (50 – 100 m) dove si riduce a 299,20 ind. m⁻³ (max= 382,13 ind. m⁻³ E18 MG10; min= 414,62 ind. m⁻³ E18 MG12). Tale andamento differisce dall'anno precedente quando le abbondanze maggiori erano state rilevate nello strato fondo-50 m.

Restano invece invariati i rapporti di dominanza tra le differenti famiglie/specie (analizzati in seguito), fatto che consente di escludere una perturbazione della popolazione.

La stazione di controllo E18 MG10 esibisce massimi di abbondanza a tutte le profondità indagate.

Nel survey E18 sono stati identificati 92 taxa di copepodi (Tabella 46) appartenenti a 23 famiglie, con una diversità faunistica sovrapponibile a quelle rilevate negli anni precedenti (E15, E16 e E17).

Si conferma la dominanza della famiglia Clausocalanidae, rappresentata complessivamente da 10 taxa, 9 dei quali appartenenti al genere *Clausocalanus*. Come nelle precedenti campagne estive, i Clausocalanidae rappresentano in media oltre il 40% (42,37%) del comparto a Copepodi, con picchi di dominanza percentuale nei campionamenti orizzontali (59,95% 0 – 5 m; 37,79% 0 – 50 m; 29,36% 50 – 100 m), che corrispondono in media a 385,97 ind. m⁻³ nello strato 0 – 5 m, 196,00 ind. m⁻³ nello strato 0 – 50 m e 87,86 ind. m⁻³ nella porzione più profonda della colonna d'acqua.

Tra i clausocalanidi dominano *Clausocalanus pergens*, *C. furcatus* e *C. arcuicornis*, come nelle precedenti stagioni estive. In E18 *C. pergens* raggiunge valori medi di abbondanza più alti nei primi 50 m della colonna (95,24 ind/m³ 0 – 5 m; 57,19 ind/m³ 0 – 50 m). Abbondanze e distribuzione simili sono osservabili per il congenerico di maggiori dimensioni *C. furcatus* (91,61 ind/m³ 0 – 5 m; 36,13 ind/m³ 0 – 50 m). *C. arcuicornis* (33,56 ind/m³ 0 – 5 m; 18,98 ind/m³ 0 – 50 m; 16,64 ind/m³ 50 – 100 m) ha una distribuzione verticale analoga.

Nel comparto investigato la famiglia Paracalanidae è la seconda per abbondanza. I Paracalanidae (11 specie in totale) sono rappresentati dai generi *Calocalanus* e *Paracalanus*. Complessivamente i valori medi di abbondanza sono: 104,05 ind/m³ 0 – 5 m; 84,22 ind/m³ 0 – 50 m; 21,58 ind/m³ 50 – 100 m). Le specie che maggiormente contribuiscono all'abbondanza della famiglia sono *Paracalanus parvus* e il congenerico *P. nanus*.

Così come registrato nelle precedenti campagne estive e in accordo al suo ciclo stagionale, il Calanidae erbivoro *Nannocalanus minor* raggiunge elevati valori di abbondanza lungo l'intera colonna: 47,58 ind/m³ 0 – 5 m; 17,68 ind/m³ 0 – 50 m; 29,11 ind/m³ 50 – 100 m. Nel suo ciclo stagionale, tale specie raggiunge in Mar Tirreno il picco di abbondanza nel periodo luglio-settembre in concomitanza ad una maggiore stratificazione della colonna d'acqua.

Acartia negligens, fra gli Acartiidae più abbondanti in acque aperte, è presente in media con 29,48 ind/m³ nello strato superficiale, riducendo la propria presenza a maggiori profondità (18,20 ind/m³ 0 – 50 m; 4,42 ind/m³ 50 – 100 m), così come evidenziato nell'estate del 2016. Fra le specie tipicamente abbondanti durante le campagne estive, si conferma il Corycaidae *Farranula rostrata* la cui abbondanza incrementa all'aumentare della profondità (6,04 ind/m³ 0 – 5 m; 34,83 ind/m³ 0 – 50 m; 18,98 ind/m³ 50 – 100 m). Fra le

specie perenni di piattaforma continentale si annovera *Temora stylifera* (19,08 ind/m³ 0 – 5 m; 26,27 ind/m³ 0 – 50 m; 6,05 ind/m³ 50 – 100 m) e *Centropages typicus* (5,01 ind/m³ 0 – 5 m; 12,22 ind/m³ 0 – 50 m; 11,96 ind/m³ 50 – 100 m).

Quelle appena descritte sono le specie che maggiormente caratterizzano il popolamento della stagione estiva. La distribuzione verticale rilevata e i rapporti di dominanza discussi sono caratteristici di una comunità ben strutturata e non perturbata.

All'interno dell'ordine Cyclopoida, la famiglia dei Corycaidae è la più rappresentata con 10 taxa; 8 appartengono alle famiglie degli Oithonidae e Sapphirinidae e 7 agli Oncaidae. Analogamente alle estati precedenti (E15, E16 ed E17) i Sapphirinidae annoverano un elevato numero di taxa, sebbene con modesti valori di abbondanza. Tra gli Oithonidae (valori medi di abbondanza di: 1,70 ind/m³ 0 – 5 m; 33,01 ind/m³ 0 – 50 m; 17,16 ind/m³ 50 – 100 m) la specie più abbondante è *Oithona similis* (0,45 ind/m³ 0 – 5 m; 11,18 ind/m³ 0 – 50 m; 5,20 ind/m³ 50 – 100 m). Nella stazione MG12 0-50 m, è stato campionato un esemplare del Cyclopoide *Lubbockia squillimana*, specie rara nel Mediterraneo, identificata nell'area di studio solo nell'autunno 2013 (50 – 100 m). Occasionale anche il ritrovamento di alcuni individui appartenenti alla famiglia Monstrillidae, aventi forma larvale parassita e adulta effimera, priva di apparato digestivo.

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

	O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50
Famiglia Acartiidae				<i>Mecynocera clausi</i>	*	*	*	<i>Farranula rostrata</i>	*	*	*
<i>Acartia negligens</i>	*	*	*	Famiglia Metridinidae				Famiglia Lubbockiidae			
<i>Acartia spp</i>	*	*	*	<i>Pleuromamma abdominalis</i>	*	*	*	<i>Lubbockia squillimana</i>			*
Famiglia Auggaptilidae				<i>Pleuromamma gracilis</i>	*	*	*	Famiglia Oithonidae			
<i>Haloptilus longicornis</i>		*	*	Famiglia Paracalanidae				<i>Oithona decipiens</i>	*	*	*
Famiglia Calanidae				<i>Calocalanus contractus</i>	*	*	*	<i>Oithona longispina</i>	*	*	
<i>Mesocalanus tenuicornis</i>		*	*	<i>Calocalanus longisetosus</i>	*			<i>Oithona nana</i>		*	
<i>Nannocalanus minor</i>	*	*	*	<i>Calocalanus neptunus</i>	*	*	*	<i>Oithona plumifera</i>	**	*	*
<i>Neocalanus gracilis</i>	*		*	<i>Calocalanus pavo</i>		*	*	<i>Oithona setigera</i>	*	*	*
Famiglia Candaciidae				<i>Calocalanus plumulosus</i>			**	<i>Oithona similis</i>	*	*	*
<i>Candacia armata</i>			*	<i>Calocalanus styliremis</i>	*	*	*	<i>Oithona tenuis</i>		*	**
<i>Candacia ethiopica</i>	*			<i>Calocalanus spp</i>	*	*	*	<i>Oithona spp</i>	*	*	*
<i>Candacia giesbrechti</i>	*	*	*	<i>Paracalanus denudatus</i>	*	*	*	Famiglia Oncaidae			
<i>Candacia simplex</i>	*	*	*	<i>Paracalanus nanus</i>	*	*	*	<i>Oncaea curta</i>	*	*	*
<i>Candacia juv.</i>	*	*	*	<i>Paracalanus parvus</i>	*	*	*	<i>Oncaea media</i>	*	*	*
Famiglia Centropagidae				<i>Paracalanus spp</i>	*	*	*	<i>Oncaea mediterranea</i>		*	*
<i>Centropages kroyeri</i>	*	*		Famiglia Pontellidae				<i>Oncaea scottodicarloi</i>	*	*	*
<i>Centropages typicus</i>	*	*	*	<i>Labidocera wollastoni</i>	*			<i>Oncaea venusta</i>	*	*	*
<i>Centropages violaceus</i>	*	*	*	<i>Pontella mediterranea</i>	*			<i>Oncaea spp</i>	*	*	*
Famiglia Clausocalanidae				<i>Pontella juv</i>	*	*		<i>Triconia conifera</i>	*	*	*
<i>Clausocalanus arcuicornis</i>	*	*	*	<i>Pontellina plumata</i>	*			Famiglia Sapphirinidae			
<i>Clausocalanus furcatus</i>	*	*	*	<i>Pontellopsis sp</i>	*			<i>Copilia mediterranea</i>			*
<i>Clausocalanus jobei</i>	*	*	*	<i>Pontellopsis villosa</i>	*			<i>Sapphirina auronitens</i>		*	*
<i>Clausocalanus lividus</i>	*	*	*	Famiglia Scolecithricidae				<i>Sapphirina gemma</i>	*		
<i>Clausocalanus mastigophorus</i>	*	*	*	<i>Scolecithricella dentata</i>		*	*	<i>Sapphirina intestinata</i>	*	*	
<i>Clausocalanus parapergens</i>	*	*	*	<i>Scolecithrix bradyi</i>			*	<i>Sapphirina metallina</i>	*		
<i>Clausocalanus paululus</i>	*	*	*	<i>Scolecithrix danae</i>	*		*	<i>Sapphirina nigromaculata</i>	*		
<i>Clausocalanus pergens</i>	*	*	*	Famiglia Temoridae				<i>Sapphirina ovatolanceolata</i>			*
<i>Clausocalanus spp</i>	*	*	*	<i>Temora stylifera</i>	*	*	*	<i>Sapphirina sp</i>	*	*	
<i>Ctenocalanus vanus</i>		*	*	Famiglia Corycaidae				Famiglia Ectinosomatidae			
Famiglia Eucalanidae				<i>Corycaeus brehmi</i>	*	*	*	<i>Microsetella rosea</i>	*	*	*
<i>Rhincalanus nasutus</i>	*			<i>Corycaeus clausi</i>		*	*	Famiglia Miraciidae			
<i>Subeucalanus crassus</i>		*		<i>Corycaeus flaccus</i>	*	*	*	<i>Distiocolus minor</i>	*		*
<i>Subeucalanus monachus</i>			*	<i>Corycaeus furcifer</i>		*	*	<i>Macrosetella gracilis</i>		*	
Famiglia Heterorhabdidae				<i>Corycaeus giesbrechti</i>	*	*	*	Famiglia Peltidiidae			
<i>Heterorhabdus papilliger</i>	*	*		<i>Corycaeus limbatus</i>	*	*	*	<i>Clytemnestra scutellata</i>	*	*	*
Famiglia Lucicutiidae				<i>Corycaeus ovalis</i>	*	*	*	Famiglia Monstrillidae			
<i>Lucicutia flavicornis</i>	*	*	*	<i>Corycaeus typicus</i>	*	*	*	Monstrillidae sp	*		
Famiglia Mecynoceridae				<i>Corycaeus spp</i>	*	*	*				

Nella tabella seguente (**Tabella 47**) sono indicati i volumi di sedimentazione (dopo 24 h), espressi in ml, della componente oloplanctonica raccolta nell'estate del 2018 (E18). I valori sono in linea con quanto riscontrato nella campagna estiva del 2017, e hanno evidenziato che non si sono verificate diminuzioni di biomassa nell'area di indagine. I valori di biomassa rilevati nella stazione di controllo E18 MG10 non si discostano da quelli ottenuti nello specchio acqueo circostante l'impianto di rigassificazione (E18 MG6, E18 MG 7, E18 MG 12, E18 MG 13).

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)	E18 MG6	E18 MG7	E18 MG10	E18 MG12	E18 MG13
OR	28,5	45	30	31	44
50-0	4	4,5	6,5	4	5
100-50	6,5	3	6	4,5	2,5

Meroplancton

Nella campagna estiva E18, (**Tabella 48**), sono stati determinati complessivamente 63 *taxa* meroplanctonici appartenenti a 6 *phyla* di invertebrati marini (Cnidaria, Mollusca, Sipuncula, Annelida, Arthropoda, Echinodermata).

Le larve di crostacei decapodi, appartenenti a 48 *taxa* (76,1%) risultano il gruppo più rappresentato. Esse risultano concentrate prevalentemente nei campionamenti orizzontali (41 *taxa* = 85,4%), infatti solo 4 sono state raccolte nei campioni profondi tra -100 e -50 m di profondità, 8 *taxa* sono stati campionati in tutti i livelli batimetrici investigati e 17 sono esclusive dei campioni superficiali.

Nella presente indagine sono stati campionati due caridei (*Aegaeon lacazei* e *Palaemon elegans*) e un majidae (granchio decoratore, *Maja brachydactyla*) mai segnalati in precedenza.

I risultati dell'E18 confermano che i crostacei decapodi tendono, durante le ore notturne, a concentrarsi nei primissimi metri al di sotto della superficie. Non si identificano specie dominanti, in questo periodo infatti, il popolamento risulta ben diversificato, sebbene con valori di abbondanza minori rispetto ad altri periodo dell'anno.

Tra i *taxa* più abbondanti del campione superficiale si annovera la fase larvale dell'anomuro *Calcinus tubularis* (max in E18 MG 6 = 0,99 ind/m⁻³), tipicamente associato alle campagne estive, il carideo *Alpheus glaber* sempre presente in tutte le campagne svolte fino ad ora e il leucoside *Illia nucleus* (detto testa di morto), piccolo granchio con picco riproduttivo compreso tra maggio e agosto. Nella fascia centrale compresa tra -50 m e la superficie, il contingente larvale più abbondante appartiene ancora al carideo *Alpheus glaber* (max in MG 6 = 3,4 ind/m⁻³), seguito da un altro carideo, *Processa edulis edulis* e il galateide *Galathea intermedia*. Il campione profondo conferma l'abbondanza di *Processa edulis edulis* (max in E18 MG 12 = 1,95 ind/m⁻³) e presenta tra i *taxa* più abbondanti la larva dell'anomuro *Anapagurus breviaculeatus* (max in E18 MG 12 = 1,42 ind/m⁻³) e i brachiuri del genere *Liocarcinus* per i quali solo analisi effettuate con tecnica barcoding hanno, in precedenti campagne, risolto le problematiche legate all'identificazione specifica, individuando tre specie differenti *L. depurator*, *L. maculatus* e *L. vernalis* che non sono determinabili su base morfologica con il solo supporto dello stereoscopio, neppure al massimo ingrandimento.

Nel complesso il popolamento a crostacei decapodi risulta coerente con le precedenti campagne estive, sia per numero di *taxa*, sia per corteggio faunistico, confermando l'estate come la stagione di massima presenza larvale.

Da segnalare la presenza del brachiuro palicide *Palicus caronii* del quale a oggi non risultano descritte le fasi di zoea.

Gli altri gruppi sistematici non presentano sostanziali differenze nella composizione dello stock specifico, confermando quanto già evidenziato nei *survey* precedenti.

Pertanto, i dati relativi alla componente meroplanctonica dello zooplancton confermano l'assenza di alterazioni nella composizione della comunità imputabili all'esercizio del rigassificatore FSRU Toscana.

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>Cestopagurus timidus</i>	*	*	*	<i>Palaemon xiphias</i>	*	*	
Efira ind	*	*		<i>Clibanarius erythropus</i>	*			<i>Palaemon</i> sp	*		
MOLLUSCA				<i>Dardanus arrosor</i>	*	*		<i>Palicus caronii</i>	*	*	
Gastropoda larvae ind	*	*	*	<i>Deosergestes henseni</i>	*			<i>Parapaeneus longirostris</i>			*
Bivalvia larvae ind		*	*	<i>Dromia personata</i>	*	*		<i>Parthenopoides massena</i>	*	*	
<i>Loligo</i> sp		*		<i>Ebalia cranchii</i>	*		*	<i>Percnon gibbesi</i>	*		
POLYCHAETA				<i>Ebalia tumefacta</i>	*	*	*	<i>Periclimenes</i> sp	*	*	
Polychaeta larvae ind		*	*	<i>Ethusa mascarone</i>	*	*		<i>Philocheras bispinosus</i>			*
Spionidae ind	*		*	<i>Eurynome aspera</i>	*			<i>Plesionika</i> sp			*
Trocofora ind	*	*	*	<i>Galathea intermedia</i>	*		*	<i>Pilumnus</i> sp	*	*	
SIPUNCULA				<i>Herbstia condyliata</i>	*			<i>Processa edulis edulis</i>	*	*	*
Pelagospheara larvae ind			*	Hippolitidae ind	*			<i>Processa</i> sp		*	
Sipuncula larvae ind	*			<i>Illia nucleus</i>	*	*		<i>Sergia robusta</i>	*	*	
CRUSTACEA				<i>Inachus</i> sp	*			<i>Solenocera membranacea</i>		*	*
<i>Cirripedia</i> larvae ind	*	*	*	<i>Jaxea nocturna</i>			*	<i>Upogebia</i> sp	*	*	
Decapoda				<i>Liocarcinus</i> sp	*	*		<i>Xantho granulicarpus</i>	*		
<i>Aegaeon lacazei</i>	*	*		<i>Lysmata seticaudata</i>	*	*	*	Stomatopoda			
<i>Alpheus glaber</i>	*	*	*	<i>Lucifer typus</i>	*			<i>Squilla mantis</i>	*	*	
<i>Athanas nitescens</i>	*	*	*	<i>Maja brachydactyla</i>	*			ECHINODERMATA			
<i>Anapagurus breviaculeatus</i>	*	*	*	<i>Maja squinado</i>	*			<i>Bipinnaria</i> larvae ind		*	*

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.

<i>Anapagurus laevis</i>	*			<i>Maja</i> sp	*			<i>Echinocardium</i> sp	*	*	*
<i>Aristeus antennatus</i>	*	*	*	<i>Monodaeus couchii</i>	*			<i>Ophiotrix fragilis</i>	*	*	*
<i>Athanas nitescens</i>	*	*	*	<i>Palaemon elegans</i>	*			<i>Ophiura</i> sp	*	*	*
<i>Calcinus tubularis</i>	*	*		<i>Palaemon serratus</i>	*						

Ittioplancton

Nell'estate 2018 (E18) sono stati campionati 15 taxa (**Tabella 49**) in linea con quanto raccolto nel precedente *survey* estivo. Tra di essi tre nuove specie: il congride *Gnathophis mystax* (grongo nasuto), il labride *Coris julis* (donzella) e un blennide appartenente al genere *Parablennius* (bavose). Il gruppo più rappresentato è quello appartenente alla famiglia dei Serranidae con 3 taxa. Il 73% dei taxa è stato raccolto attraverso i campionamenti orizzontali effettuati con vuoto di maglia da 300 micron, mentre le larve dei pesci abissali *Myctophum punctatum* e *Cyclothone braueri*, diffusamente presenti in questa area in tutte le stagioni, sono soprattutto concentrate nelle stazioni intermedie (- 50 m, 0 m e da -100 m a -50 m).

I campioni raccolti attraverso i retinaggi orizzontali hanno tutti la medesima caratteristica: la presenza massiccia di uova di *Engraulis encrasicolus* (acciuga) a confermare che il periodo estivo, congiuntamente a quello primaverile, rappresenta la fase riproduttiva per questa specie dal noto valore commerciale.

Valori maggiori nei campioni orizzontali si raggiungono per le uova di *E. encrasicolus* nella stazione E18 MG6 (5,31 uova/m³).

Anche questa componente dello zooplancton non mostra segni di alterazione riconducibili alla presenza 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				GONOSTOMATIDAE				Larvae ind	*	*	*
<i>Apogon imberbis</i>	*	*		<i>Cyclothone braueri</i>	*	*	*	Uova <i>E. encrasicolus</i>	*	*	*
BLENNIDAE				MYCTOPHIDAE				Uova <i>M. muelleri</i>	*		
<i>Parablennius</i> sp	*			<i>Myctophum punctatum</i>		*	*	Uova ind	*	*	
BOTHIDAE				SCORPAENIDAE							
<i>Bothus podas</i>	*	*		<i>Scorpaena porcus</i>	*	*					
CARANGIDAE				<i>Scorpaena scrofa</i>	*						
<i>Trachurus trachurus</i>	*			SERRANIDAE							
CONGRIDAE				<i>Anthias anthias</i>		*					
<i>Gnathophis mystax</i>		*		<i>Serranus hepatus</i>	*	*					
ENGRAULIDAE				<i>Serranus scriba</i>	*	*					
<i>Engraulis encrasicolus</i>	*	*	*	SPARIDAE							
GOBIIDAE				Sparidae ind	*						
Gobiidae ind		*									

6.2 SEDIMENTI

6.2.1 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche

Analisi granulometrica

La stazione E18 MG9 è dominata dalla frazione siltosa che subisce un leggero calo in E18 MG10, ma i entrambi i sedimenti sono stati classificati come silt argilloso.

Nelle restanti stazioni, tutte classificate come Loam, il silt mostra un ulteriore calo a vantaggio della sabbia che raggiunge la maggior percentuale sotto l'FSRU nella stazione E18 MG12. Nel complesso i sedimenti presso il Terminale presentano una maggiore percentuale di sabbia rispetto alle stazioni E18 MG9 e E18 MG10 situate, rispettivamente, a 1000 e 2000 m da esso.

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
E18 MG6	0,5	23,9	44,7	31	Loam
E18 MG7	4,7	37,8	34,5	23	Loam
E18 MG9	-	15,3	60,5	24,2	Silt argilloso
E18 MG10	-	18,6	48,1	33,2	Silt argilloso
E18 MG12	8,7	41,3	26,4	23,7	Loam
E18 MG13	1,5	31,2	41,3	26	Loam

Metalli

La maggior parte degli elementi ricercati è presente in basse concentrazioni.

Anomalie positive sono state rilevate per As, Cr tot, Ni in tutte le stazioni indipendentemente dalla distanza dal Terminale. Le anomalie riscontrate per il piombo risultano limitate a E18 MG6 e E18 MG10. I superamenti dello zinco sono da ritenersi trascurabili. I dati, quindi, non suggeriscono una influenza del Terminale su questi contaminanti.

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
E18 MG6	2,77	2,99	21,91	59,30	93,20	34,81	0,071	688,21	0,266	69,82	32,17	107,87
E18 MG7	2,05	2,48	12,50	47,10	74,36	28,21	0,077	550,25	0,196	61,48	22,87	91,72
E18 MG9	3,13	3,21	17,37	53,45	95,36	28,50	0,053	706,22	0,164	78,55	27,89	97,84
E18 MG10	2,98	3,34	19,25	51,01	99,82	31,20	0,050	723,25	0,251	83,07	33,45	112,37
E18 MG12	2,28	2,51	14,92	51,75	77,76	27,97	0,071	614,52	0,183	61,59	22,32	91,30
E18 MG13	2,28	2,54	13,72	69,80	78,50	35,91	0,111	553,57	0,215	64,69	29,29	104,23
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 IPA totali superano gli Standard di Qualità (S.Q.) unicamente nell'area sottostante il Terminale (E18 MG12), dove si verificano superamenti anche di singoli composti. Il Dibenzo (a, h) antracene supera il LCB anche nei controlli E18 MG9 e E18 MG10, distanti dall'FSRU.

Analogamente la concentrazione di TOC e di Idrocarburi (C10-C40) risulta più elevata nei siti vicini rispetto a quelli lontani dal Terminale.

Tabella 52 – Concentrazione dei contaminanti organici nei sedimenti campionati nell'estate 2018. 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.

	E18 MG6	E18 MG7	E18 MG9	E18 MG10	E18 MG12	E18 MG13	S.Q	LCB/PP	LCL	LCRN
Idrocarburi policiclici aromatici (mg /kg)										
Acenaftene	0,001	0,002	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001		0,007	0,089	
Acenaftilene	0,009	0,011	0,002	0,002	0,009	0,010				
Antracene	0,016	0,017	0,003	0,004	0,009	0,013	0,045	0,047	0,245	0,024
Benzo (a) antracene	0,041	0,041	0,008	0,009	0,057	0,060		0,075	0,693	0,075
Benzo (a) pirene	0,067	0,089	0,010	0,011	< 0,001	0,105	0,030	0,080	0,763	0,030
Benzo (b) fluorantene	0,177	0,248	0,030	0,035	< 0,001	0,274	0,040	0,040		0,040
Benzo (g, h,i) perilene	0,070	0,067	0,014	0,016	< 0,001	0,077	0,055	0,055		0,055
Benzo (k) fluorantene	0,063	0,092	0,010	0,011	< 0,001	0,101	0,020	0,020		0,020
Crisene	0,051	0,046	0,011	0,012	0,064	0,065		0,108	0,846	0,108
Dibenzo (a, h) antracene	0,072	0,054	0,012	0,013	< 0,001	0,058		0,006	0,135	
Fenantrene	0,022	0,023	0,005	0,005	0,001	0,007		0,087	0,544	0,087
Fluorantene	0,064	0,064	0,011	0,012	0,070	0,078	0,110	0,113	1,494	0,110
Fluorene	0,002	0,004	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001		0,021	0,144	0,021
Indeno (1,2,3 - c, d) pirene	0,105	0,106	0,025	0,030	< 0,001	0,120		0,070		0,070
Naftalene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,035	0,035	0,391	0,035
Pirene	0,047	0,064	0,008	0,009	0,080	0,069		0,153	1,398	0,153
IPA Totali	0,807	0,928	0,147	0,169	0,289	1,038	0,800	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)	68,4	74,4	23,0	23,0	52,7	115,1				
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)	8900	6960	5730	5730	6880	9800				

Cloroderivati

Questi composti risultano al di sotto del limite di rilevabilità del metodo (Tabella 53).

Tabella 53 – Concentrazione dei composti cloro derivati nei sedimenti campionati nell'Estate 2018.

	E18 MG6	E18 MG7	E18 MG9	E18 MG10	E18 MG12	E18 MG13
Acidi Aloacetici (µg/kg)						
Dalapon	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
Acido Dibromoacetico	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Acido Tribromoacetico	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Acido Monobromoacetico	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
Acido Bromodichloroacetico	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
Acido Bromocloroacetico	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
Acido Dichloroacetico	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6
Acido Tricloroacetico	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Acido Monocloroacetico	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0
Acido Clorodibromoacetico	<1,2	<1,2	<1,2	<1,2	<1,2	<1,2
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	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
1,1-dicloro-2-propanone	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
1,2,3-Tricloropropano	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
1,2-Dibromo-3-Cloro-propano	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
1,2-Dibromoetano	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Bromodichlorometano	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Bromoformio	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Cloroformio	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Dibromoacetoneitrile	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Dibromoclorometano	< 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
Tetracloroetilene	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Tetracloruro di carbonio	< 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
Tricloroetilene	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
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.

	E18 MG6	E18 MG7	E18 MG9	E18 MG10	E18 MG12	E18 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 EC50 di 21,80µg l⁻¹ di Cu (LC=20,51 e UC=23,18), che rientra nei limiti della carta di controllo del laboratorio. La percentuale media di embrioni allo stadio di pluteo (86 ± 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 (EC20 e EC50) degli elutriati sono riportati nella seguente tabella.

Tabella 55 - Parametri registrati negli elutriati da utilizzare per il saggio con *P. lividus*.

Campione	Salinità (‰)	pH	Ossigeno disciolto (mg/l)
controllo	36	8,12	6,02
E18 MG6	36	8,00	5,78
E18 MG7	36	7,97	5,66
E18 MG9	36	7,91	5,74
E18 MG10	36	7,87	5,68
E18 MG12	36	7,87	5,67
E18 MG13	36	7,89	5,55

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

Campione	Concentrazione (%) dell'elutriato	% media di plutei (\pm dev.st %)	% media di embrioni non sviluppati	Correzione ABBOTT (embrioni non sviluppati)	EC 20 (%)	EC 50 (%)	Stima di tossicità
Controllo		85 \pm 2,52	15	0	-	-	
E18 MG6	100	73 \pm 1,53	27	14			Assente
	50	82 \pm 2,00	18	4	≥ 90	>100	
	25	85 \pm 1,53	15	1			
E18 MG7	100	58 \pm 1,00	42	32			Bassa
	50	71 \pm 2,08	29	17	61,4	>100	
	25	82 \pm 1,53	18	4			
E18 MG9	100	68 \pm 0,58	32	21			Bassa
	50	75 \pm 1,53	25	13	≥ 90	>100	
	25	84 \pm 1,53	16	2			
E18 MG10	100	14 \pm 2,00	86	84			Media
	50	39 \pm 1,53	61	54	24,9	47,1	
	25	69 \pm 1,53	31	20			
E18 MG12	100	0 \pm 0,00	100	100			Alta
	50	19 \pm 1,53	81	78	16,3	27,4	
	25	45 \pm 1,53	55	48			
E18 MG13	100	64 \pm 1,53	36	25			Bassa
	50	73 \pm 2,08	27	15	75,2	>100	
	25	84 \pm 2,08	16	2			

I valori dell'EC50 determinati per gli elutriati dimostrano la presenza di una diffusa tossicità cronica riscontrata vicino e lontano rispetto all'FSRU. Nella stazione E18 MG12 la tossicità risulta alta.

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	8,17	0,5			36	8,15	5	
E15 MG6		36	8,09	1			36	8,00	0	
E15 MG7		36	8,08	0-0,5			36	8,04	0	
E15 MG9	16±1	36	8,06	0	>85	15±1	36	8,04	0	>85
E15 MG10		36	8,07	0-0,5			36	8,07	0	
E15 MG12		36	8,08	0-0,5			36	8,05	0	
E15 MG13		36	8,07	0,5			36	8,01	0	

QA-QC - Il valore della LC50 (96h) = 2,01 mg/l (LC = 1,72 mg/l e UC = 2,33 mg/l) ottenuto con la sostanza di riferimento (CdCl₂) rientra nei limiti della carta di controllo del laboratorio. La sopravvivenza degli organismi nel sedimento di controllo dopo 28 giorni è risultata conforme, in quanto superiore al 85%.

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

Le percentuali degli organismi morti evidenziano la presenza di diffusa tossicità cronica bassa (con la sola eccezione della stazione E18 MG7) indipendentemente dalla distanza dall'FSRU.

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	3 ± 3,18	0	Assente
E18 MG6	100	24 ± 5,19	22	Bassa
E18 MG7	100	13 ± 3,18	10	Assente
E18 MG9	100	23 ± 3,18	21	Bassa
E18 MG10	100	18 ± 3,67	15	Bassa
E18 MG12	100	20 ± 5,19	18	Bassa
E18 MG13	100	22 ± 3,67	20	Bassa

Vibrio fischeri

QA-QC - Il valore della EC50 (17') = 11,36 mg/l (LC= 9,19 mg/l e UC = 13,03 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 pelitica) espressa in %.

Campione	TU	Intervallo di confidenza (TU)		R ²	Pelite	Tossicità naturale stimata (UT)	STI	Stima di tossicità
E18 MG6	23,92	76,08	207,82	0,02	0,02	0,03	0,98	Assente
E18 MG7	39,58	60,42	165,09	0,01	0,01	0,01	0,99	
E18 MG9	15,23	84,77	231,55	0,02	0,02	0,02	0,99	
E18 MG10	18,72	81,28	222,00	0,01	0,01	0,01	0,99	
E18 MG12	45,15	54,85	149,90	0,01	0,07	0,01	0,99	
E18 MG13	31,70	68,30	186,60	0,01	0,01	0,01	0,99	

6.3 BIOTA
6.3.1 Macrozoobenthos

Lo studio ha portato alla raccolta e determinazione di 5081 individui appartenenti a 150 specie (**Tabella 60**) comprendenti policheti, molluschi, crostacei, sipunculidi, echinodermi, nemertini. La matrice di abbondanza specie per 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 2018 (E18).

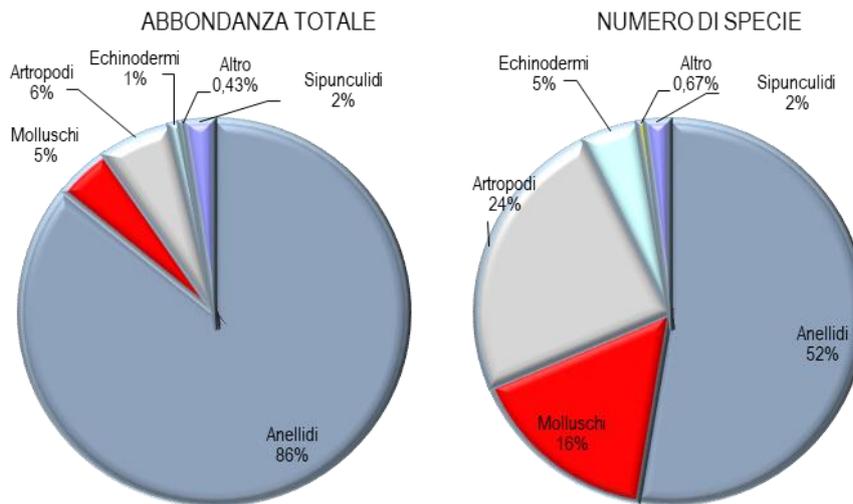
Anellidi		
<i>Abyssoninoe hibernica</i> (McIntosh, 1903)	<i>Harmothoe antilopes</i> Mc Intosh, 1876	<i>Paralacydonia paradoxa</i> Fauvel, 1913
<i>Acmira assimilis</i> (Tebble, 1959)	<i>Heteromastus filiformis</i> (Claparède, 1864)	<i>Paraprionospio pinnata</i> (Ehlers, 1901)
<i>Ampharete acutifrons</i> (Grube, 1860)	<i>Hyalinoecia tubicola</i> (O. F. Müller, 1776)	<i>Phyllodoce mucosa</i> Örsted, 1843
<i>Amphiteis midas</i> (Gosse, 1855)	<i>Kefersteinia cirrata</i> (Keferstein, 1862)	<i>Phylo foetida</i> (Claparède, 1870)
<i>Ancistrosyllis groenlandica</i> Mc Intosh, 1879	<i>Labioleanira yhleni</i> (Malmgren, 1867)	<i>Pista cristata</i> (O. F. Müller, 1776)
<i>Aphelochaeta filiformis</i> (Keferstein, 1862)	<i>Laonice cirrata</i> (M. Sars, 1851)	<i>Poecilochaetus fauchaldi</i> Pilato & Cantone, 1976
<i>Aphelochaeta marioni</i> (Saint-Joseph, 1894)	<i>Levinsenia demiri</i> Çinar, Dagli & Acik, 2011	<i>Polycirrus</i> sp Grube, 1850
<i>Aponuphis bilineata</i> (Baird, 1870)	<i>Levinsenia gracilis</i> (Tauber, 1879)	<i>Praxillella gracilis</i> (M. Sars, 1861)
<i>Aricidea claudiae</i> (Laubier, 1967)	<i>Lumbrineris</i> sp	<i>Prionospio ehlersi</i> Fauvel, 1928
<i>Branchiomma</i> sp	<i>Lysidice unicornis</i> (Grube, 1840)	<i>Prionospio</i> sp Malmgren, 1867
<i>Chaetozone caputesocis</i> (Saint-Joseph, 1894)	<i>Magelona alleni</i> Wilson, 1958	<i>Prionospio steenstrupi</i> Malmgren, 1867
<i>Chaetozone setosa</i> Malmgren, 1867	<i>Maldane glebiflex</i> Grube, 1860	<i>Pseudoleiocapitella fauveli</i> Harmelin, 1964
<i>Chloeia venusta</i> Quatrefages, 1865	<i>Malmgreniella lunulata</i> (Delle Chiaje, 1841)	<i>Scalibregma inflatum</i> Rathke, 1843
<i>Chone</i> sp	<i>Marphysa bellii</i> (Audouin & Milne-Edwards, 1833)	<i>Scolecopsis foliosa</i> (Audouin & Milne-Edwards, 1833)
<i>Diplocirrus glaucus</i> Haase, 1915	<i>Marphysa sanguinea</i> (Montagu, 1813)	<i>Scoletoma fragilis</i> (O.F. Müller, 1776)
<i>Dorvillea rudolphii</i> (Delle Chiaje, 1828)	<i>Melinna palmata</i> Grube, 1860	<i>Sigambra tentaculata</i> (Treadwell, 1941)
<i>Drilonereis filum</i> (Claparède, 1868)	<i>Metasychis gotoi</i> (Izuka, 1902)	<i>Sphaerodoropsis</i> sp
<i>Eteone</i> sp	<i>Minuspio cirrifera</i> Wiren, 1883	<i>Spio multioculata</i> (Rioja, 1918)
<i>Euclymene lumbricoides</i> (Quatrefages, 1865)	<i>Monticellina dorsobranchialis</i> (Kirkegaard, 1959)	<i>Spiochaetopterus costarum</i> (Claparède, 1868)
<i>Eumida sanguinea</i> (Örsted, 1843)	<i>Myriochele oculata</i> Zachs, 1923	<i>Spiophanes kroyeri</i> Grube, 1860
<i>Eunice vittata</i> (Delle Chiaje, 1828)	<i>Nephtys hystricis</i> Mc Intosh, 1900	<i>Sternaspis scutata</i> (Renier, 1807)
<i>Exogone verugera</i> (Claparède, 1868)	<i>Notomastus latericeus profundus</i> Eisig, 1887	<i>Syllis alternata</i> Moore, 1908
<i>Gallardoneris iberica</i> Martins, Carrera-Parra, Quintino & Rodrigues, 2012	<i>Ophelina acuminata</i> Örsted, 1843	<i>Syllis amica</i> Quatrefages, 1866
<i>Glycera alba</i> Verrill, 1900	<i>Ophiodromus flexuosus</i> (Delle Chiaje, 1825)	<i>Terebellides stroemi</i> M. Sars, 1835
<i>Glycera tessellata</i> Grube, 1863	<i>Panthalis oerstedii</i> Kinberg, 1855	<i>Vermiliopsis infundibulum</i> (Philippi, 1844)
<i>Glycinde nordmanni</i> (Malmgren, 1866)	<i>Paradiopatra calliopae</i> Arvanitidis & Koukouras, 1997	
<i>Goniada maculata</i> Oersted, 1844		
Artropodi		
<i>Akanthophoreus gracilis</i> (Krøyer, 1842)	<i>Ebalia cranchii</i> Leach, 1817	<i>Medicorophium rotundirostre</i> (Stephensen, 1915)
<i>Alpheus glaber</i> (Olivi, 1792)	<i>Eriopisa elongata</i> (Bruzelius, 1859)	<i>Metaphoxus simplex</i> Bate, 1857
<i>Ampelisca</i> sp	<i>Eudorella nana</i> Sars, 1879	<i>Paraphoxus oculatus</i> (G.O. Sars, 1879)
<i>Ampelisca tenuicornis</i> Liljeborg, 1855	<i>Eurydice spinigera</i> Hansen, 1890	<i>Pardaliscella boeckii</i> (Malm, 1870)
<i>Anapagurus petiti</i> Dehancé & Forest, 1962	<i>Gnathia oxyurea</i> (Liljeborg, 1855)	<i>Perioculodes longimanus longimanus</i> (Bate & Westwood, 1868)
<i>Anthura gracilis</i> (Montagu, 1808)	<i>Goneplax rhomboides</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Photis longicaudata</i> (Bate & Westwood, 1862)
<i>Araphura brevimanus</i> (Liljeborg, 1864)	<i>Haploops nirae</i> Kaim Malka, 1976	<i>Phtisica marina</i> Slabber, 1769
<i>Callianassa subterranea</i> (Montagu, 1898)	<i>Harpinia crenulata</i> (Boeck, 1871)	<i>Podoprion bolivari</i> Chevreux, 1891
<i>Carangoliopsis spinulosa</i> Ledoyer, 1970	<i>Harpinia dellavallei</i> Chevreux, 1910	<i>Processa canaliculata</i> Leach, 1815
<i>Cirolana borealis</i> Liljeborg, 1852	<i>Hippomedon massiliensis</i> bellan-Santini, 1965	<i>Pseudotanaïs</i> sp
<i>Collettea cylindrata</i> (Sars, 1882)	<i>Jaxea nocturna</i> Nardo, 1847	<i>Tryphosella longidactyla</i> Ruffo, 1985
<i>Desmosoma</i> sp	<i>Leptocheirus mariae</i> G. Karaman, 1973	<i>Tuberapseudes echinatus</i> (G.O. Sars, 1882)
Echinodermi		
<i>Amphiura chiajei</i> Forbes, 1843	<i>Labidoplax digitata</i> (Montagu, 1815)	<i>Trachythone elongata</i> (Düben Koren, 1844)
<i>Amphiura filiformis</i> (O. F. Müller, 1776)	<i>Ophiacantha setosa</i> (Bruzelius, 1805)	<i>Trachythone tergestina</i> (Sars, 1857)
<i>Astropecten i. pentacanthus</i> (Delle Chiaje, 1825)		
Molluschi		

Tabella 60 – Lista delle specie rinvenute nella campagna Estate 2018 (E18).

