

**PIANO DI MONITORAGGIO DELL'AMBIENTE MARINO**

Autunno 2018 (A18), Inverno 2019 (I19)  
**Primavera 2019 (P19), Estate 2019 (E19)**



**FASE DI ESERCIZIO VI REPORT ANNUALE**

**VOL. 2  
(P19-E19)**

Rev. 1	26.03.20	Emissione definitiva			
Rev. 0	24.02.20	Emissione per commenti committente			
Rev	Data	Descrizione della revisione	Preparato da	Verificato da	Approvato da

<b>VOLUME I</b> .....	<b>11</b>
<b>1 INTRODUZIONE</b> .....	<b>11</b>
<b>1.1 Richiami ai contenuti principali del progetto</b> .....	<b>11</b>
<b>1.2 Obiettivi fase di esercizio</b> .....	<b>11</b>
<b>2 MATERIALI E METODI</b> .....	<b>11</b>
<b>2.1 Attività e tempistiche</b> .....	<b>11</b>
<b>2.2 Area di indagine</b> .....	<b>11</b>
<b>2.3 COLONNA D'ACQUA</b> .....	<b>11</b>
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 tricorutum</i> .....	11
<i>Dicentrarchus labrax</i> .....	11
<i>Paracentrotus lividus</i> .....	11
<b>2.4 SEDIMENTI</b> .....	<b>11</b>
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
<b>2.5 BIOTA</b> .....	<b>11</b>
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
<b>2.6 INDAGINI GENERALI</b> .....	<b>11</b>
2.6.1 Misura del rumore.....	11
2.6.2 Bioacustica .....	11
<b>3 RISULTATI SURVEY AUTUNNO 2018</b> .....	<b>11</b>
<b>3.1 COLONNA D'ACQUA</b> .....	<b>11</b>
3.1.1 Profili idrologici .....	11
3.1.2 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche .....	11
3.1.3 Plancton .....	11
<b>3.2 BIOTA</b> .....	<b>11</b>
3.2.1 Macrozoobenthos .....	11
3.2.2 Cetacei e tartarughe marine.....	11
<b>3.3 INDAGINI GENERALI</b> .....	<b>11</b>
3.3.1 Misura del rumore.....	11
3.3.2 Bioacustica .....	11
<b>4 RISULTATI SURVEY INVERNO 2019</b> .....	<b>12</b>

<b>4.1</b>	<b>COLONNA D'ACQUA</b> .....	<b>12</b>
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 tricorutum</i> .....	12
	<i>Dicentrarchus labrax</i> .....	12
	<i>Paracentrotus lividus</i> .....	12
<b>4.2</b>	<b>BIOTA</b> .....	<b>12</b>
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
<b>4.3</b>	<b>INDAGINI GENERALI</b> .....	<b>12</b>
4.3.1	Misura del rumore .....	12
4.3.2	Bioacustica .....	12
<b>VOLUME II</b> .....		<b>13</b>
<b>5</b>	<b>RISULTATI SURVEY PRIMAVERA 2019</b> .....	<b>14</b>
<b>5.1</b>	<b>COLONNA D'ACQUA</b> .....	<b>14</b>
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
<b>5.2</b>	<b>BIOTA</b> .....	<b>34</b>
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
	<b>Neutral Red Retention Time (NRRT)</b> .....	39
5.2.4	Cetacei e tartarughe marine.....	40
<b>5.3</b>	<b>INDAGINI GENERALI</b> .....	<b>41</b>
5.3.1	Misura del rumore .....	41
5.3.2	Bioacustica .....	47
<b>6</b>	<b>RISULTATI SURVEY ESTATE 2019</b> .....	<b>48</b>
<b>6.1</b>	<b>COLONNA D'ACQUA</b> .....	<b>48</b>
6.1.1	Profili idrologici .....	48
	Misure di irradianza e irradianza spettrale .....	49
6.1.1	Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche .....	50
	Nutrienti inorganici disciolti .....	50
	Tensioattivi .....	57
	Cloroderivati.....	57
	Idrocarburi totali.....	58
	<b>Analisi microbiologiche</b> .....	58
6.1.2	Saggi eco tossicologici su campioni di acqua.....	59
	<i>Vibrio fischeri</i> .....	59
	<i>Phaeodactylum tricorutum</i> .....	59
	<i>Dicentrarchus labrax</i> .....	60
	<i>Paracentrotus lividus</i> .....	60
6.1.3	Plancton .....	62

<b>6.2</b>	<b>SEDIMENTI.....</b>	<b>72</b>
6.2.1	Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche .....	72
	Analisi granulometrica .....	72
	Metalli.....	72
	Composti organici .....	73
	Cloroderivati.....	73
	Analisi microbiologiche .....	74
6.2.2	Saggi eco tossicologici su campioni di sedimento .....	74
	<b>Paracentrotus lividus</b> .....	74
	<b>Corophium orientale</b> .....	75
	<b>Vibrio fischeri</b> .....	76
<b>6.3</b>	<b>BIOTA.....</b>	<b>76</b>
6.3.1	Macrozoobenthos .....	76
6.3.2	Meiobenthos .....	80
6.3.3	Bioaccumulo .....	88
	Metalli.....	88
	Idrocarburi totali.....	88
	Cloroderivati.....	89
	Analisi microbiologiche .....	89
6.3.4	Biomarkers.....	90
	<b>Neutral Red Retention Time (NRRT)</b> .....	90
6.3.5	Fauna ittica bentonectonica .....	91
6.3.6	Fauna ittica pelagica .....	102
6.3.7	Cetacei e tartarughe marine.....	102
<b>6.4</b>	<b>INDAGINI GENERALI.....</b>	<b>103</b>
6.4.1	Misura del rumore.....	103
6.4.2	Bioacustica .....	108
<b>7</b>	<b>CONFRONTO INTERSTAGIONALE E CON LA CAMPAGNA DI BIANCO .....</b>	<b>109</b>
<b>7.1</b>	<b>COLONNA D'ACQUA.....</b>	<b>109</b>
7.1.1	Profili idrologici .....	109
	Metodi di elaborazione dati .....	109
	Risultati .....	109
7.1.2	Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche .....	116
	Risultati .....	117
	Misure di irradianza e irradianza spettrale .....	117
	Clorofilla e diversità pigmentaria.....	118
	Tensioattivi, cloroderivati e analisi microbiologiche .....	119
7.1.3	Saggi ecotossicologici su campioni di acqua.....	120
7.1.4	Plancton .....	121
	Metodi di elaborazione dati .....	121
	Risultati .....	121
	Metodi di elaborazione dati .....	122
	Risultati .....	122
<b>7.2</b>	<b>SEDIMENTI.....</b>	<b>124</b>
7.2.1	Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche .....	124
	Metodi di elaborazione dati .....	124
	Risultati .....	124
7.2.2	Saggi ecotossicologici su campioni di sedimento .....	126
<b>7.3</b>	<b>BIOTA.....</b>	<b>127</b>
7.3.1	Macrozoobenthos .....	127
	Metodi di elaborazione dati .....	127
	Risultati .....	128
7.3.2	Meiobenthos .....	131
	Metodi di elaborazione dati .....	131
	Risultati .....	131
7.3.3	Bioaccumulo .....	133