<i>Antalis inaequicostata</i> (Dautzenberg, 1891)	<i>Hyala vitrea</i> (Montagu, 1803)	<i>Nucula sulcata</i> (Bronn, 1831)
<i>Batharca pectunculoides</i> (Scacchi, 1834)	<i>Kelliella abyssicola</i> (Forbes, 1844)	<i>Parvicardium minimum</i> (Philippi, 1836)
<i>Cardiomya costellata</i> (Deshayes, 1835)	<i>Mendicula ferruginosa</i> (Forbes, 1844)	<i>Pitar rudis</i> (Poli, 1795)
<i>Cuspidaria cuspidata</i> (Olivi 1792)	<i>Modiolarca subpicta</i> (Cantraine, 1835)	<i>Striarca lactea</i> (Linnaeus, 1758)
<i>Ennucula aegeensis</i> (Forbes, 1844)	<i>Modiolula phaseolina</i> (Philippi, 1844)	<i>Thyasira alleni</i> Carozza, 1981
<i>Eulima glabra</i> (Da Costa, 1778)	<i>Myrtea spinifera</i> Cantraine, 1835	<i>Thyasira biplicata</i> (Philippi, 1836)
<i>Euspira guillemirii</i> (Payraudeau, 1826)	<i>Neopycnodonte cochlear</i> (Poli, 1795)	<i>Thyasira granulosa</i> (Monterosato, 1874)
<i>Falcidens guttuosus</i> (Kowalevsky, 1901)	<i>Nucula nitidosa</i> Winckworth, 1930	<i>Timoclea ovata</i> (Pennant, 1777)
Sipunculidi		
<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 4361 individui rappresentano l'86% dell'abbondanza totale. Gli artropodi crostacei, secondi unicamente ai policheti, rappresentano solo il 6% dell'abbondanza totale (229 individui) apportando un contributo del tutto confrontabili a quello dei molluschi (5%). Seguono, nell'ordine, sipunculidi (122) e echinodermi (46 individui), i primi con il 2%, i secondi con appena l'1% di contributo all'abbondanza totale (**Figura 41**).

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 oltre la metà delle specie rinvenute (52%). Circa un quarto del panorama faunistico è fornito dagli artropodi (unicamente rappresentati dai crostacei) seguiti dai molluschi che rappresentano il 16% delle specie totali. Gli echinodermi forniscono appena il 5% di specie al panorama faunistico.


Figura 41 - 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 *Levinsenia demiri* (1217) e *Paradiopatra calliopae* (1174 individui) che costituiscono, rispettivamente il 23,9% e il 23,1% dell'abbondanza totale (**Figura 42**).

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 *Glycera alba*, la quinta specie in ordine di importanza, non arriva a costituire il 2,5% dell'abbondanza totale (2,4%).

Le suddette specie rappresentano da sole poco meno del 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 136 specie (ossia 96,7% del totale) contribuiscono per meno dell'1% all'abbondanza totale. Inoltre il 19,3% circa delle specie è presente con un solo individuo.

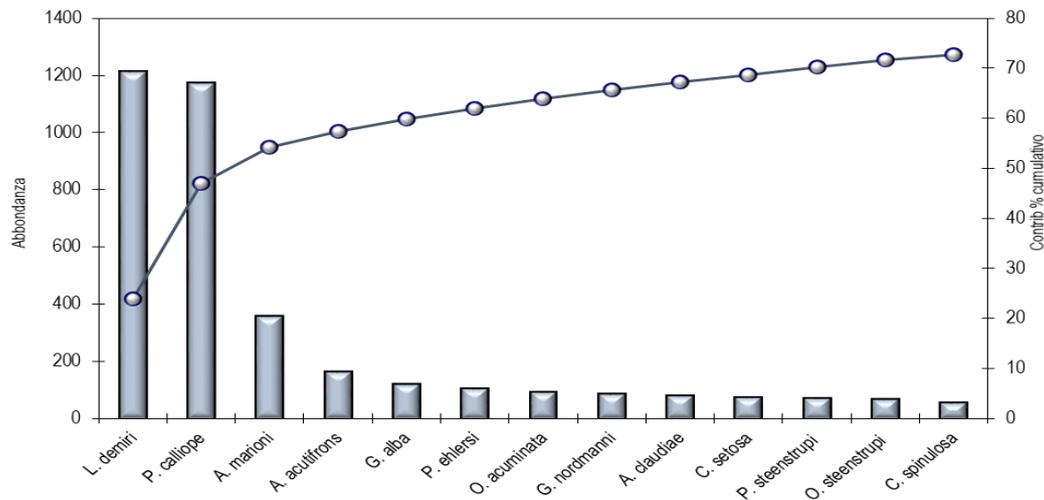


Figura 42 - Abbondanza totale e contributo percentuale cumulativo delle specie dominanti.

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% tranne in E18 MG8 e E18 MG7 dove essa scende rispettivamente a 45% e 34%.

Poco sopra al 50% si pongono le stazioni E18 MG9 (53,6%) e E18 MG12 (55%); valori superiori al 60% sono stati osservati per E18 MG1 (63,6%), E18 MG2 (64,4%), E18 MG6 (68,7%), E18 MG10 (60,4%) e per E18 MG14 (68,8%).

Dalla medesima analisi, inoltre, si evince che *Levinsenia demiri* e *Paradiopatra calliopa* sono le specie che maggiormente contribuiscono alla similarità tra repliche tanto che, in molte stazioni apportano un contributo complessivo maggiore del 60% (E18 MG1, E18 MG2, E18 MG6, E18 MG10, E18 MG14).

Nel piano di ordinamento (**Figura 43**) 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, anche se in molti casi oscilla tra 40 e 50%. Le dissimilarità più elevate, ossia maggiori del 60% vedono coinvolte soprattutto le stazioni MG7, MG9, MG14: E18 MG7 vs E18 MG11, E18 MG9 vs E18 MG11, E18 MG7 vs E18 MG12, E18 MG7 vs E18 MG13, E18 MG7 vs E18 MG11, E18 MG7 vs E18 MG9, E18 MG7 vs E18 MG10, E18 MG7 vs E18 MG1, E18 MG7 vs E18 MG2, E18 MG7 vs E18 MG6, E18 MG7 vs E18 MG8, E18 MG7 vs E18 MG14, MG4 vs E18 MG14, MG9 vs E18 MG12, MG9 vs E18 MG13, MG9 vs E18 MG8, MG9 vs E18 MG1, MG9 vs E18 MG6, MG9 vs E18 MG10 e MG9 vs E18 MG14 dove si registra la percentuale più elevata (78,15%).

All'estremo opposto troviamo i confronti MG1 vs E18 MG10, MG1 vs E18 MG6, MG1 vs E18 MG2, MG2 vs E18 MG6 con dissimilarità sempre inferiori al 40%.

In accordo al piano di ordinamento similarità e dissimilarità non variano in accordo alla posizione geografica delle stazioni. Risulta infatti, che anche le stazioni prossime all'FSRU mostrino tra loro percentuali di dissimilarità maggiori del 70%.

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. Infatti sono queste stesse specie a determinare le percentuali di similarità repliche.

Come già emerso dalle campagne precedenti, anche dall'analisi macroscopica del detrito, si osservano delle differenze: biodetrito conchifero, fibra vegetale e sabbia seppur presenti un po' ovunque mostrano percentuali molto diverse da campione a campione.

La fibra vegetale rappresenta sempre una parte importante del campione, ma nei campioni E18 MG1, E18 MG2, E18 MG10, E18 MG14 ne costituisce quasi la totalità. Nella stazione E18 MG9, invece la maggior parte del campione è costituito da biodetrito (60%) e solo per il 30% da fibra vegetale affiancata da una piccola percentuale di sabbia. Quest'ultima domina nella stazione E18 MG11. Infine, nelle stazioni E18 MG12, E18 MG13, sabbia e detrito vegetale sono presenti in percentuali del tutto paragonabili.

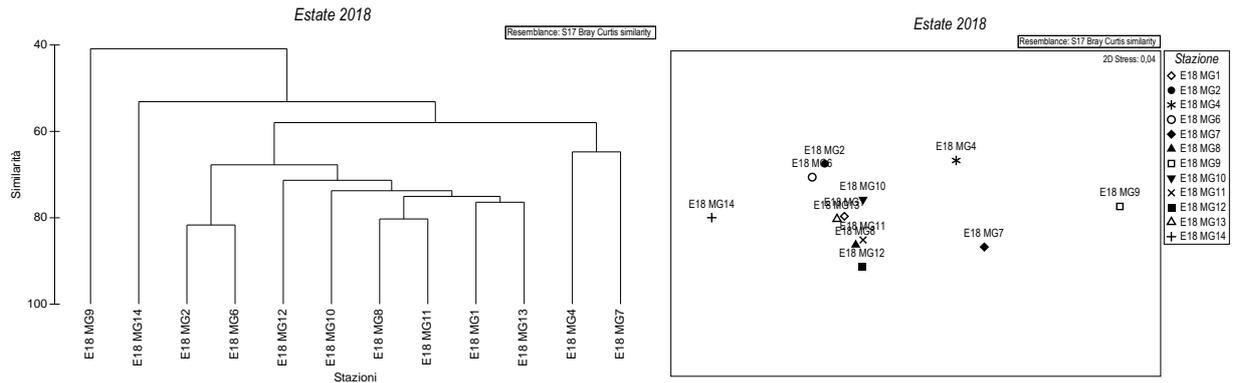


Figura 43 - Risultati della cluster analysis (group average) a sinistra e piano di ordinamento ottenuto dal n-MDS, a destra. La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Bray-Curtis.

Nella **Tabella 61** sono riportati i valori degli indici strutturali. 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
E18 MG1	30,75 \pm 7,89	108,00 \pm 21,40	3,81 \pm 0,40	6,35 \pm 1,50	0,77 \pm 0,03
E18 MG2	26,00 \pm 3,56	113,50 \pm 27,16	3,36 \pm 0,21	5,30 \pm 0,59	0,72 \pm 0,04
E18 MG4	22,75 \pm 3,50	65,50 \pm 25,45	3,67 \pm 0,43	5,23 \pm 0,77	0,82 \pm 0,08
E18 MG6	24,50 \pm 3,70	113,00 \pm 10,71	3,14 \pm 0,36	4,97 \pm 0,71	0,68 \pm 0,07
E18 MG7	28,75 \pm 4,35	72,75 \pm 38,53	4,17 \pm 0,50	6,61 \pm 0,52	0,87 \pm 0,11
E18 MG8	35,25 \pm 5,68	110,00 \pm 38,40	4,11 \pm 0,54	7,37 \pm 1,09	0,80 \pm 0,10
E18 MG9	18,50 \pm 3,11	41,50 \pm 8,23	3,79 \pm 0,21	4,70 \pm 0,67	0,90 \pm 0,03
E18 MG10	29,75 \pm 9,81	101,50 \pm 29,35	3,69 \pm 0,61	6,19 \pm 1,77	0,76 \pm 0,07
E18 MG11	36,25 \pm 3,77	106,75 \pm 18,46	4,24 \pm 0,36	7,57 \pm 0,85	0,82 \pm 0,05
E18 MG12	30,75 \pm 10,37	101,00 \pm 23,31	3,96 \pm 0,80	6,41 \pm 1,96	0,81 \pm 0,08
E18 MG13	36,75 \pm 4,19	128,25 \pm 33,33	4,19 \pm 0,32	7,40 \pm 0,74	0,81 \pm 0,06
E18 MG14	35,50 \pm 4,93	208,50 \pm 31,42	3,31 \pm 0,22	6,48 \pm 0,97	0,64 \pm 0,03

6.3.2 Meiobenthos

La stazione E18 MG1 è caratterizzata da sabbia fine con detrito vegetale. La comunità meiobentonica è costituita da nove gruppi tassonomici, per un popolamento complessivo di $83,8 \pm 70,5$ ind./10 cm². I Nematodi risultano dominanti ($61,9 \pm 54,6$ ind./10 cm²), rappresentando il 73,9% della biocenosi. Seguono i Policheti ($8,8 \pm 7,7$ ind./10 cm²; 10,6%), i Copepodi ($5,5 \pm 7,7$ ind./10 cm²; 6,5%) e i Nauplii ($5,5 \pm 5,6$ ind./10 cm²; 6,5%). I taxa numericamente meno abbondanti, raggruppati nella categoria "Altri", raggiungono il 2,5% della meiofauna totale ($2,1 \pm 2,5$ ind./10 cm²); di questi solo i Tanaidacei e i Nemertini superano l'1% del popolamento complessivo (**Tabella 62; Figura 44**). I valori degli indici di ricchezza di Margalef, di diversità di Shannon-Wiener e di equitabilità di Pielou risultano superiori ai rispettivi valori medi riscontrati nell'area (**Tabella 64**).

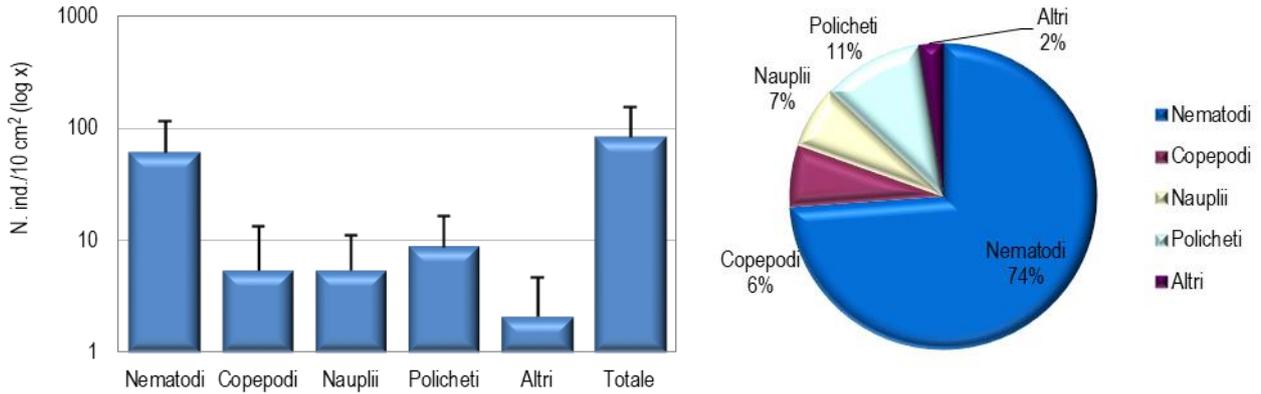


Figura 44 - Stazione E18 MG1. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Tabella 62 - Struttura della comunità meiobentonica nelle stazioni E18 MG1, E18 MG2, E18 MG4, E18 MG6, E18 MG7, E18 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.

	E18 MG1		E18 MG2		E18 MG4		E18 MG6		E18 MG7		E18 MG8	
	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%
Nematodi	61,9 \pm 54,6	73,9	10,1 \pm 5,3	88,7	18,5 \pm 18,3	87,8	23,6 \pm 7,9	84,8	185,7 \pm 79,8	70,7	176,5 \pm 50,9	75,4
Copepodi	5,5 \pm 7,7	6,5	-	-	0,4 \pm 0,8	2,0	0,8 \pm 1,0	3,0	38,7 \pm 30,0	14,7	26,5 \pm 21,0	11,3
Nauplii	5,5 \pm 5,6	6,5	0,4 \pm 0,8	3,7	0,8 \pm 1,0	4,0	1,7 \pm 1,4	6,1	18,1 \pm 13,6	6,9	8,8 \pm 7,5	3,8
Policheti	8,8 \pm 7,7	10,6	0,4 \pm 0,8	3,7	1,3 \pm 1,6	6,0	1,3 \pm 1,6	4,5	10,1 \pm 3,6	3,8	14,3 \pm 6,5	6,1
Chinorinchi	-	-	-	-	-	-	-	-	1,7 \pm 1,9	0,6	0,8 \pm 1,7	0,4
Turbellari	0,4 \pm 0,8	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ostracodi	0,4 \pm 0,8	0,5	-	-	-	-	-	-	5,9 \pm 5,2	2,2	2,5 \pm 2,2	1,1
Tanaidacei	1,9 \pm 2,2	2,3	-	-	-	-	-	-	-	-	0,8 \pm 1,0	0,4
Tunicati	-	-	-	-	-	-	-	-	1,3 \pm 0,0	0,5	-	-
Isopodi	-	-	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	1,5	-	-	0,4 \pm 0,8	0,2
Priapulidi	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,2	-	-
Loriciferi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3 \pm 0,7	0,1
Bivalvi	0,4 \pm 0,8	0,5	-	-	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,2	2,9 \pm 2,1	1,3
Caudofoveati	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nemertini	0,8 \pm 1,7	1,0	-	-	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,2	-	-
Oligocheti	-	0,0	0,4 \pm 0,8	3,7	-	-	-	-	-	-	-	-
Altri	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(Σ Chino-Oli)	2,1 \pm 2,5	2,5	0,4 \pm 0,8	3,7	-	-	0,4 \pm 0,8	1,5	10,1 \pm 6,3	3,8	8,0 \pm 4,4	3,4
Meiofauna totale	83,8 \pm 70,5	-	11,4 \pm 4,8	-	21,1 \pm 20,8	-	27,8 \pm 10,8	-	262,8 \pm 130,1	-	234,1 \pm 73,1	-

La stazione E18 MG2 presenta un sedimento di tipo sabbioso con detrito di origine vegetale. Il popolamento è caratterizzato da quattro taxa principali, per una densità complessiva di $11,4 \pm 4,8$ ind./10 cm², la più bassa registrata nell'area. Il taxon dominante è quello dei Nematodi, che rappresentano l' 88,7% del popolamento meiobentonico complessivo, con una densità di $10,1 \pm 5,3$ ind./10 cm². Seguono i Nauplii ($0,4 \pm 0,8$ ind./10 cm²; 3,7%) e i Policheti ($0,4 \pm 0,8$ ind./10 cm²; 3,7%), mentre risultano assenti i Copepodi. Il restante taxon, gli Oligocheti, raggiunge il 3,7% del popolamento (**Tabella 62**; **Figura 45**). I valori degli indici di ricchezza di Margalef, di diversità di Shannon-Wiener e di equitabilità di Pielou risultano inferiori ai rispettivi valori medi rilevati nell'area, rimarcando la povertà faunistica riscontrata in questa stazione (**Tabella 64**).

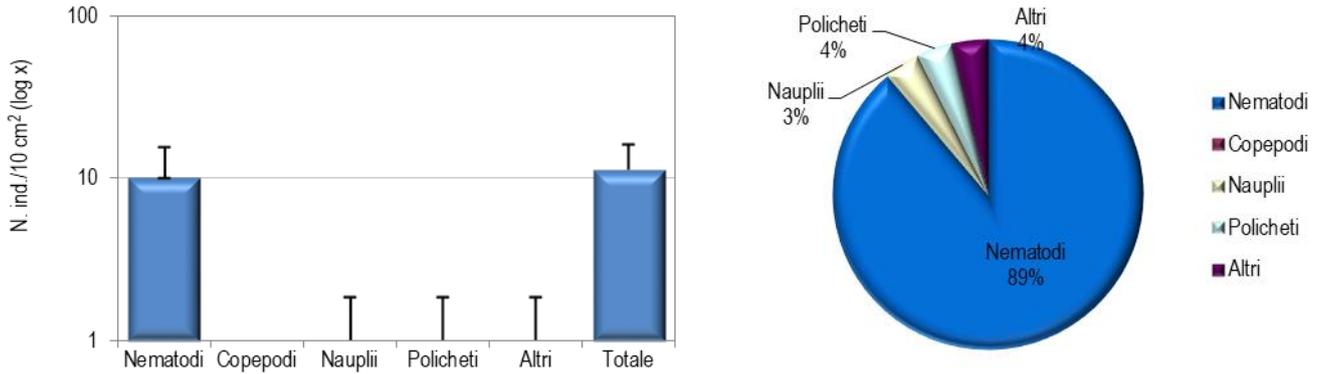


Figura 45 - Stazione E18 MG2. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il sedimento della stazione E18 MG4 è costituito da sabbia fine mista a detrito grossolano e vegetale. Lo studio faunistico ha portato al rinvenimento di soli quattro gruppi meiobentonici, per una densità media complessiva di $21,1 \pm 20,8$ ind./10 cm² (**Tabella 62**). I Nematodi presentano una densità pari a $18,5 \pm 18,3$ ind./10 cm², pari all'87,8% del popolamento, seguono i Policheti ($1,3 \pm 1,6$ ind./10 cm²; 6,0%), i Nauplii ($0,8 \pm 1,0$ ind./10 cm²; 4,0%) e i Copepodi ($0,4 \pm 0,8$ ind./10 cm²; 2,0%). In questa stazione sono risultati assenti i taxa normalmente meno abbondanti (**Tabella 62; Figura 46**). I valori degli indici di diversità di Shannon-Wiener e di ricchezza di Margalef risultano inferiori ai rispettivi valori medi riscontrati nell'area, mentre l'equitabilità di Pielou è pari al valore medio registrato (**Tabella 64**).

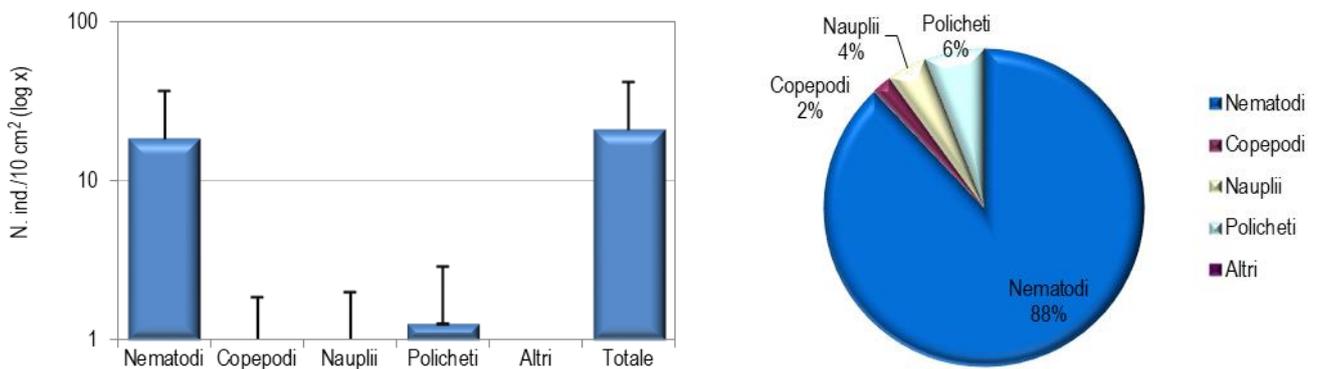


Figura 46 - Stazione E18 MG4. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il sedimento della stazione E18 MG6 è costituito da silt. Nei campioni sono stati rinvenuti i rappresentanti di soli cinque gruppi tassonomici, per una densità complessiva di $27,8 \pm 10,8$ ind./10 cm² (**Tabella 62**). I Nematodi sono il taxon dominante, raggiungendo la densità di $23,6 \pm 7,9$ ind./10 cm², pari all'84,8% del popolamento complessivo. Al secondo posto troviamo i Nauplii ($1,7 \pm 1,4$ ind./10 cm²; 6,1%) seguiti dai Policheti ($1,3 \pm 1,6$ ind./10 cm²; 4,5%) e dai Copepodi ($0,8 \pm 1,0$ ind./10 cm²; 3,0%). Il restante taxon, gli Isopodi, costituisce l'1,5% del popolamento ($0,4 \pm 0,8$ ind./10 cm²) (**Tabella 62; Figura 47**). I valori degli indici di diversità di Shannon-Wiener e di ricchezza di Margalef risultano inferiori ai rispettivi valori medi riscontrati nell'area, mentre l'equitabilità di Pielou è pari al valore medio registrato (**Tabella 64**).

Il sedimento della stazione E18 MG7 è caratterizzato da sabbia fine con detrito vegetale. Il popolamento è costituito da dieci major taxa, con una densità media totale di $262,8 \pm 130,1$ ind./10 cm², la più elevata riscontrata nell'area. I Nematodi risultano dominanti, sebbene in misura minore rispetto ad altri siti, contribuendo col 70,7% al popolamento complessivo ($185,7 \pm 79,8$ ind./10 cm²). Seguono i Copepodi ($38,7 \pm 30,0$ ind./10 cm²; 14,7%), i Nauplii ($18,1 \pm 13,6$ ind./10 cm²; 6,9%) e, infine, i Policheti ($10,1 \pm 3,6$ ind./10 cm²; 3,8%). Il restante sei taxa, raggruppati nella categoria "Altri", rappresentano il 3,8% della meiofauna totale ($10,1 \pm 6,3$ ind./10 cm²). Di questi solo gli Ostracodi superano l'1% del popolamento (**Tabella 62; Figura 48**). Si segnala la presenza in questa stazione di larve di Priapulidi. I valori degli indici di diversità di Shannon-Wiener e di ricchezza di Margalef risultano superiori rispetto ai valori medi riscontrati nell'area, mentre l'equitabilità di Pielou è pari al valore medio registrato (**Tabella 64**).

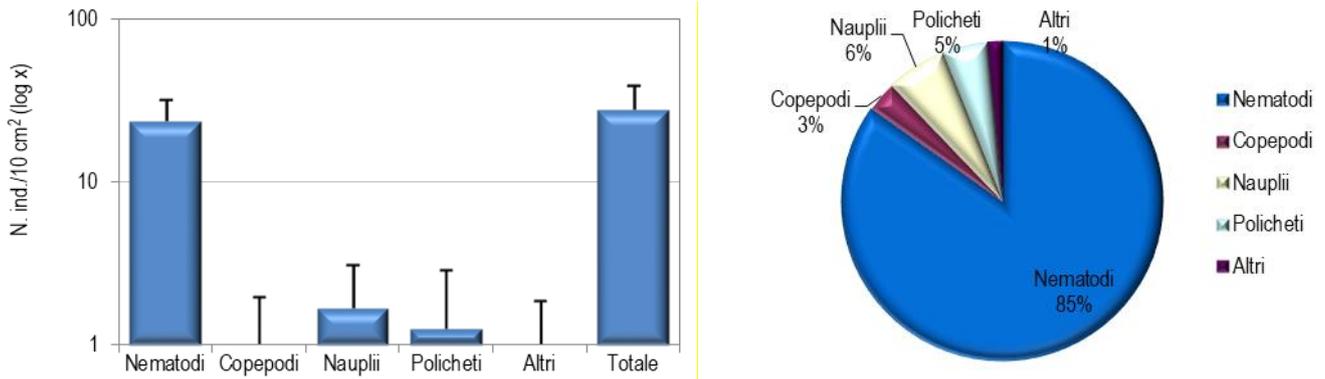


Figura 47 - Stazione E18 MG6. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

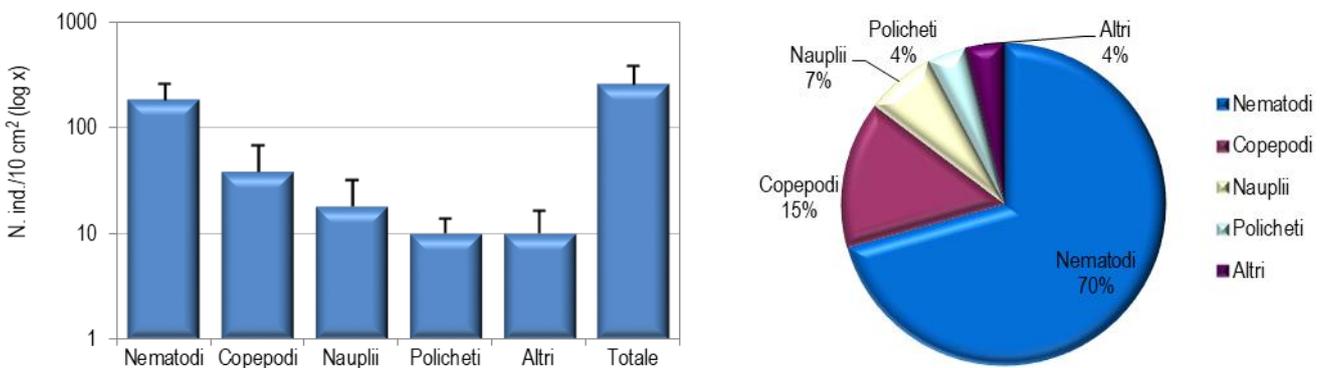


Figura 48 - Stazione E18 MG7. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

La stazione E18 MG8 è caratterizzata da sabbia media-grossolana con detrito vegetale. La comunità meiobentonica è costituita da dieci gruppi tassonomici, la cui densità complessiva raggiunge i 234,1 \pm 73,1 ind./10 cm² (**Tabella 62**). I Nematodi risultano il gruppo dominante, con una percentuale pari al 75,4% (densità: 176,5 \pm 50,9 ind./10 cm²). Seguono i Copepodi (26,5 \pm 21,0 ind./10 cm²; 11,3%), i Policheti (14,3 \pm 6,5 ind./10 cm²; 6,1%) e i Nauplii (8,8 \pm 7,5 ind./10 cm²; 3,8%). I restanti sei taxa rappresentano il 3,4% del popolamento complessivo ("Altri": 8,0 \pm 4,4 ind./10 cm²). Di questi solo Bivalvi ed Ostracodi superano la soglia dell'1% della biocenosi (**Figura 49**). Si segnala la presenza in questa stazione di esemplari del raro taxon dei Loriciferi. I valori degli indici di diversità di Shannon-Wiener e di ricchezza di Margalef risultano superiori ai rispettivi valori medi registrati, mentre l'equitabilità di Pielou è pari al valore medio rilevato nell'area (**Tabella 64**).

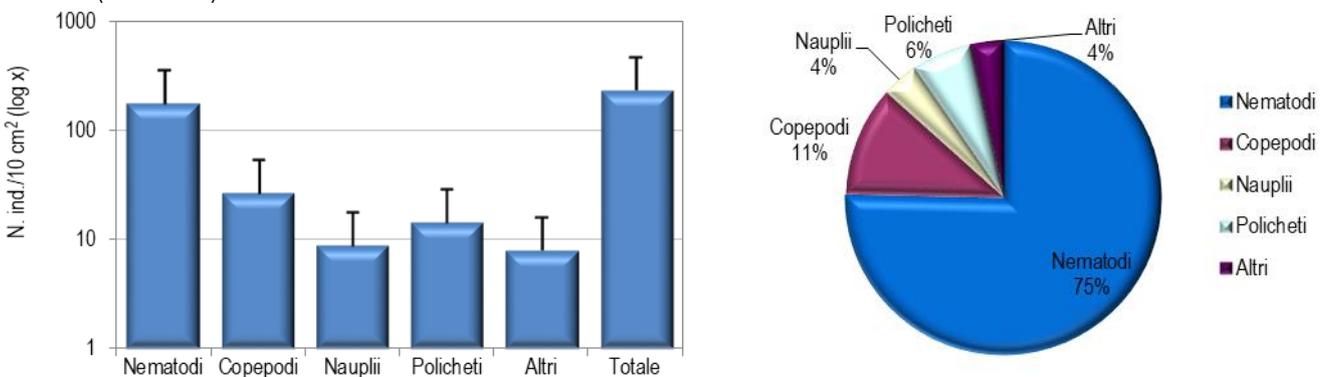


Figura 49 - Stazione E18 MG8. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

La stazione E18 MG9 presenta un sedimento di tipo sabbioso fine con silt. L'analisi faunistica ha portato al rinvenimento di soli cinque gruppi tassonomici, per una densità media complessiva pari a $30,3 \pm 29,1$ ind./10 cm² (**Tabella 63, Tabella 64**). I Nematodi sono il taxon dominante costituendo il 90,3% della comunità meiobentonica ($27,4 \pm 26,4$ ind./10 cm²). Seguono i Copepodi ($1,3 \pm 1,6$ ind./10 cm²; 4,2%), i Policheti ($0,8 \pm 1,0$ ind./10 cm²; 2,8%) e i Nauplii ($0,4 \pm 0,8$ ind./10 cm²; 1,4%). Il restante taxon, i Tanaidacei, raggiunge l'1,4% della biocenosi (**Tabella 63; Figura 50**). I valori degli indici strutturali risultano inferiori ai valori medi calcolati per l'area, rimarcando la povertà faunistica registrata in questa stazione (**Tabella 64**).

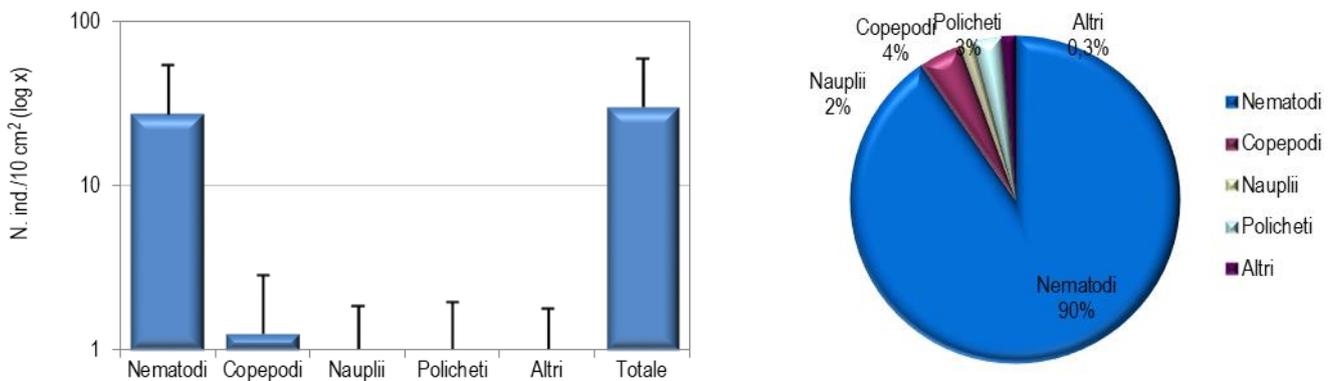


Figura 50 - Staziona E18 MG9. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Tabella 63 - Struttura della comunità meiobentonica nelle stazioni E18 MG9, E18 MG10, E18 MG11, E18 MG12, E18 MG13, E18 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.

	E18 MG9		E18 MG10		E18 MG11		E18 MG12		E18 MG13		E18 MG14	
	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%
Nematodi	27,4 \pm 26,4	90,3	31,6 \pm 18,2	93,7	101,1 \pm 58,9	68,9	59,8 \pm 57,9	81,6	152,9 \pm 74,8	75,8	12,2 \pm 5,2	87,9
Copepodi	1,3 \pm 1,6	4,2	0,4 \pm 0,8	1,2	19,4 \pm 17,6	13,2	5,9 \pm 11,8	8,0	21,9 \pm 20,6	10,9	-	-
Nauplii	0,4 \pm 0,8	1,4	-	-	9,3 \pm 12,3	6,3	0,4 \pm 0,8	0,6	8,0 \pm 5,6	4,0	0,4 \pm 0,8	3,0
Policheti	0,8 \pm 1,0	2,8	1,3 \pm 2,5	3,7	28,1 \pm 45,4	19,2	6,3 \pm 6,5	8,6	12,2 \pm 8,3	6,1	1,3 \pm 0,8	9,1
Chinorinchi	-	-	-	-	0,8 \pm 1,0	0,6	0,4 \pm 0,8	0,6	0,4 \pm 0,8	0,2	-	-
Turbellari	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ostracodi	-	-	-	-	3,8 \pm 5,6	2,6	-	-	2,1 \pm 3,2	1,0	-	-
Tanaidacei	0,4 \pm 0,8	1,4	-	-	-	-	-	-	0,8 \pm 1,0	0,4	-	-
Tunicati	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Isopodi	-	-	0,4 \pm 0,8	1,2	0,4 \pm 0,8	0,3	-	-	-	-	-	-
Priapulidi	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,3	-	-	0,4 \pm 0,8	0,2	-	-
Loriciferi	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,3	-	-	-	-	-	-
Bivalvi	-	-	-	-	1,7 \pm 3,4	1,1	-	-	1,3 \pm 0,8	0,6	-	-
Caudofoveati	-	-	-	-	0,8 \pm 1,0	0,6	0,4 \pm 0,8	0,6	0,4 \pm 0,8	0,2	-	-
Nemertini	-	-	-	-	-	-	-	-	1,3 \pm 2,5	0,6	-	-
Oligocheti	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6 \pm 1,3	0,3	-	-
Altri	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(Σ Chino-Oli)	0,4 \pm 0,8	1,4	0,4 \pm 0,8	1,2	8,4 \pm 10,5	5,7	0,8 \pm 1,7	1,1	6,7 \pm 4,1	3,3	-	-
Meiofauna totale	30,3 \pm 29,1	-	33,7 \pm 20,1	-	146,6 \pm 88,8	-	73,3 \pm 76,6	-	201,7 \pm 109,7	-	13,9 \pm 6,5	-

La stazione E18 MG10 presenta un sedimento sabbioso fine con silt e detrito vegetale. La meiofauna è caratterizzata da soli quattro taxa meiobentonici, con una densità media totale di $33,7 \pm 20,1$ ind./10 cm² (**Tabella 63**). I Nematodi sono il gruppo dominante, con una densità media pari a $31,6 \pm 18,2$ ind./10 cm², contribuendo per il 93,7% alla biocenosi complessiva. Seguono i Policheti ($1,3 \pm 2,5$ ind./10 cm²; 3,7%) e i Copepodi ($1,3 \pm 2,5$ ind./10 cm²; 1,2%). I Nauplii sono risultati assenti in questo sito (**Tabella 63; Figura 51**). Il restante taxon, gli Isopodi, raggiunge l'1,2% del popolamento (**Tabella 63**). I valori degli indici strutturali sono nettamente inferiori ai valori medi calcolati per l'area, rimarcando la povertà faunistica rilevata in questa stazione (**Tabella 64**).