7.3.4	Biomarkers.....	133
	Metodi di elaborazione dati .....	133
	Risultati .....	134
7.3.5	Fauna ittica bentonectonica .....	135
	<b>Metodi di elaborazione dati</b> .....	135
	<b>Risultati</b> .....	136
7.3.6	Fauna ittica pelagica .....	143
7.3.7	Cetacei e tartarughe marine .....	143
<b>7.4</b>	<b>INDAGINI GENERALI.....</b>	<b>145</b>
7.4.1	Misura del rumore .....	145
<b>8</b>	<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>147</b>
<b>9</b>	<b>RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....</b>	<b>149</b>

## INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 – Profili di temperatura (°C), salinità (ppt), pH e torbidità (NTU); survey primavera 2019. ....	14
Figura 2 – Profili di ossigeno disciolto (% saturazione), clorofilla (µg/l), e potenziale di ossidoriduzione (mV); survey primavera 2019.....	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 P19 MG7 e P19 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 ( $E_{max}(\lambda)$ ) riportato nella legenda insieme con la lunghezza d'onda dove si colloca ( $\lambda_{max}$ ). ....	16
Figura 5 - Profili delle concentrazioni (µM) dei nutrienti inorganici disciolti: NO <sub>2</sub> (nitriti), NO <sub>3</sub> (nitrati), PO <sub>4</sub> (fosfati), SiO <sub>2</sub> (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 <sup>-1</sup> ) della CDOM a 325 nm ( $a_{CDOM}(325)$ ).....	19
Figura 8 – Profili delle concentrazioni (mg/m <sup>3</sup> ) 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. Altro = Nemertini.....	35
Figura 13 - Abbondanza totale e contributo percentuale cumulativo delle specie dominanti. ....	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.....	36
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 2019.....	39
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 2019. ....	39
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 2019. ....	40
Figura 18 - Rotte effettuate per il monitoraggio visivo, acustico e bioacustico condotto in primavera 2019 (P19).....	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 55 m di profondità. ....	42
Figura 21- PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S100 a 55 m di profondità. In tutte le curve a 100m sono presenti le stesse tonali a bassa frequenza. ....	43
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.....	44
Figura 24 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N1K a 55m di profondità.....	44
Figura 25 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N10K a 45m di profondità.....	45
Figura 26 - Confronto dei livelli in terzi d'ottava misurati a 55m di profondità lungo la direzione Sud. ....	45
Figura 27 - Profili di velocità del suono misurati con CTD a differenti stazioni durante la campagna P19.....	46
Figura 28 - Simulazione della Transmission Loss TL alla frequenza di 12 kHz in direzione Nord.....	47
Figura 29 - Transmission Loss prevista dal modello in funzione della distanza alla profondità di 15 metri.....	47
Figura 30 – Profili di temperatura (°C), salinità (ppt), pH e torbidità (NTU); survey estate 2019.....	48
Figura 31 – Profili di ossigeno disciolto (% saturazione), clorofilla (µg/l), e potenziale di ossidoriduzione (mV); survey estate 2019.....	49
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 E19 MG7 e E19 MG10. ....	49
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 ( $\lambda_{max}$ ). ....	50
Figura 34 - Profili delle concentrazioni (µM) dei nutrienti inorganici disciolti: NO <sub>2</sub> (nitriti), NO <sub>3</sub> (nitrati), PO <sub>4</sub> (fosfati), SiO <sub>2</sub> (silicati).....	52
Figura 35 - Profili delle concentrazioni (mg/l) dei solidi sospesi (TSM) e delle concentrazioni di particolato organico (POM).....	52
Figura 36 - Profili degli assorbimenti (m <sup>-1</sup> ) della CDOM a 325 nm ( $a_{CDOM}(325)$ ).....	53
Figura 37 - Profili delle concentrazioni (mg/m <sup>3</sup> ) di clorofilla a tot. ....	53