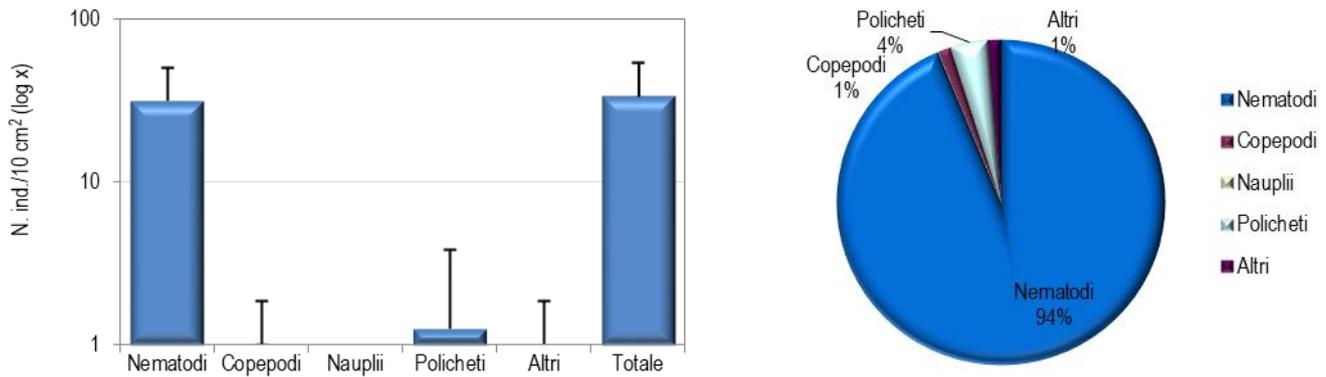


Figura 51 - Stazione E18 MG10. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il sedimento della stazione E18 MG11 è caratterizzato da sabbia fine con silt e detrito vegetale. Nei campioni analizzati sono stati rinvenuti i rappresentanti di ben undici taxa meiobentonici, per una densità media complessiva pari a $146,6 \pm 88,8$ ind./10 cm². Sebbene con una percentuale relativamente più bassa rispetto ad altri siti (68,9% del popolamento), i Nematodi sono ancora una volta il gruppo dominante (densità media: $101,1 \pm 58,9$ ind./10 cm²) (Tabella 63). I Policheti rappresentano il taxon subordinante ($28,1 \pm 45,4$ ind./10 cm²; 19,2%), seguiti dai Copepodi ($19,4 \pm 17,6$ ind./10 cm²; 13,2%) e dai Nauplii ($9,3 \pm 12,3$ ind./10 cm²; 6,3%). I restanti sette taxa costituiscono il 5,7% della comunità complessiva ("Altri"; $8,4 \pm 10,5$ ind./10 cm²). Tra questi solo gli Ostracodi e Bivalvi superano l'1,0% del popolamento (Tabella 63; Figura 52). Si segnala la presenza di esemplari del raro taxon dei Loriciferi e di larve di Priapulidi. In questa stazione i valori degli indici ecologici risultano superiori rispetto ai valori medi registrati nell'intera l'area (Tabella 64).

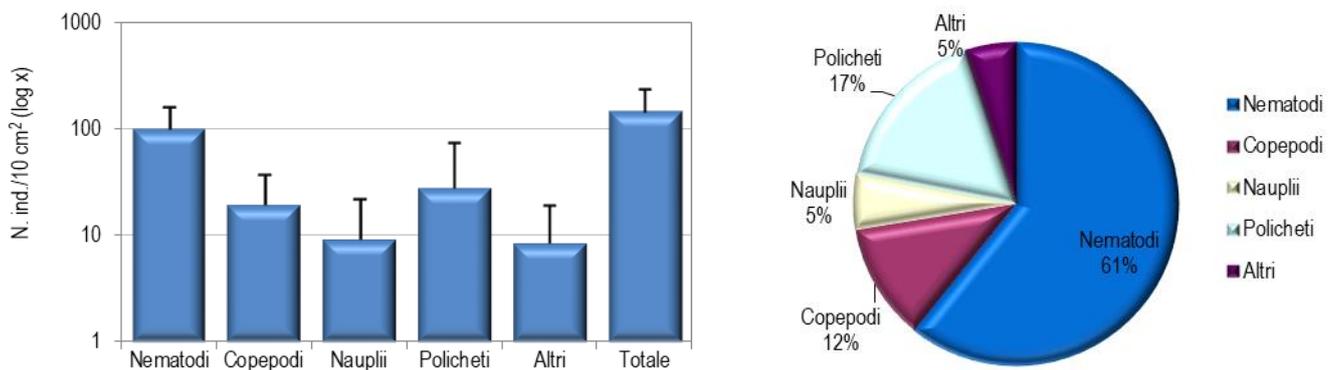


Figura 52 - Stazione E18 MG11. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il sedimento della stazione E18 MG12 è costituito da sabbia fine con detrito grossolano e vegetale. La comunità meiobentonica è composta da sei taxa, con un'abbondanza media totale pari a $73,3 \pm 76,6$ ind./10 cm². I Nematodi sono il taxon dominante, con un apporto percentuale dell'81,6% e una densità che si attesta sul valore di $59,8 \pm 57,9$ ind./10 cm². Seguono i Policheti ($6,3 \pm 6,5$ ind./10 cm²; 8,6%), i Copepodi ($5,9 \pm 11,8$ ind./10 cm²; 8,0%), i taxa meno abbondanti ("Altri"; $0,8 \pm 1,7$ ind./10 cm²; 1,1%) e i Nauplii ($0,4 \pm 0,8$ ind./10 cm²; 0,6%). Nessuno dei due taxa meno abbondanti, Chinorinchi e Caudofoveati, supera l'1,0% del popolamento (Tabella 63; Figura 53). I valori degli indici di diversità di Shannon-Wiener e di equitabilità di Pielou risultano pari ai rispettivi valori medi registrati, mentre la ricchezza di Margalef è inferiore al valore medio rilevato nell'area (Tabella 64).

Il sedimento della stazione E18 MG13 è costituito da sabbia fine mista a silt, con detrito vegetale. Nei campioni analizzati è stata rilevata la più elevata diversità faunistica dell'area, con ben dodici taxa meiobentonici, per una densità complessiva pari a $201,7 \pm 109,7$ ind./10 cm² (Tabella 63). Dominano i Nematodi, che raggiungono il 75,8% del popolamento totale ($152,9 \pm 74,8$ ind./10 cm²). Seguono i Copepodi, taxon subordinante ($21,9 \pm 20,6$ ind./10 cm²; 10,9%), i Policheti ($12,2 \pm 8,3$ ind./10 cm²; 6,1%) e i Nauplii ($8,0 \pm 5,6$ ind./10 cm²; 4,0%). Gli otto taxa meno abbondanti costituiscono il 3,3% della comunità complessiva ("Altri"; $6,7 \pm 4,1$ ind./10 cm²). Tra di essi, solo gli Ostracodi raggiungono l'1,0% della biocenosi (Tabella 63; Figura 54). Si segnala la presenza di larve di Priapulidi in questo sito. I valori degli indici di ricchezza di Margalef e di diversità di Shannon-Wiener risultano superiori ai valori medi registrati nell'area, mentre il valore dell'equitabilità di Pielou è pari al valore medio rilevato (Tabella 64).

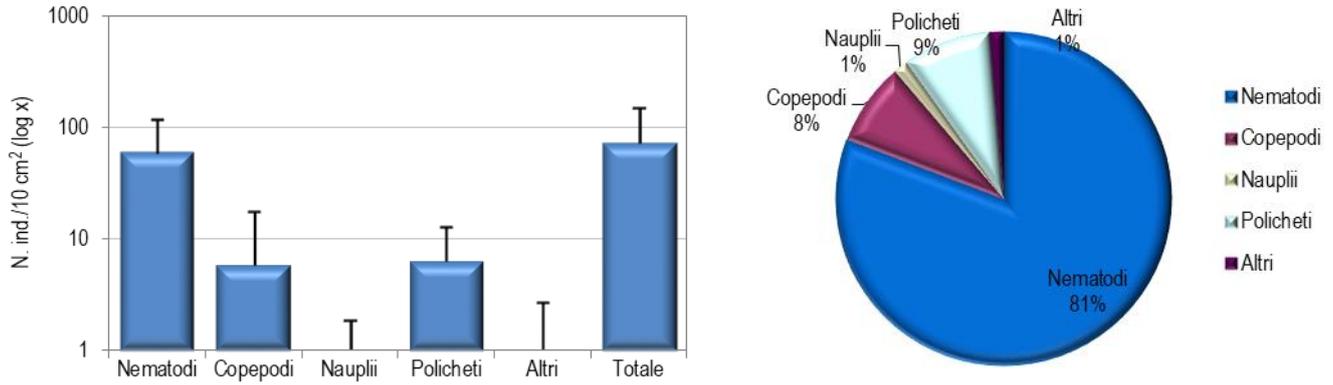


Figura 53 - Stazione E18 MG12. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

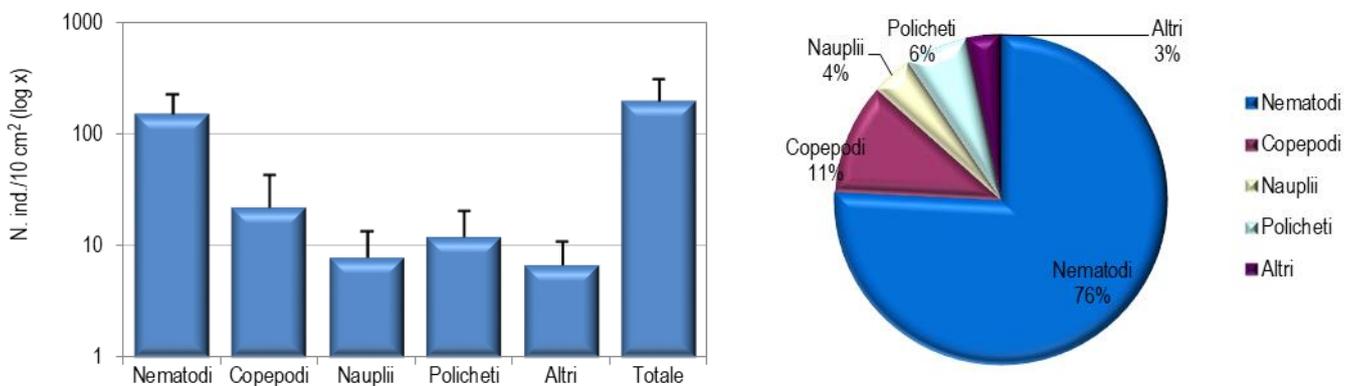


Figura 54 - Stazione E18 MG13. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

La stazione E18 MG14 è caratterizzata da sabbia fine con silt e detrito vegetale. L'analisi faunistica dei campioni ha portato al rinvenimento di soli tre taxa meiobentonici, la più bassa diversità rilevata nell'area, con una densità media complessiva parimenti bassa, corrispondente a $13,9 \pm 6,5$ ind./10 cm² (**Tabella 63**). I Nematodi risultano il taxon dominante, raggiungendo l'87,9% della biocenosi ($12,2 \pm 5,2$ ind./10 cm²). Seguono i Policheti ($1,3 \pm 0,8$ ind./10 cm²; 9,1%) e i Nauplii ($0,4 \pm 0,8$ ind./10 cm²; 3,0%). In questa stazione sono risultati assenti i Copepodi e i taxa normalmente meno abbondanti (**Tabella 63; Figura 55**). I valori degli indici di ricchezza di Margalef e di diversità di Shannon-Wiener risultano inferiori ai valori medi calcolati per l'intera area, mentre il valore dell'equitabilità di Pielou risulta pari al valore medio rilevato (**Tabella 64**).

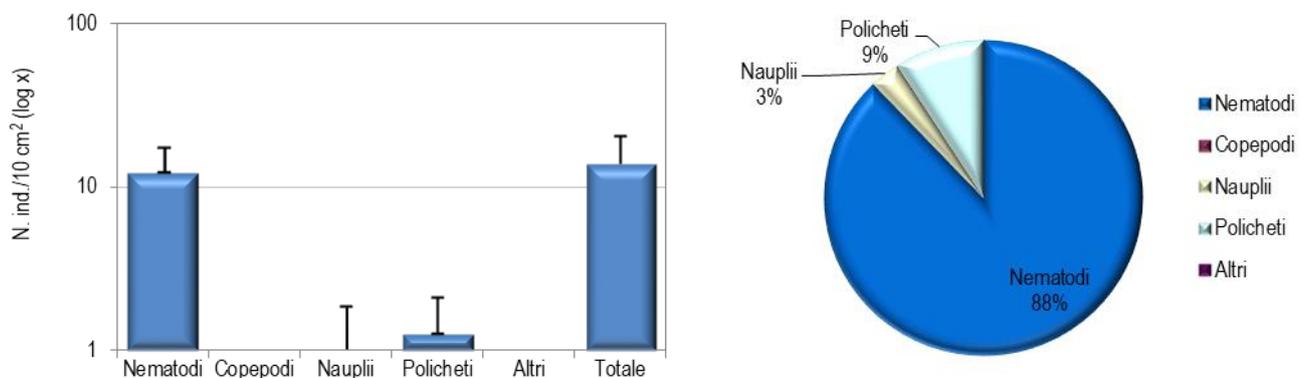


Figura 55 - Stazione E18 MG14. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Nell'area investigata sono stati rinvenuti complessivamente organismi appartenenti a sedici gruppi tassonomici. Nematodi e Policheti sono risultati presenti in tutti i siti. I Copepodi sono risultati assenti in due stazioni, mentre i Nauplii non sono stati rilevati in un solo sito. Dei rimanenti taxa, Bivalvi, Caudofoveati, Priapulidi, Chinorinchi, Tanaidacei, Isopodi e Ostracodi sono presenti in tre-cinque stazioni, al contrario di Turbellari, Oligocheiti, Loriciferi, Nemertini e Tunicati, rinvenuti solamente in uno o due siti e in numeri spesso molto bassi.

La densità media totale della meiofauna nell'area investigata è pari a $95,0 \pm 107,1$ ind./10 cm². I Nematodi sono risultati dominanti, con una densità media di $71,8 \pm 75,6$ ind./10 cm², corrispondente al 75,5% della biocenosi complessiva. I Copepodi costituiscono il taxon subdominante ($10,1 \pm 17,6$ ind./10 cm²; 10,6%), seguiti dai Policheti ($5,5 \pm 6,6$ ind./10 cm²; 5,8%) e dai Nauplii ($4,5 \pm 7,7$ ind./10 cm²; 4,7%). I restanti dodici taxa, raggruppati nella categoria "Altri", costituiscono il 3,3% della comunità ($3,2 \pm 5,2$ ind./10 cm²). Di questi solo gli Ostracodi superano l'1% dell'intero popolamento (**Tabella 64**).

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

Nello specifico, i Nematodi e la meiofauna totale hanno esibito densità inferiori in E18 MG2 rispetto a E18 MG7 ed E18 MG8 (Nematodi: $10,1 \pm 5,3$ vs. $185,7 \pm 79,8$ e $176,5 \pm 50,9$ ind./10 cm²; Meiofauna totale: $11,4 \pm 4,8$ vs $262,8 \pm 130,1$ e $234,1 \pm 73,1$ ind./10 cm², rispettivamente). I Copepodi sono risultati assenti in E18 MG2 ed E18 MG14, e hanno presentato densità inferiori in E18 MG4, E18 MG6, E18 MG9 ed E18 MG10 rispetto a E18 MG7 ed E18 MG8, oltre che in E18 MG12 rispetto a E18 MG7. Inoltre, questo taxon ha esibito densità inferiori in E18 MG4 ed E18 MG10 rispetto a E18 MG11 ed E18 MG13. Infine, i Policheti hanno presentato densità inferiori in E18 MG2, E18 MG4, E18 MG6, E18 MG9 ed E18 MG10 rispetto a E18 MG8 e in E18 MG2 ed E18 MG10 rispetto a E18 MG7 ed E18 MG13.

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

	S	N	d	H'	J
E18 MG1	9	85,7	1,8	1,0	0,5
E18 MG2	4	11,4	1,2	0,5	0,3
E18 MG4	4	21,1	1,0	0,5	0,4
E18 MG6	5	27,8	1,2	0,6	0,4
E18 MG7	10	262,8	1,6	1,0	0,4
E18 MG8	10	234,1	1,6	0,9	0,4
E18 MG9	5	30,3	1,2	0,4	0,3
E18 MG10	4	33,7	0,9	0,3	0,2
E18 MG11	11	166,3	2,0	1,2	0,5
E18 MG12	6	73,3	1,2	0,7	0,4
E18 MG13	12	202,3	2,1	0,9	0,4
E18 MG14	3	13,9	0,8	0,4	0,4
Media	6,9	96,9	1,4	0,7	0,4

In **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 3 a 12 taxa il primo, e da 11 a 262 ind./10 cm² il secondo. La stazione E18 MG14 ospita il numero più basso di taxa e uno dei minimi valori di densità (13 ind./10 cm²), il cui minimo è raggiunto in E18 MG2. Il maggior numero di taxa è stato registrato in E18 MG13, mentre E18 MG7 presenta il più elevato valore di abbondanza. Anche gli indici di ricchezza di Margalef (d), diversità di Shannon-Wiener (H') ed equitabilità di Pielou (J) variano nelle stazioni indagate. La ricchezza di Margalef (d) varia dal valore minimo di 0,8 del sito E18 MG14 al massimo, rilevato in E18 MG13 ($d = 2,1$; **Tabella 64**). La diversità di Shannon-Wiener (H') è risultata massima in E18 MG11 (1,2) e minima nel sito E18 MG10 (0,3). L'equitabilità di Pielou è variata da un minimo di 0,2 in E18 MG10 a un massimo di 0,5 in E18 MG1 e E18 MG11 (**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 anche rispetto alla posizione del terminale.

Le analisi multivariate hanno evidenziato una similarità faunistica medio-bassa tra i siti investigati. L'analisi dei cluster, basata sulle abbondanze medie dei diversi taxa e sulla matrice di similarità di Bray-Curtis, evidenzia una prima dicotomia a un valore di similarità faunistica tra le stazioni prossimo al 45% (**Figura 56**). In corrispondenza di tale valore, i siti vengono suddivisi in due raggruppamenti di pari dimensioni. Un primo cluster è costituito dalle stazioni E18 MG2, E18 MG4, E18 MG6, E18MG9, E18 MG10 e E18 MG14, raggruppate tra loro a un livello di similarità del 75%. La diversità tassonomica e le densità rilevate in questi sei siti risultano più basse rispetto a quelle registrate altrove. Tra queste, le stazioni E18 MG2 e E18 MG14, raggruppate ad un livello dell'87% circa, sono caratterizzate dall'assenza di Copepodi e presentano i più bassi valori rilevati nell'area di alcuni dei parametri strutturali. I restanti sei siti presentano diversità e/o densità più elevate rispetto ai precedenti. Quattro di questi, E18 MG7, E18 MG8, E18 MG11 e E18 MG13, caratterizzati dal maggior numero di taxa e densità più elevate registrati nell'area, vengono separati dai rimanenti due siti (E18 MG1, E18 MG12). Al momento non sembra emergere alcuna chiara relazione tra raggruppamento e posizione geografica delle stazioni rispetto al terminale rigassificatore.

Quanto appena indicato viene riflesso anche nel piano di ordinamento bidimensionale ottenuto dall'analisi nMDS, riportato in **Figura 56**. Anche in questo caso, la disposizione dei punti-stazione nel piano prescinde dalla loro collocazione geografica. Il grafico nMDS separa le stazioni caratterizzate da basse densità e diversità dei taxa rinvenuti (E18 MG2, E18 MG4, E18 MG6, E18MG9, E18 MG10 e E18 MG14) dalle altre. È possibile notare anche qui la separazione di E18 MG1 e E18 MG12 dalle restanti quattro stazioni.

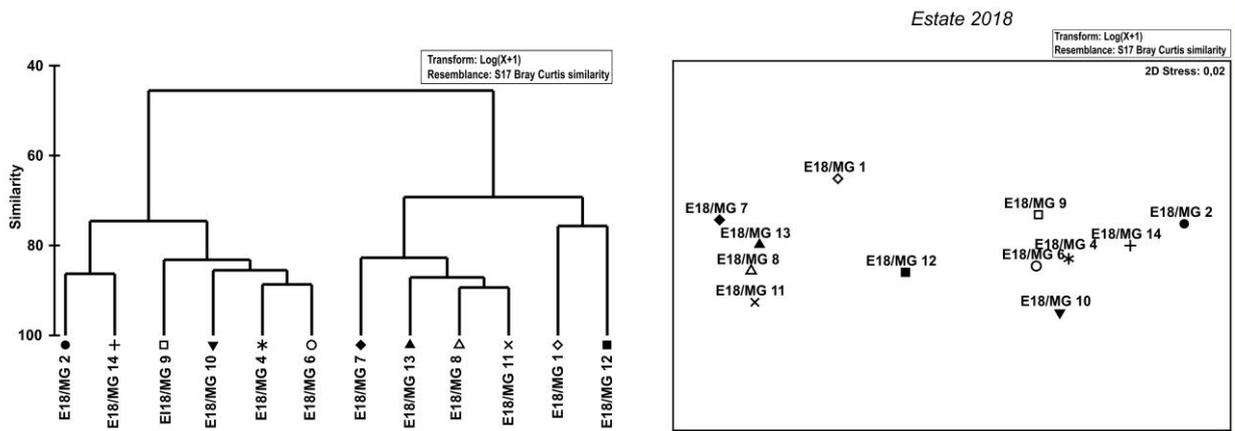


Figura 56 - A sinistra: dendrogramma per il raggruppamento gerarchico delle stazioni basato sul valore delle abbondanze medie dei taxa principali e similarità di Bray-Curtis, previa trasformazione logaritmica dei dati. A destra: piano di ordinamento ottenuto dal non-metric Multi Dimensional Scaling (nMDS), 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	71,8 \pm 75,6	75,5	Tunicati	0,1 \pm 0,7	0,1
Copepodi	10,1 \pm 17,6	10,6	Isopodi	0,1 \pm 0,5	0,1
Nauplii	4,5 \pm 7,7	4,7	Priapulidi	0,1 \pm 0,4	0,1
Policheti	5,5 \pm 6,6	5,8	Loriciferi	0,1 \pm 0,3	0,1
Chinorinchi	0,4 \pm 0,9	0,4	Bivalvi	0,6 \pm 1,4	0,6
Turbellari	0,1 \pm 0,2	<0,1	Caudofoveati	0,1 \pm 0,5	0,1
Ostracodi	1,2 \pm 2,9	1,3	Nemertini	0,2 \pm 0,9	0,2
Tanaidacei	0,2 \pm 0,5	0,2	Oligocheti	0,1 \pm 0,2	<0,1
Altri (Σ Chino-Oli)	3,2 \pm 5,2	3,3			
Meiofauna totale	95,0 \pm 107,1				

6.3.3 Bioaccumulo

Metalli

I risultati ottenuti nell'estate 2018 dalla ricerca dei metalli in *M. galloprovincialis* sono riportati nella **Tabella 66**.

Complessivamente, le concentrazioni dei metalli ricercati non mostrano anomalie negli organismi dislocati lungo lo scafo del rigassificatore; molti infatti non sono stati rilevati (Cr, Mn, Ni, Va) affatto. Alcuni elementi come As, Hg (con la sola eccezione della Stazione A) mostrano, ovunque, un incremento rispetto al Tempo Zero, mentre lo Zn aumenta solo nella stazione B e in Gorgona. Rame e ferro esibiscono un diffuso decremento rispetto al T0. Solo il bario mostra maggiore incremento nelle stazioni C e D rispetto alle altre. Si tratta tuttavia di valori assoluti bassi.

Tabella 66 - Concentrazione dei metalli nei mitili. Dati relativi alla campagna E18 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	8,24	1,24	12,25	1,84	12,29	1,84	11,44	1,72	11,12	1,67	11,78	1,77
Bario	2,53	0,38	< 1,20	-	2,20	0,33	6,55	0,98	3,59	0,54	1,20	0,18
Cadmio	0,41	0,06	0,50	0,07	0,59	0,09	0,53	0,08	0,58	0,09	0,58	0,09
Cromo totale	< 1,20	-	< 1,20	-	< 1,20	-	< 1,20	-	< 1,20	-	< 1,20	-
Ferro	203,16	30,47	63,55	9,53	65,75	9,86	66,42	9,96	60,31	9,05	83,65	12,55

Tabella 66 - Concentrazione dei metalli nei mitili. Dati relativi alla campagna E18 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.

Manganese	< 12,5	-	< 12,5	-	< 12,5	-	< 12,5	-	< 12,5	-	< 12,5	-
Mercurio	0,085	0,01	0,058	0,01	0,099	0,01	0,089	0,01	0,099	0,01	0,096	0,01
Nichel	< 1,20	-	< 1,20	-	< 1,20	-	< 1,20	-	< 1,20	-	< 1,20	-
Piombo	2,62	0,39	1,90	0,29	2,28	0,34	2,02	0,30	2,20	0,33	2,00	0,30
Rame	4,22	0,63	3,88	0,58	3,84	0,58	4,05	0,61	3,92	0,59	4,04	0,61
Vanadio	< 1,20	-	< 1,20	-	< 1,20	-	< 1,20	-	< 1,20	-	< 1,20	-
Zinco	151,84	22,78	159,94	23,99	203,99	30,60	154,04	23,11	174,45	26,17	184,21	27,63

Idrocarburi totali

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

Gli idrocarburi leggeri (C<10) e C10-C40 sono risultati tutti inferiori al limite di rilevabilità del metodo.

Tabella 67 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna E18, 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	< 10	< 10	< 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.

Tabella 68 - Concentrazione degli IPA e dei composti organostannici presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna E18, sono espressi in mg/kg.

	Tempo zero	Stazione A Pos. 1	Stazione B Pos. 2	Stazione C Pos. 3	Stazione D Pos. 4	Stazione E (Bianco Gorgona)
Acenafte	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Acenaftilene	< 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	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
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
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 E18, 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 Trichloroacetico	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Acido Monocloroacetico	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
Acido Clorodibromoacetico	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
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	< 0,2	< 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-Dibromo Etano	< 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
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 non emerge alcuna contaminazione fecale (**Tabella 70**).

Tabella 70 - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna E18, 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)

Dall'analisi del Neutral Red Retention Time è emersa una elevata integrità morfo-funzionale dei lisosomi in tutti i campioni indagati e non sono emerse differenze significative tra i mitili di controllo (Stazione E – Gorgona) e quelli posizionati lungo le 4 stazioni di monitoraggio del Terminale FSRU (Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.).

Comet Assay

Dall'analisi del Comet assay (**Figura 58**) non è emersa alcuna differenza significativa tra i mitili di controllo (stazione E, Gorgona) e quelli collocati presso il Terminale FSRU per quanto concerne il grado di integrità del DNA.

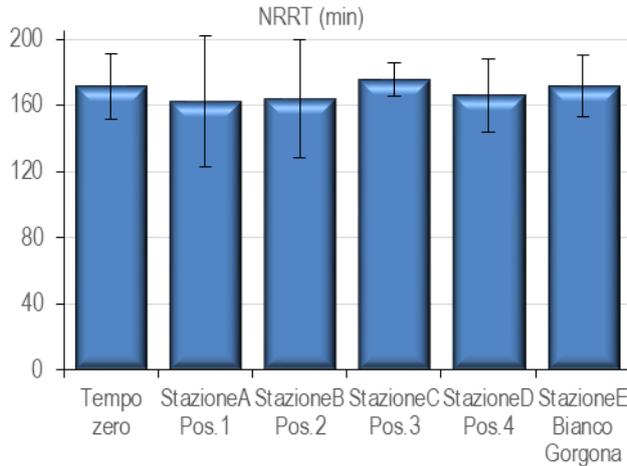


Figura 57 - Valutazione del danno cellulare mediante la misura del tempo di ritenzione del colorante vitale Rosso Neutro (NRRT) nei lisosomi degli emociti di mitilo. Valori alti del tempo di ritenzione corrispondono ad una maggiore integrità.

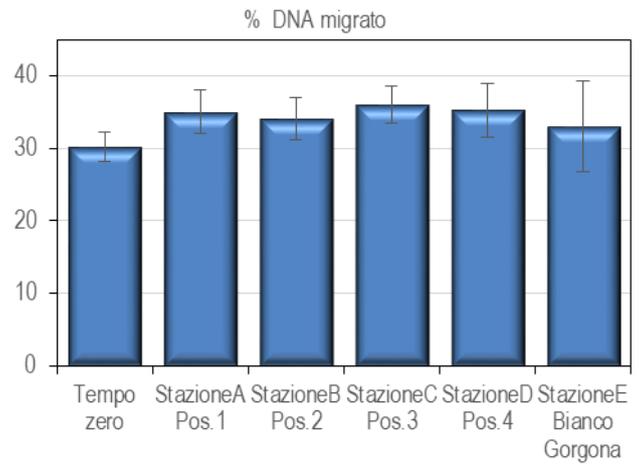


Figura 58 - Valutazione del grado di integrità del DNA mediante Comet assay. Valori elevati della percentuale di DNA migrato corrispondono ad una maggiore entità del danno.

Analisi istologica del tessuto branchiale.

L'istologia ha messo in luce un elevato grado di integrità dell'apparato branchiale e l'assenza di differenze significative tra i mitili del Terminale FSRU e quelli di controllo (**Figura 59, Tabella 71**).

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

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

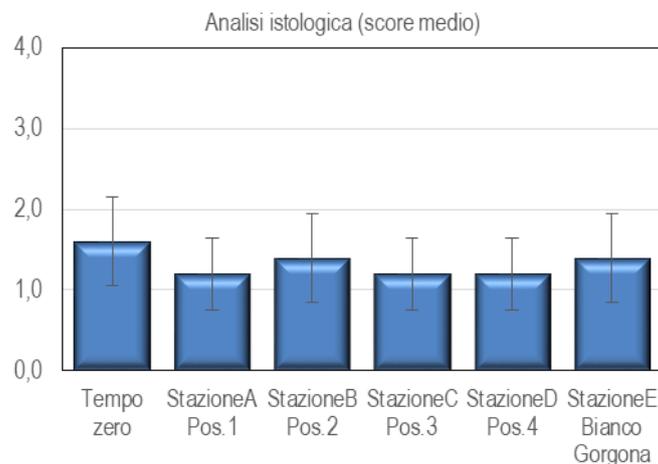


Figura 59 - Analisi istologica delle branchie di mitilo. Il parametro rappresentato nel grafico è il punteggio medio (score) per ciascuna delle stazioni indagate. La scala va da 1 a 5; il punteggio 1 indica una condizione di integrità mentre il punteggio 5 indica una forte compromissione della struttura 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 2018.

Nel corso del campionamento effettuato con la rete a strascico sono state catturate 37 specie di Osteitti, 2 di Condroitti, 4 di Crostacei Decapodi e 8 di Molluschi Cefalopodi.

Il campionamento condotto con le reti da posta ha portato alla raccolta in totale di 17 specie di Osteitti, 4 di Condroitti, 1 di Crostacei Decapodi e 2 di Molluschi Cefalopodi.

Tabella 72 - Lista delle specie catturate con la rete a strascico e le reti da posta: Strascico: E18 S1-S4 = stazioni campionate in prossimità del terminale; E18 SC = stazione di controllo. Reti da posta: E18 P1-P4 = stazioni campionate in prossimità del terminale; E18 PC = stazione di controllo.

	Strascico		Reti da posta			Strascico		Reti da posta	
	E18 S1-S4	E18 SC	E18 P1-P4	E18 PC		E18 S1-S4	E18 SC	E18 P1-P4	E18 PC
Osteitti					Condroitti				
<i>Alosa fallax</i> (Lacépède, 1803)			*		<i>Raja clavata</i> Linnaeus, 1758	*		*	
<i>Argentina sphyraena</i> Linnaeus, 1758	*	*			<i>Torpedo marmorata</i> Risso, 1810				*
<i>Arnoglossus laterna</i> (Walbaum, 1792)	*	*			<i>Scyliorhinus canicula</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	*	*
<i>Arnoglossus thori</i> Kyle, 1913	*				Crostacei decapodi				
<i>Auxis rochei rochei</i> (Risso, 1810)			*	*	<i>Diogenes pugilator</i> (Roux, 1829)	*			
<i>Blennius ocellaris</i> Linnaeus, 1758	*	*			<i>Liocarcinus depurator</i> (Leach, 1814)	*			
<i>Boops boops</i> (Linnaeus, 1758)	*	*			<i>Maja</i> spp.			*	
<i>Callionymus maculatus</i> Rafinesque, 1810	*				<i>Munida intermedia</i> A. M.-Edwards & Bouvier, 1899	*			
<i>Capros aper</i> (Linnaeus, 1758)	*				<i>Parapenaeus longirostris</i> (H. Lucas, 1846)	*	*	*	*
<i>Chelidonichthys lucerna</i> (Linnaeus, 1758)	*				Molluschi cefalopodi				
<i>Citharus linguatula</i> (Linnaeus, 1758)		*	*	*	<i>Eledone cirrhosa</i> (Lamarck, 1798)	*	*		
<i>Engraulis encrasicolus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	*	*	<i>Illex coindetii</i> (Vérany, 1839)	*	*	*	
<i>Euthynnus alletteratus</i> (Rafinesque, 1810)			*	*	<i>Loligo (Alloteuthis) sp.</i>	*	*		
<i>Eutrigla gurnardus</i> (Linnaeus, 1758)	*				<i>Octopus vulgaris</i> Cuvier, 1797	*		*	
<i>Lepidorhombus boscii</i> (Risso, 1810)	*	*	*	*	<i>Sepia elegans</i> Blainville, 1827	*	*		
<i>Lepidotrigla cavillone</i> (Lacépède, 1801)	*	*	*	*	<i>Sepia orbignyana</i> Férussac, 1826	*	*		
<i>Lophius budegassa</i> Spinola, 1807	*	*	*	*	<i>Sepietta oweniana</i> (d'Orbigny, 1841)	*			
<i>Lesuerigobius friesii</i> (Malm, 1874)	*				<i>Scaevargus uniccirrhus</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 bogaraveo</i> (Brünnich, 1768)	*	*			<i>Alcyonium</i> spp.	*			
<i>Pagellus erythrinus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*			<i>Antedon mediterranea</i> Lamarck, 1816	*			
<i>Phycis blennoides</i> (Brünnich, 1768)	*				<i>Ascidia mentula</i> O.F. Müller, 1776	*	*		
<i>Phycis phycis</i> (Linnaeus, 1758)					<i>Astropecten i. pentacanthus</i> (Delle Chiaje, 1825)	*	*		
<i>Sardina pilchardus</i> (Walbaum, 1792)	*		*		<i>Aurelia aurita</i> (Linnaeus, 1758)	*	*		
<i>Scomber colias</i> Gmelin, 1789	*				<i>Botryllus schlosseri</i> (Pallas, 1776)	*			
<i>Scomber scombrus</i> Linnaeus, 1758	*				<i>Cidaris cidaris</i> (Linnaeus, 1758)	*		*	
<i>Scophthalmus rhombus</i> (Linnaeus, 1758)			*		<i>Echinaster sepositus</i> (Retzius, 1783)	*			
<i>Scorpaena notata</i> Rafinesque, 1810		*			<i>Echinus melo</i> Lamarck, 1816	*			
<i>Scorpaena scrofa</i> Linnaeus, 1758		*	*		<i>Funiculina quadrangularis</i> (Pallas, 1766)			*	
<i>Serranus cabrilla</i> (Linnaeus, 1758)	*		*		<i>Galeodea echinofora</i> (Linnaeus, 1758)	*	*		
<i>Serranus hepatus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*			<i>Leptometra phalangium</i> (J. Müller, 1841)	*			
<i>Spicara flexuosa</i> Rafinesque, 1810	*	*	*		<i>Ophiura</i> spp.	*	*		
<i>Synchiropus phaeton</i> (Günther, 1861)	*				<i>Ophiura texturata</i> Lamarck, 1816	*			
<i>Trachinus draco</i> Linnaeus, 1758	*	*			<i>Ostrea</i> sp.		*		
<i>Trachurus m. mediterraneus</i> (Steindachner, 1868)	*	*	*		<i>Pennatula rubra</i> (Ellis, 1764)	*			
<i>Trachurus trachurus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*			<i>Polychaeta</i> indet.	*			
<i>Trisopterus capelanus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	*		<i>Porifera</i> indet.	*			
<i>Trigla lyra</i> Linnaeus, 1758	*				<i>Pteroeides griseum</i> (Linnaeus, 1767)	*			
<i>Uranoscopus scaber</i> Linnaeus, 1758	*		*	*	<i>Scaphander lignarius</i> (Linnaeus, 1758)	*			
<i>Zeus faber</i> Linnaeus, 1758	*				<i>Squilla mantis</i> (Linnaeus, 1758)		*		
Condroitti			*	*	<i>Stichopus regalis</i> (Cuvier, 1817)	*	*		
<i>Raja asterias</i> Delaroche, 1809									

Indici di densità e biomassa per gruppi tassonomici

Nella **Figura 60** riportata la composizione percentuale delle catture, espressa con indici di densità e biomassa, dei principali gruppi tassonomici campionati con le reti da posta.

Il gruppo con gli indici di densità e biomassa più elevati è quello dei Condroitti. Questo gruppo risulta essere il più abbondante sia nelle stazioni prossime al terminale (E18 P1-P4), rappresentando il 70% della densità media ed il 76% della biomassa media, che nella stazione di controllo (E18 PC), dove costituisce il 60% della densità media ed il 77% della biomassa media.

Il secondo gruppo più rappresentativo è quello degli Osteitti che contribuisce, per quanto riguarda l'indice di densità, per il 23% nelle stazioni E18 P1-P4 e per il 30% nella stazione E18 PC. Per questo stesso gruppo l'indice di biomassa medio rappresenta il 22% nelle stazioni E18 P1-P4 ed il 23% nella stazione E18 PC.

Per quanto riguarda il gruppo dei Crostacei Decapodi sono stati registrati indici piuttosto bassi. In prossimità del terminale (E18 P1-P4) gli indici di densità media e di biomassa media contribuiscono per il 6% e 0,4% rispettivamente, mentre nella stazione di controllo (E18 PC) questi stessi indici contribuiscono per il 9% e 0,5% rispettivamente.

I Molluschi Cefalopodi sono stati campionati solamente nel gruppo di stazioni E18 P1-P4, con indici in densità e biomassa estremamente bassi (0,9% e 1,1% rispettivamente).

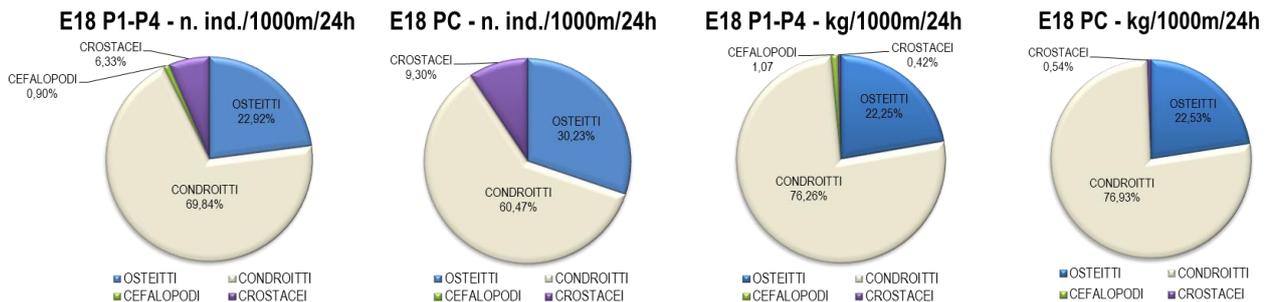


Figura 60 - Reti da posta: composizione percentuale delle catture, espressa come n. individui/1000m/24h e kg/1000m/24h, dei principali gruppi tassonomici campionati nelle stazioni E18 P1-P4 e E18 PC.

Nella **Figura 61** è riportata la composizione in percentuale delle catture dei principali gruppi tassonomici campionati con la rete a strascico. Il gruppo degli Osteitti rappresenta il 61% della densità registrata nelle stazioni E18 S1-S4 e il 55% di quella registrata nella stazione E18 SC. L'indice di biomassa di questo gruppo è pari al 53% per le stazioni poste in prossimità del terminale (E18 S1-S4) e al 55% per la stazione di controllo (E18 SC).

I Condroitti mostrano, in relazione all'indice di densità, un contributo pari al 7% per le stazioni E18 S1-S4 e al 3% per la stazione E18 SC. Passando al contributo in biomassa questo gruppo rappresenta il 31% nella stazioni in prossimità del terminale ed il 22% nella stazione di controllo.

Il gruppo dei Molluschi Cefalopodi rappresenta il 6% della densità nelle stazioni E18 S1-S4 e il 9% nella stazione E18 SC. Il contributo percentuale dell'indice di biomassa per questo gruppo è pari al 10% per le stazioni in prossimità del terminale (E18 S1-S4) e al 14% per la stazione di controllo (E18 SC).

L'indice di densità dei Crostacei Decapodi è pari al 26% nelle stazioni E18 S1-S4 e al 32% nella stazione E18 SC. L'indice di biomassa rappresenta il 7% del totale per le stazioni in prossimità del terminale e il 9% del totale per la stazione di controllo.

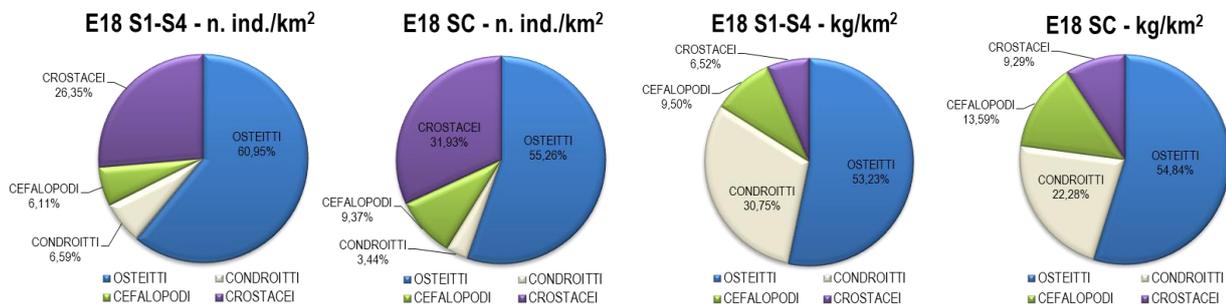


Figura 61 - Rete a strascico: composizione percentuale delle catture, espressa come n. individui/km² e kg/km², dei principali gruppi tassonomici campionati nelle stazioni E18 S1-S4 e E18 SC.

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 83 ind./1000m/24h nel gruppo di stazioni poste in prossimità del terminale (E18 P1-P4) e di 36 ind./1000m/24h nella stazione di controllo (E18 PC). L'indice di biomassa per il gattuccio corrisponde a 16,5 kg/1000m/24h per il gruppo di stazioni E18 P1-P4 e a 7,2 kg/1000m/24h per la stazione E18

PC. Per quanto riguarda il gruppo degli Osteitti la specie con gli indici in densità e biomassa più elevati è la linguattola, *Citharus linguatula*. Nelle stazioni E18 P1-P4 gli indici di densità e biomassa si attestano su 9 ind./1000m/24h e 0,4 kg/1000m/24h rispettivamente, mentre nella stazione E18 PC gli stessi indici hanno valori pari a 8 ind./1000m/24h e 0,4 kg/1000m/24h rispettivamente. Tra gli Osteitti è da segnalare anche la rana pescatrice, *Lophius budegassa*, con indici di densità e biomassa pari a 4 ind./1000m/24h e 2,1 kg/1000m/24h nel gruppo di stazioni E18 P1-P4 e di 3 ind./1000m/24h e 0,6 kg/1000m/24h nella stazione E18 PC. Tra i Crostacei Decapodi la specie con gli indici di densità e biomassa più elevati è il gambero bianco, *Parapenaeus longirostris*: gli indici di densità per questa specie sono pari a 8 ind./1000m/24h per il gruppo di stazioni E18 P1-P4 e 6 ind./1000m/24h per la stazione E18 PC. L'indice di biomassa del gambero bianco è di 0,1 kg/1000m/24h sia nelle stazioni in prossimità del terminale che nella stazione di controllo.

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 E18 P1-P4 e nella stazione di controllo E18 PC. * =DS<0,05.

	E18 P1-P4		E18 PC	
	n. ind./1000m/24h	kg/1000m/24h	n. ind./1000m/24h	kg/1000m/24h
Osteitti				
<i>Alosa fallax nilotica</i>	0,8 \pm 2,7	0,57 \pm 2,0		
<i>Auxis rochei</i>	3,9 \pm 7,2	0,98 \pm 1,8	3,2	0,86
<i>Citharus linguatula</i>	8,7 \pm 13,5	0,40 \pm 0,6	7,9	0,36
<i>Engraulis encrasicolus</i>	1,4 \pm 5,0	0,01*		
<i>Euthynnus alletteratus</i>	1,5 \pm 2,2	0,99 \pm 1,5	1,6	0,90
<i>Lepidorhombus boscii</i>	1,9 \pm 3,9	0,16 \pm 0,3		
<i>Lepidotrigla cavillone</i>	0,4 \pm 1,4	0,003*	1,6	0,03
<i>Lophius budegassa</i>	3,8 \pm 1,5	2,14 \pm 2,4	3,2	0,62
<i>Merluccius merluccius</i>	0,8 \pm 1,5	0,21 \pm 0,4		
<i>Phycis phycis</i>	0,4 \pm 1,3	0,02 \pm 0,1		
<i>Scophthalmus rhombus</i>	0,4 \pm 1,3	0,27 \pm 0,9		
<i>Scorpaena scrofa</i>	1,5 \pm 5,4	1,30 \pm 4,5		
<i>Serranus cabrilla</i>	0,4 \pm 1,3	0,02 \pm 0,1		
<i>Spicara flexuosa</i>	0,8 \pm 1,5	0,03 \pm 0,1		
<i>Trachurus mediterraneus</i>	0,8 \pm 1,5	0,08 \pm 0,2		
<i>Trisopterus capelanus</i>	0,4 \pm 1,3	0,01*		
<i>Uranoscopus scaber</i>	0,8 \pm 2,7	0,12 \pm 0,4	3,2	0,51
Condroitti				
<i>Raja asterias</i>	0,4 \pm 1,4	0,45 \pm 1,6	3,2	3,31
<i>Raja clavata</i>	3,7 \pm 11,3	8,11 \pm 23,7		
<i>Scyliorhinus canicula</i>	82,9 \pm 78,1	16,52 \pm 16,2	36,3	7,17
<i>Torpedo marmorata</i>			1,6	0,72
Crostacei Decapodi				
<i>Maja sp.</i>	0,4 \pm 1,3	0,04 \pm 0,1		
<i>Parapenaeus longirostris</i>	7,5 \pm 9,8	0,10 \pm 0,1	6,3	0,08
Molluschi Cefalopodi				
<i>Illex coindetii</i>	0,8 \pm 1,5	0,15 \pm 0,3		
<i>Octopus vulgaris</i>	0,4 \pm 1,3	0,20 \pm 0,7		
Altro				
<i>Alcyonium palmatum</i>	0,4 \pm 1,3	0,002*		
<i>Cidaris cidaris</i>	0,4 \pm 1,3	0,01*		
<i>Funiculina quadrangularis</i>	0,7 \pm 1,5	0,01*		

Reti a strascico - Indici di densità e biomassa per specie

Nella **Tabella 74** sono riportati gli indici di densità in n. individui/km² e di biomassa in kg/km² per le specie catturate con la rete a strascico. Tra gli Osteitti campionati nelle stazioni in prossimità del terminale (E18 S1-S4) la specie più abbondante è la triglia di fango, *Mullus barbatus*, con un indice di densità di 2916 ind./km² ed un indice in biomassa di 112,1 kg/km². In questo gruppo altre specie che mostrano indici elevati sono il pesce trombetta, *Macroramphosus scolopax*, con un indice di densità pari a 1201 ind./km² e un indice in biomassa di 6,4 kg/km², il nasello, *Merluccius merluccius*, con indici di densità e biomassa di 1176 ind./km² e 29,4 kg/km² rispettivamente, il merluzzetto, *Trisopterus capelanus* (638 ind./km² e 8,8 kg/km²) ed il sacchetto, *Serranus hepatus* (538 ind./km² e 6 kg/km²). Tra i Condroitti la specie più abbonante è gattuccio *S. canicula* con indici di densità pari a 905 ind./km² e di biomassa pari a 131,3 kg/km². Per quanto riguarda il gruppo dei Crostacei Decapodi la specie più abbondante è il gambero bianco, *P. longirostris*, con indici di densità e

biomassa pari a 3688 ind./km² e 31,1 kg/km² rispettivamente. Il gambero bianco è anche la specie più abbondante in assoluto campionata nelle stazioni in prossimità del terminale. Tra i Molluschi Cefalopodi la specie con gli indici di densità e biomassa più elevati è il totano, *Illex coindetii*, con valori di 549 ind./km² e 31,5 kg/km² rispettivamente, seguito dal moscardino, *Eledone cirrhosa*, con un indice di densità di 100 ind./km² e un indice di biomassa di 2,9 kg/km² e dalla seppia elegante, *Sepia elegans* (113 ind./km² e 1,4 kg/km²). Nel gruppo indicato come "Altro" la specie più abbondante è l'echinoderma *Ophiura texturata*, con un indice di densità pari a 558 ind./km² e un indice di biomassa pari a 1,5 kg/km², seguita da un altro echinoderma, *Astropecten irregularis pentacanthus*, con indici di densità e biomassa pari a 460 ind./km² e 0,5 kg/km² rispettivamente.

Nel controllo E18 PC, fra gli Osteitti la specie più abbondante è, anche in questo caso, la triglia di fango, *M. barbatus*, con un indice di densità di 1635 ind./km² e un indice in biomassa di 59,2 kg/km². Tra gli Osteitti altre specie particolarmente abbondanti sono il nasello, *M. merluccius*, con indici di densità e biomassa pari a 1373 ind./km² e 29,4 kg/km² rispettivamente, il sugarello maggiore, *Trachurus mediterraneus*, con una densità di 66 ind./km² e una biomassa di 23,4 kg/km², l'acciuga, *Engraulis encrasicolus* (505 ind./km² e 3,6 kg/km²) e il caviglione, *Lepidotrigla cavillone*, con indici di densità e biomassa pari a 444 ind./km² e 5,7 kg/km² rispettivamente. Nella stazione E18 PC il gruppo dei Condroitti è rappresentato esclusivamente dal gattuccio, *S. canicula*, con un indice di densità di 363 ind./km² e un indice in biomassa di 68,1 kg/km². Tra i Crostacei Decapodi la specie più abbondante è il gambero bianco, *P. longirostris* (3350 ind./km² e 28,1 kg/km²) che anche in questo caso rappresenta la specie più abbondante in assoluto campionata nella stazione E18 PC. Anche nel gruppo dei Molluschi Cefalopodi campionati nella stazione di controllo la specie più abbondante è il totano, *I. coindetii*, con indici di densità e biomassa pari 565 ind./km² e di 34,1 kg/km², seguito dalla seppia elegante, *S. elegans* (113 ind./km² e 1,4 kg/km²) e dal moscardino, *E. cirrhosa* (141 ind./km² e 3,6 kg/km²). Infine nel gruppo indicato come "Altro" le specie più abbondanti sono l'echinoderma *A. irregularis pentacanthus*, con un indice di densità di 4743 ind./km² e un indice di biomassa di 12,1 kg/km² e il tunicato *Ascidia mentula* con indici di densità e biomassa pari a 243 ind./km² e 5,3 kg/km² rispettivamente.

Tabella 74 - Rete a strascico: indici di densità e biomassa (± DS), espressi in n. individui/km² e kg/km², stimati per le specie catturate nelle stazioni E18 S1-S4 e nella stazione di controllo E18 SC. * = DS<0,05.

	E18 S1-S4		E18 SC	
	n. ind./km ²	kg/km ²	n. ind./km ²	kg/km ²
Osteitti				
<i>Argentina sphyraena</i>	111,0±229,2	1,92±4,0	20,2	0,42
<i>Arnoglossus laterna</i>	20,0±49,4	0,04±0,1	20,2	0,08
<i>Arnoglossus thori</i>	4,9±16,9	0,01±0,1		
<i>Blennius ocellaris</i>	5,0±17,5	0,09±0,3	20,2	1,13
<i>Boops boops</i>	50,3±92,7	2,28±3,7	80,7	3,15
<i>Callionymus maculatus</i>	4,9±16,9	0,01±0,1		
<i>Capros aper</i>	131,0±253,2	0,45±0,9		
<i>Chelydonichthys lucerna</i>	5,0±17,5	1,26±4,4		
<i>Citharus linguatula</i>			20,2	0,20
<i>Engraulis encrasicolus</i>	210,6±405,2	1,03±1,9	504,6	3,55
<i>Eutrigla gurnardus</i>	4,9±16,9	0,14±0,5		
<i>Lepidorhombus boschii</i>	205,0±194,4	12,21±4,5	60,6	3,77
<i>Lepidotrigla cavillone</i>	439,2±467,6	5,62±5,2	444,0	5,67
<i>Lesueurigobius friesii</i>	5,0±17,5	0,01*		
<i>Lophius budegassa</i>	74,5±70,4	27,61±41,1	20,2	9,99
<i>Macroramphosus scolopax</i>	1200,9±3106,1	6,36±14,7	100,9	0,24
<i>Merluccius merluccius</i>	1175,9±262,7	29,42±16,2	1372,5	29,43
<i>Mullus barbatus</i>	2915,9±1490,4	112,13±45,4	1634,9	59,16
<i>Pagellus bogaraveo</i>	20,2±69,9	0,84±2,9	20,2	1,94
<i>Pagellus erythrinus</i>	108,3±149,9	6,66±8,9	161,5	9,32
<i>Phycis blennoides</i>	45,4±100,4	0,57±1,1		
<i>Sardina pilchardus</i>	9,8±33,9	0,12±0,4		
<i>Scomber japonicus</i>	24,5±84,7	4,67±16,2		
<i>Scomber scombrus</i>	14,7±50,8	1,20±4,2		
<i>Scorpaena notata</i>			60,6	1,21
<i>Scorpaena scrofa</i>			20,2	2,79
<i>Serranus cabrilla</i>	44,8±77,4	1,55±2,9		
<i>Serranus hepatus</i>	537,5±808,5	5,98±8,6	222,0	2,79
<i>Spicara flexuosa</i>	19,6±47,9	0,50±1,3	20,2	0,44
<i>Synchiropus phaeton</i>	15,1±33,5	0,05±0,1		
<i>Trachinus draco</i>	4,9±16,9	0,45±1,6	20,2	2,50
<i>Trachurus mediterraneus</i>	191,6±290,8	6,79±8,7	666,1	23,35

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 E18 S1-S4 e nella stazione di controllo E18 SC. * = DS<0,05.

	E18 S1-S4		E18 SC	
	n. ind./km ²	kg/km ²	n. ind./km ²	kg/km ²
<i>Trachurus trachurus</i>	348,2 \pm 626,3	5,34 \pm 5,6	100,9	0,97
<i>Trigla lyra</i>	5,0 \pm 17,5	0,09 \pm 0,3		
<i>Trisopterus capelanus</i>	638,1 \pm 946,0	8,81 \pm 11,4	242,2	5,63
<i>Uranoscopus scaber</i>	9,8 \pm 33,9	1,34 \pm 4,6		
<i>Zeus faber</i>	45,3 \pm 77,7	9,20 \pm 30,4		
Condroitti				
<i>Raja clavata</i>	10,1 \pm 35,0	15,87 \pm 55,0		
<i>Scyllorhinus canicula</i>	905,2 \pm 219,9	131,26 \pm 53,9	363,3	68,14
Crostacei Decapodi				
<i>Diogenes pugilator</i>	35,3 \pm 122,4	0,11 \pm 0,4		
<i>Liocarcinus depurator</i>	10,1 \pm 20,2	0,04 \pm 0,1		
<i>Munida intermedia</i>	5,0 \pm 17,5	0,02 \pm 0,1		
<i>Parapenaeus longirostris</i>	3688,1 \pm 3509,8	31,06 \pm 24,9	3350,5	28,06
<i>Squilla mantis</i>			20,2	0,36
Molluschi Cefalopodi				
<i>Eledone cirrhosa</i>	99,5 \pm 50,5	2,87 \pm 0,9	141,3	3,59
<i>Illex coindetii</i>	549,2 \pm 440,3	31,51 \pm 34,5	565,1	34,13
<i>Loligo (Alloteuthis) sp.</i>	5,0 \pm 17,5	0,02 \pm 0,1	20,2	0,08
<i>Octopus vulgaris</i>	20,2 \pm 49,4	8,39 \pm 17,1		
<i>Scaevargus unicolor</i>	15,1 \pm 33,5	0,60 \pm 1,4		
<i>Sepia elegans</i>	113,0 \pm 175,0	1,39 \pm 1,9	141,3	1,51
<i>Sepia orbignyana</i>	54,0 \pm 121,0	0,62 \pm 1,4	100,9	1,15
<i>Sepietta oweniana</i>	10,1 \pm 20,2	0,07 \pm 0,1		
<i>Todaropsis eblanae</i>			20,2	1,11
Altro				
<i>Alcyonim spp.</i>	10,1 \pm 35,0	0,25 \pm 0,9		
<i>Alcyonium palmatum</i>	9,9 \pm 19,9	0,20 \pm 0,5		
<i>Antedon mediterranea</i>		0,50 \pm 1,7		
<i>Ascidia mentula</i>	79,5 \pm 117,5	1,18 \pm 2,5	242,2	5,25
<i>Astropecten irregularis</i>	459,9 \pm 1103,2	0,53 \pm 1,2	4743,2	12,11
<i>Aurelia aurita</i>	19,6 \pm 47,9	0,39 \pm 0,8	121,1	3,63
<i>Botryllus schlosseri</i>	15,1 \pm 33,5	1,06 \pm 2,1		
<i>Cidaris cidaris</i>	4,9 \pm 16,9	0,12 \pm 0,4		
<i>Echinaster sepositus</i>	5,0 \pm 17,5	0,12 \pm 0,4		
<i>Echinus melo</i>	35,3 \pm 100,4	9,08 \pm 27,0		
<i>Galeodea echinofora</i>	24,9 \pm 32,9	0,62 \pm 1,2	60,6	1,82
<i>Leptometra phalangium</i>	19,6 \pm 67,8	277,58 \pm 961,3		
<i>Ophiura spp.</i>	30,3 \pm 83,2	0,27 \pm 0,9	645,9	3,23
<i>Ophiura texturata</i>	557,8 \pm 1407,4	1,45 \pm 3,5		
<i>Ostrea spp.</i>			282,6	7,06
<i>Pennatula rubra</i>	4,9 \pm 16,9	0,15 \pm 0,5		
Polychaeta indet.	9,8 \pm 33,9	0,07 \pm 0,2		
Porifera indet.	4,9 \pm 16,9	2,45 \pm 8,5		
<i>Pteroides griseum</i>	29,4 \pm 101,7	0,29 \pm 1,0		
<i>Scaphander lignarius</i>	5,0 \pm 17,5	0,01*		
<i>Stichopus regalis</i>	94,3 \pm 31,9	18,28 \pm 8,6	60,6	12,11

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 62** 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 (E18 P1-P4: stazioni in prossimità del terminale; E18 PC: stazione di controllo).

Gli indici di densità della rana pescatrice, *L. budegassa*, risultano abbastanza simili sia nelle stazioni in prossimità del terminale che nella stazione di controllo, mentre, per quanto riguarda l'indice di biomassa, questo risulta essere più elevato nel gruppo di stazioni E18 P1-P4 rispetto alla stazione E18 PC. Nel caso della linguattola, *C. linguatula*, non ci sono differenze tra gli indici stimati per le due aree campionate. Il gattuccio, *S. canicula*, mostra indici più elevati nelle stazioni poste in prossimità del terminale, mentre nel caso della razza stellata, *Raja stellata*, gli indici di densità e biomassa risultano notevolmente più elevati nella stazione E18 PC.

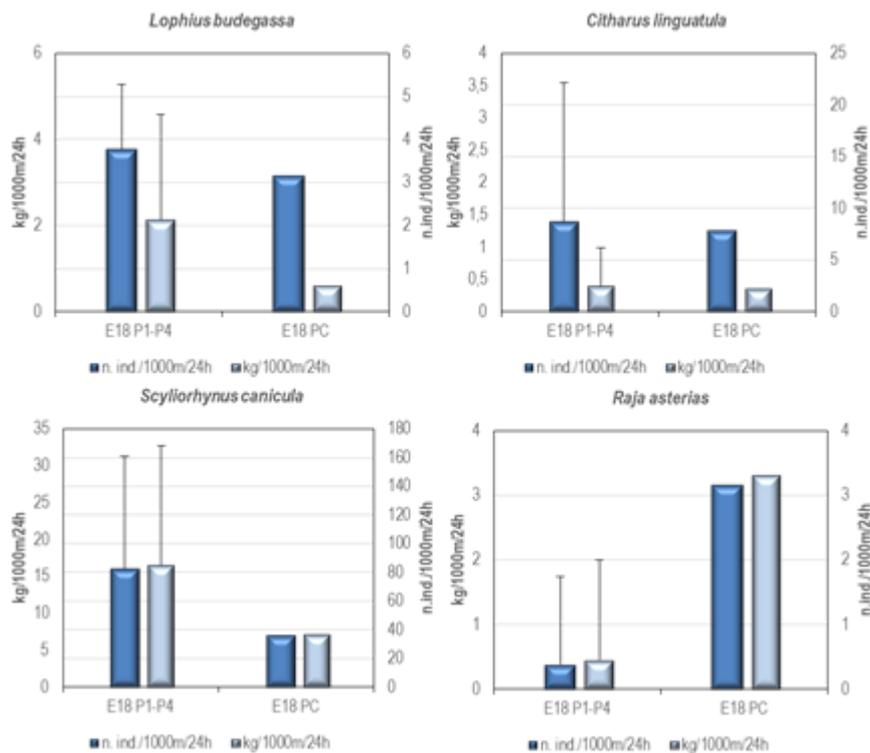


Figura 62 - Reti da posta: indici di densità e biomassa, stimati per le stazioni E18 P1-P4 e per la stazione E18 PC, per specie. Sono riportati i valori medi + la deviazione standard. In blu n. individui/1000m/24h, in azzurro kg/1000m/24h.

Rete a strascico

Nella **Figura 63** sono riportati gli indici di densità e biomassa per alcune specie catturate con la rete a strascico.

Il nasello, *M. merluccius*, il pagello fragolino, *Pagellus erythrinus*, e il moscardino, *E. cirrhosa*, mostrano indici di densità e biomassa più elevati nella stazione di controllo E18 SC, mentre nel caso della triglia di fango, *M. barbatus*, del sacchetto, *S. hepatus*, del merluzzetto, *T. capelanus*, e del gattuccio, *S. canicula*, questi due indici sono più elevati nel gruppo di stazioni poste in prossimità del terminale (E18 S1-S4). Nel caso del gambero bianco, *P. longirostris*, non si osservano sostanziali differenze tra gli indici stimati per le due diverse aree campionate.

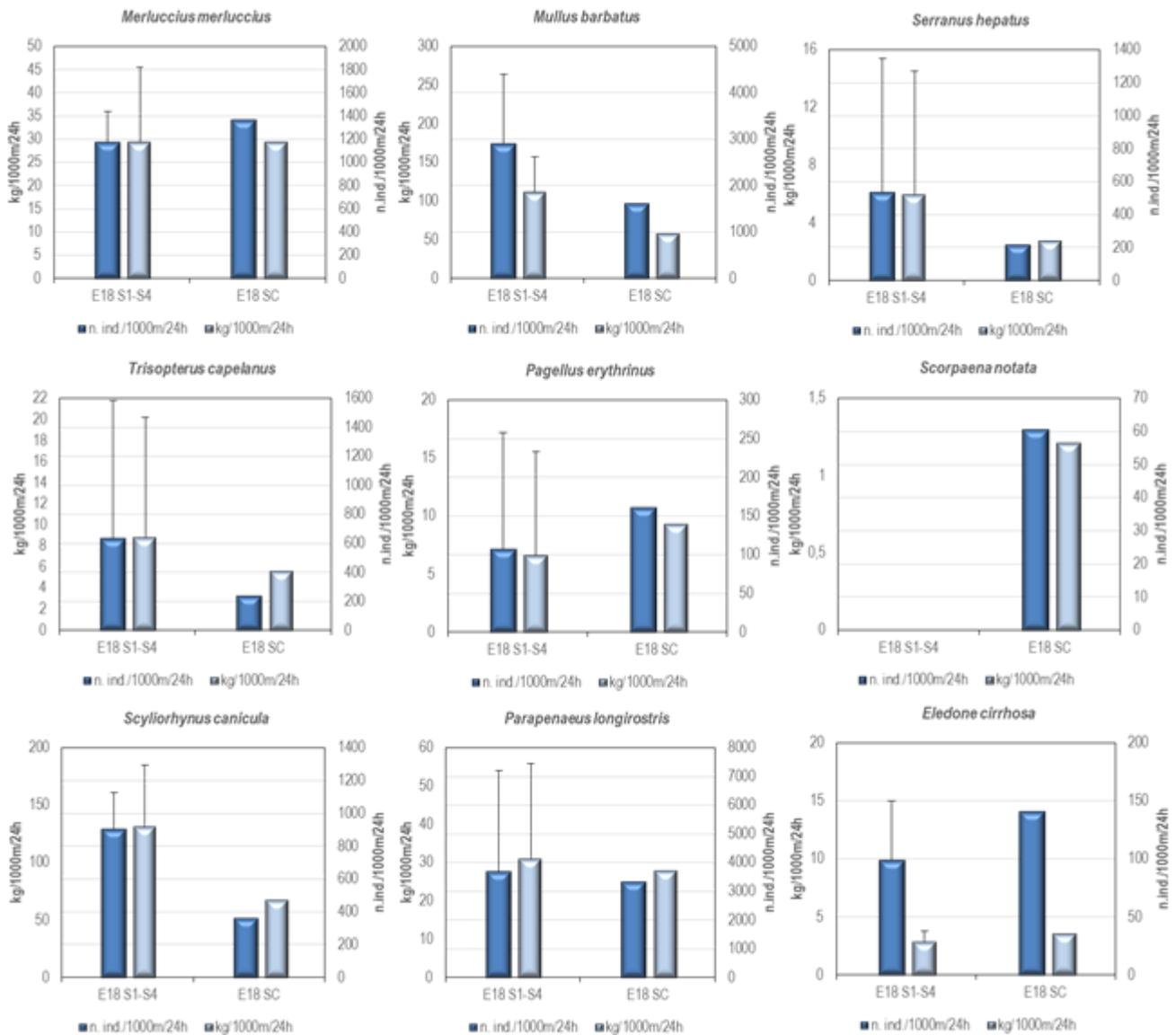


Figura 63 – Rete a strascico: indici di densità e biomassa, stimati per le stazioni E18 S1-S4 e per la stazione E18 SC, per specie. Sono riportati i valori medi + la deviazione standard. In blu n. individui/km², in azzurro chiaro kg/km².

Distribuzioni taglia-frequenza per specie

Reti da posta

Nella **Figura 64** è illustrata la distribuzione di taglia-frequenza del gattuccio *S. canicula* catturato con le reti da posta. Nel gruppo di stazioni prossime al terminale (E18 P1-P4) sono stati campionati 218 individui con taglia compresa tra 27 e 47 cm LT. Nella stazione di controllo E18 PC sono stati campionati 23 animali aventi taglia tra i 30 e 42 cm LT. In entrambe le distribuzioni taglia-frequenza si individua una moda a 39 cm LT. La maggioranza degli individui campionati si concentra nell'intervallo di taglia 37-42 cm LT.

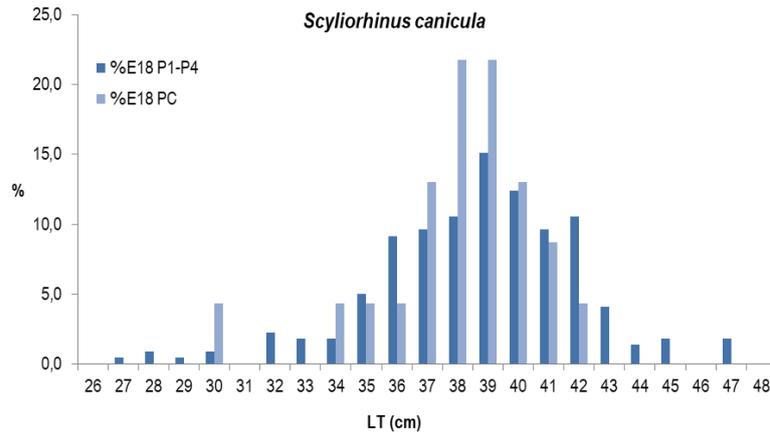


Figura 64 - Rete da posta: distribuzione taglia-frequenza del gattuccio (*Scylliorhinus canicula*). n. individui: 218 (E18 P1-P4), 23 (E18 PC).

Non vengono fornite le distribuzioni di taglia-frequenza delle altre specie indicatrici scelte per le reti da posta a causa dello scarso numero di individui campionati. Nel caso della linguattola *C. linguatula* sono stati campionati 28 individui, 23 esemplari nelle stazioni E18 P1-P4, con taglia compresa tra 16 e 22,5 cm LT, 5 esemplari nella stazione E18 PC, aventi taglia compresa tra 14 e 19,5 cm LT. Sono stati invece catturati 12 esemplari di rana pescatrice, *L. budegassa*: 10 esemplari campionati nelle stazioni in prossimità del terminale (E18 P1-P4) con taglia compresa tra 16 e 49 cm LT, e 2 esemplari di taglia 23 e 27 cm LT campionati nella stazione di controllo (E18 PC).

Rete a strascico

La triglia di fango *M. barbatus* è risultata la specie più catturata nel gruppo degli Osteitti. Nel gruppo di stazioni E18 S1-S4 sono stati campionati 588 esemplari con taglia compresa tra 6,5 e 24 cm LT; nella stazione E18 SC gli individui catturati sono stati 81, aventi taglia tra 12 e 22 cm LT (**Figura 65**). Per entrambe le distribuzioni di taglia è possibile osservare una moda a 14 cm LT, con le maggiori percentuali di individui comprese tra 12,5 e 15 cm LT.

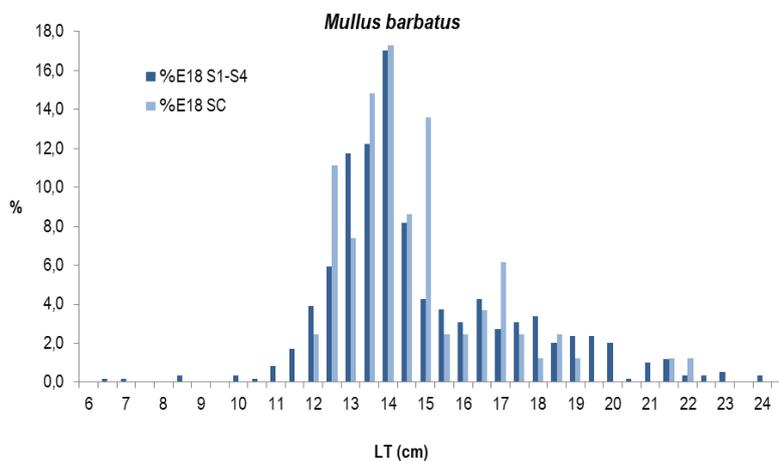


Figura 65 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza della triglia di fango (*Mullus barbatus*). n. individui: 588 (E18 S1-S4), 81 (E18 SC).

Visto lo scarso numero di esemplari campionati nella stazione E18 SC, per il sacchetto, *S. hepatus*, viene fornita solo la distribuzione taglia-frequenza degli animali provenienti dalle stazioni E18 S1-S4 (**Figura 66**). In totale nelle quattro stazioni sono stati campionati 107 animali, con taglia compresa tra 4,5 e 10 cm LT. Nella distribuzione di taglia-frequenza è evidente una moda a 8 cm LT. Nella stazione E18 SC sono stati campionati 11 esemplari di sacchetto *S.hepatus* aventi taglia compresa tra 8,5 e 10 cm LT.

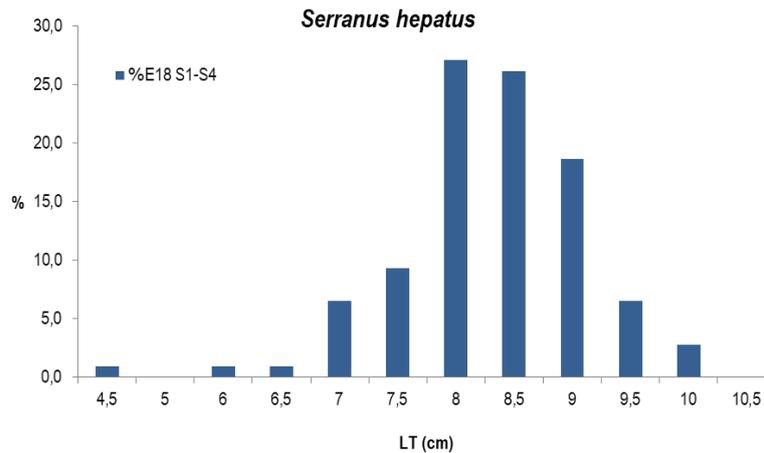


Figura 66 - Reti a strascico: distribuzione taglia-frequenza del sacchetto (*Serranus hepatus*). n. individui: 107 (E18 S1-S4).

Per il nasello, *M. merluccius*, sono stati campionati 237 esemplari nelle stazioni in prossimità del terminale (E18 S1-S4) con taglia compresa tra 6 e 30 cm LT, mentre nella stazione di controllo (E18 SC) sono stati campionati 68 esemplari con taglia compresa tra 7 e 34 cm LT (Figura 67). La distribuzione taglia-frequenza degli animali catturati nel gruppo di stazioni E18 S1-S4 mostra una moda a 9 cm LT, mentre per quella degli animali campionati nella stazione E18 SC la moda è a 11 cm LT.

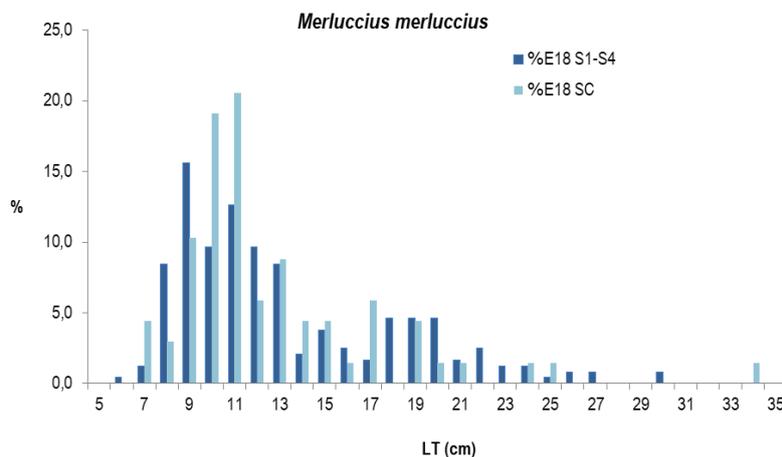


Figura 67 - Reti a strascico: distribuzione taglia-frequenza del nasello (*Merluccius merluccius*). n. individui: 237 (E18 S1-S4), 68 (E18 SC).

Per il merluzzetto, *T. capelanus*, viene fornita la sola distribuzione taglia-frequenza degli animali catturati nelle stazioni E18 S1-S4. In questo gruppo di stazioni sono stati campionati 127 esemplari con un intervallo di taglia tra 7,5 e 17 cm LT ed una moda a 8,5 cm LT (Figura 68). Nella stazione E18 SC sono stati campionati solo 12 esemplari con taglia compresa tra 10 e 17,5 cm LT.