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) .....	56
Figura 39 - Profili delle densità fitoplanctoniche totali (cell/ml).....	63
Figura 40 – Abbondanza relativa delle classi fitoplanctoniche indicate in legenda in rapporto all'abbondanza totale. ....	64
Figura 41 - Ripartizione dell'abbondanza totale e del numero di specie tra i principali taxa rinvenuti. Altro = Nemertini. ....	78
Figura 42 - Abbondanza totale e contributo percentuale cumulativo delle specie dominanti. ....	78
Figura 43 - 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. ....	79
Figura 44 - Stazione E19 MG1. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm <sup>2</sup> ) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx). ....	80
Figura 45 - Stazione E19 MG2. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm <sup>2</sup> ) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx). ....	81
Figura 46 - Stazione E19 MG4. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm <sup>2</sup> ) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx). ....	81
Figura 47 - Stazione E19 MG6. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm <sup>2</sup> ) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx). ....	82
Figura 48 - Stazione E19 MG7. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm <sup>2</sup> ) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx). ....	82
Figura 49 - Stazione E19 MG8. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm <sup>2</sup> ) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx). ....	83
Figura 50 - Stazione E19 MG9. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm <sup>2</sup> ) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx). ....	83
Figura 51 - Stazione E19 MG10. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm <sup>2</sup> ) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx). ....	84
Figura 52 - Stazione E19 MG11. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm <sup>2</sup> ) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx). ....	84
Figura 53 - Stazione E19 MG12. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm <sup>2</sup> ) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx). ....	85
Figura 54 - Stazione E19 MG13. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm <sup>2</sup> ) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx). ....	85
Figura 55 - Stazione E19 MG14. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm <sup>2</sup> ) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx). ....	86
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. ....	87
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. ....	90
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. ....	90
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. ....	91
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 E19 P1-P4 e E19 PC. ....	92
Figura 61 - Rete a strascico: composizione percentuale delle catture, espressa come n° individui/km <sup>2</sup> e kg/km <sup>2</sup> , dei principali gruppi tassonomici campionati nelle stazioni E19 S1-S4 e E19 SC. ....	93
Figura 62 - Reti da posta: indici di densità e biomassa, stimati per le stazioni E19 P1-P4 e per la stazione E19 PC, per specie. Sono riportati i valori medi + la deviazione standard. In blu n° individui/1000m/24h, in azzurro kg/1000m/24h. ....	98
Figura 63 – Rete a strascico: indici di densità e biomassa, stimati per le stazioni E19 S1-S4 e per la stazione E19 SC, per specie. Sono riportati i valori medi + la deviazione standard. In blu n° individui/km <sup>2</sup> , in azzurro chiaro kg/km <sup>2</sup> . ....	99
Figura 64 - Rete da posta: distribuzione taglia-frequenza del gattuccio ( <i>Scylliorhinus canicula</i> ). N° individui: 329 (E19 P1-P4), 51 (E19 PC). ....	98
Figura 65 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza della triglia di fango ( <i>Mullus barbatus</i> ). N° individui: 793 (E19 S1-S4), 70 (E19 SC). ....	100
Figura 66 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del nasello ( <i>Merluccius merluccius</i> ). N° individui: 266 (E19 S1-S4), 76 (E19 SC). ....	100
Figura 67 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del merluzzetto ( <i>Trisopterus capelanus</i> ). N° individui: 155 (E19 S1-S4), 26 (E19 SC). ....	101
Figura 68 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del sacchetto ( <i>Serranus hepatus</i> ). N° individui: 183 (E19 S1-S4). ....	101
Figura 69 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del gattuccio ( <i>Scylliorhinus canicula</i> ). N° individui: 113 (E19 S1-S4). ....	102
Figura 70 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del gambero bianco ( <i>Parapenaeus longirostris</i> ). N° individui: 1265 (E19 S1-S4), 319 (E19 SC). ....	102
Figura 71 – Rotte effettuate per il monitoraggio visivo, acustico e bioacustico condotto in estate 2019 (E19). ....	103
Figura 72 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N100 a 55 m di profondità. ....	103
Figura 73- PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto E100 a 55 m di profondità. ....	104
Figura 74- PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S100 a 55 m di profondità. ....	104
Figura 75- PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto W100 a 55 m di profondità. ....	105
Figura 76 - Confronto dei livelli in terzi d'ottava misurati a distanza di 100 m a 55 m di profondità. ....	105
Figura 77 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N1K a 55 m di profondità. ....	106
Figura 78- PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N10K a 45 m di profondità. ....	106
Figura 79 - Confronto dei livelli in terzi d'ottava misurati a 55 m di profondità lungo la direzione Nord. ....	107
Figura 80 - Profili di velocità del suono misurati con CTD a differenti stazioni durante la campagna E19. ....	107

Figura 81 - Simulazione della Transmission Loss TL alla frequenza di 12 kHz in direzione Nord. ....	108
Figura 82 - Trasmission Loss prevista dal modello in funzione della distanza alla profondità di 15 m. ....	108
Figura 83 - Confronto tra i dati di Temperatura del Bianco e delle campagne estive 2014-2019. ....	110
Figura 84 - Confronto tra i dati di Salinità del Bianco e delle campagne estive 2014-2019. ....	111
Figura 85 - Confronto tra i dati di pH del Bianco e delle campagne estive 2014-2019. ....	112
Figura 86 - Confronto tra i dati di Torbidità del Bianco e delle campagne estive 2014-2019. ....	113
Figura 87 - Confronto tra i dati di Ossigeno Disciolto del Bianco e delle campagne estive 2014-2019. ....	114
Figura 88 - Confronto tra i dati di Clorofilla a del Bianco e delle campagne estive 2014-2019. ....	115
Figura 89 - Confronto tra i dati di ORP del Bianco e delle campagne estive 2014-2019. ....	116
Figura 90 - Variazione della profondità (m) della zona eufotica ( $Z_{eu}$ ) nelle due stazioni rappresentative, per tutte le campagne effettuate. ....	117
Figura 91 - 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. ....	118
Figura 92 - 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. ....	119
Figura 93 - Variazione stagionale delle densità cellulari medie totali per campagna e dei diversi gruppi fitoplanctonici. ....	121
Figura 94 - Principali classi granulometriche nei sedimenti campionati durante la campagna di Bianco (E12) e nelle successive campagne estive (da E14, a E19). ....	125
Figura 95 - Risultati dell'Anlisi delle Componenti Principali (PCA) relativa ai dati acquisiti durante i periodi estivi (dal Bianco all'estate 2019). Prima dell'analisi i dati sono stati normalizzati. ....	126
Figura 96 - Piano di ordinamento ottenuto dal n-MultiDimensional Scaling applicato alla matrice generi x stazioni dopo aver trasformato i dati secondo la radice quarta e aver mediato le repliche. La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Bray-Curtis. ....	128
Figura 97 - Piano di ordinamento ottenuto dal n-MultiDimensional Scaling applicato alla matrice generi x stazioni (limitatamente ai campionamenti estivi) dopo aver trasformato i dati secondo la radice quarta. La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Bray-Curtis. Nel plot sono stati sovrapposte le label (C, FSRU, I) che indicano la posizione delle stazioni rispetto al Terminale. ....	129
Figura 98 - 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 13 campagne di prelievo, dal Bianco (B) all'Estate 2019 (E19). ....	132
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 sette campagne estive, dal Bianco (B) all'Estate 2019 (E19). Nel plot sono sovrapposti i label in base alle distanze delle stazioni dal Terminale (FSRU: vicine al Terminale, I: distanza intermedia, C: controlli). ....	132
Figura 100 - Variazione temporale del danno primario del DNA nelle cellule branchiali di mitilo (non significativa). ....	134
Figura 101 - Integrazione ponderata dei risultati dei biomarker mediante il programma <i>Sediquasoft</i> , da cui emerge un impatto assente o moderato del Terminale nella quasi totalità delle campagne di monitoraggio effettuate. ....	135
Figura 102 - Dati storici sulla presenza di cetacei risalenti agli anni 2000. ....	143
Figura 103 - Avvistamenti nella campagna di Bianco B12. ....	144
Figura 104 - Avvistamenti 3° anno (A15-I16-P16-E16). ....	144
Figura 105 - Avvistamenti 4° anno (A16-I17-P17-E17). ....	144
Figura 106 - Avvistamenti 5° anno (A17-I18-P18-E18). ....	144
Figura 107 - Avvistamenti 6° anno (A18-I19-P19-E19). ....	144

#### INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 - Concentrazioni ( $\mu\text{M}$ ) dei nutrienti inorganici disciolti. ....	17
Tabella 2 - Concentrazioni (mg/l) dei solidi sospesi (TSM). ....	18
Tabella 3 - Assorbimento ( $\text{m}^{-1}$ ) della CDOM alla lunghezza d'onda di 325 nm. ....	19
Tabella 4 - Concentrazioni ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) della Clorofilla a totale ( $\text{Chl a tot} = \text{Clorofilla a} + \text{Divinil Clorofilla a} + \text{Alloclorofilla a}$ , se presenti). ....	20
Tabella 5 - Concentrazioni ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) 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 2019. ....	27
Tabella 12 - Lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative microscopiche (primavera 2019). ....	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 2019. ....	28
Tabella 14 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni P19 MG6, P19 MG7, P19 MG10, P19 MG12 e P19 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> . ....	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. ....	33

Tabella 18 – Ittioplancton. O.le = orizzontale, 50-0 = campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100-50 = campionamento verticale da 100 a 50 metri. * presente in almeno un sub-campione, ** presente solo nell'osservazione <i>in toto</i> .	34
Tabella 19 - Lista delle specie macrobentoniche rinvenute nella primavera 2019 (P19).	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 P19 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.	37
Tabella 22 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna P19, 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 P19, sono espressi in mg/kg.	38
Tabella 24 - Concentrazione degli cloroderivati presenti nei campioni di mitili. I dati relativi alla campagna P19 sono espressi in $\mu$ 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 P19, 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 2019.	40
Tabella 27 - Concentrazioni ( $\mu$ M) dei nutrienti inorganici disciolti.	51
Tabella 28 - Concentrazioni (mg/l) dei solidi sospesi (TSM).	51
Tabella 29 - Assorbimento ( $m^{-1}$ ) della CDOM alla lunghezza d'onda di 325 nm.	53
Tabella 30 - Concentrazioni ( $mg/m^3$ ) della Clorofilla a totale (Chl a tot = Clorofilla a, + Divinil Clorofilla a + Alloclorofilla a, se presenti).	54
Tabella 31 - Concentrazioni ( $mg/m^3$ ) dei principali pigmenti diagnostici fitoplanctonici (acronimi in Tabella 7).	55
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.	57
Tabella 33 - Concentrazione dei cloroderivati nelle acque. I livelli indicano la profondità di prelievo del campione.	57
Tabella 34 - Risultati della ricerca di idrocarburi totali in acqua di mare lungo il profilo batimetrico. I dati sono espressi in microgrammi/litro. Le profondità di prelievo (0,5; 12,5; 50; 70) sono espresse in metri.	58
Tabella 35 - Risultati delle analisi microbiologiche condotte nelle acque superficiali durante la stagione estiva. I dati sono espressi in ufc/100ml.	58
Tabella 36 - Parametri registrati nell'acqua dei campioni testati con <i>V. fischeri</i> , <i>P. lividus</i> , <i>P. tricorutum</i> e <i>D. labrax</i> . Salinità (‰); Ossigeno disciolto (mg/l).	59
Tabella 37 - Risultati del test con il <i>V. fischeri</i> eseguito su campioni di acqua (incubazione 15', 30') prelevati a diverse profondità. EC20, EC50, effetto 15', effetto 30', espressi in %.	59
Tabella 38 - Risultati del test con <i>Phaeodactylum tricorutum</i> condotti su campioni di acqua (incubazione 72 h) prelevati a diverse profondità (espresse in metri). EC 20, EC 50 (L.C. 95%) espressa in %.	60
Tabella 39 - Risultati del test con giovanili di <i>Dicentrarchus labrax</i> esposte a campioni di colonna d'acqua (96 h). Screening test su campioni tal quale (senza diluizioni). Il controllo è costituito da acqua di stabulazione. Volume 5000 ml, aerazione, % saturazione ossigeno disciolto >90%, pH range 8,16-8,28, salinità ‰ 38, temperatura 20,5 $\pm$ 1 °C.	60
Tabella 40 - Risultati del test di embriotossicità (72 ore) con <i>P. lividus</i> e successiva stima della tossicità cronica.	61
Tabella 41 - Densità fitoplanctonica totale (cell/ml) e delle classi o gruppi identificati.	63
Tabella 42 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni osservati (prelievo con Niskin).	64
Tabella 43 - Lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative microscopiche.	65
Tabella 44 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni osservati (prelievo con retino).	66
Tabella 45 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni E19 MG6, E19 MG7, E19 MG10, E19 MG12 e E19 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13).	67
Tabella 46 – Oloplancton. O.le=orizzontale, 50-0=campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100-50=campionamento verticale da 100 a 50 metri. * presente in almeno un sub-campione, ** presente solo nell'osservazione <i>in toto</i> .	69
Tabella 47 - Biomassa: volumi di sedimentazione dell'oloplancton (espressi in ml). OR = campionamento orizzontale; 50-0 = campionamento verticale da 0 a 50 metri; 100-50: campionamento verticale da 100 a 50 metri.	70
Tabella 48 – Meroplancton. O.le = orizzontale, 50-0 = campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100-50 = campionamento verticale da 100 a 50 metri. * presente in almeno un sub-campione, ** presente solo nell'osservazione <i>in toto</i> . La lista include specie determinate a fresco.	71
Tabella 49 – Ittioplancton. O.le = orizzontale, 50-0 = campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100-50 = campionamento verticale da 100 a 50 metri. * presente in almeno un sub-campione, ** presente solo nell'osservazione <i>in toto</i> .	72
Tabella 50 – Ripartizione delle principali classi granulometriche e relativa classificazione dei sedimenti. I dati sono espressi in percentuale.	72
Tabella 51 – Concentrazione dei metalli. I dati sono espressi in mg/kg, tranne Al e Fe espressi in %. Sono riportati anche Livello Chimico di Base (LCB) e Livello Chimico Limite (LCL), Standard di Qualità (SQ) e Livello Chimico di Riferimento Nazionale (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.	72
Tabella 52 – Concentrazione dei contaminanti organici nei sedimenti campionati nell'estate 2019. 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.	73
Tabella 53 – Concentrazione dei composti cloro derivati nei sedimenti campionati nell'Estate 2019.	73
Tabella 54 – Risultati delle analisi microbiologiche condotte nei sedimenti durante la stagione estiva 2019. I dati sono espressi in MPN/g.	74
Tabella 55 - Parametri registrati negli elutriati da utilizzare per il saggio con <i>P. lividus</i> .	74
Tabella 56 - Risultati del saggio biologico di embriotossicità (72 ore) con <i>P. lividus</i> (su elutriati) e successiva stima della tossicità cronica.	75
Tabella 57 - Parametri chimico-fisici dell'acqua sovrastante i sedimenti testati registrati all'inizio e al termine del test di tossicità a 28 giorni con il <i>C. orientale</i> .	75