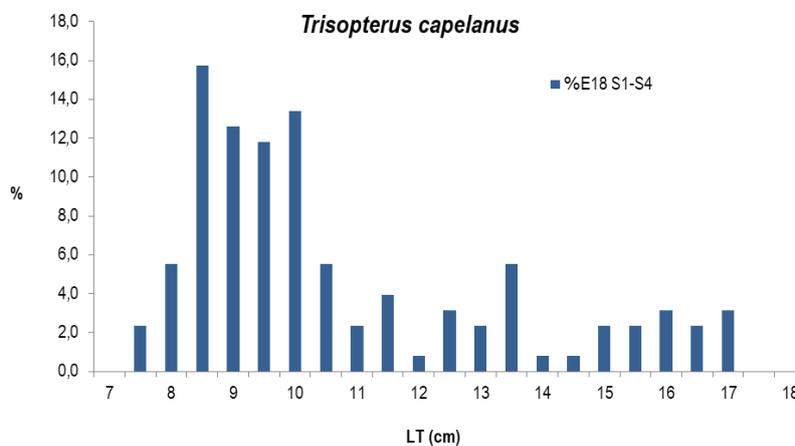


Figura 68 - Reti a strascico: distribuzione taglia-frequenza del merluzzetto (*Trisopterus capelanus*). n. individui: 127 (E18 S1-S4).

Per il pagello fragolino, *P. erythrinus*, e lo scorfanotto, *Scorpaena notata*, visto il basso numero di esemplari campionati, non vengono fornite le distribuzioni di taglia-frequenza.

Per il pagello fragolino, *P. erythrinus*, sono stati catturati in totale 40 individui, 32 nel gruppo di stazioni E18 S1-S4 e 8 nella stazione E18 SC, con taglia compresa tra 15 e 19,5 cm LT. Lo scorfanotto, *S. notata*, è stato campionato solamente nella stazione E18 SC. Sono stati catturati 3 esemplari 2 con taglia di 10 cm LT e 1 con taglia di 10,5 cm LT.

Per quanto riguarda il gattuccio, *S. canicula*, viene fornita la sola distribuzione taglia-frequenza degli esemplari catturati nelle stazioni in prossimità del terminale (E18 S1-S4) in quanto nella stazione E18 SC sono stati catturati solo 18 esemplari (taglia tra 30 e 47 cm LT). Nelle stazioni in prossimità del terminale sono stati campionati 182 esemplari aventi taglia compresa tra 21 e 44 cm LT. La distribuzione di taglia degli esemplari presenta un andamento polimodale (**Figura 69**).

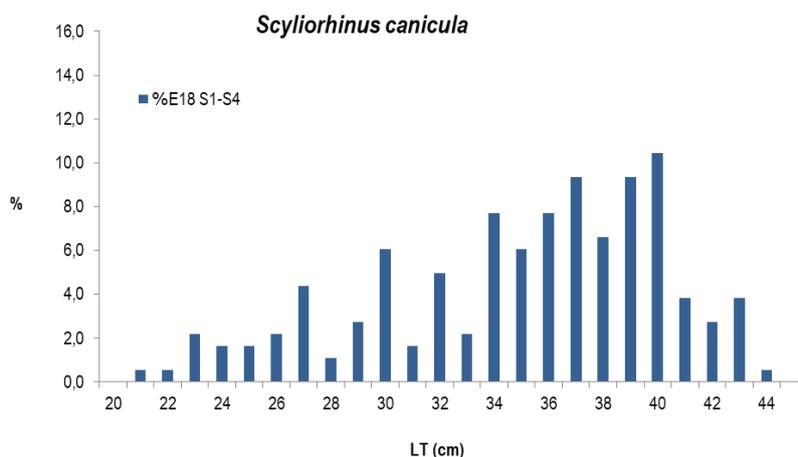


Figura 69 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del gattuccio (*Scyliorhinus canicula*). n. individui: 182 (E18 S1-S4).

Passando al gambero bianco, *P. longirostris*, sono stati catturati 737 individui nel gruppo di stazioni E18 S1-S4, con taglia compresa tra 14 e 37 mm LC, mentre nella stazione E18 SC sono stati campionati 166 esemplari, con taglia compresa tra 13 e 35 mm LC (**Figura 70**). Le due distribuzioni di taglia-frequenza mostrano 3 mode: nella distribuzione taglia-frequenza degli esemplari campionati nelle stazioni in prossimità del terminale le mode sono presenti a 16, 22 e 28 mm LC, mentre nella distribuzione di taglia frequenza degli esemplari catturati nella stazione di controllo le mode sono presenti a 17, 22 e 25 mm LC.

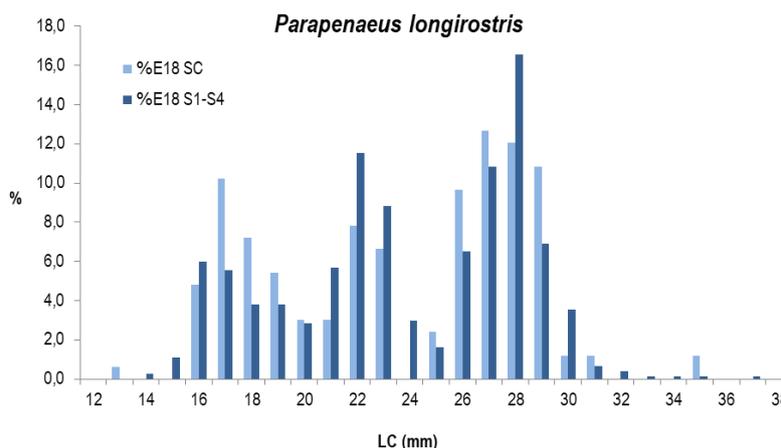


Figura 70 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del gambero bianco (*Parapenaeus longirostris*). n. individui: 737 (E18 S1-S4), 166 (E18 SC).

Passando al moscardino, *E. cirrhosa*, in totale sono stati campionati 27 esemplari: 20 nelle stazioni E18 S1-S4, con taglia compresa tra 3,5 e 6 cm LM, e 7 esemplari nella stazione E18 SC con un intervallo di taglia tra 3 e 5,5 cm LM.

6.3.6 Fauna ittica pelagica

Nella campagna estiva E18 le catture delle reti da posta pelagiche sono state registrate solo nella stazione in prossimità del terminale, E18 PD. In questa stazione sono state campionate 2 specie appartenenti al gruppo degli Osteitti: il tombarello, *Auxis rochei*, con indici di densità e biomassa pari a 31 ind./1000m/24h e 7,9 kg/1000m/24h rispettivamente, e il tonno rosso, *Thunnus thynnus*, con un indice in densità di 10 ind./1000m/24h e un indice in biomassa di 6,2 kg/1000m/24h.

I 3 individui di tombarello, *A. rochei*, avevano taglie comprese tra 27,5 e 29,5 cm LT, mentre l'unico esemplare di tonno rosso, *T. thynnus*, aveva una taglia di 35 cm LT. Lo scarso numero di individui catturati e la completa assenza di cattura nel campionamento effettuato nella stazione di controllo E18 PDC 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 240 nm per un totale di 48h di navigazione. Nella sottostante figura sono riportate le rotte percorse per il monitoraggio visivo condotto a partire da settembre 2018 (E18).

Sono stati effettuati due avvistamenti di delfini appartenenti alla specie *Tursiops truncatus*. Il primo avvistamento, due (2) individui adulti subito scomparsi, risale al 10 settembre in posizione Lat N 43° 36.22' e Long E 10° 06.909' sul settore SE del cerchio delle 6 miglia dal Terminale. Il secondo avvistamento, sette (7) adulti ed un (1) piccolo, risale all'11 settembre in posizione Lat N 43° 43.635' e long E 10° 02.169' a 4,9 miglia NE dal Terminale.

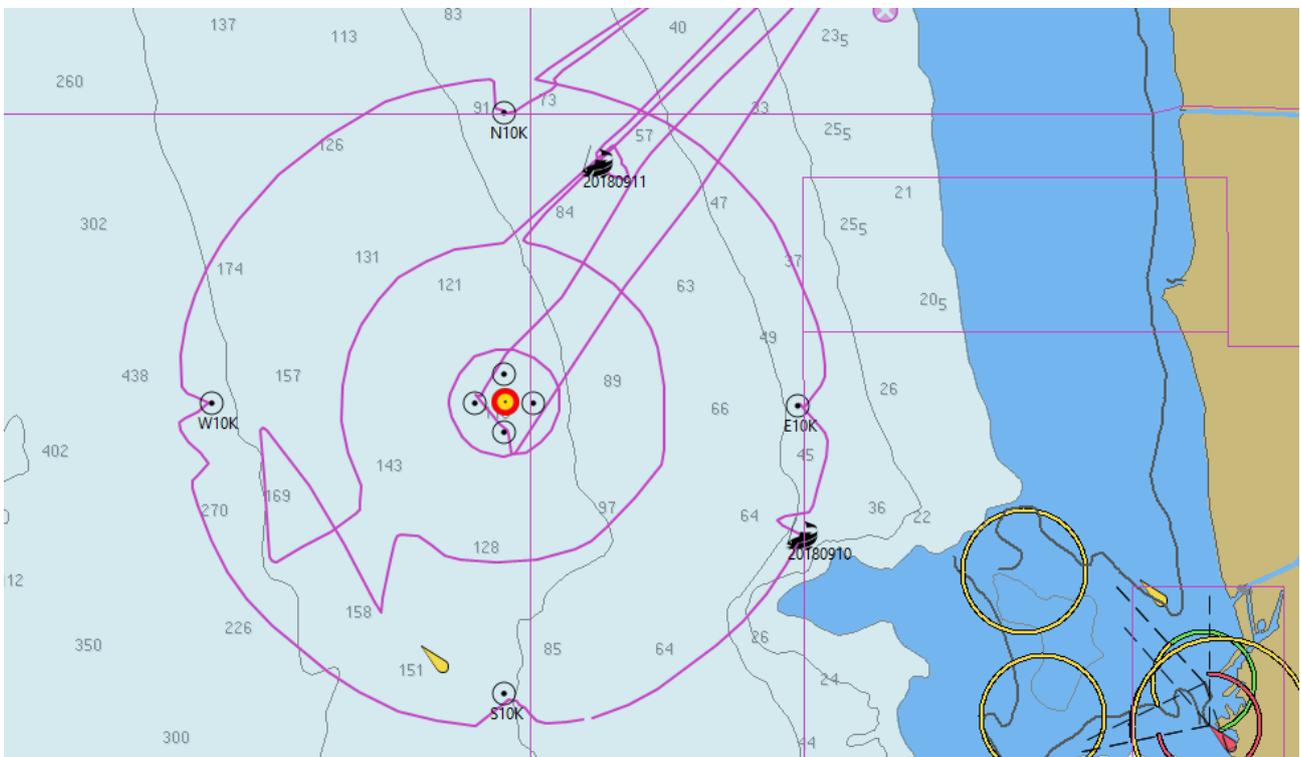


Figura 71 – Rotte effettuate per il monitoraggio visivo, acustico e bioacustico condotto in estate 2018 (E18).

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 dal 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 sottostanti riportano i livelli PDSf misurati a 100 metri rispettivamente alle stazioni Nord, Est, Sud e Ovest. In tutti i casi, i livelli sono attorno ai 95-115 dB re 1uPa²/Hz per frequenze sotto ai 300 Hz e scendono fino ai 40-60 dB re 1uPa²/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.

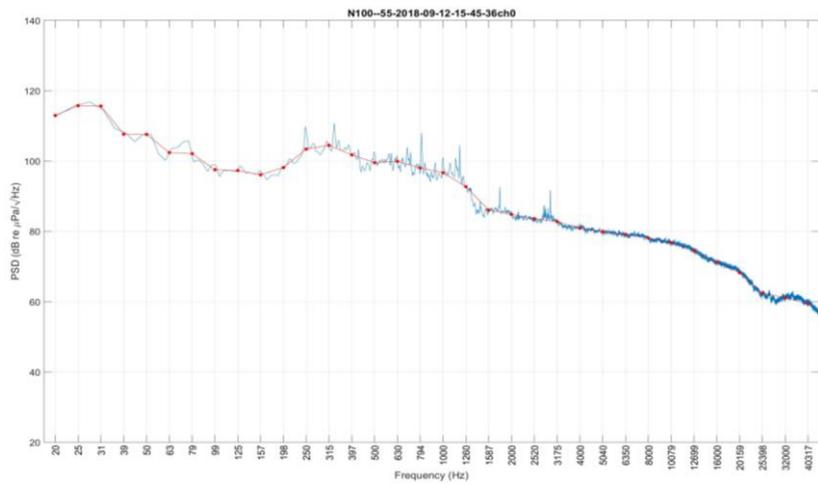


Figura 72 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N100 a 55m di profondità.

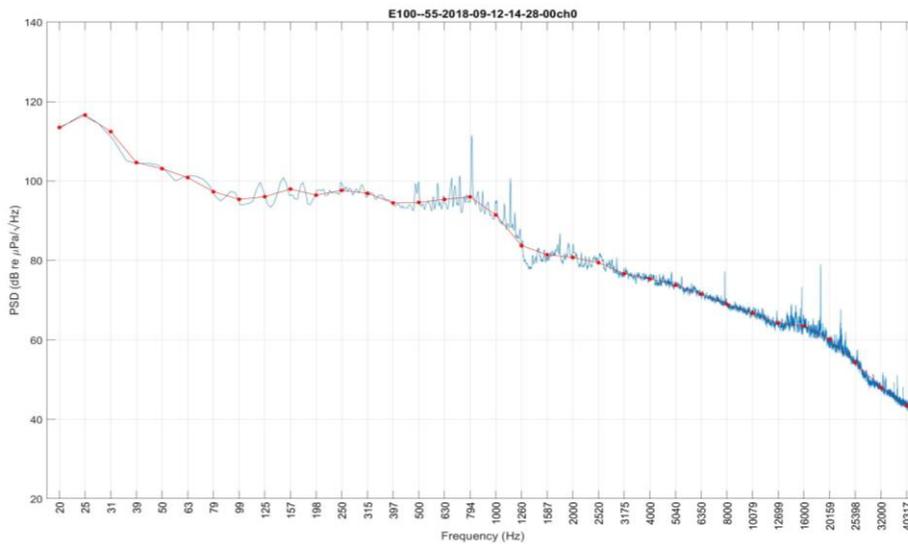


Figura 73 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto E100 a 55m di profondità.

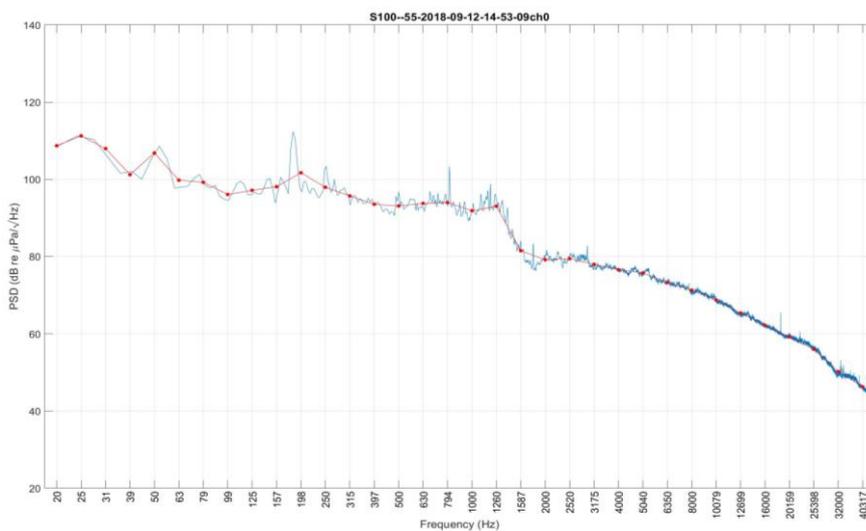


Figura 74 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S100 a 55m di profondità. In tutte le curve a 100m sono presenti le stesse tonali a bassa frequenza.

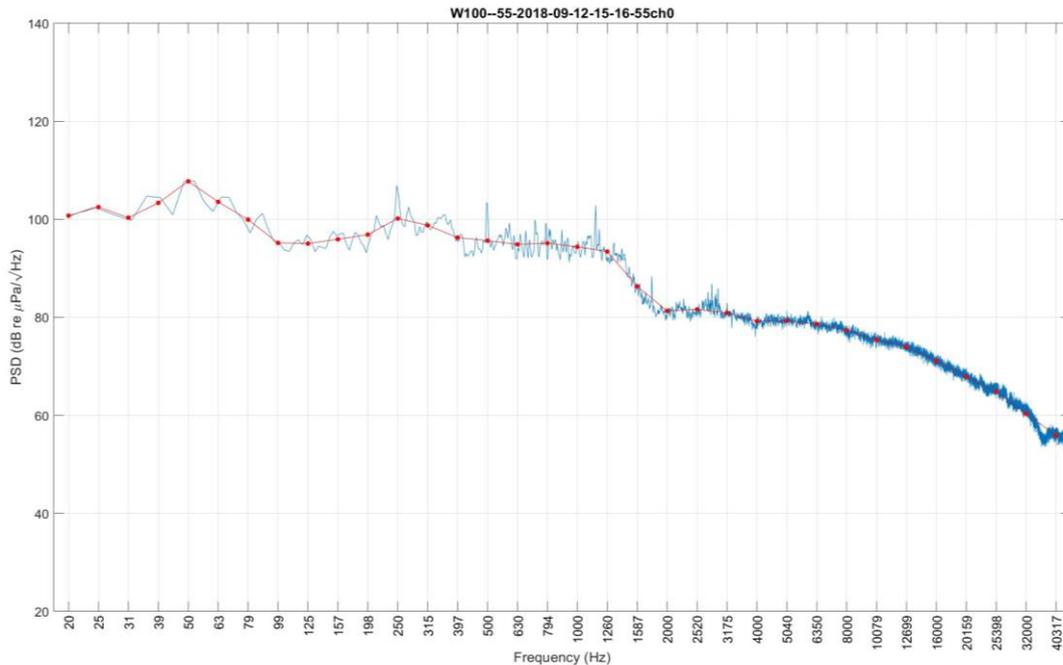


Figura 75 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto W100 a 55m di profondità.

Nella **Figura 76** è rappresentato il confronto dei livelli in terzi d'ottava misurati a 100 metri per le quattro stazioni di riferimento. Le stazioni Nord e Ovest presentano livelli più alti a frequenze > ~1500 Hz. La stazione Nord presenta livelli più alti delle altre stazioni tra i ~200 e i ~1000 Hz di frequenza.

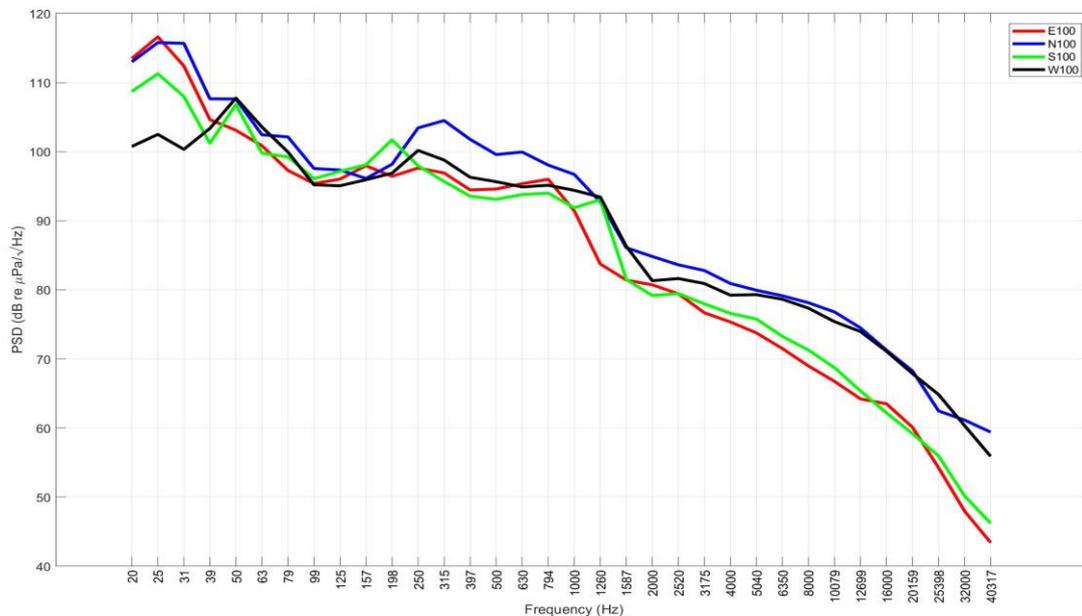


Figura 76 - Confronto dei livelli in terzi d'ottava misurati a distanza di 100 m a 55m di profondità.

Le seguenti figure riportano i livelli PDSf misurati alle stazioni Nord alla distanza rispettivamente di 1.000 e 10.000 metri dal Terminale. Nella figura 7 i livelli sono attorno ai 90-115 dB re 1uPa²/Hz a frequenze bassissime (20 - 90 Hz) e scendono fino ai 40-60 dB re 1uPa²/Hz alle alte frequenze. Anche qui 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 8 i livelli scendono fino ai 40-50 dB re 1uPa²/Hz alle alte frequenze. Anche qui si evidenziano righe spettrali che rappresentano interferenze elettromagnetiche derivanti da

strumentazioni dell'imbarcazione di supporto. Esse non sono significative per l'analisi acustica.

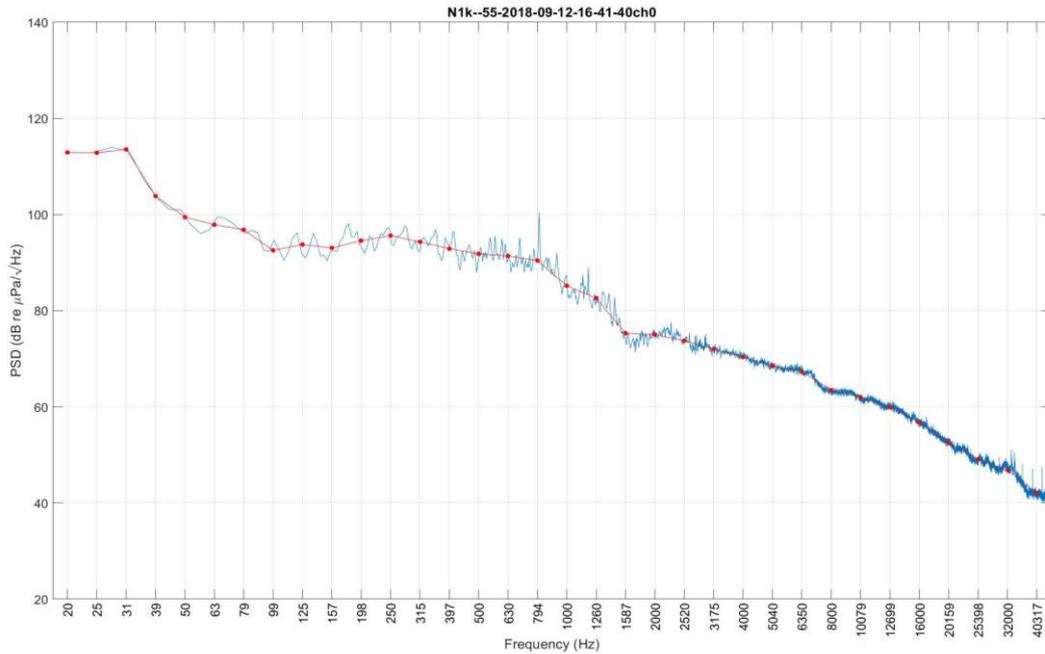


Figura 77 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N1K a 55m di profondità.

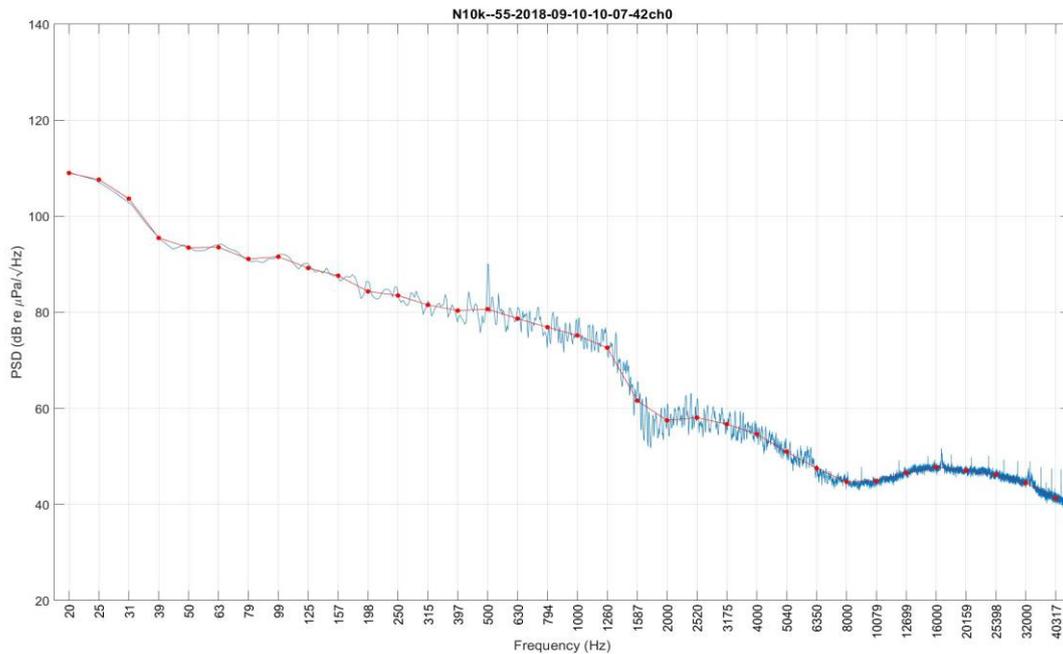


Figura 78 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N10K a 45m di profondità.

Nella **Figura 79**, sono riportati i valori PDSf in terzi d'ottava lungo la direzione Nord. Si può notare che i livelli tra i ~200 e i ~1300 Hz sono più alti a 100 metri e decrescono in funzione della distanza. Durante le registrazioni delle stazioni N100 e N1k era presente un rimorchiatore della ditta "Neri" nelle vicinanze del terminale, ma non era sul luogo durante le registrazioni della stazione N10k. Si possono quindi attribuire alla presenza del rimorchiatore gli elevati livelli in questa banda di frequenza.

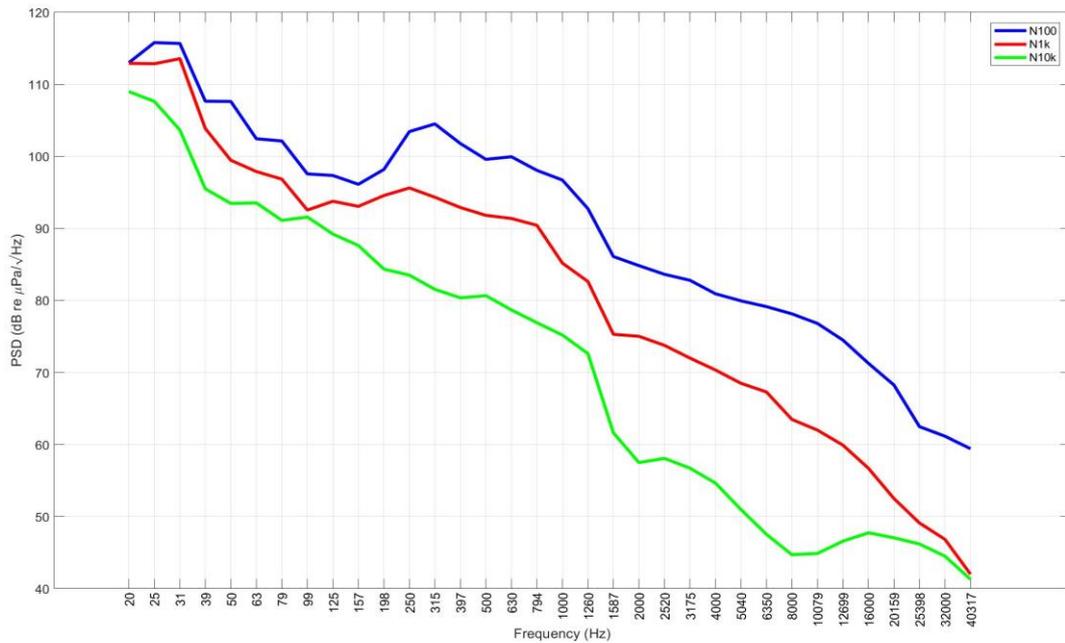


Figura 79 - Confronto dei livelli in terzi d'ottava misurati a 55m di profondità lungo la direzione Nord.

Verifica simulazione

Tutte le ipotesi e assunzioni proposte nei lavori precedenti rimangono valide, perciò i parametri geometrici, geofisici e relativi alla sorgente rimangono inalterati. Per il modello della sorgente a cui vengono calcolati i risultati di Transmission Loss (TL) verrà presa come riferimento la frequenza di 12 kHz dal momento che, sia nelle attuali misure sia dal confronto con le campagne precedenti, la banda in cui si rileva una maggiore variabilità è centrata intorno a 10-12 kHz.

Tale frequenza viene utilizzata anche per uniformità con le precedenti relazioni, ed è comunque rappresentativa di tutto l'insieme di frequenze interessate dalla correlazione con la distanza.

Parametri oceanografici

I profili misurati durante questa campagna, **Figura 80**, sono apparsi tutti molto simili. In generale la velocità del suono è diminuita con la profondità per effetto della diminuzione della temperatura delle acque. Al di sopra dei ~20 metri di profondità i profili sono risultati abbastanza costanti. Ciò è dovuto alla presenza di uno strato superficiale di acque con temperature costanti.

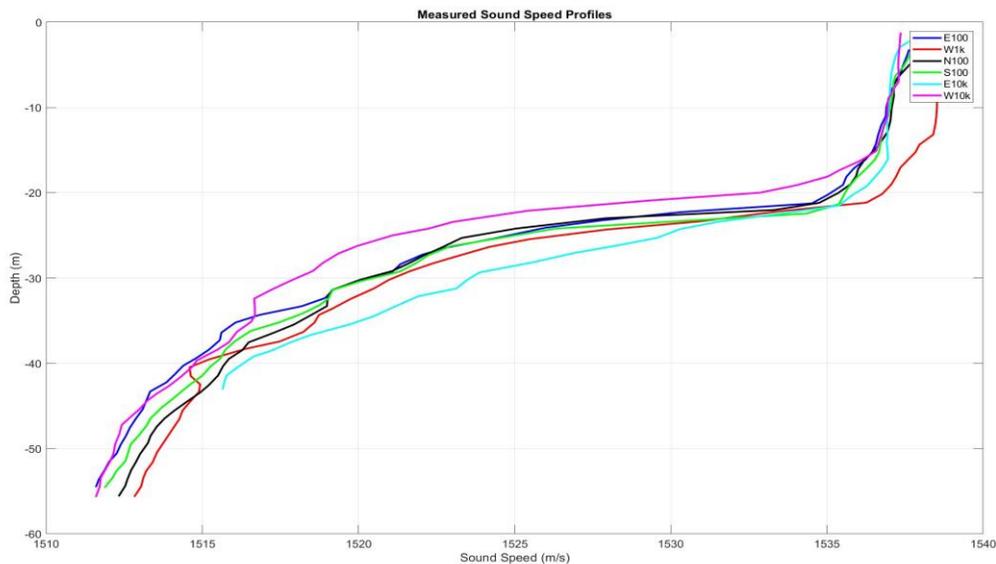


Figura 80 - Profili di velocità del suono misurati con CTD a differenti stazioni durante la campagna E18.

Selezione di simulazioni significative e confronto con i dati reali

Sulla base sia delle considerazioni eseguite sui dati reali sia delle assunzioni formulate per i parametri di input al modello di propagazione acustica, utilizzando le misure di profilo di velocità del suono ottenuta dalla sonda multi-parametrica CTD, è stato applicato 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 15 metri di profondità (Figura 81). I risultati ottenuti a frequenza 12 kHz possono essere considerati validi per tutta la banda di interesse 7-20 kHz con piccole variazioni.

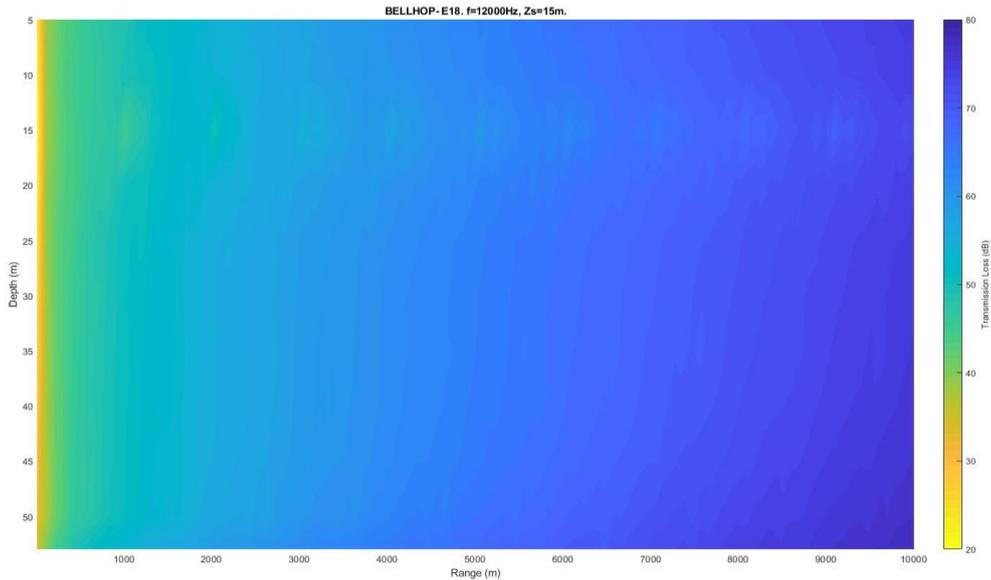


Figura 81 - Simulazione della Transmission Loss TL alla frequenza di 12 kHz in direzione Nord.

Il profilo di velocità del suono misurato sperimentalmente ha determinato nel modello una maggiore propagazione del rumore alla profondità della sorgente (15 metri) con un contributo della riflessione dal fondo praticamente nullo. Oltre i 5000 metri di distanza l'attenuazione del suono modellata è stata di circa 65-70 dB.

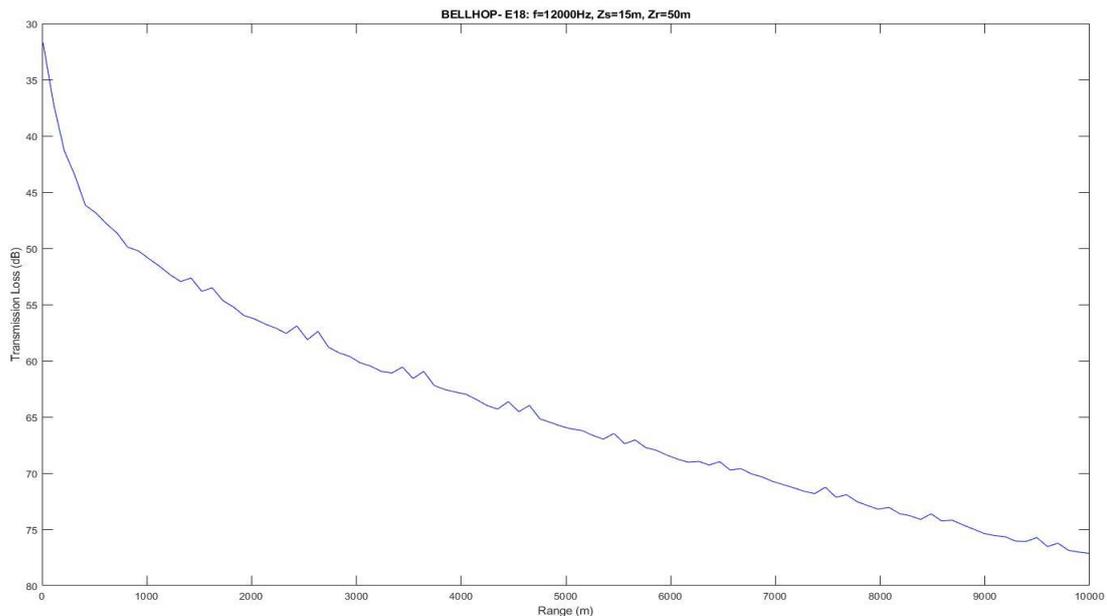


Figura 82 - Transmission Loss prevista dal modello in funzione della distanza alla profondità di 50m.

La caduta di livello del rumore predetta dal modello tra le stazioni N100 e N1K a 55 metri di profondità è di circa 17 dB. Nel confronto con i livelli misurati fra le stazioni N100 e N1K abbiamo una differenza di circa 14.5 dB (alla frequenza di 12 kHz). C'è un'ottima rispondenza del

modello con i 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 50 metri di profondità per una frequenza di 12kHz, è di circa 38 dB. La presenza del rimorchiatore della ditta "Neri" durante l'acquisizione dei dati acustici alle stazioni a 100 metri ed 1 chilometro impediscono una corretta stima dei livelli emessi dalla sorgente (il Terminale).

6.4.2 Bioacustica

Non ci sono state rilevazioni sonore e pertanto non sono state fatte registrazioni.

7 CONFRONTO INTERSTAGIONALE E CON LA CAMPAGNA DI BIANCO

Nel presente capitolo vengono riportati i dati riferiti ai primi cinque anni di esercizio con particolare riferimento ai confronti tra le Campagne estive con la Campagna di Bianco, effettuata nell'Estate 2012.

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**.

Si riporta di seguito la legenda delle stazioni non potendo essere inclusa nei grafici per ragioni di spazio.

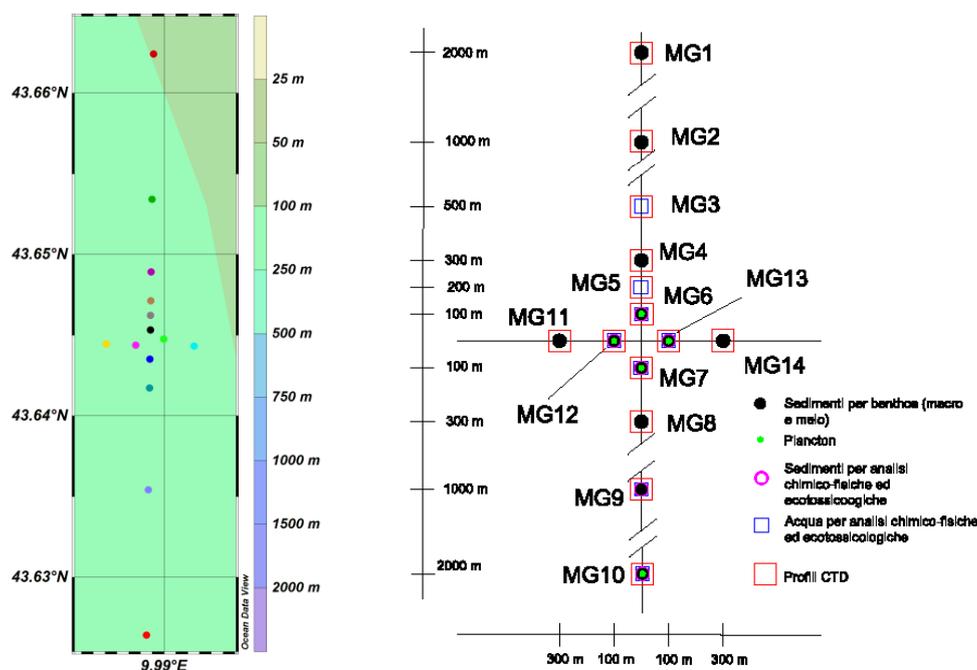


Figura 83 – A sx i colori utilizzati nei grafici raffigurati i profili CTD; A dx il piano di campionamento. I profili CTD sono previsti in tutte le stazioni.

Risultati

Il confronto dei profili CTD acquisiti durante la Campagna di Bianco (2012) ed i dati dei cinque anni 2014-2018 (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, E18) 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 sei campagne estive (B, E14, E15, E16, E17 e E18) questo parametro varia tra 37,2 e 38,5. Il profilo verticale delle diverse stazioni è molto simile nelle campagne B, E14, E16, E17 ed E18. In questi periodi le stazioni non mostrano differenze significative, evidenziando l'omogeneità dell'area indagata durante il campionamento. Alla profondità corrispondente al termocline si osserva anche un cambio di salinità. Tra i diversi anni sono state registrate differenze nel profilo verticale, dovute probabilmente, come già per il termocline, 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, E17 ed E18) 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, E17 ed E18 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 5 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 campagne E16 e E17 i valori sono risultati omogenei per tutte le stazioni e pari a 185-190 mV, mentre nella campagna E18 i valori sono risultati omogenei per tutte le stazioni e pari a 228-244 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 alla presenza del rigassificatore.

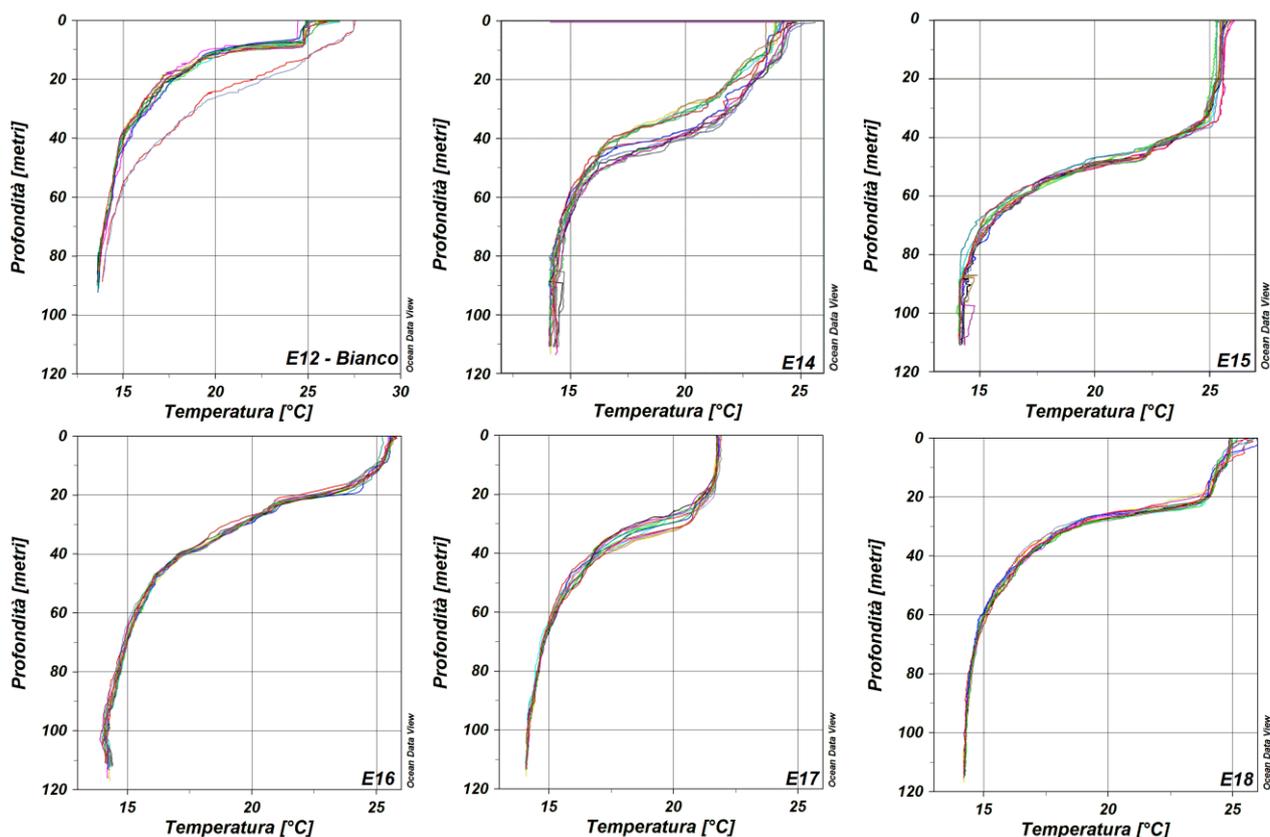


Figura 84 – Confronto tra i dati di Temperatura del Bianco e delle campagne estive 2014-2018.

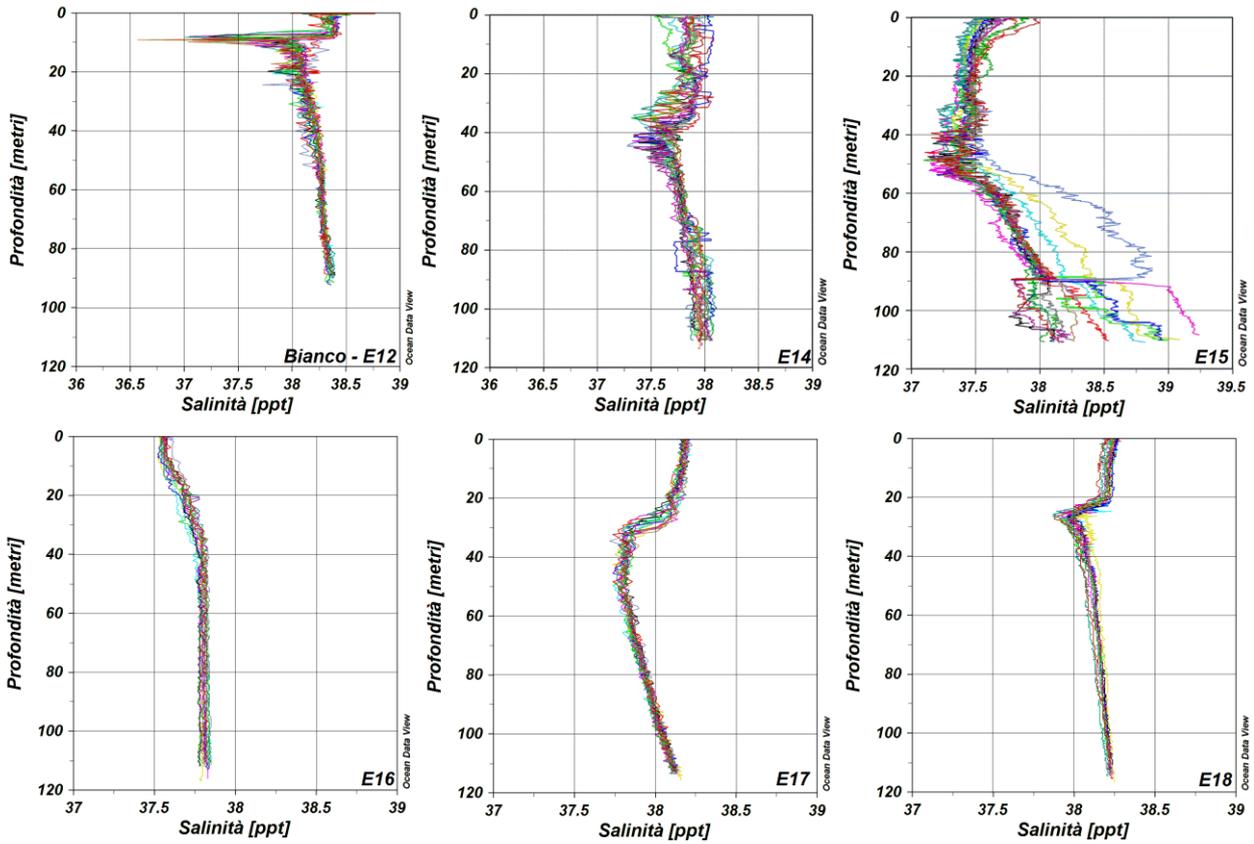


Figura 85 – Confronto tra i dati di Salinità del Bianco e delle campagne estive 2014-2018.

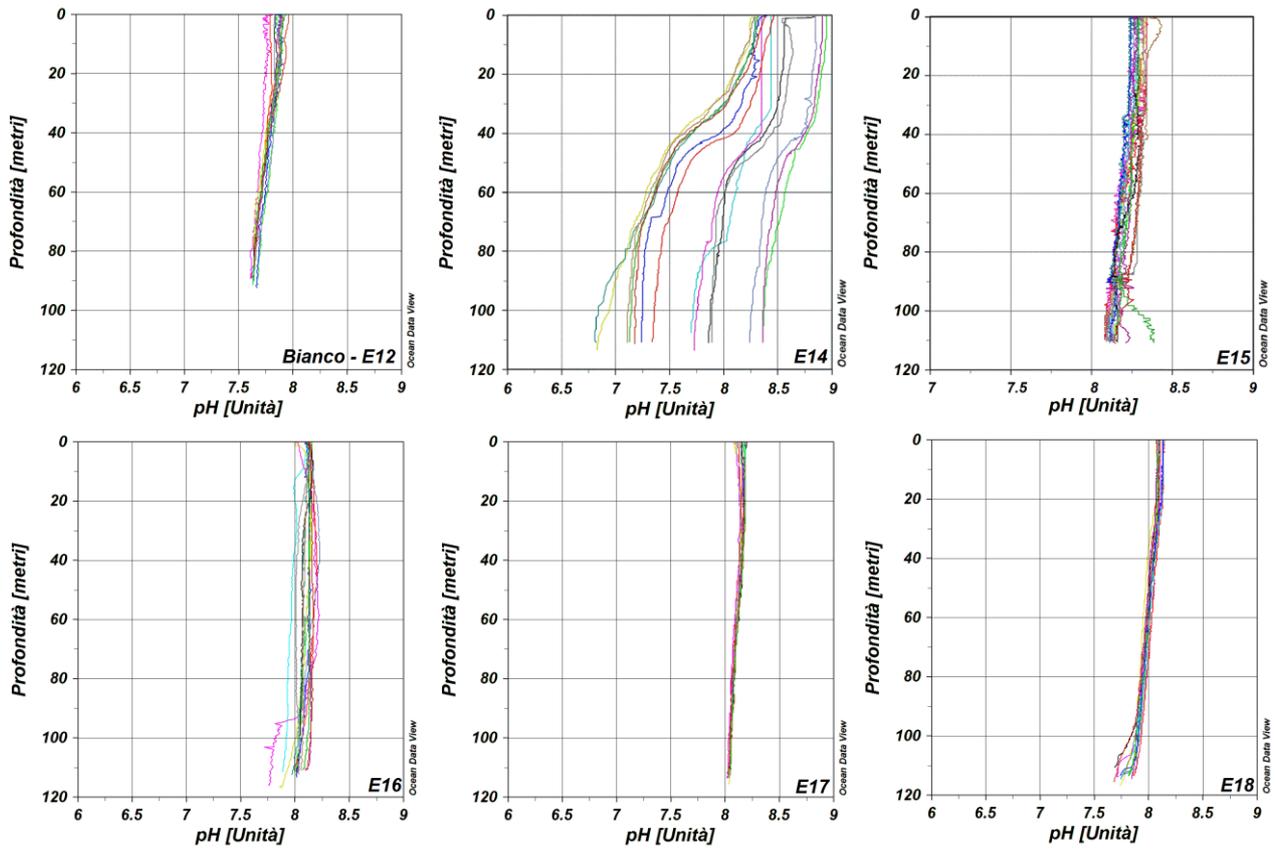


Figura 86 – Confronto tra i dati di pH del Bianco e delle campagne estive 2014-2018.

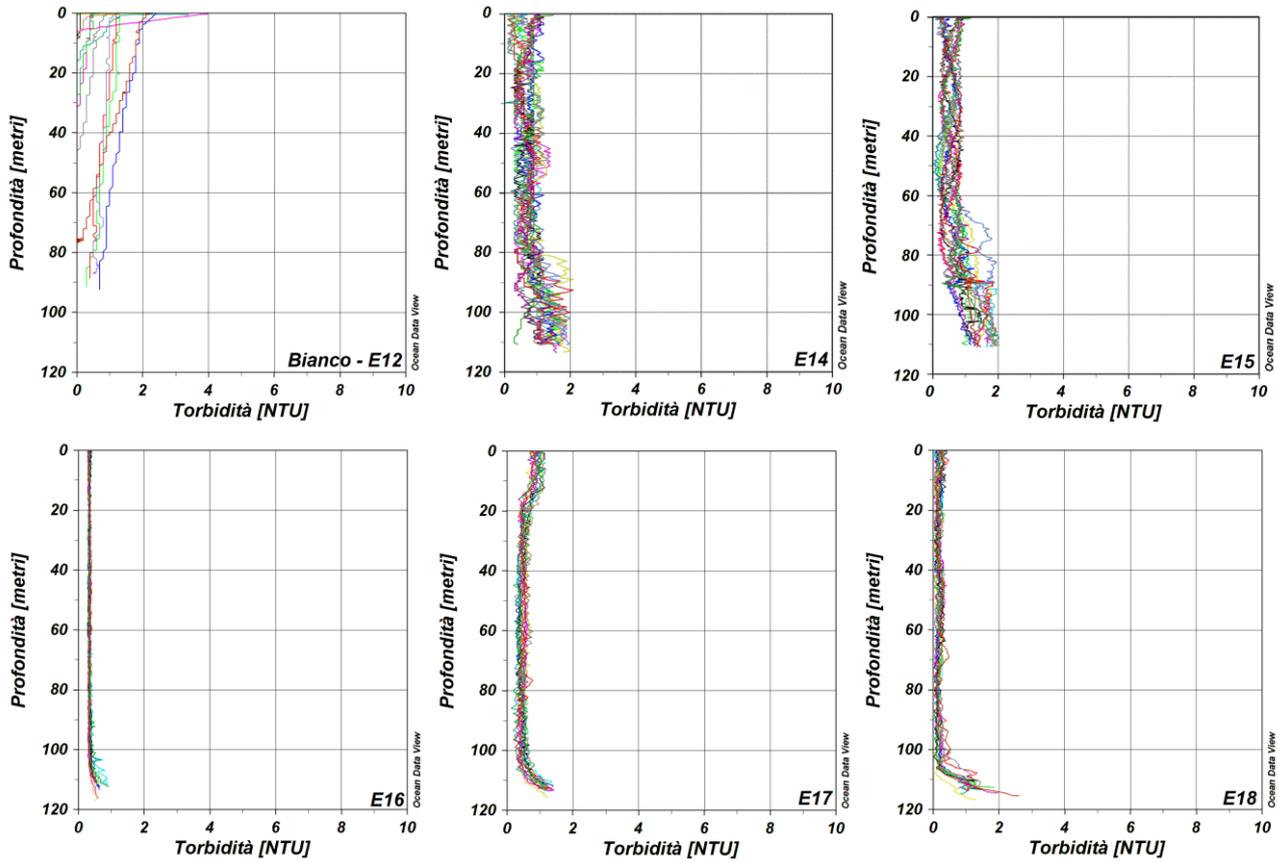


Figura 87 – Confronto tra i dati di Torbidità del Bianco e delle campagne estive 2014-2018.

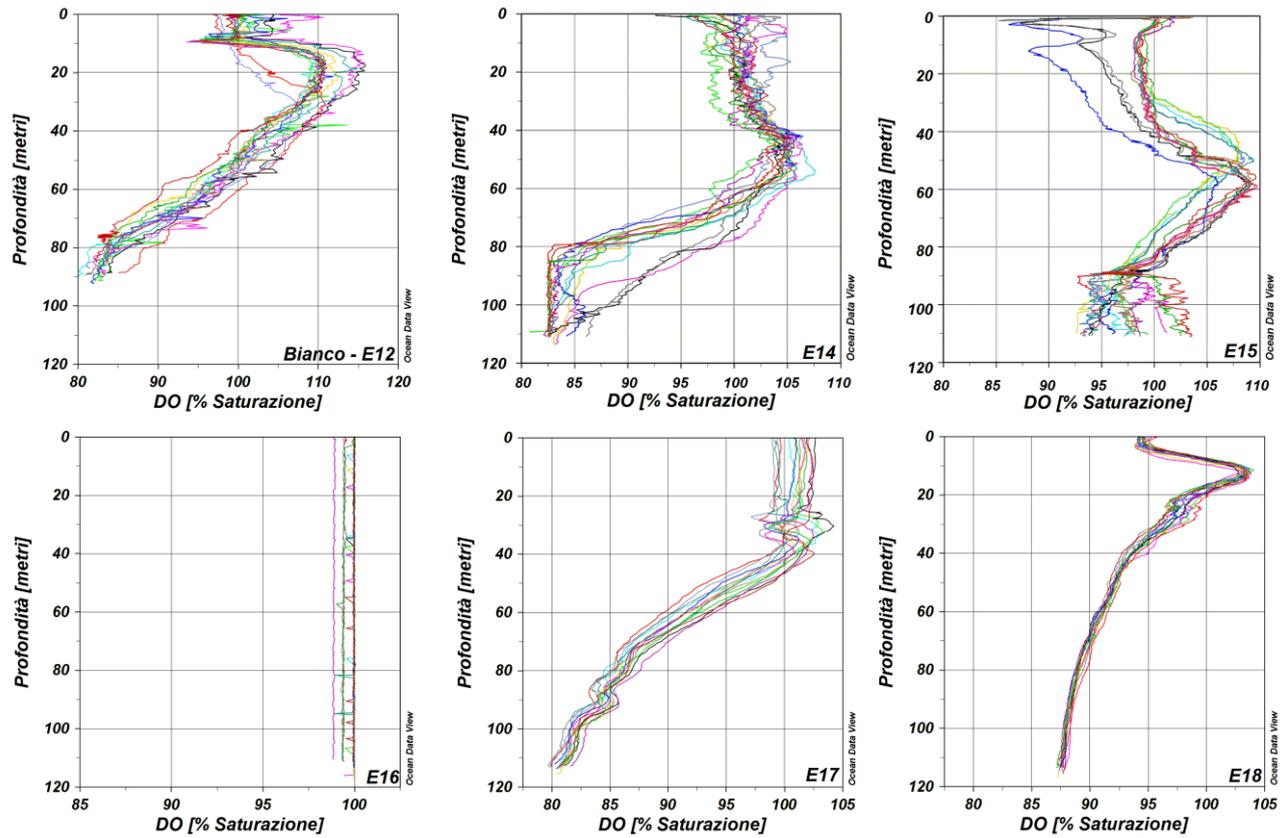


Figura 88 – Confronto tra i dati di Ossigeno Dissolto del Bianco e delle campagne estive 2014-2018.

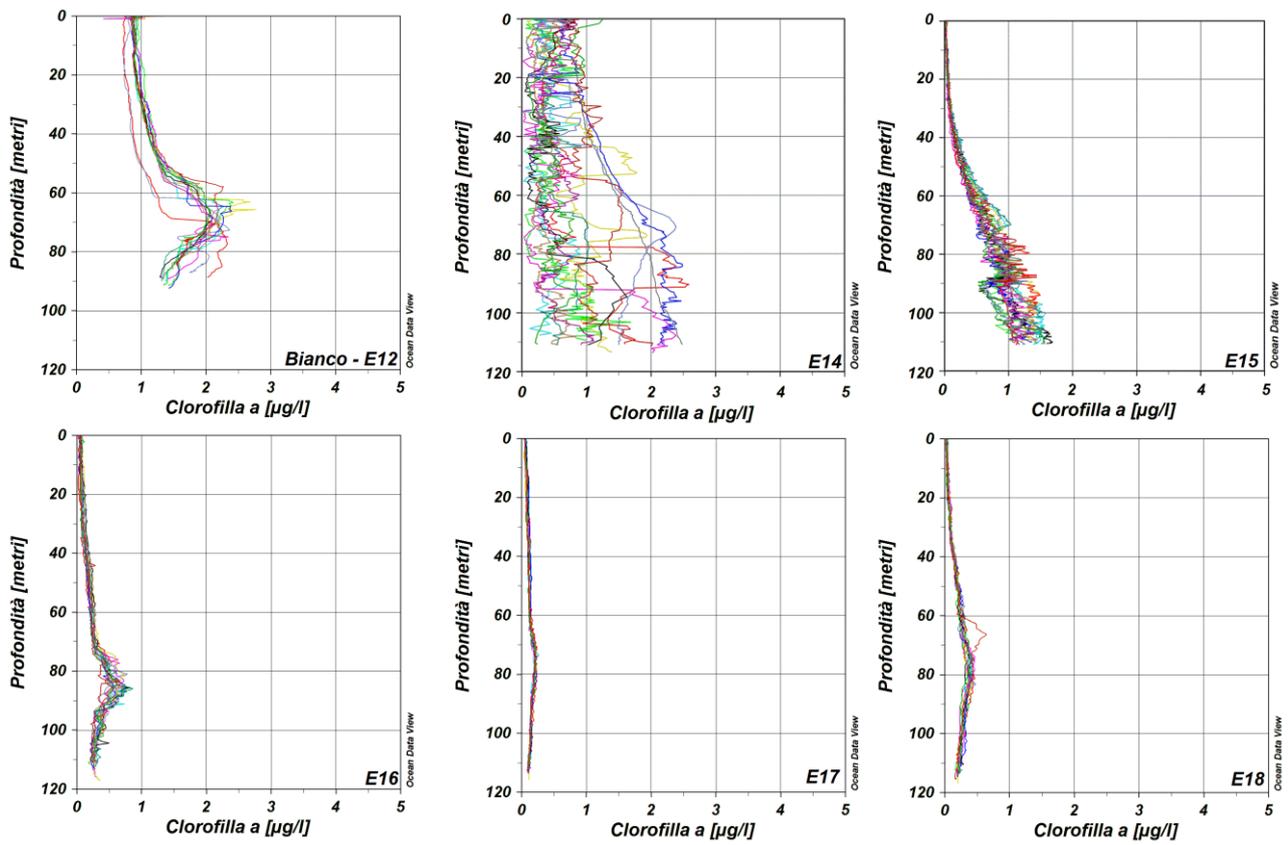


Figura 89 – Confronto tra i dati di Clorofilla a del Bianco e delle campagne estive 2014-2018.

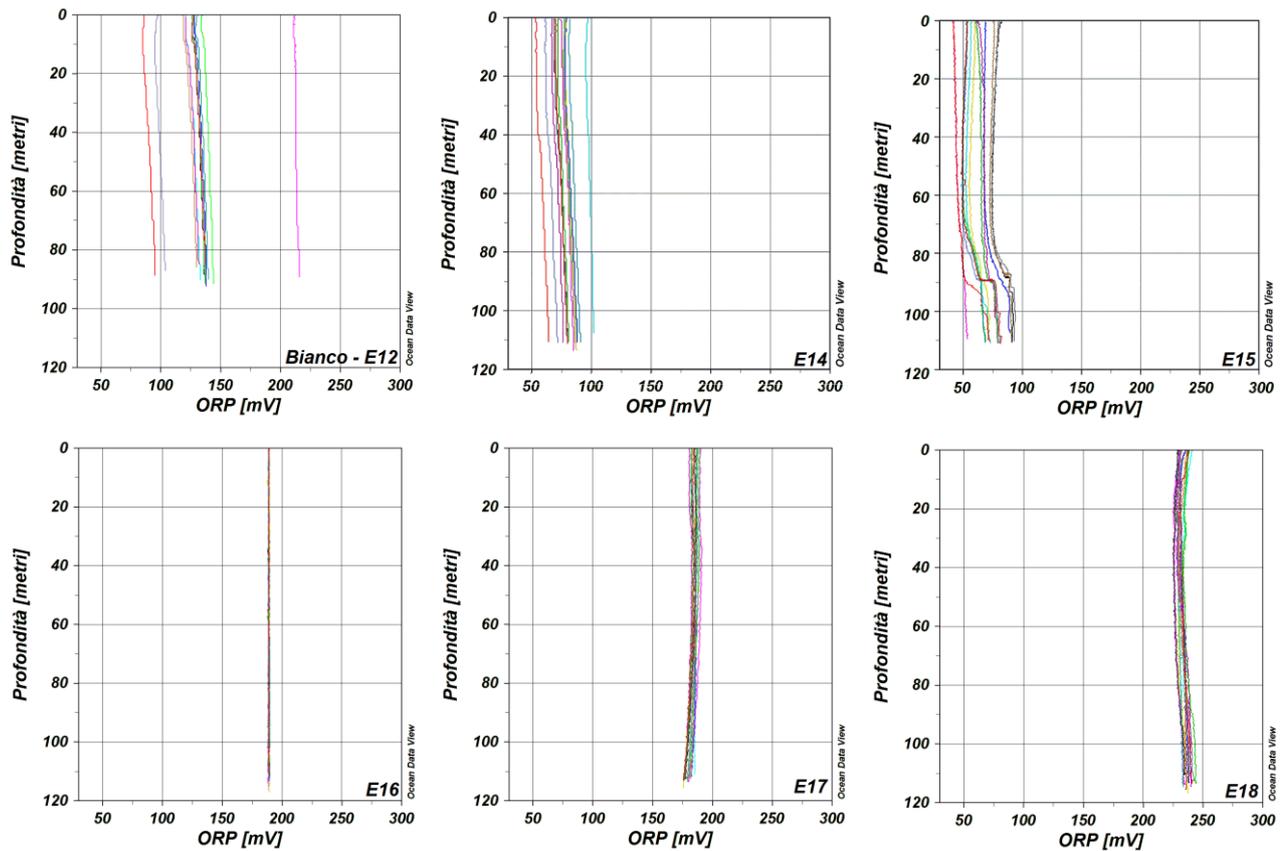


Figura 90 – Confronto tra i dati di ORP del Bianco e delle campagne estive 2014-2018.

7.1.2 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche

Metodi di elaborazione dati

Sono stati valutati gli andamenti dei parametri di seguito descritti (irradianza e irradianza spettrale, nutrienti (nitriti + nitrati, DIN; fosfati, PO₄; silicati, SiO₂), solidi sospesi (TSM), sostanza organica particellata (POM) e sostanza organica disciolta cromoforica (CDOM), clorofilla *a* (chl-*a*), diversità pigmentaria, dal Bianco a E18, ed i confronti tra le campagne estive con la campagna di Bianco (estate 2012).

Per una rappresentazione sintetica della caratterizzazione ottica delle acque indagate dal Bianco a E18, è stata utilizzata una regressione ortogonale (variabili *x* e *y* log-trasformate, considerate entrambe indipendenti) esaminando il rapporto tra la riflettanza (R =rapporto tra l'irradianza spettrale superficiale ascendente e discendente, misurate con spettrometro) nel blu ($R(443)$) e quella nel verde ($R(555)$) in funzione delle concentrazioni di chl-*a*. 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 sulle variabili analizzate dovuti all'attività del Terminale è stata eseguita una ANOVA (dati log-trasformati) per ognuno dei tre fattori (anno di campionamento, distanza dal Terminale e profondità di prelievo) sui dati delle campagne a parità di stagione, cioè la campagna di Bianco e le cinque campagne estive in fase di esercizio (E14, E15, E16, E17, E18). Lo studio dei nutrienti, TSM, POM, CDOM, 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 Origin Pro © 2017. I dati delle quattro stazioni a 100 m dal Terminale sono stati mediati dopo aver verificato la non esistenza di differenze significative (ANOVA) tra le stazioni per tutti i parametri analizzati.

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: fitoplancton, particellato sospeso non fitoplanctonico, di cui il TSM rappresenta un proxy, e sostanza organica disciolta cromoforica (CDOM) e, in particolare, le massime attenuazioni sono attese in relazione alle fioriture fitoplanctoniche che avvengono nelle acque superficiali.

L'andamento delle profondità della Z_{eu} (Figura 91) nelle stazioni MG7, scelta come esemplificativa tra quelle a 100 m dal Terminale, e MG10, a 2000 m, conferma la regolarità delle variazioni stagionali evidenziata anche negli anni precedenti, con profondità massime primaverili-estive che si collocano nello strato compreso tra i 70 e gli 80 m e, minime maggiormente variabili in autunno-inverno tra 15 e 50 m. Nell'ultimo anno di esercizio si conferma l'andamento previsto, con una minore differenza tra I18 e P18 per la minore entità della biomassa fitoplanctonica in I18 rispetto a I17 (massimi finora rilevati) e la maggiore abbondanza rilevata in P18 rispetto a P17 e I18. L'analisi ANOVA sui fattori distanza e anno conferma la non significatività delle differenze per il primo fattore e la significatività delle differenze (** $p < 0,01$) per il secondo.

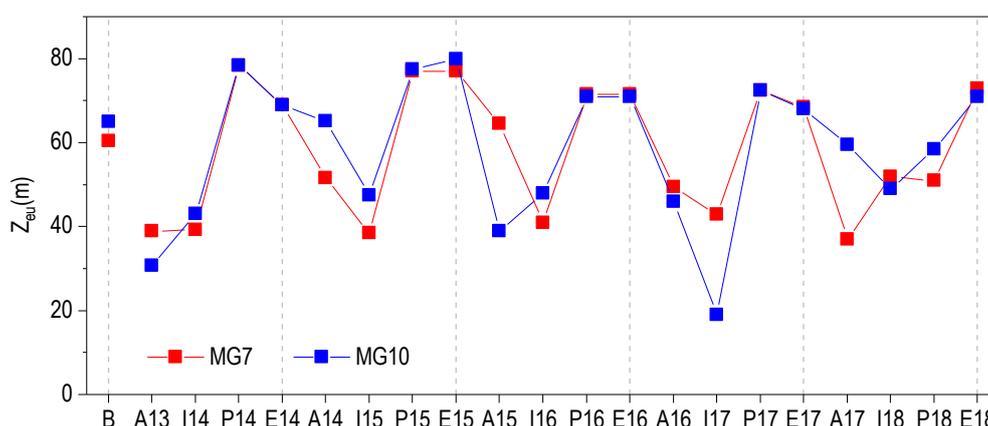


Figura 91 – Variazione della profondità (m) della zona eufotica (Z_{eu}) nelle due stazioni rappresentative, per tutte le campagne effettuate

In Figura 92 è riportata la regressione fra i rapporti di riflettanza nel blu ($R(443)$) e nel verde ($R(555)$) in relazione alla concentrazione di chl-*a* media dello strato superficiale della zona eufotica (0,5-12,5 m). La correlazione altamente significativa tra le due variabili (** $p < 0,01$) evidenzia la linearità del rapporto inversamente proporzionale tra riflettanza e concentrazione di chl-*a*, dimostrando come la biomassa fitoplanctonica sia la principale componente otticamente attiva in queste acque, e la principale fonte di origine delle altre componenti (TSM, CDOM). La distribuzione dei punti lungo la retta conferma che la stagionalità è il principale fattore di variabilità per tutte le stazioni, indipendentemente dalla distanza dal Terminale (Figura 92).

L'analisi delle proprietà bio-ottiche (profondità della zona eufotica e rapporti tra riflettanza e chl-*a*) esaminate per il V anno di esercizio conferma che la variabilità di queste grandezze è tipicamente stagionale, indicando che ad oggi non agiscono altri elementi di alterazione dovuti alla presenza del Terminale.

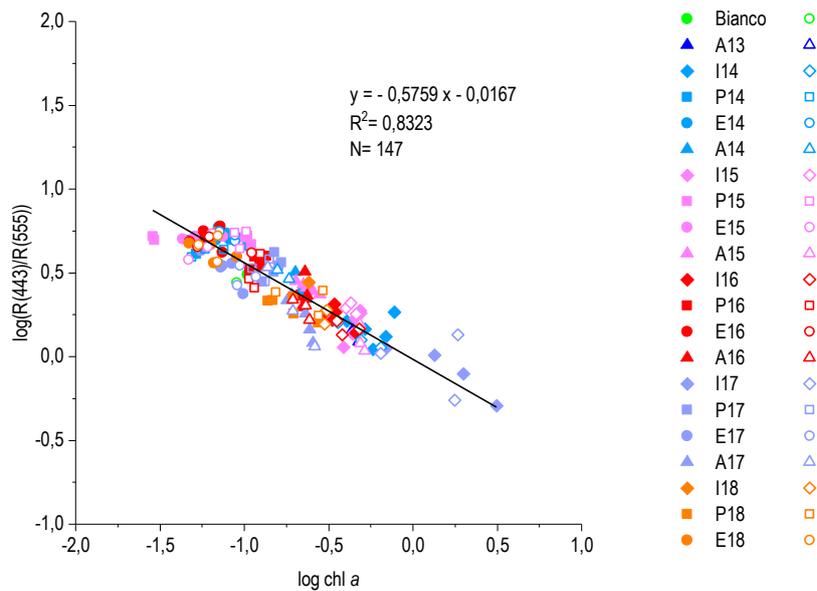


Figura 92 - Relazione fra il log del rapporto fra le riflettanze a 443 nm e quelle a 555 nm ($R(443)/R(555)$) ed il log della concentrazione della chl-a. Sono riportati l'equazione della retta di regressione ed il coefficiente di determinazione R^2 . I simboli pieni rappresentano le stazioni più vicine al Terminale e quelli vuoti le stazioni lontane.

Nutrienti inorganici, TSM (solidi sospesi), POM (particellato organico) e CDOM (sostanza organica disciolta cromofora)

La variazione dei nutrienti inorganici disciolti nel V anno di campionamento segue l'andamento atteso con i massimi in I18 e i minimi in E18, come in prevalenza negli anni precedenti (massimi in I15, A15, I16, I17), tranne che per SiO_2 che subisce un calo in P18 e un nuovo aumento in E18, particolarmente nelle acque profonde, in relazione all'aumento delle diatomee riscontrato nel 2018 in P18. Le concentrazioni si mantengono comunque di carattere oligo-mesotrofico.

Le concentrazioni di CDOM, TSM, POM presentano alta variabilità, per la natura stessa del dato che può variare anche a piccola scala spazio-temporale, e non si evidenzia uno specifico trend stagionale. I massimi di CDOM sono generalmente più superficiali in inverno e più profondi in estate, associati ai massimi di chl-a e confermando quindi quanto detto per le relazioni tra riflettanze e chl-a (**Figura 92**).

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 per i parametri considerati, mentre si conferma l'importanza della variabilità interannuale come fattore altamente significativo per tutti i parametri, tranne per CDOM, e della profondità che risulta un fattore altamente significativo per DIN e CDOM (** $p < 0,01$). Per DIN e CDOM infatti alle tre profondità 0,5, 12,5, 50 m, sono diverse da quelle dei 70 m dove si collocano le maggiori concentrazioni in estate.

Tabella 75 - ANOVA ad un fattore per i fattori anno di campionamento, distanza dal Terminale, profondità di prelievo, sulle campagne estive (Bianco, E14, E15, E16, E17, E18). * $0,01 < p < 0,05$; ** $p < 0,01$						
Fattori	DIN (μM)	PO_4 (μM)	SiO_2 (μM)	TSM (mg/l)	POM (mg/l)	CDOM $a_{CDOM(325)} m^{-1}$
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.	**

Clorofilla e diversità pigmentaria

Le concentrazioni della chl-a, proxy della biomassa fitoplanctonica, hanno presentato negli anni precedenti variazioni stagionali regolari con massimi invernali (massimo assoluto in I17) e minimi primaverili ed estivi che si mantengono, seppure di minore entità, anche nelle acque più profonde (**Figura 93**), come atteso nelle acque campionate. Durante il V anno di esercizio si assiste ad un aumento di minore entità in I18 che si mantiene anche in P18 (**Figura 93**). Anche in questo caso la stagionalità è il principale fattore di variabilità e la variabilità interannuale dipende dalla climatologia dell'anno campionato e dal periodo di campionamento, che venne anticipato nel 2018 per quanto riguarda le campagne I18 e P18. Anche la composizione pigmentaria varia stagionalmente, come negli anni precedenti e con contributi relativi diversi lungo le profondità, variazioni riconducibili proprio alle caratteristiche della successione stagionale delle comunità fitoplanctoniche.

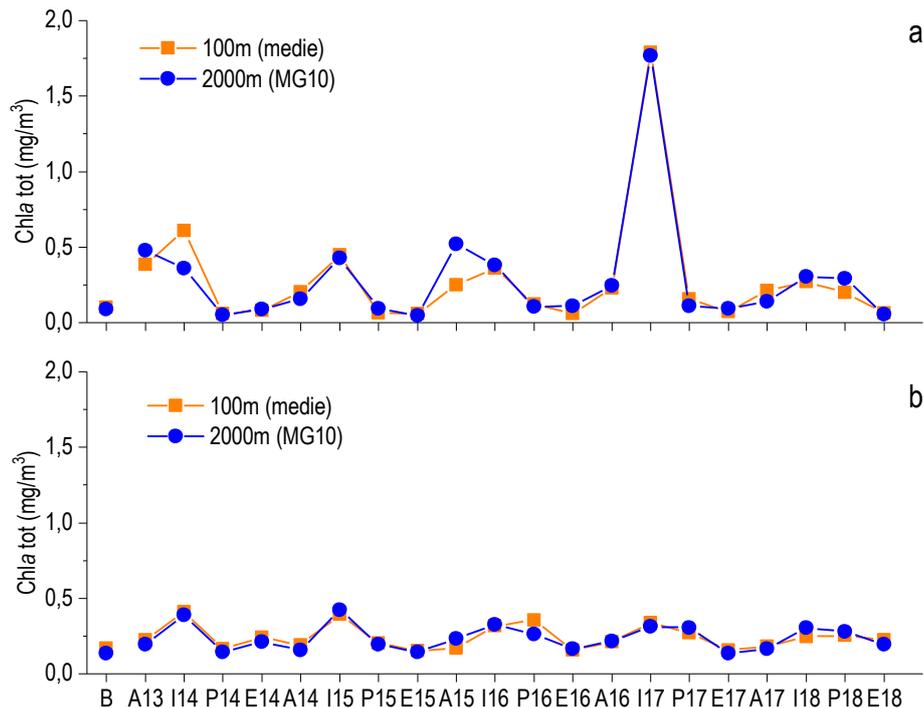


Figura 93 - Andamenti temporali delle concentrazioni della chl-a, medie per campagna delle 4 stazioni (MG6, MG7, MG12, MG13) più vicine al Terminale (100m) e della stazione a 2000 m (MG10); a) media 0-12,5 m; b) media 50-70 m.