Tabella 58 - Percentuali di mortalità degli organismi di <i>C. orientale</i> osservate nei sedimenti testati e successiva stima della tossicità cronica. ....	76
Tabella 59 - Risultati 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 % . ....	76
Tabella 60 - Lista delle specie macrobentoniche rinvenute nella estate 2019 (P19). ....	76
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). ....	79
Tabella 62 - Struttura della comunità meiobentonica nelle stazioni E19 MG1, E19 MG2, E19 MG4, E19 MG6, E19 MG7, E19 MG8. Densità media ( $\pm$ DS) (ind./10 cm <sup>2</sup> ) dei taxa principali e del popolamento complessivo. L'abbondanza relativa (%) dei singoli taxa è stata calcolata in relazione alla densità totale. ....	80
Tabella 63 - Struttura della comunità meiobentonica nelle stazioni E19 MG9, E19 MG10, E19 MG11, E19 MG12, E19 MG13, E19 MG14. Densità media ( $\pm$ DS) (ind./10 cm <sup>2</sup> ) dei taxa principali e del popolamento complessivo. L'abbondanza relativa (%) dei singoli taxa è stata calcolata in relazione alla densità totale. ....	83
Tabella 64 - Indici strutturali relativi al popolamento meiobentonico calcolati sui valori medi di abbondanza. Numero di taxa (S), Numero medio di individui (N), Ricchezza di Margalef (d), Diversità di Shannon-Wiener (H'), Equitabilità di Pielou (J). ....	86
Tabella 65 - Struttura della comunità meiobentonica dell'area interessata dal posizionamento del terminale rigassificatore, incluse le stazioni di controllo. Densità media $\pm$ deviazione standard (ind./10 cm <sup>2</sup> ) dei taxa principali e del popolamento complessivo rinvenuto. L'abbondanza relativa (%) dei singoli taxa è stata calcolata in relazione alla densità totale. ....	87
Tabella 66 - Concentrazione dei metalli nei mitili. Dati relativi alla campagna E19 espressi in mg/kg. Sono riportati i dati riferiti sia alla sostanza secca (s.s.) sia al peso fresco (p.f.) in accordo alla prescrizione 13 delle Determinazioni 2990 DVA R.D.R 0000100.04-04-2017 e 3337 DVA R.D.R 0000277.28-09-2017. ....	88
Tabella 67 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna E19, sono espressi in mg/kg. ....	88
Tabella 68 - Concentrazione degli IPA e dei composti organostannici presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna E19, sono espressi in mg/kg. ....	88
Tabella 69 - Concentrazione degli cloroderivati presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna E19, sono espressi in $\mu$ g/kg. ....	89
Tabella 70 - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna E19, sono espressi in ufc/g. ....	89
Tabella 71 - Analisi istologica. Lo score indica lo stato dell'epitelio branchiale secondo la seguente scala 1, normale morfologia epitelio branchiale; 2, lieve riduzione dello spessore dell'epitelio branchiale e dello sviluppo delle ciglia; 3, marcata riduzione dello spessore dell'epitelio e delle ciglia; 4, erosione dell'epitelio branchiale e dello sviluppo ciliare; 5, destrutturazione dei filamenti con estesa erosione dell'epitelio branchiale ed assenza delle ciglia. ....	90
Tabella 72 – Lista delle specie catturate con la rete a strascico e le reti da posta. Strascico: E19 S1-S4 = stazioni campionate in prossimità del terminale; E19 SC = stazione di controllo. Reti da posta: E19 P1-P4 = stazioni campionate in prossimità del terminale; E19 PC = stazione di controllo. ....	91
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 E19 P1-P4 e nella stazione di controllo E19 PC. * = DS<0,05. ....	93
Tabella 74 - Rete a strascico: indici di densità e biomassa ( $\pm$ DS), espressi in n° individui/km <sup>2</sup> e kg/km <sup>2</sup> , stimati per le specie catturate nelle stazioni E19 S1-S4 e nella stazione di controllo E19 SC. * = DS<0,05. ....	95
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, E19). * 0,01<p<0,05; ** p<0,01. ....	118
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, E19). * 0,01<p<0,05; ** p<0,01. ....	119
Tabella 77 – Output del modello GLM (Generalized Linear Model) applicato ai risultati delle analisi ecotossicologiche trattati come dati di Presenza-Assenza (0-1). ....	120
Tabella 78 - 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, E19). * 0,01<p<0,05; ** p<0,01. ....	122
Tabella 79 – PAIRWISE test tra Bianco (B) e le campagne estive. R (globale) = 0,546, p = 0,0001. Sono indicati gli R (**p<0,0001). ....	122
Tabella 80 - Pairwise test di confronto tra fase di Bianco (B) e stagioni estive dal 2014 al 2019. Valore di R del <i>global test</i> = 0,567. P = 0,001. ....	123
Tabella 81 – Valori medi delle frazioni principali calcolate sull'intero periodo di studio per singola stazione e confronto col Bianco. B = Bianco. In grigio le stazioni più vicine al Terminale. ....	125
Tabella 82 - Coefficienti delle combinazioni lineari degli assi. Matrice sedimenti con dati abiotici. Dati dal Bianco all'E19. ....	126
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 83). ....	126
Tabella 84 – Risultati della PERMANOVA. S (Sito) random 4 livelli gerarchizzato in D, T (Tempo) random 8 livelli; D (Distanza) 3 livelli fisso. I dati significativi sono indicati in neretto. ....	129
Tabella 85 – Risultati della analisi di regressione lineare multipla sull'indice di biodiversità di Shannon. ....	130
Tabella 86 – Risultati della analisi di regressione lineare multipla sulla ricchezza specifica (S). ....	130
Tabella 85 – Risultati della PERMANOVA (Permutational Multivariate Analysis of Variance). T: Tempo, D: Distanza, S: Sito. I dati significativi sono indicati in neretto. ....	133
Tabella 86 - Numero totale di specie catturate per campagna. ....	136
Tabella 89 – <i>Mullus barbatus</i> : coefficienti stimati attraverso l'analisi GAM. EDF = Gradi di libertà della funzione di smoothing; Res.DF = Residui dei gradi di libertà; F = Test F. ....	136
Tabella 90 – <i>Merluccius merluccius</i> : coefficienti stimati attraverso l'analisi GAM. EDF = Gradi di libertà della funzione di smoothing; Res.DF = Residui dei gradi di libertà; F = Test F. ....	137
Tabella 91 – <i>Parapenaeus longirostris</i> : coefficienti stimati attraverso l'analisi GAM. EDF = Gradi di libertà della funzione di smoothing; Res.DF = Residui dei gradi di libertà; F = Test F. ....	138
Tabella 92 – <i>Scylliorhinus canicula</i> : coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla. ....	138
Tabella 93 – Pesci Ossei: coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla. ....	139
Tabella 94 – Pesci Cartilaginei: coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla. ....	139
Tabella 95 – Molluschi Cefalopodi: coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla. ....	140
Tabella 96 – Crostacei Decapodi: coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla. ....	140
Tabella 97 – Indice di biodiversità di Shannon H': coefficienti stimati attraverso l'analisi GAM. EDF = Gradi di libertà della funzione di smoothing; Res.DF = Residui dei gradi di libertà; F = Test F. ....	141