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 variazioni significative. La significatività della variabilità risulta alta per il fattore anno, per i diversi contributi delle classi fitoplanctoniche che possono variare a parità di stagione e con contributi significativamente differenti lungo la colonna d'acqua (fattore profondità), particolarmente tra lo strato superficiale (0,5 – 12,5m) e il profondo (50 – 70m).

Tabella 76 - ANOVA ad un fattore per i fattori anno di campionamento, distanza dal Terminale, profondità di prelievo, sulle campagne estive (Bianco, E14, E15, E16, E17, E18). * 0,01<p<0,05; ** p<0,01										
Fattori	Chl-a tot	Chl-b	DVA	Perid	But-Fuco	Fuco	Hex-Fuco	Prasino	Allo	Zea
Anno	**	**	**	**	**	**	**	n.s.	**	**
Distanza	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**	n.s.
Prof	**	**	**	n.s.	**	**	**	**	**	**

Tensioattivi, cloroderivati e analisi microbiologiche

Per i tensioattivi non ionici e 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, talvolta, concentrazioni più elevate durante le stagioni invernali, indipendentemente dalla stagione e dalla profondità considerata. I valori assoluti sono diffusamente bassi, tanto che dall'inverno 2016 non sono più stati rilevati.

Un cenno meritano gli Idrocarburi C>12 che hanno mostrato un incremento nella campagna relativa alla primavera 2018. Tuttavia, i valori risultano paragonabili tra stazioni, indipendentemente dalla loro distanza dal FSRU. Va comunque sottolineato che i livelli raggiunti sono comunque bassi se confrontati con quelli riportati nel D.lgs 152 parte III relativi alle acque dolci superficiali destinate al consumo umano.

7.1.3 Saggi ecotossicologici su campioni di acqua

Materiali e metodi

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 sia risposta "Bassa" che "Media" sono stati considerati come Presenza (e convertiti in 1). Per ciascun punto di campionamento (nello spazio e nel tempo), sono state prese in considerazione le risposte dei tre test e combinate nel seguente modo: nel caso queste fossero state tutte "Assente", è stato assegnato il valore di 0 (risposta assente); nel caso anche solo uno dei tre test avesse avuto una risposta (anche "Bassa"), è stato assegnato 1 (risposta presente). Si tratta, quindi, di un approccio molto conservativo: la risposta combinata dei tre test viene considerata positiva (presente) anche nel caso solo uno dei tre test 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 6 livelli: 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018), 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:

$$\text{Risposta Test} = \alpha + f\text{Anno} + f\text{Stagione} + f\text{Profondità} + f\text{Distanza} + f\text{Anno}:f\text{Distanza} + \epsilon_i,$$

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. 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.

Le analisi sopra descritte sono state effettuate in ambiente R © (versione 3.5.1), utilizzando i pacchetti associati *mgcv* e *nlme* (R Core Team ©, 2018).

Risultati

La *backward selection analysis* ha evidenziato che il fattore Profondità, il fattore Distanza e l'interazione tra il fattore Distanza ed il fattore Anno non hanno effetto significativo sulla variabile dipendente. Pertanto, il modello contenente solo i fattori Anno e Stagione è risultato il modello più adatto a descrivere i dati ottenuti con i tre saggi ecotossicologici.

La tabella seguente mostra gli output del modello. Dalla stima dei coefficienti si evince come il fattore Stagione abbia relazioni significative con la variabile dipendente (Risposta combinata dei tre 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. Sembra che ci sia un trend all'aumento della risposta dei saggi ecotossicologici (il livello di riferimento è considerato il 2013, che infatti non è incluso nella tabella seguente). Ma questo aumento non è legato alla presenza del terminale, bensì determinato da variazioni oceanografiche nell'intera area.

Dalle analisi, quindi, non emerge alcun effetto sulle risposte dei saggi ecotossicologici che possa essere imputabile al terminale FSRU.

Coefficienti	Stima	Errore standard	Z	Livello di significatività
<i>Intercetta</i>	-1.95	0.62	-3.15	<0.05
<i>fAnno(2014)</i>	2.65	0.70	3.77	<0.05
<i>fAnno(2015)</i>	0.71	0.74	0.97	NS
<i>fAnno(2016)</i>	3.02	0.71	4.25	<0.05
<i>fAnno(2017)</i>	4.23	0.77	5.50	<0.05
<i>fAnno(2018)</i>	3.22	0.72	4.49	<0.05
<i>fStagione(Inverno)</i>	-0.89	0.31	-2.92	<0.05

7.1.4 Plancton

7.1.4.1 Fitoplancton

Metodi di elaborazione dati

Sono stati valutati gli andamenti stagionali del fitoplancton dal Bianco a E18 sui dati delle abbondanze fitoplanctoniche totali e dei quattro gruppi considerati (Diatomee, Dinoflagellati, Coccolitofori, Altro). Per evidenziare gli eventuali effetti dovuti all'attività del Terminale è stata eseguita una ANOVA per ognuno dei tre fattori (anno di campionamento, distanza dal Terminale e profondità di prelievo) sui dati delle campagne a parità di stagione, cioè la campagna di Bianco e le cinque campagne estive in fase di esercizio (E14, E15, E16, E17, E18). Per il fitoplancton, il piano include le stazioni a 100 m dal Terminale (MG6, MG7, MG12, MG13) e una a 2000 m (MG10). I dati delle quattro stazioni a 100 m dal Terminale sono stati mediati dopo aver verificato la non esistenza di differenze significative (ANOVA) tra le stazioni per nessuno dei parametri analizzati. Le analisi ANOVA sono state effettuate utilizzando il software OriginPro 2017 ©.

Come analisi multivariata delle comunità fitoplanctoniche è stato usato il test non parametrico ANOSIM (software PAST ©) in base alla similarità secondo l'indice di Bray-Curtis utilizzando la tabella base taxa/campioni con dati di abbondanza cellulare (log-trasformati), ridotta ai taxa rappresentanti circa il 95% dell'abbondanza totale delle comunità estive.

Sulla stessa tabella è stata effettuata la routine SIMPER (software PAST ©) per valutare il grado di similarità della composizione tassonomica sia tra le stazioni appartenenti alla medesima campagna sia tra le campagne estive (Bianco, E14, E15, E16, E17, E18).

Risultati

Il ciclo stagionale delle densità fitoplanctoniche totali e dei quattro raggruppamenti tassonomici principali durante i cinque anni (Figura 94) mostra un andamento sostanzialmente coerente con le naturali variazioni temporali tipiche delle acque liguri-tirreniche ossia con massimi di abbondanza in inverno e minimi in estate-autunno. I valori massimi, però, variano da un anno all'altro così come gli andamenti che mostrano la variabilità maggiore nelle stagioni primaverili ed autunnali. Anche nel 2018 il periodo invernale fa eccezione in quanto non mostra il massimo tipico di questo periodo dell'anno, con la fioritura di diatomee che, al contrario, presentano un picco nella primavera successiva (P18). In I18 si rileva una copresenza tra *Emiliana huxleyi* (coccolitofori) e diatomee fra le quali *Cylindroteca closterium* e *Chaetoceros* spp. che aumentano gradualmente per raggiungere il massimo in P18, stagione in cui si verifica, contemporaneamente, un aumento anche di specie con caratteristiche più "estive" come *Proboscia alata*, *Leptocylindrus danicus*, *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima*. L'annualità (A17-E18) presenta quindi una ciclicità diversa che in parte potrebbe essere correlabile al periodo di campionamento più precoce di I18 e P18 rispetto agli anni precedenti. D'altra parte la variabilità del ciclo fitoplanctonico era già stata rilevata (Figura 94) e, pertanto, da non considerarsi anomala.

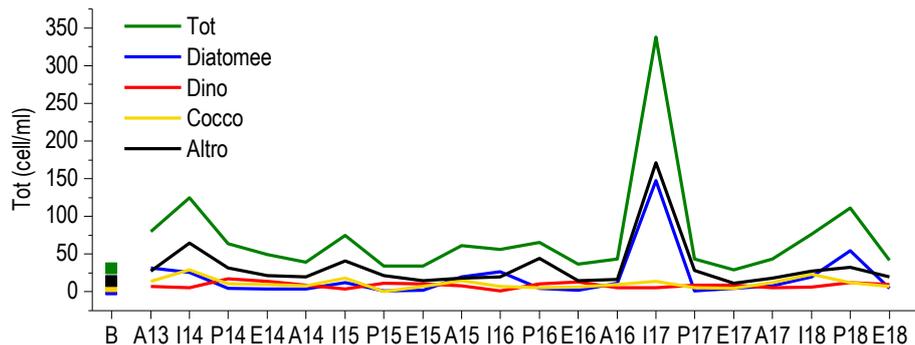


Figura 94 - Variazione stagionale delle densità cellulari medie totali per campagna e dei diversi gruppi fitoplanctonici.

Anche dal confronto tra i dati acquisiti unicamente durante le campagne estive, la variabilità interannuale determina differenze significative per le abbondanze totali e i raggruppamenti fitoplanctonici (ad eccezione delle diatomee, scarsamente presenti in estate) che infatti, dalla valutazione degli andamenti temporali, presentano evidenti oscillazioni quantitative tra un anno e l'altro, senza che si evidenzino uno specifico trend. Nel caso del fattore distanza, l'aggiunta della campagna E18, ha determinato variazioni significative per il gruppo "Altro": in E18 MG10 (unica stazione a 2000 m dal Terminale) si osservano abbondanze più alte e una netta dominanza di *Phaeocystis* sp. (compreso in "Altro") e di diatomee nei campioni profondi. La dominanza di *Phaeocystis* sp. comporta una significativa riduzione di diversità (H' , indice di Shannon) in E18 in confronto alle altre campagne estive.

Tabella 78 – ANOVA multifattoriale (anno, distanza dall'FSRU, profondità) sulle campagne estive (dal Bianco all'E18). * $0,01 < p < 0,05$; ** $p < 0,01$.

Fattori	Fito totale (cell/ml)	Diat (cell/ml)	Dino (cell/ml)	Cocco (cell/ml)	Altro (cell/ml)	N. Taxa	H'
Anno	**	n.s.	**	**	*	**	**
Distanza	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.
Profondità	n.s.	*	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Tramite ANOSIM, a partire dalla matrice taxa/campioni, sono state valutate le differenze nella composizione tassonomica delle comunità fitoplanctoniche tra la campagna di Bianco e le campagne estive E14, E15, E16, E17, E18 e con il PAIRWISE test (Tabella 79) la significatività delle differenze tra le tutte coppie. Le differenze sono altamente significative (** $p < 0,015$) sia tra B e le campagne estive degli anni successivi sia tra le coppie delle campagne da E14 a E18. La differenza più elevata si ha tra il Bianco e le successive campagne estive. Inoltre, confrontando la composizione di ogni stazione vicina al Terminale con quella lontana (MG10) non si osservano differenze significative in alcun anno di indagine ($R = -0,007611$, $p = 0,696$).

Tabella 79 – PAIRWISE test tra Bianco (B) e le campagne estive. R (globale) = 0,543, $p = 0,0001$. Sono indicati gli R (** $p < 0,015$). Dati relativi al popolamento fitoplanctonico.

	B	E14	E15	E16	E17	E18
B						
E14	0,861**					
E15	0,885**	0,327**				
E16	0,895**	0,442**	0,492**			
E17	0,727**	0,528**	0,491**	0,382**		
E18	0,831**	0,460**	0,340**	0,269**	0,380**	

Dalle analisi effettuate, i popolamenti non variano in relazione alla distanza dal Terminale FSRU. Al contrario come atteso, variano nel

tempo mostrando significative differenze sia in termini di biomassa (concentrazioni di chl-a, densità cellulari) sia nella composizione tassonomica.

I dati confermano, inoltre, che le ciclicità possono subire variazioni interannuali, riconducibili alle naturali variazioni stagionali e alle condizioni meteomarine al momento del campionamento.

Le comunità fitoplanctoniche sono di per sé altamente variabili sia nello spazio (trasportate passivamente dai movimenti dei corpi d'acqua) sia nel tempo (successione stagionale e velocità di accrescimento differenziate) fatto che produce evidenti oscillazioni quali-quantitative. Pertanto, alle attese differenze di composizione tassonomica su base stagionale, si sommano quelle intrastagionali dovute ad oscillazioni quantitative dei taxa presenti.

La maggioranza delle differenze significative emerse per le variabili analizzate sono derivate dal confronto con E18 e comunque dalla diversa ciclicità stagionale rilevata durante il 2018.

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

E' noto che tutte le componenti dello zooplancton sono fortemente influenzate sia dalla stagionalità sia dalla profondità. Questo dato si evince dall'analisi dei dati sia qualitativi (composizione in specie) sia quantitativi (abbondanza).

Nel corso delle stagioni, infatti, si avvicendano specie con cicli riproduttivi differenti che comportano picchi demografici diversi al variare della stagione.

Ad esempio, nell'oloplancton, il calanoide *Nannocalanus minor*, che ha un picco di abbondanza estivo, viene sostituito da cyclopoide *Oithona plumifera* durante il periodo invernale.

Un altro esempio, proveniente dall'ittiofancton, è rappresentato dall'alternanza estivo - invernale di *Engraulis encrasicolus* (acciuga) e *Sardina pilchardus* (sardina), la prima abbondante in estate, la seconda dominante in inverno.

Gli echinodermi, parte del meroplancton, sono un'ulteriore evidenza delle variazioni interstagionali legate ai cicli riproduttivi. 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 a profondità maggiori. Le variazioni descritte si sono mantenute inalterate nel tempo e non sono state inficiate dalla presenza del Terminale.

Analogamente alla stagione, anche le tre fasce di profondità investigate ospitano popolamenti diversi: lungo il profilo batimetrico, infatti, si osserva una distribuzione non uniforme dello zooplancton dovuta in gran parte alla presenza di termoclini stagionali.

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. Anche i cicli nictemerali determinano a loro volta una evidente variazione del popolamento nell'arco delle 24 ore. Poiché il campionamento viene svolto durante le ore notturne, vengono prelevate solo i taxa che trascorrono i periodi in assenza di luce in prossimità della superficie.

In considerazione di un evidente effetto stagionale, i confronti temporali sono stati fatti unicamente tra i campioni prelevati nella stagione estiva ossia la medesima in cui è stato effettuato il "Bianco".

Il **Tabella 80** sono riportati i valori R del test (nel quale R è compreso tra 0 e 1, con R = 0 che rappresenta la massima similarità tra campioni e R = 1 la massima dissimilarità) e la significatività delle differenze per i tre comparti ecologici dello zooplancton investigati.

Tabella 80 - Pairwise test di confronto tra fase di Bianco (B) e stagioni estive dal 2014 al 2018. 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 = 0,851 **	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 **
B vs E18	R = 0,822 **	R = 0,936 **	R = 0,35 **
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 *
E14 vs E18	R = 0,607 **	R = 0,61 **	R = 0,388 **
E15 vs E16	R = 0,306 **	R = 0,354 **	R = 0,092 *
E15 vs E17	R = 0,376 **	R = 0,167 *	R = 0,183 **
E15 vs E18	R = 0,451 **	R = 0,376 **	R = 0,174 *
E16 vs E17	R = 0,273 **	R = 0,201 *	R = 0,083 *

Tabella 80 - Pairwise test di confronto tra fase di Bianco (B) e stagioni estive dal 2014 al 2018. Valore di R del global test = 0,567; P = 0,001.

E16 vs E18	R = 0,328 **	R = 0,488 **	R = 0,156 n.s.
E17 vs E18	R = 0,408 **	R = 0,299 **	R = 0,018 n.s.

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

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

Confrontando i risultati delle campagne estive si può rilevare che, dopo l'arrivo del rigassificatore, la comunità zooplanctonica registra maggiore similarità; infatti i valori di R diminuiscono confrontando ad esempio E16 vs E17 ed E17 vs E18. Questo andamento è particolarmente evidente per l'ittioplancton tanto che a partire dal 2016 le differenze non sono più significative.

Si può concludere quindi, che nel tempo il popolamento tende ad una maggiore omogeneità nell'area di indagine.

Questo risultato è in parte legato ad un aumento della conoscenza tassonomica acquisita negli anni di indagine. Nel passato di anno in anno sono state riconosciute nuove specie fatto che ha comportato dei falsi positivi nella variabilità dei confronti temporali. Ad oggi si stima di aver determinato quasi tutte le specie presenti nell'area, fatto che elimina i suddetti falsi positivi giustificando la maggiore similarità osservata nel confronto effettuato tra gli ultimi due campionamenti estivi.

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 2018 (E18) 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 descrittive: sabbia, silt, argilla, elementi in tracce, IPA Totali, Idrocarburi C<12, TOC. Prima dell'analisi i dati sono stati normalizzati.

Risultati

I sedimenti indagati mostrano elevata variabilità spaziale (**Figura 95**) 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 percentuali, fino ad un massimo del 18%.

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'estate successiva (E17) si era verificato 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.

Nel 2018 (E18) si verifica un deciso aumento di sabbia in E18 MG12 e in E18 MG13 compensato, nel primo caso da un calo simile di silt e argilla, nel secondo prevalentemente dalla riduzione di argilla.

Aumento di sabbia ha interessato anche la stazione E18 MG9, ma in questo caso si è verificato, seppur in minor misura, anche un aumento di silt, con conseguente calo di argilla. Nelle restanti stazioni non si sono manifestate modifiche degne di nota.

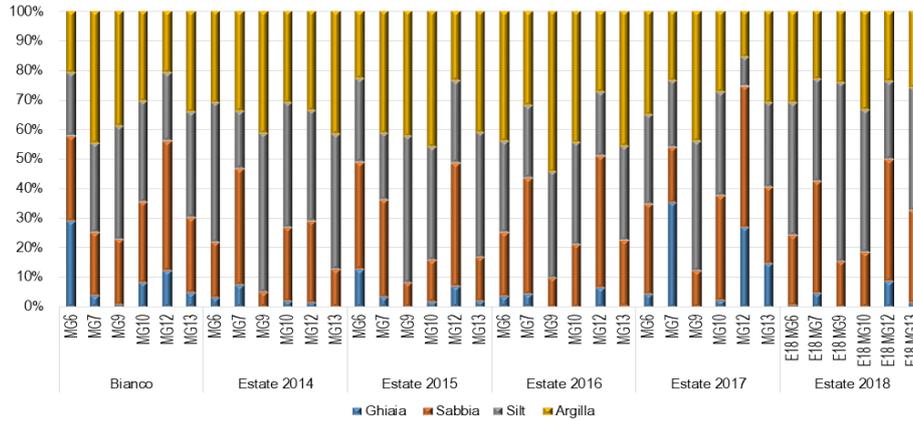


Figura 95 – Principali classi granulometriche nei sedimenti campionati durante la campagna di Bianco (E12) e nelle successive campagne estive (da E14, a E18).

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 quasi il 40% della varianza totale (**Tabella 81**), dovuta principalmente al contributo di molti metalli, che hanno esibito in B MG9 nella campagna di Bianco i valori più elevati (**Figura 96**). 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 dai contaminanti organici (IPA Totali e dagli Idrocarburi pesanti) che mostrano picchi presso del Terminale come era già emerso 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 81 - Coefficienti delle combinazioni lineari degli assi.
Matrice sedimenti con dati abiotici. Dati dal Bianco all'E18.

% di varianza spiegata	39	20,2	12,2	6,6	5,9
	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
Sabbia	-0,265	0,185	-0,238	-0,226	0,069
Silt	0,204	-0,117	0,335	0,17	0,463
Argilla	0,131	-0,187	0,068	0,411	0,495
Al	0,334	-0,057	-0,106	-0,175	0,059
Fe	0,351	-0,113	-0,071	-0,05	-0,071
As	0,049	-0,215	-0,574	0,149	-0,06
Ba	0,275	0,223	-0,08	-0,111	-0,023
Cr	0,359	-0,033	-0,049	-0,055	0,065
Cu	0,303	0,292	0,031	0,02	-0,03
Cd	0,072	0,41	0,256	0,296	-0,089
Mn	0,095	-0,317	-0,393	0,175	-0,076
Hg	0,278	0,036	0,062	0,17	-0,475
Ni	0,326	-0,126	0,132	-0,018	-0,205
Pb	0,256	0,054	-0,266	-0,235	0,378
Zn	0,272	0,168	0,022	-0,221	-0,09
IPA Tot	-0,009	0,4	-0,261	0,084	0,07
Idroc C>12	0,004	0,425	-0,176	-0,103	0,278
TOC	0,01	0,247	-0,245	0,64	-0,064

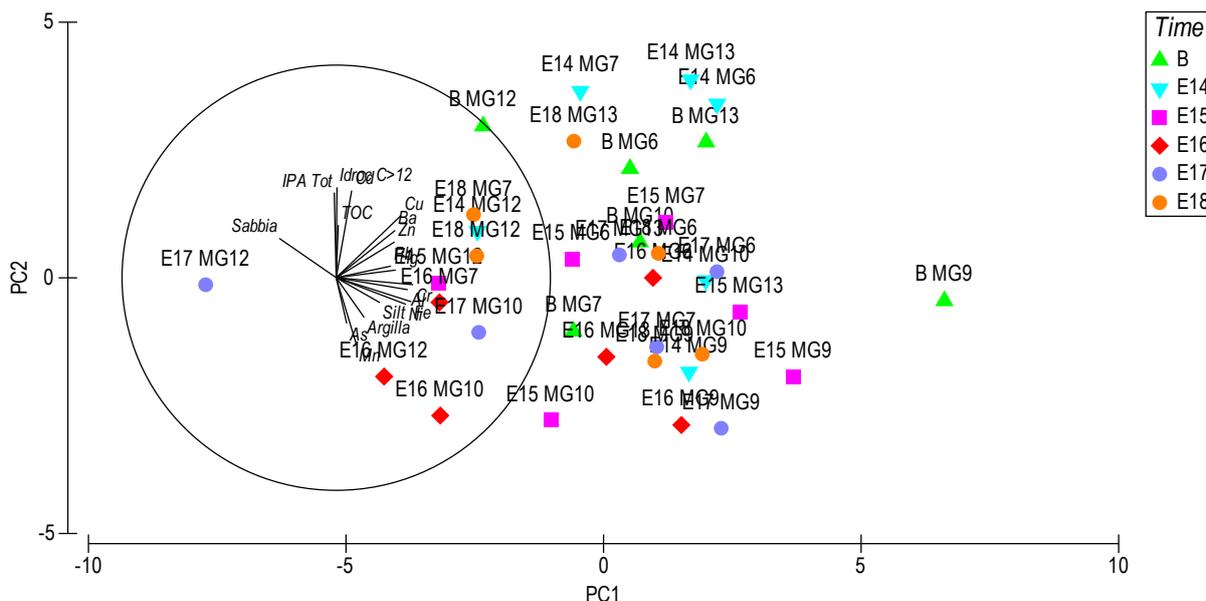


Figura 96 – Risultati dell’Anlisi delle Componenti Principali (PCA) relativa ai dati acquisti durante i periodi estivi (Bianco, E14, E15, E16, E17, E18). Prima dell’analisi i dati sono stati normalizzati.

7.2.2 Saggi ecotossicologici su campioni di sedimento

I risultati dei saggi biologici applicati ai sedimenti testati dal Bianco fino nell’estate 2017 avevano evidenziato complessivamente un miglioramento del grado di tossicità dei sedimenti analizzati (Tabella 82).

Nella fase di Bianco, infatti, i sedimenti erano risultati tutti a tossicità bassa sulla base del test con *P. lividus*, mentre nell’E17 la metà delle stazioni risultava priva di tossicità.

Riguardo al *C. orientale* durante la fase di Bianco, la tossicità era in parte media (MG6, MG7, MG10, MG12) in parte bassa (MG13, MG9), mentre nell’estate 2017 tutti i sedimenti erano privi di tossicità tranne MG6).

Nell’estate 2018 si registra un peggioramento della qualità dei sedimenti rispetto all’estate precedente. Rispetto al Bianco, però, il test con *C. orientale* fornisce un livello di qualità comunque migliore. Solo il test con il riccio testimonia un peggioramento delle condizioni unicamente nelle stazioni MG10 e MG12.

Nel complesso, il monitoraggio, non evidenzia pattern temporali univoci, né nelle stazioni prossime all’FSRU, né in quelle lontane suggerendo che le variazioni sono indipendenti dalla distanza dal Terminale.

La stazione MG12, risulta l’unica in cui, in due soli casi, sia stata rilevata tossicità alta.

In nessun caso è stata rilevata tossicità con il test con *V. fischeri*.

Tabella 83 - Risultati complessivi dei test ecotossicologici condotti dal Bianco all’Estate 2018. 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	E18	B	E14	E15	E16	E17	E18	B	E14	E15	E16	E17	E18
MG6	B	A	A	B	A	A	M	M	A	M	B	B	A	A	A	A	A	A
MG7	B	B	B	B	B	B	M	M	B	M	A	A	A	A	A	A	A	A
MG9	B	A	B	M	A	B	B	B	B	M	A	B	A	A	A	A	A	A
MG10	B	B	B	M	B	M	M	B	B	M	A	B	A	A	A	A	A	A
MG12	B	M	B	B	B	Alta	M	B	Alta	M	A	B	A	A	A	A	A	A
MG13	B	A	B	B	A	B	B	B	M	M	A	B	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 2018.

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, E18). 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 (H') e l'indice di ricchezza specifica (S).

Per lo studio dell'indice di diversità di Shannon è stata utilizzata l'analisi della regressione lineare multipla, considerando l'indice di diversità come variabile dipendente. Come covariate, o variabili esplicative (indipendenti), sono state utilizzate 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 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:

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

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 (indice di ricchezza specifica), 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 e il tempo non ha effetto significativo sulla variabile dipendente S, pertanto è stata rimossa dal modello. Il modello migliore selezionato attraverso la *backward selection analysis* è pertanto 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 97**) 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.

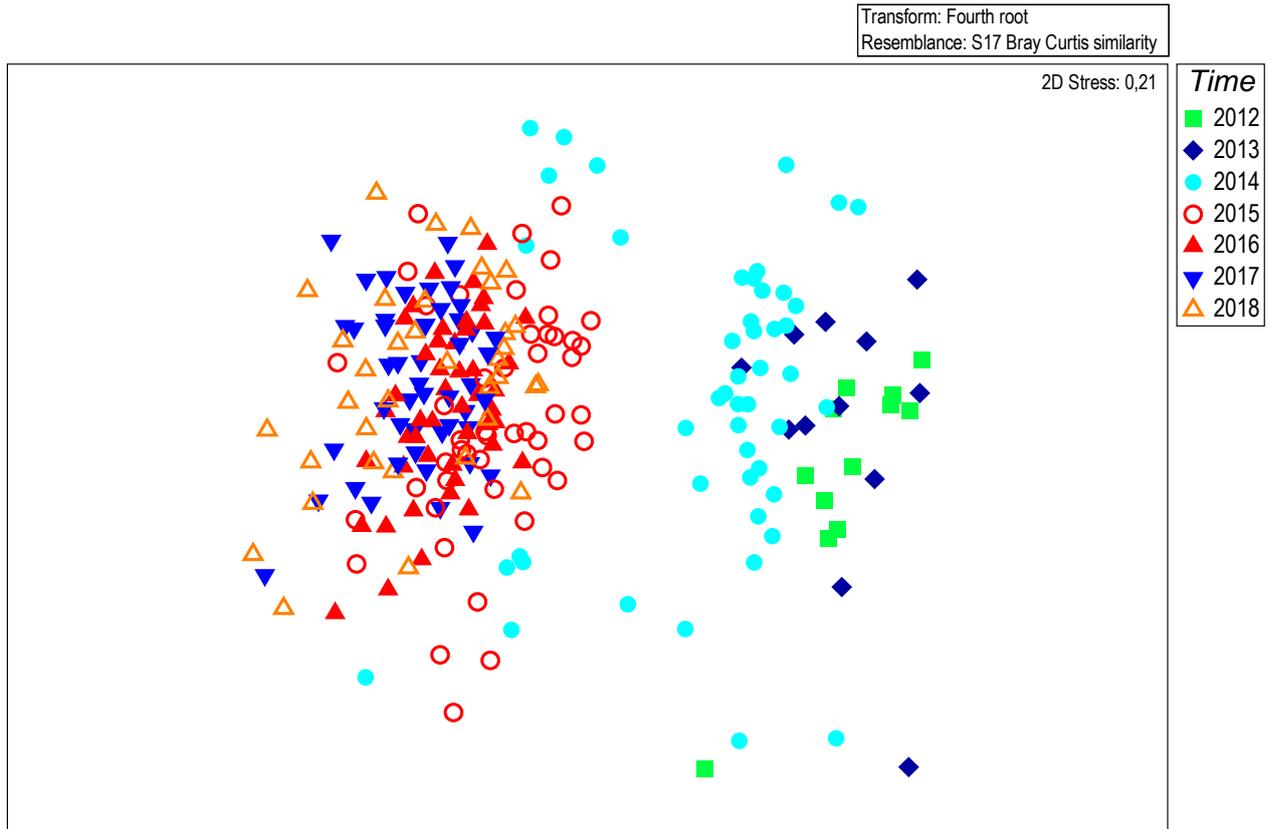


Figura 97 – Piano di ordinamento ottenuto dal n-MultiDimensional Scaling applicato alla matrice generi x stazioni dopo aver trasformato i dati secondo la radice quarta. La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Brey-Curtis.

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 dato che 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.

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 siti 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 fattori (Sito, 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 (che risultato statisticamente significative), 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.

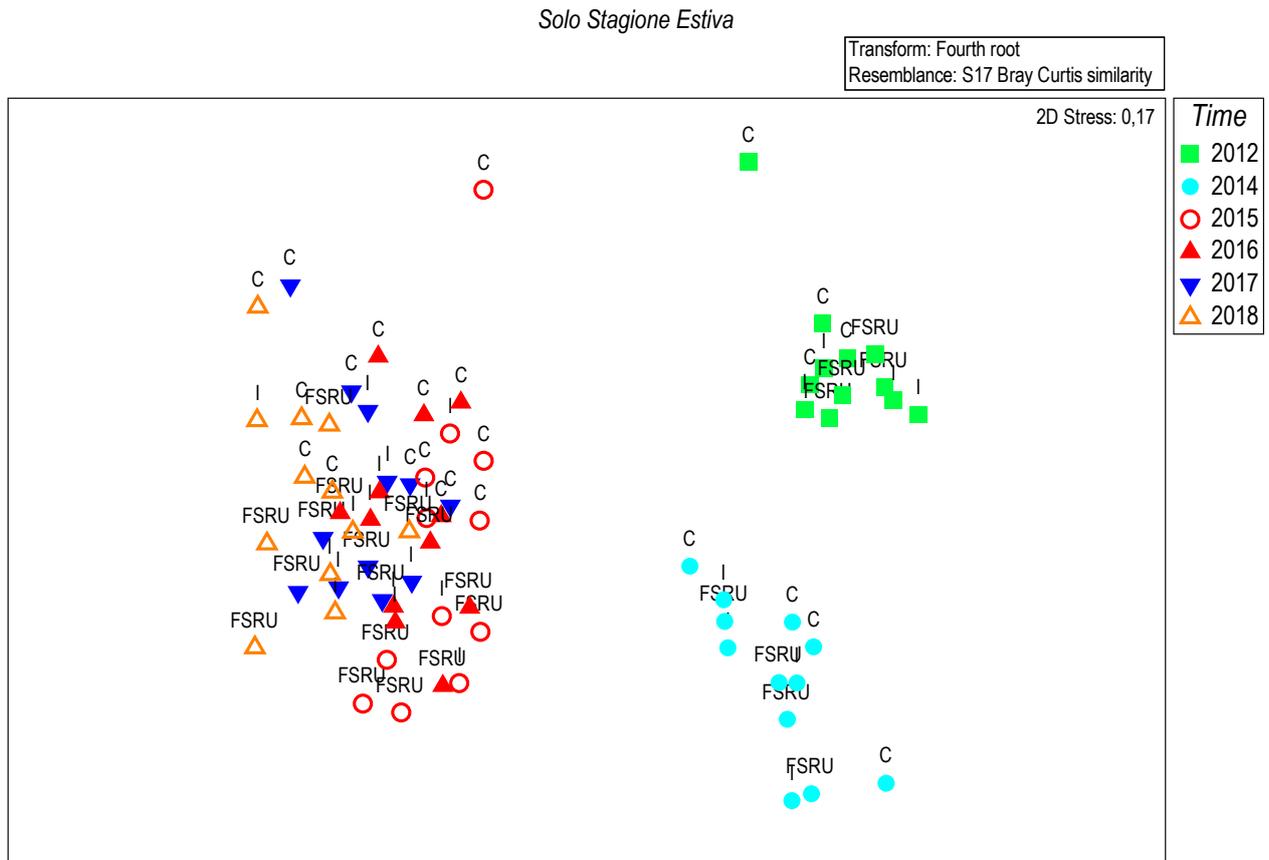


Figura 98 – Piano di ordinamento ottenuto dal n-MultiDimensional Scaling applicato alla matrice generi x stazioni (limitatamente ai campionamenti estivi) dopo aver trasformato i dati secondo da radice quarta. La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Brey-Curtis. Nel plot sono stati superimposte le label (C, FSRU, I) che indicano la posizione delle stazioni rispetto al Terminale.

Tabella 84 – Risultati della PERMANOVA. S (Sito) random 4 livelli gerarchizzato in D, 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)	5	170800	34160	14,367	0,001
Distanza (D)	2	16080	8039,9	2,8857	0,001
Sito (S)	9	25075	2786,1	2,2024	0,001
TxD	10	23800	2380	1,001	0,491
TxS(D)	45	106990	2377,6	1,8795	0,001
Residuo	216	273250	1265		
Totale	287	615990			

Gli aspetti strutturali del popolamento sono stati approfonditi utilizzando l'analisi della regressione lineare multipla considerando gli indici H' e S 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 controllo) come covariate. Dal modello iniziale è stata rimossa tramite l'interazione tra Tempo x Distanza 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.

I risultati ottenuti applicando il modello regressione lineare multipla dopo aver rimosso l'interazione TxD rileva che 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 alla riduzione. Tuttavia, questa riduzione di biodiversità non sembra poter essere imputabile al terminale FSRU. Infatti, analizzando il fattore distanza dal terminale, risulta che la biodiversità è significativamente maggiore al livello del terminale FSRU rispetto all'area controllo (C; non indicata nella tabella, in quanto preso come parametro di riferimento). Al contrario, la biodiversità risulta significativamente inferiore nell'area intermedia, rispetto al controllo. Per quanto riguarda l'effetto stagionale, nessuna delle stagioni sarebbe associata a valori di biodiversità significativamente diversi rispetto alle altre.

Tabella 85 – 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	55.88	20.13	2.78	< 0.05
Anno	-0.03	0.01	-2.59	< 0.05
fDistanza - FSRU	0.20	0.04	5.08	< 0.05
fDistanza - I	-0.19	0.04	-4.70	< 0.05
fStagione - E	-0.03	0.05	-0.72	NS
fStagione - I	0.08	0.05	1.54	NS
fStagione - P	0.06	0.05	1.25	NS

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. 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 risulta significativa; inoltre, non è imputabile al terminale FSRU. Infatti, analizzando il fattore distanza dal terminale, risulta che S è significativamente maggiore a livello del terminale FSRU rispetto all'area controllo (C; non indicata nella tabella, in quanto preso come parametro di riferimento), mentre non ci sono differenze significative tra area intermedia e controllo. Per quanto riguarda l'effetto stagionale, l'inverno è associato a valori di biodiversità significativamente più alti rispetto alle altre stagioni, mentre in estate si riscontrano valori significativamente più bassi di ricchezza specifica.

Tabella 86 – 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	321.79	368.65	0.87	NS
Anno	-0.15	0.18	-0.79	NS
fDistanza - FSRU	5.42	0.72	7.50	< 0.05
fDistanza - I	0.42	0.72	0.58	NS
fStagione - E	-2.08	0.86	-2.42	< 0.05
fStagione - I	4.03	0.91	4.41	< 0.05
fStagione - P	1.48	0.91	1.62	NS

Anche in questo caso 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.

7.3.2 Meio bentos

Metodi di elaborazione dati

I dati quantitativi derivanti dalle 11 campagne di prelievo condotte finora (Bianco, I14, E14, I15, E15, I16, E16, I17, E17, I18, E18) sono stati raccolti in un'unica matrice *taxa x stazioni* e, in un primo momento, 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 a favore di alcuni taxa particolarmente abbondanti rispetto ad altri.

Il piano di ordinamento è stato ottenuto tramite il non-metric MultiDimensional Scaling (n-MDS) applicato alla matrice di similarità ottenuta tramite l'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 possono 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). 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, E18). L'ordinamento dei punti stazione è stato ottenuto, anche in questo caso, tramite il n-MDS. Le etichette (label) corrispondenti (FSRU, C, I) sono state sovrapposte al piano di ordinamento per consentire di rilevare più facilmente eventuali gradienti spaziali.

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), il fattore Distanza (D) e il fattore Sito (S), gerarchizzato in Distanza [S(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 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 11 campagne di studio (Bianco, I14, E14, I15, E15, I16, E16, I17, E17, I18, E18) emerge una comunità meiobentonica costituita globalmente da organismi appartenenti a 29 gruppi tassonomici maggiori, dei quali 11 presenti in tutte le campagne di monitoraggio. I Gastrotrichi risultano presenti unicamente nel Bianco, mentre Idrozoi, Rotiferi, Oligocheti, Sipunculidi, Briozoi, Solenogastri, Scafopodi, Loriciferi, Acari e Tunicati vengono rinvenuti in una (Scafopodi e Tunicati), due (Briozoi) o più campagne delle 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 $69,3 \pm 84,3$ ind./10 cm² in I18 ad un massimo di $360,7 \pm 271,4$ ind./10 cm² in E17. I Nematodi sono risultati sempre il taxon dominante (range: 55-290 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: 3-34 ind./10 cm²; 3,9-10,1%), Policheti (range: 5-20 ind./10 cm²; 3,9-9,1%) e, infine, Nauplii (range: 3-18 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) e il 5,1% (Bianco e I18) dell'intero popolamento. Tra questi solo Ostracodi, Scafopodi, Turbellari, Oligocheti, Briozoi e Ciliati raggiungono in alcune occasioni l'1,0% del totale.

Il piano di ordinamento bidimensionale ottenuto mediante il n-MDS (**Figura 99**) non evidenzia né chiari pattern spaziali, né temporali, riconducibili alla stagionalità.

Per valutare eventuali cambiamenti avvenuti a seguito dell'arrivo del Terminale, i dati sono stati nuovamente elaborati prendendo in considerazione unicamente le campagne estive, poiché quella di Bianco è stata condotta in questa stagione.

Nel piano di ordinamento bidimensionale ottenuto dal n-MDS (**Figura 99**) si nota che la maggior parte dei punti stazioni prossimi al Terminale (FSRU) risultano 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, la cui localizzazione appare meno addensata e spostata verso la parte centrale del piano. Se il pattern osservato è indipendente dalla presenza del Terminale e quindi dai suoi effetti sul bioata, allora le differenze tra siti vicini e siti lontani non dovrebbero cambiare nel tempo.

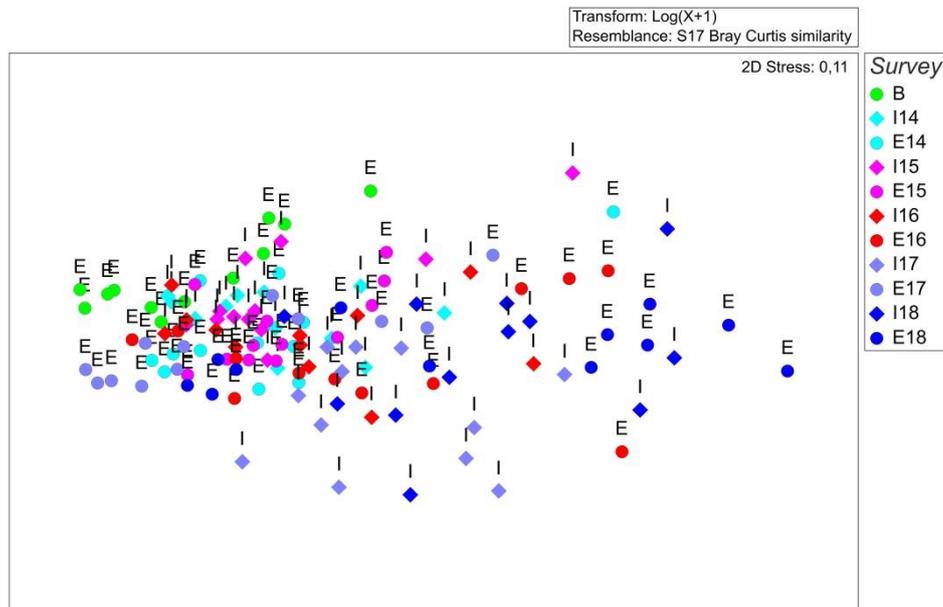


Figura 99 – Piano di ordinamento delle 12 stazioni investigate ottenuto dal non-metric MultiDimensional Scaling (n-MDS), basato sul valore delle abbondanze medie dei taxa principali e similarità di Bray-Curtis, previa trasformazione logaritmica dei dati. Sono stati analizzati i dati acquisiti nel corso di 11 campagne di prelievi dal Bianco (B) all'Estate 2018 (E18).

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 valutare se dopo la fase di Bianco siano avvenute modifiche significative nei popolamenti e se tali modifiche possano essere riconducibili alla presenza del Terminale o se, al contrario, avvengano in maniera indipendente da esso. L'analisi si è basata sul presupposto che, se il Terminale ha un effetto, esso sarà rilevabile nelle stazioni più vicine a questa struttura rispetto a quelle lontane.

Pertanto è stata testata l'ipotesi zero, secondo la quale la differenza tra le stazioni FSRU (stazioni vicine), 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 (**Tabella 87**) si evince che il fattore Tempo è significativo, ad indicare che i popolamenti naturali, 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 non cambia nel tempo, infatti l'interazione Tempo x Distanza non risulta significativa (**Tabella 87**).

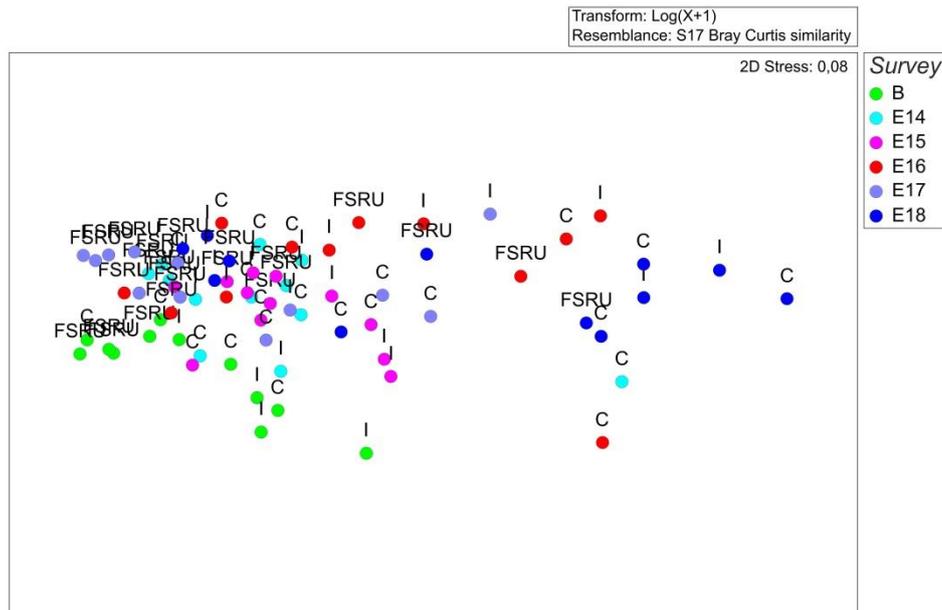


Figura 100 – Piano di ordinamento delle 12 stazioni investigate ottenuto dal non-metric MultiDimensional Scaling (n-MDS), basato sul valore delle abbondanze medie dei taxa principali e similarità di Bray-Curtis, previa trasformazione logaritmica dei dati. Sono stati analizzati i dati acquisiti nel corso di sei campagne estive, dal Bianco (B) all'Estate 2018 (E18). Nel plot sono sovrapposte le label in base alle distanze delle stazioni dal Terminale (FSRU: vicine al Terminale, I: distanza intermedia, C: controlli).

Tabella 87 – 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)	5	13625	2725	6,2699	0,001
Distanza (D)	2	4201,8	2100,9	2,3968	0,103
Sito [S(D)]	9	7889	876,56	2,0169	0,013
T x D	10	3715,4	371,54	0,85488	0,702
Residuo	45	19558	434,61		
Totale	71	48989			

L'analisi SIMPER evidenzia che le differenze tra siti sono riconducibili principalmente alla riduzione delle densità di Copepodi e Nauplii. Riguardo al solo fattore "Tempo", dalla analisi 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. Un nuovo incremento è stato rilevato per il Vanadio nell'inverno 2018 nei mitili lungo il Terminale dove ha raggiunto tenori tra 6 e 8 volte maggiori circa rispetto al Tempo 0. Inoltre, nella medesima campagna il bario, risultato al di sotto del limite di quantificazione sia al Tempo 0, sia nel controllo Gorgona, è stato quantificato in tutte le stazioni lungo l'FSRU. Questi eventi, risultano sporadici e insufficienti per testimoniare l'esistenza di una relazione di causalità con le attività del Terminale. 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 E18) e come variabile dipendente 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 *SediquaSoft*, 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

L'analisi della regressione lineare aggiornata alla campagna E-18 non ha evidenziato alcun trend significativo per nessuno dei tre biomarker analizzati. Anche il grado di frammentazione del DNA, che negli anni 2016 e 2017 aveva mostrato un certo incremento rispetto agli anni precedenti, è risultato molto modesto nel corso delle ultime 4 campagne di monitoraggio (**Figura 101**).

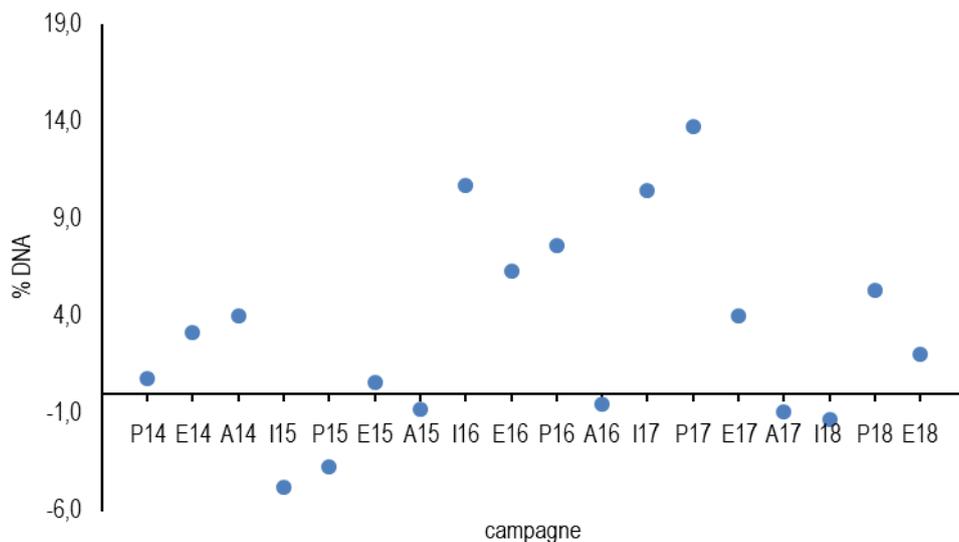


Figura 101 - Variazione temporale del grado di frammentazione del DNA nelle cellule branchiali di mitilo (non significativa)

I risultati della elaborazione *SediquaSoft*, che integra i dati relativi a tutti i biomarker indagati, sono illustrati graficamente nella **Figura 102**, nella quale è riportata la classe di rischio per ciascuna delle 18 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 (Inverno 2015) è emerso un livello moderato di rischio ambientale, mentre in tutti gli altri casi il rischio è risultato lieve o assente. Dalla valutazione complessiva dei dati relativi ai tre biomarker emerge che il Terminale FSRU esercita un effetto trascurabile sullo stato di salute dei mitili analizzati.

Class			Class			Class		
-	-	-	I 15	MODERATE		I 16	SLIGHT	
P 14	SLIGHT		P 15	ABSENT		P 16	SLIGHT	
E 14	SLIGHT		E 15	SLIGHT		E 16	SLIGHT	
A 14	ABSENT		A 15	ABSENT		A 16	ABSENT	
Class			Class					
I 17	SLIGHT		I 18	ABSENT				
P 17	SLIGHT		P 18	SLIGHT				
E 17	SLIGHT		E 18	SLIGHT				
A 17	ABSENT							

Figura 102 - Integrazione ponderata dei risultati dei biomarker mediante il programma *Sediquasoft*, 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, 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.

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/km^2) 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 a imbrocco. 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 dell'anno 2014 (I14 ed E14), del 2015 (I15 ed E15), del 2016 (I16 ed E16), del 2017 (I17 ed E17) e del 2018 (I18 ed E18) 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 e un incremento importante nelle campagne del 2017 e del 2018 (**Tabella 88**). Analizzando gli le campagne effettuate negli anni 2017 e 2018 si può notare un numero maggiore di specie totali registrato nella campagna I18 rispetto alla campagne I17, mentre, per quanto riguarda le campagne estive, il numero maggiore di specie totali si riscontra nella campagne E17 rispetto alla campagna E18. La stessa osservazione può essere fatta in relazione alle specie esclusive delle stazioni S1-S4. Nelle campagne del 2018 le percentuali delle specie comuni alle stazioni poste in prossimità del terminale (S1-S4) e alla stazione di controllo (SC) tendono a diminuire leggermente rispetto a quanto osservato nei due anni precedenti. Per quanto riguarda le specie esclusive della stazione di controllo (SC) i valori stimati per l'anno 2018 rimangono comunque inferiori a quelli registrati nei primi anni di campionamento, ma con un incremento della percentuale registrata nella campagne E18 rispetto a quanto osservato nella campagne E17.

Tabella 88 - Numero totale di specie catturate per campagna.												
STRASCICO												
	B	BP	I14	E14	I15	E15	I16	E16	I17	E17	I18	E18
Specie Totali (S1-S4+SC)	80	68	60	63	57	53	59	59	73	81	83	74
Specie comuni	51%	41%	35%	45%	37%	27%	44%	46%	47%	44%	41%	43%
Specie esclusive delle stazioni S1-S4	41%	46%	55%	41%	53%	38%	51%	51%	45%	52%	51%	49%
Specie esclusive della stazione SC	8%	13%	10%	14%	11%	11%	5%	3%	8%	4%	8%	8%

Seguono 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 e il tempo non hanno effetto significativo sulla variabile dipendente BI, pertanto sono stati rimossi del modello. Il modello migliore selezionato attraverso la *backward selection analysis* è pertanto risultato il seguente:

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

La **Tabella 89** 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 all'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 89 – <i>Mullus barbatus</i> : coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla.				
Coefficienti:	Stima	Err. St.	valore test t	livello di significatività
Intercetta	-138,94	48,99	-2,84	<0,05
Anno	0,07	0,02	2,91	<0,05
fStagione - I	0,62	0,09	6,72	<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.

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 il tempo (Anno) ed il fattore stagione. Il modello migliore selezionato attraverso la *backward selection analysis* è pertanto risultato il seguente:

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

La **Tabella 90** mostra gli output del modello. Dalla stima dei coefficienti delle variabili incluse nel modello, si evince che solo il fattore stagione abbia un effetto significativo sulla biomassa del nasello. In particolare, risulta che in inverno la biomassa di *M. merluccius* sia inferiore a quella osservata in estate. Di conseguenza, non è possibile individuare alcun effetto sulla popolazione di nasello legato alla presenza del terminale FSRU.

Tabella 90 – <i>Merluccius merluccius</i> : coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla.				
Coefficienti:	Stima	Dev. St.	valore test t	livello di significatività
Intercetta	155,60	80,18	1,98	<0,05
Anno	-0,75	0,04	-1,89	NS
fStagione - I	-0,93	0,15	-6,16	<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.

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:

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

La **Tabella 91** mostra gli output del modello. Dalla stima dei coefficienti delle variabili incluse nel modello, si evince come 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 91 – <i>Parapenaeus longirostris</i> : coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla.				
Coefficienti:	Stima	Err. St.	valore test t	livello di significatività
Intercetta	-450,53	178,24	-2,53	<0,05
Profondità	0,02	0,01	2,44	<0,05
Anno	0,22	0,09	2,53	<0,05
fStagione - I	-1,24	0,34	-3,67	<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.

Scyliorhinus 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 92** mostra gli output del modello. Dalla stima dei coefficienti delle variabili incluse nel modello, si evince come la biomassa del gattuccio *S. canicula* 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 92 – <i>Scyliorhinus canicula</i> : coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla.				
Coefficienti:	Stima	Dev.St.	valore test t	livello di significatività
Intercetta	-141,19	69,56	-2,03	<0,05
Anno	0,07	0,03	2,09	<0,05
fDistanza - I	0,52	0,14	3,63	<0,05
fStagione - I	0,67	0,13	5,12	<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.

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 variabili esplicative il tempo (Anno) ed il fattore stagione. Il modello migliore selezionato attraverso la *backward selection analysis* è pertanto risultato il seguente:

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

La **Tabella 93** mostra gli output del modello. Dalla stima dei coefficienti delle variabili incluse nel modello, si evince come la stagione abbia un effetto significativo sulla biomassa totale dei Pesci Ossei: in inverno la biomassa osservata risulta superiore a quella presente in estate. Inoltre, biomassa dei Pesci Ossei aumenta nel tempo (la variabile Anno ha un coefficiente positivo), ma in maniera indistinta in tutta l'area investigata. In conclusione, anche per quanto riguarda questa categoria faunistica, non è possibile individuare alcun effetto sulla popolazione legato alla presenza del terminale FSRU.

Tabella 93 – Pesci Ossei: coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla.				
Coefficienti:	Stima	Err. St.	valore test t	livello di significatività
Intercetta	-109,88	48,82	-2,25	<0,05
Anno	0,06	0,02	2,36	<0,05
fStagione - I	0,90	0,09	9,11	<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.

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 94** 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 94 – Pesci Cartilaginei: coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla.				
Coefficienti:	Stima	Err. St.	valore test t	livello di significatività
Intercetta	-254,51	71,22	-3,57	<0,05
Anno	0,12	0,04	3,63	<0,05
fDistanza - I	0,46	0,16	2,80	<0,05
fStagione - I	1,17	0,14	8,23	<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.

Cefalopodi

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:

$$\log(BI) = \alpha + fStagione + \epsilon_i$$

La **Tabella 95** 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 95 – Cefalopodi: coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla.				
Coefficienti:	Stima	Err. St.	valore test t	livello di significatività
Intercetta	3,37	0,11	31,26	<0,05
fStagione - I	0,92	0,17	5,28	<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:

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

La **Tabella 96** mostra gli output del modello. Dalla stima dei coefficienti delle variabili incluse nel modello, si evince come la biomassa dei crostacei 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 all'aumento lungo tutte le coste nord-occidentali italiane (probabilmente legato all'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 96 – Crostacei Decapodi: coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla.				
Coefficienti:	Stima	Err. St.	valore test t	livello di significatività
Intercetta	-679,50	152,78	-4,45	<0,05
Profondità	0,03	0,01	2,95	<0,05
Anno	0,34	0,08	4,45	<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.

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 del modello. Il modello migliore selezionato attraverso la *backward selection analysis* è pertanto risultato il seguente:

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

La **Tabella 97** 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 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 97 – Indice di biodiversità di Shannon H': coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla.				
Coefficienti:	Stima	Dev. St.	valore test t	livello di significatività
Intercetta	123,68	39,64	3,12	<0,05
Profondità	0,68	0,22	3,08	<0,05
Anno	-0,06	0,02	-3,15	<0,05
fStagione - I	-0,21	0,06	-3,34	<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.

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, pertanto è stata rimossa del modello. Il modello migliore selezionato attraverso la *backward selection analysis* è pertanto risultato il seguente:

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

La **Tabella 98** 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 alla riduzione. La ricchezza specifica, invece, risulta positivamente correlata con la profondità. 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.

Tabella 98 – Ricchezza specifica S: coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla.				
Coefficienti:	Stima	Dev.St.	valore test t	livello di significatività
Intercetta	1412,10	708,88	1,99	<0,05
Profondità	9,91	4,35	2,28	<0,05
Anno	-0,71	0,35	-2,02	<0,05
fDistanza - I	-1,73	1,45	-1,19	NS

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.

Reti da posta

Il confronto tra le due campagne di bianco (B ed BP), le campagne dell'anno 2014 (I14 ed E14), del 2015 (I15 ed E15), del 2016 (I16 ed E16), del 2017 (I17 ed E17) e del 2018 (I18 ed E18) mostra una diminuzione nel numero delle specie totali catturate nell'anno 2018 rispetto a quanto osservato nei due anni precedenti (**Tabella 99**). La campagna I18 ha fatto registrare il minor numero di specie totali

catturate nel corso di tutti i campionamenti effettuati fino ad ora. Il confronto tra le campagne I17 e I18 mostra una diminuzione nella percentuale delle specie comuni ed un aumento invece nelle percentuali delle specie esclusive delle stazioni poste in prossimità del terminale (P1-P4) nella campagna I18. Si riscontra invece una situazione opposta confrontando le campagne E17 ed E18. La percentuale delle specie esclusive della stazione PC rimane costante negli ultimi tre anni di campionamento, fatta eccezione per una leggera diminuzione nella campagna E18. Fa eccezione 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 99 - Numero totale di specie catturate per campagna.

POSTA	B	BP	I14	E14	I15	E15	I16	E16	I17	E17	I18	E18
Specie Totali (P1-P4+PC)	30	22	19	26	19	27	23	33	27	30	14	28
Specie comuni	40%	36%	21%	34%	21%	19%	35%	21%	26%	17%	21%	32%
Specie esclusive delle stazioni P1-P4	50%	59%	79%	58%	74%	52%	57%	73%	67%	77%	71%	64%
Specie esclusive della stazione PC	10%	5%	0%	8%	5%	30%	9%	6%	7%	7%	7%	4%

Seguono le analisi statistiche per singolo taxon.

Scyliorhinus canicula

Per quanto riguarda i dati di cattura (espressi in kg/h per le reti a imbrocco) del gattuccio, *S. canicula*, con reti da posta, le analisi hanno riscontrato la presenza di pattern non lineari. Di conseguenza, per questa specie sono stati utilizzati dei Generalized Additive Model (GAM) (Hastie e Tibshirani, 1990) in sostituzione dell'approccio lineare. La procedura di selezione del modello è comunque la stessa. L'unica differenza è che la variabile temporale (Anno) nell'analisi con GAM viene trattata come un fattore (a 7 livelli, dal 2012 al 2018).

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 i fattori anno, stagione e distanza. Il modello migliore selezionato attraverso la *backward selection analysis* è pertanto risultato il seguente:

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

La **Tabella 100** mostra gli output del modello. Dalla stima dei coefficienti delle variabili incluse nel modello, e dai livelli di significatività associati, si evince che un effetto significativo sulla biomassa del gattuccio sia dovuto al fattore stagionale. In particolare, risulta che le catture di gattuccio, *S. canicula*, siano inferiori in inverno, rispetto all'estate. Questa osservazione è in disaccordo con quanto ottenuto dalle campagne con rete a strascico, in cui le catture di gattuccio risultavano più elevate in inverno. Tuttavia, questa differenza può essere dovuta al fatto che mentre la rete a strascico cattura principalmente animali giovani (che risultano più abbondanti in inverno), la rete da posta, 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 100 – *Scyliorhinus canicula*: coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla.

Coefficienti:	Stima	Dev. St.	valore test t	livello di significatività
Intercetta	-1,17	0,24	-4,92	<0,05
fAnno - 2013	0,38	0,28	1,32	NS
fAnno - 2014	0,73	0,23	3,17	<0,05
fAnno - 2015	0,77	0,23	3,39	<0,05
fAnno - 2016	0,59	0,24	2,51	<0,05
fAnno - 2017	0,68	0,23	2,91	<0,05
fAnno - 2018	0,38	0,26	1,44	NS
fDistanza - I	0,19	0,14	1,39	NS
fStagione - I	-0,45	0,10	-4,46	<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.

Raja clavata

Per quanto riguarda i dati di cattura (espressi in kg/h per le reti da posta) della razza chiodata, *R. clavata*, con 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 la profondità ed il fattore stagione. Il modello migliore selezionato attraverso la *backward selection analysis* è pertanto risultato il seguente:

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

La **Tabella 101** mostra gli output del modello. Dalla stima dei coefficienti delle variabili incluse nel modello, si evince che la biomassa della razza chiodata, *R. clavata*, aumenta con la profondità. Inoltre, si osserva un aumento della biomassa in inverno rispetto alla stagione estiva. In ogni caso, anche per questa specie non è possibile individuare alcun effetto sulla popolazione legato alla presenza del terminale FSRU.

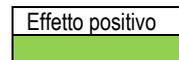
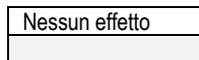
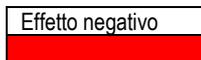
Tabella 101 – <i>Raja clavata</i> : coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla.				
Coefficienti:	Stima	Dev. St.	valore test t	livello di significatività
Intercetta	-4,24	0,88	-4,81	<0,05
Profondità	0,02	0,01	2,82	<0,05
fStagione - I	0,43	0,17	2,59	<0,05

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.

Al fine di sintetizzare i risultati ottenuti con le analisi statistiche è stata utilizzata una rappresentazione *traffic light* che permette una immediata valutazione visiva dei risultati ottenuti (**Tabella 102**). 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.

Tabella 102 – 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>Scylliorhinus canicula</i>	
Rete ad imbrocco	<i>Scylliorhinus canicula</i>	
Rete ad imbrocco	<i>Raja clavata</i>	
Strascico	Pesci ossei	
Strascico	Pesci cartilaginei	
Strascico	Crostacei	
Strascico	Cefalopodi	
Strascico	Diversità specifica	
Strascico	Ricchezza di specie	

Legenda:



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 e quindi il primo monitoraggio della presenza di cetacei e tartarughe risale agli anni 2000. Nella **Figura 103** sono riportati gli avvistamenti nell'area di monitoraggio antecedenti alla campagna di Bianco B12.



Figura 103 - Dati storici sulla presenza di cetacei risalenti agli anni 2000.

Al termine della campagna di Bianco (B12) gli avvistamenti sono stati effettuati principalmente nelle zone Est e Sud, all'interno delle 6 miglia nautiche dal Terminale e Sud-Ovest all'esterno dell'area.

Nel quinto anno di monitoraggio (A17-118-P18-E18) sono stati effettuati 5 avvistamenti di delfini tursiopi (*Tursiops truncatus*), nel settore Est dell'area di monitoraggio, due a Nord, due a Sud e uno a qualche centinaio di metri dal Terminale, tutti compresi tra i 300m e le 6 miglia nautiche di distanza dal Terminale. La distribuzione degli avvistamenti rispetta il comportamento caratteristico delle specie, con il 100% all'interno dell'area di monitoraggio. Rispetto alle precedenti 4 campagne condotte durante il quarto anno di monitoraggio, non abbiamo riscontrato differenze come numero di incontri. Il terzo anno è sempre riportato come eccezione, avendo riportato numerosi avvistamenti. Tuttavia, considerando tutti e cinque gli anni di monitoraggio, può essere considerato un'eccezione proprio l'aumento considerevole degli incontri durante il terzo, mentre l'andamento degli avvistamenti del quinto anno si può definire lineare. Da notare come un avvistamento effettuato durante E18 rappresenti l'avvistamento più a sud mai registrato negli anni di monitoraggio in presenza del Terminale. Tale evento tuttavia risulta in linea con i dati di presenza del Tursiopo di fronte a Livorno. Da sottolineare la presenza di 8 individui adulti di tursiopi a qualche centinaio di metri dal Terminale.

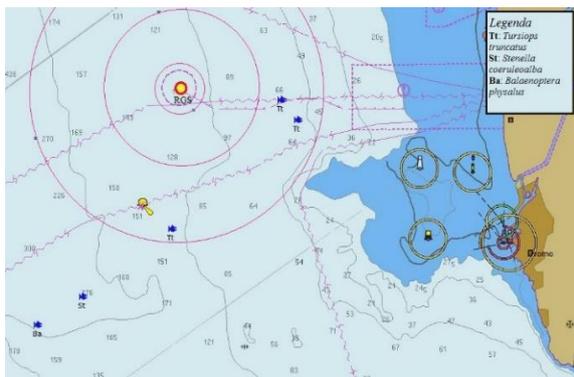


Figura 104 - Avvistamenti nella campagna di Bianco B12.

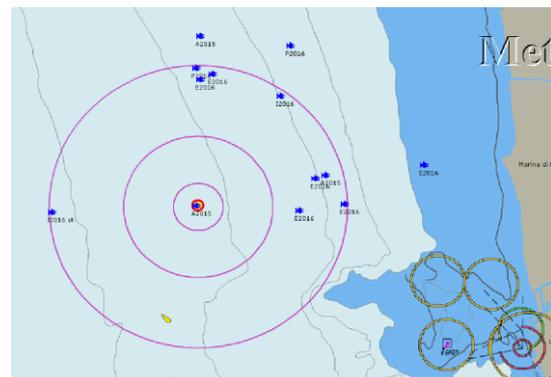


Figura 105 - Avvistamenti 3° anno (A15-116-P16-E16).

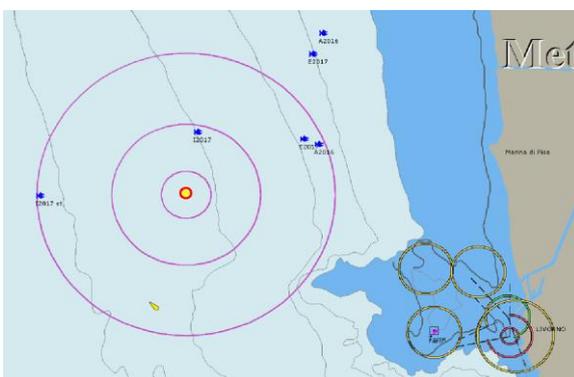


Figura 106 – Avvistamenti 4° anno (A16-117-P17-E17).

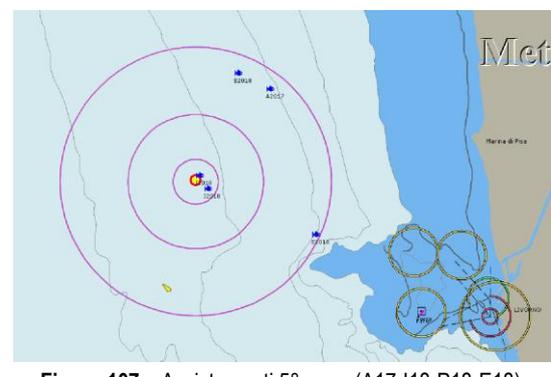


Figura 107 – Avvistamenti 5° anno (A17-118-P18-E18).

Come già indicato relativamente agli anni precedenti, gli spostamenti del gruppo di delfini tursiopi appartenenti al Gruppo ALFA avvengono in funzione della ricerca del cibo e della normale vita sociale. La ricerca del cibo rappresenta una delle attività principali. Caratteristica tipica dei tursiopi è l'apprendimento di comportamenti specifici nella trasmissione madre-figlio. Tra questi, i tursiopi hanno imparato ad interagire con le attività antropiche nutrendosi dei pesci che sfuggono dalle reti a strascico e/o che vengono catturati dalle reti da posta (alimentazione opportunistica – facilitazione nella ricerca di cibo). Il posizionamento del Terminale e la creazione della corrispondente area di interdizione potrebbe aver influenzato indirettamente alcuni degli spostamenti dei tursiopi andando a modificare parzialmente alcune

rotte dei pescherecci a strascico. Si può osservare come gli avvistamenti, in linea con le altre annualità si concentrano prevalentemente nel settore E (NE-SE) di monitoraggio, in cui contestualmente si concentrano le attività di strascico, in netta contrapposizione ai rilevamenti antecedenti il posizionamento del Terminale. L'assenza di avvistamenti durante la campagna di P18 è molto probabilmente ricollegabile all'assenza di pescherecci a strascico nella zona durante le giornate di monitoraggio. Dai risultati ottenuti, la quantità di informazioni non risulta ancora sufficiente per valutare l'impatto del Terminale sul comportamento dei mammiferi marini. Il cambiamento di movimento degli animali nell'area di monitoraggio è evidente dal confronto tra tutti e cinque gli anni di campionamento e la fase antecedente, tuttavia non è ancora possibile definirlo positivo, negativo o nullo sulle dinamiche di gruppo. Anche l'avvistamento a poche centinaia di metri dal Terminale non è indicativo di un'assenza di disturbo in quanto, da studi pregressi, il comportamento opportunistico del tursiope lo spinge a ricercare cibo anche in zone fortemente disturbate (acusticamente o navale). Tuttavia, i dati misurati e il calcolo del decadimento del suono già a poche centinaia di metri distanza dal Terminale ci porta a escludere danni all'apparato uditivo dei mammiferi marini presenti nell'area. L'assenza di rilevamento di tartarughe marine anche durante il quinto anno non risulta allarmante: ciò è dovuto al comportamento specifico degli animali (apnee di qualche ora, stazionamento in superficie solo per alcuni minuti, rapida immersione in caso di disturbi esterni) e non ad una influenza del Terminale.

7.4 INDAGINI GENERALI

7.4.1 Misura del rumore

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 103** 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 103,3 dB e risulta superiore di 56,3 dB rispetto al Bianco, mentre il valore massimo (113 dB) registrato in tutto il periodo di studio, risulta maggiore di 66 dB. Non sono riportati i valori calcolati di E18 poiché, come segnalato nel report, la presenza del rimorchiatore Corrado Neri e della LNG Express durante tutte le misurazioni a 100m e 1000m dal Terminale rendono impossibile stimare i valori di emissione dello stesso.

Non sono riportati i valori calcolati di E18 poiché, come segnalato nel report, la presenza del rimorchiatore Corrado Neri e della LNG Express durante tutte le misurazioni a 100m e 1000m dal Terminale rendono impossibile stimare i valori di emissione dello stesso.

Tabella 103 - Riepilogo dei livelli calcolati alla sorgente delle emissioni acustiche del Terminale. Non sono riportati i valori calcolati di E18 poiché la presenza del rimorchiatore Corrado Neri e della LNG Express durante tutte le misurazioni a 100m e 1000m dal Terminale rendono impossibile stimare i valori di emissione dello stesso.		
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
A17	96	12KHz
I18	99	12KHz
P18	92	12KHz
<i>Max</i>	113	12KHz
<i>Media</i>	103,26	12KHz
<i>Dev. Standard</i>	6,69	12KHz
<i>Min</i>	92	12KHz

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 148 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 di soglia è rappresentato da 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, che va da 20Hz a 40kHz, 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 della **Tabella 103**. Di queste curve è stato calcolato il valore minimo, massimo e la media per l'intero spettro di frequenza rappresentato in terze d'ottava. Per evitare errate interpretazioni è stato necessario escludere dai calcoli la campagna A15 e la campagna E18. Per A15, 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. Per E18, durante le misurazioni erano presenti in contemporanea il rimorchiatore Corrado Neri e l'imbarcazione passeggeri LNG Express, come specificato nella relazione ad essa relativa. 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.

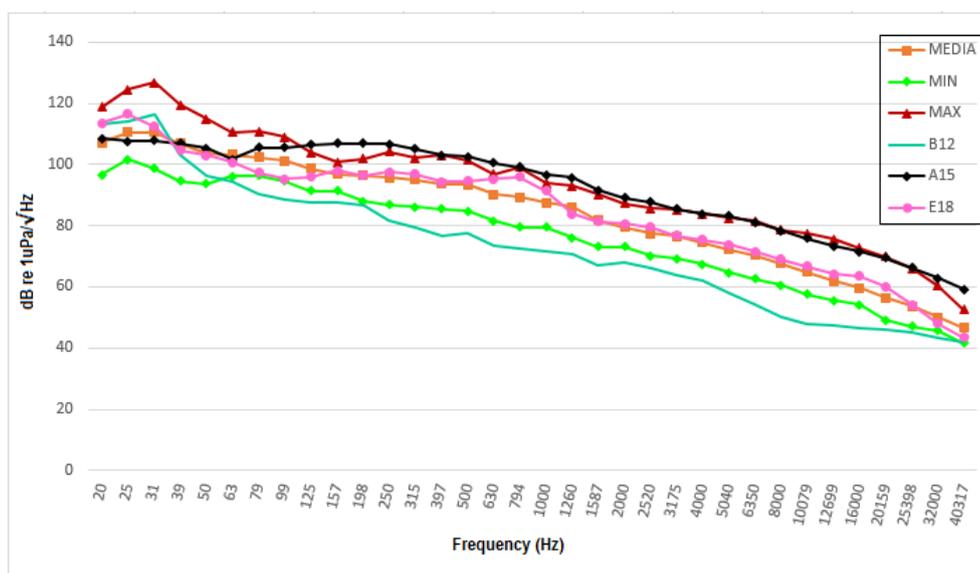


Figura 108 - Confronto fra i livelli PSDf in terze d'ottava del Bianco (B), i valori minimi, medi e massimi calcolati tra le campagne A13 e P18 (escluso A15 ed E18) ed i livelli misurati in A15 ed E18 nella stazione E100m a 55m di profondità.

Nella **Figura 108** è utile precisare che disponiamo di una sola campagna di Bianco, che quindi rappresenta una base affidabile per qualità, ma non consistente per quantità di dati, considerando che soprattutto la presenza di sorgenti di rumore di tipo antropico, lo stato del mare e le condizioni ambientali possono modificare il rumore presente sia in termini di frequenze che di livelli. Dal confronto con i valori minimi, medi e massimi misurati nelle successive diciotto campagne (escludendo A15 ed E18 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), a conferma di come il Terminale modifichi 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. È ben evidente invece che 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 come la presenza di un singolo rimorchiatore sia in grado di produrre livelli di rumore ampiamente più elevati rispetto a quello legati al funzionamento degli impianti del Terminale. La curva di E18 si discosta dalla media di tutte le campagne solo nelle basse frequenze fino a 1000Hz. Come detto sopra, il rumore a bassa frequenza è originato prevalentemente dal traffico navale anche a lunga distanza. Nonostante per E18 non vi sia un discostamento netto dall'andamento medio come per A15, è stato ritenuto più corretto separare queste misurazioni dalle altre campagne, essendo presenti durante le misurazioni imbarcazioni che potrebbero falsare l'interpretazione dei dati. In presenza della stessa barca, paragonando A15 ed E18 si evince in ogni caso che in E18, durante la misurazione, i motori del Corrado Neri fossero probabilmente spenti o al minimo.

Rispetto ai confronti del 4° anno, si evidenzia un allineamento della curva dei valori massimi registrati nelle 18 campagne con la curva rappresentante le misurazioni in A15. Tale risultato, seppur evidenziando un innalzamento dei valori massimi registrati rispetto agli anni passati, non desta particolare preoccupazione in quanto i valori rimangono al di sotto della soglia dei 120db, valore critico per i mammiferi marini (Tab.7, Guida SPRA, Borsani e Falchi, 2011, parte seconda, riportata in Materiali e Metodi come Tabella 8).

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), nelle 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 Determine 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 92 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 Determine 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 quinto - le risposte alle prescrizioni delle Determine 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 quinto 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 (A17, I18, P18, E18) in grafici utilizzando colori differenti, così da rendere inequivocabilmente identificabili le diverse stazioni. L'elenco dei campioni con le date di campionamento relative al quinto 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 quinto 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 sono riportate in Allegato 5.
7. La risposta a tale prescrizione, non pertinente per il quinto 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 dalla sonda CTD con il rispettivo tempo di misura sono riportati in Allegato 6.
9. Nel quinto 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 quinto 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 quinto anno di esercizio in quanto superata; nella tabella di sintesi dell'Allegato 2 sono comunque riportati i dettagli delle attività implementate.
12. Nel quinto 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 quinto anno di esercizio oggetto della presente Relazione, permettono di asserire che non si sono verificate, durante i primi cinque anni di esercizio del Terminale, situazioni di rischio per 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.
- Hastie, T.J., Tibshirani, R.J. 1990. Generalized additive models. Monogr. Stat. Appl. Probability, 43, Chapman & Hall, Boca Raton, 335 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.
- R Core Team, 2017. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- 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-Roumazielles 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., Thébaud 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.
- Zuur, A. F., Ieno, E.N., Walker, N.J., Saveliev, A.A., Smith, G.M. 2009. Mixed effects models and extensions in ecology with R. Springer, New York, 574 pp.