Tabella 98 – Ricchezza specifica S: coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla. ....	141
Tabella 99 - Numero totale di specie catturate per campagna.....	141
Tabella 100 – <i>Scyliorhinus canicula</i> : coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla. ....	142
Tabella 101 – <i>Raja clavata</i> : coefficienti stimati attraverso l'analisi GAM. EDF = Gradi di libertà della funzione di smoothing; Res.DF = Residui dei gradi di libertà; F = Test F .....	142
Tabella 102 – Tabella riassuntiva dei risultati con approccio "Traffic light" .....	143
Tabella 103 -Riepilogo dei livelli alla sorgente delle emissioni acustiche del Terminale nella stazione E100 a 55metri di profondità. I valori di E18 non sono riportati poiché la presenza del rimorchiatore Corrado Neri e della LNG Express durante tutte le misurazioni a 100 metri e 1000 metri dal Terminale hanno reso impossibile stimare i valori di emissione dello stesso. ....	145

## 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 VI 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 macrobenthos 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 tricornutum*
      - Dicentrarchus labrax*
      - Paracentrotus lividus*
  - 2.4 SEDIMENTI
    - 2.4.1 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche
      - Analisi granulometriche*
      - Analisi chimiche*
      - Analisi microbiologiche*
    - 2.4.2 Saggi ecotossicologici
      - Paracentrotus lividus*
      - Corophium orientale*
      - Vibrio fischeri* (sistema Microtox®) - fase solida
  - 2.5 BIOTA
    - 2.5.1 Macrozoobenthos
    - 2.5.2 Meiozoobenthos
    - 2.5.3 Bioaccumulo
- Analisi chimiche
- Analisi microbiologiche
- 2.5.4 Biomarkers
  - 2.5.5 Fauna ittica bentonectonica
  - 2.5.6 Fauna ittica pelagica
  - 2.5.7 Cetacei e tartarughe marine

### 2.6 INDAGINI GENERALI

- 2.6.1 Misura del rumore
- 2.6.2 Bioacustica

### 3 RISULTATI SURVEY AUTUNNO 2018

- 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 2019

##### 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 2019

### 5.1 COLONNA D'ACQUA

#### 5.1.1 Profili idrologici

Nel survey condotto in primavera 2019, i profili di **temperatura** (Figura 1) mostrano un iniziale formazione del termocline caratterizzato da uno strato superficiale dello spessore di 10 m con valori di temperatura di 21 °C. Quest'ultima diminuisce rapidamente raggiungendo i 18°C a 20m. Fino a 100 m di profondità, essa cala ancora gradualmente fino ad arrivare a 14 °C per mantenersi costante fino al fondo.

La **salinità** presenta valori omogenei intorno a 38-38,2 ppt dalla superficie fino al fondo. Il **pH** ha valori costanti intorno a 8 su tutta la colonna d'acqua.

La **torbidità** presenta valori intorno a 0,3 NTU dalla superficie a 110 m per poi aumentare leggermente fino ad arrivare a 2 NTU in prossimità del fondo.

I profili di **ossigeno disciolto** (Figura 2) mostrano uno strato superficiale di 10m caratterizzato da valori che oscillano tra 102% e 107%. All'aumentare della profondità i valori diminuiscono gradualmente fino ad arrivare, in prossimità del fondo, a 86% di saturazione.

I profili di **clorofilla** presentano valori molto bassi su tutta la colonna d'acqua con un range di variazione compreso tra 0 µg/l e 0,5 µg/l. I profili di **ORP** risultano omogenei dalla superficie al fondo con valori che oscillano di poco intorno a 220 mV.

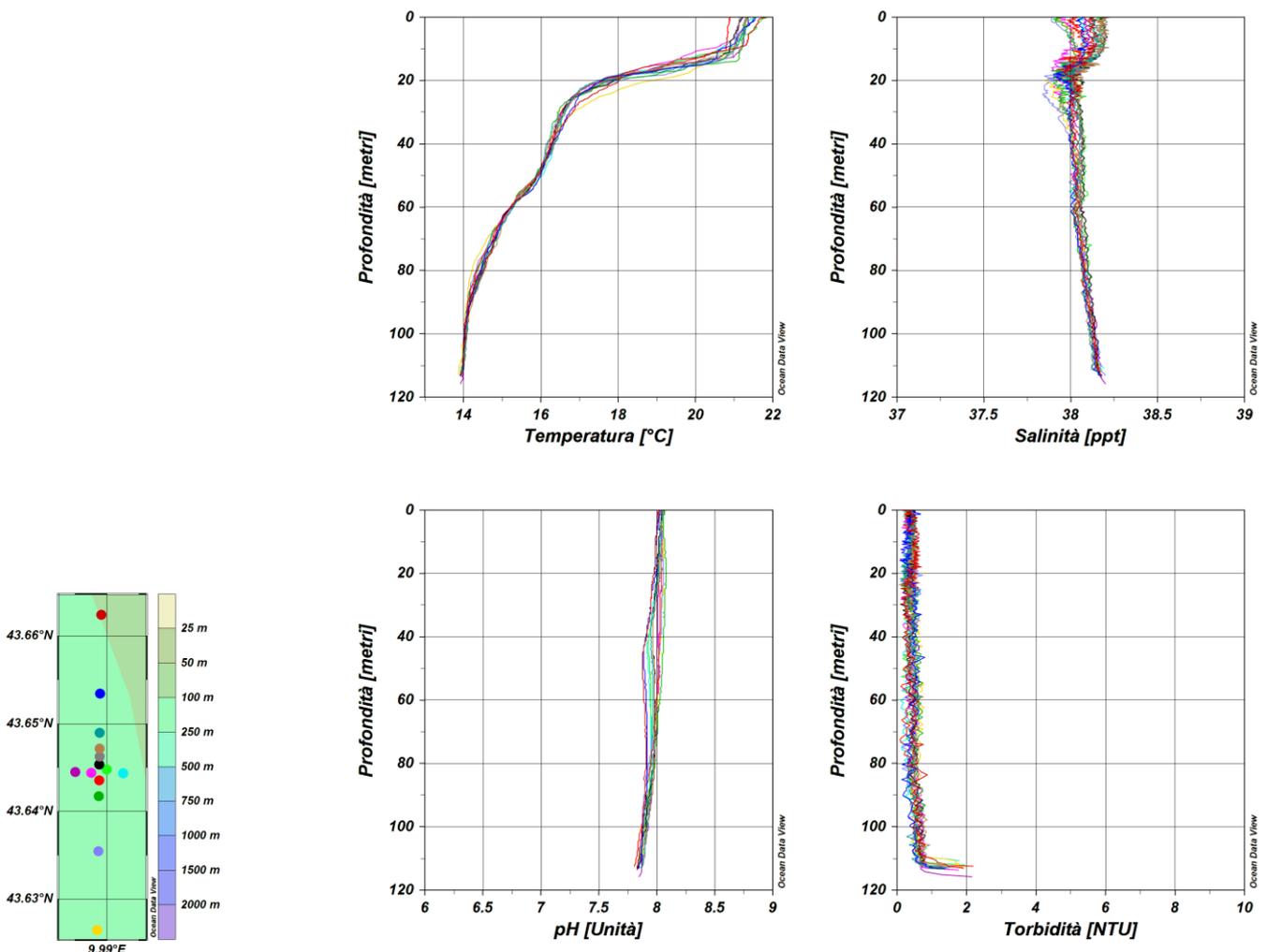


Figura 1 – Profili di temperatura (°C), salinità (ppt), pH e torbidità (NTU); survey primavera 2019.

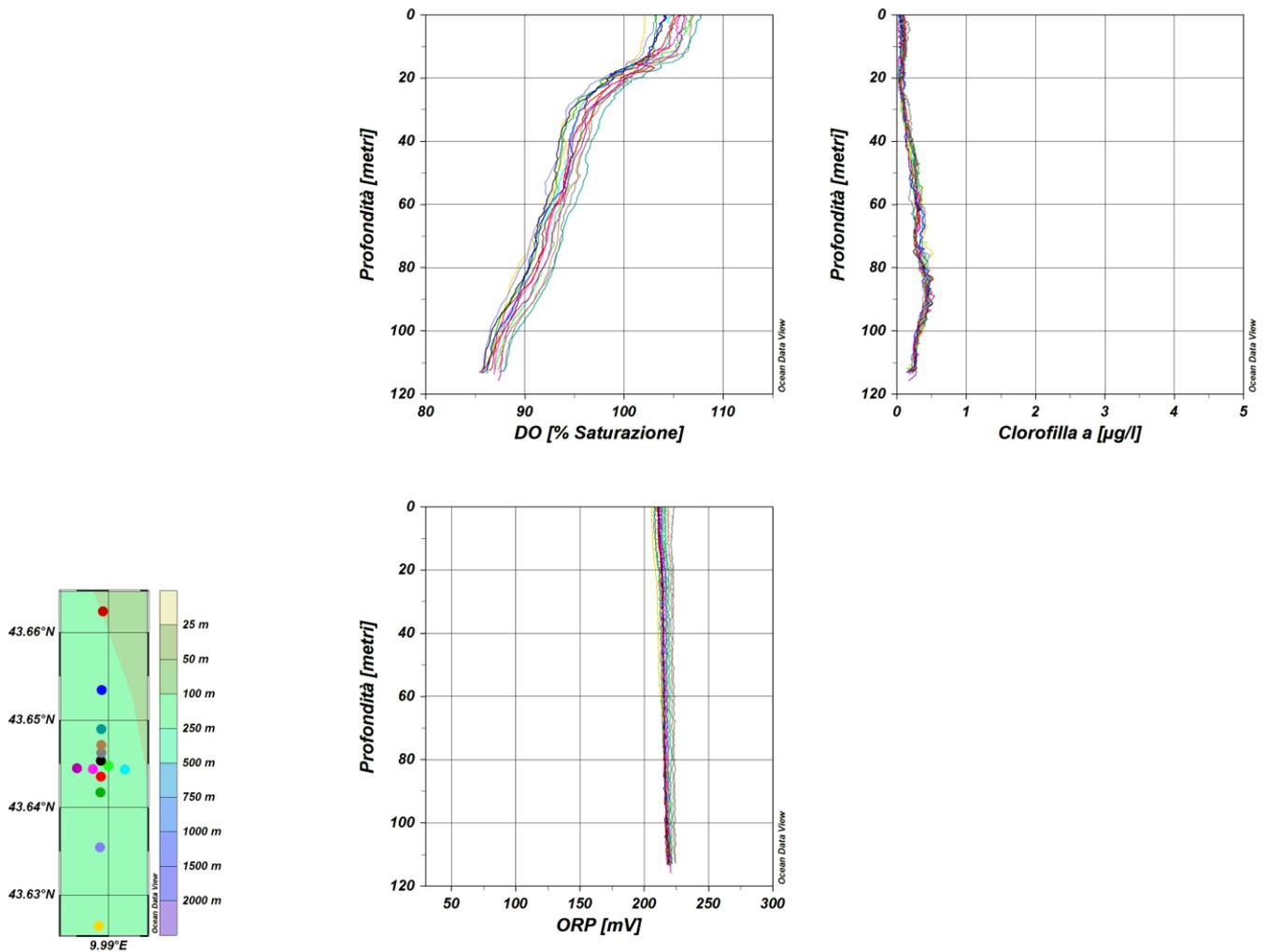


Figura 2 – Profili di ossigeno disciolto (% saturazione), clorofilla ( $\mu\text{g/l}$ ), e potenziale di ossidoriduzione (mV); survey primavera 2019.

### 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 P19 MG7 e P19 MG10. La profondità della zona eufotica ( $Z_{eu}$ ) è 70,5 m ad entrambe le stazioni, e, in generale, la  $Z_{eu}$  ha mostrato una variazione, piuttosto limitata, compresa tra un minimo di 69,5 m (P19 MG12) ed un massimo di 76 m (P19 MG9). I valori si collocano nell'ambito di quelli già misurati nelle altre campagne primaverili, mediamente intorno a 72 m.

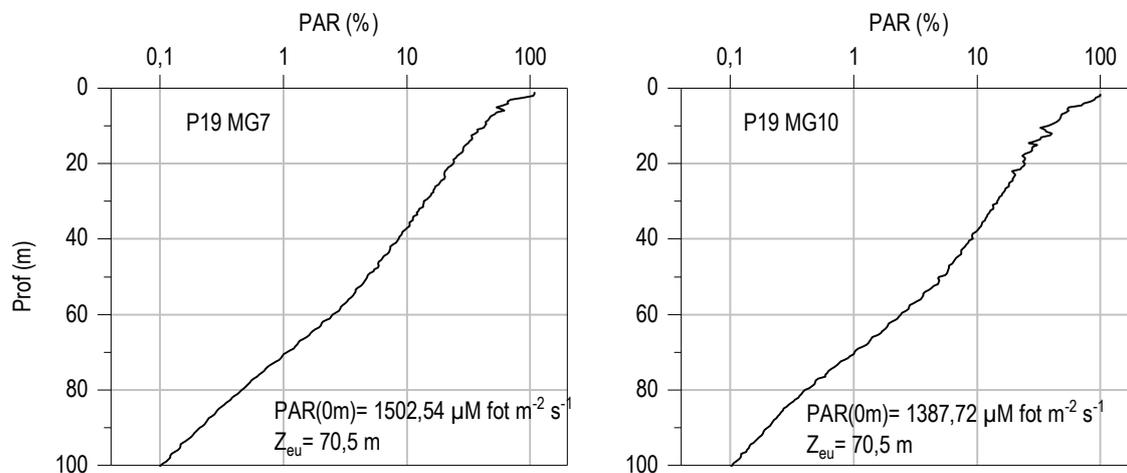
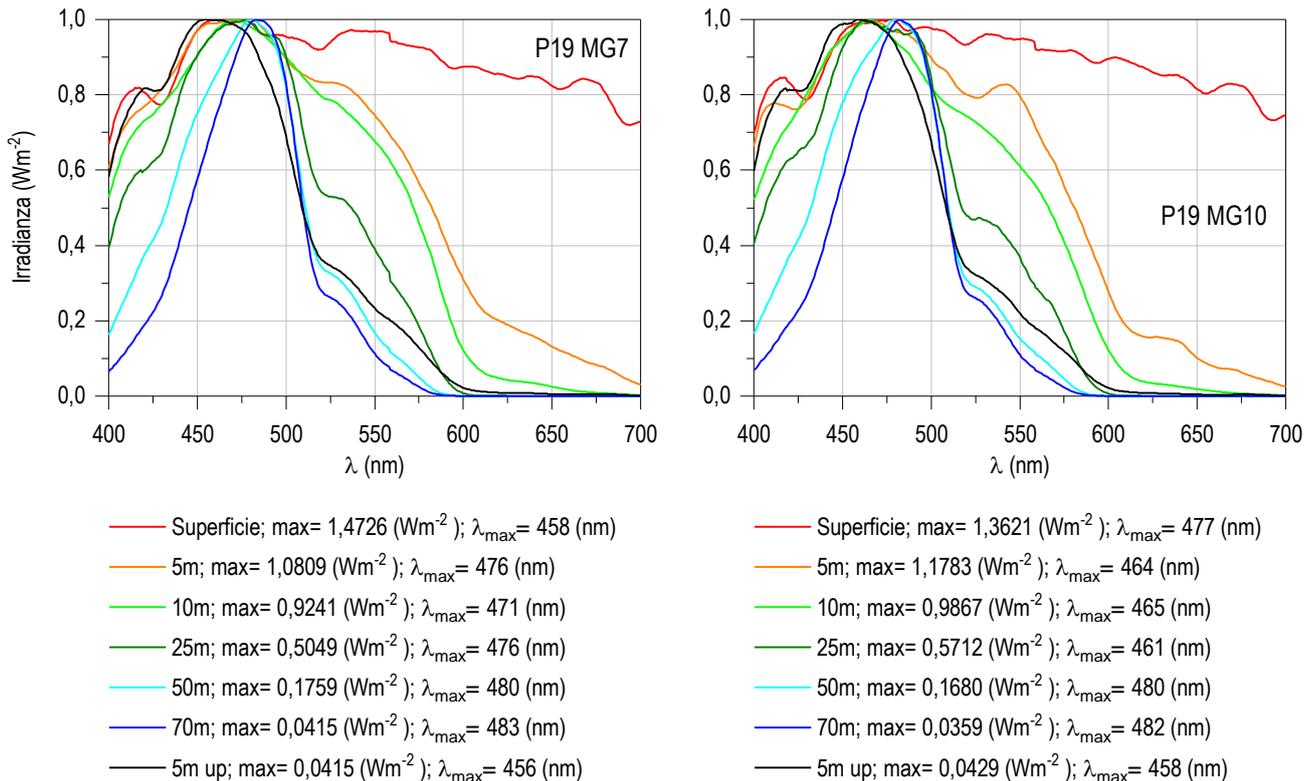


Figura 3 - Profilo del rapporto fra l'irradianza quantica PAR (Photosynthetic Available Radiation) disponibile alle varie profondità con quella contemporanea in superficie, PAR (0 m), nelle stazioni P19 MG7 e P19 MG10.



**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 ( $\lambda_{max}$ ).

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 P19 MG7 e P19 MG10. I massimi ( $\lambda_{max}$ ) degli spettri dell'irradianza discendente si collocano nel range di lunghezze d'onda comprese fra 461 e 483 nm. La radiazione che raggiunge la maggior profondità, ovvero quella più penetrante ( $\lambda_{max}$  a 70 m), si trova a 483 nm in P19 MG7 e 482 nm in P19 MG10. I profili PAR e la configurazione degli spettri di irradianza non mostrano anomalie.

### 5.1.2 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche

#### Nutrienti inorganici disciolti

In **Tabella 1** sono riportate le concentrazioni di nitriti ( $\text{NO}_2$ ), nitrati ( $\text{NO}_3$ ), ortofosfati ( $\text{PO}_4$ ), silicati ( $\text{SiO}_2$ ), rilevate nelle 8 stazioni campionate. Le concentrazioni rilevate durante il campionamento primaverile sono in generale inferiori a quelle della precedente campagna invernale. Le medie generali, di tutte le stazioni e profondità sono:  $\text{SiO}_2$   $0,833 \pm 0,109 \mu\text{M}$ ,  $\text{PO}_4$   $0,049 \pm 0,007 \mu\text{M}$ ,  $\text{NO}_2$   $0,057 \pm 0,034 \mu\text{M}$ ,  $\text{NO}_3$   $0,143 \pm 0,112 \mu\text{M}$ . Le concentrazioni si mantengono nell'intervallo misurato nelle altre campagne primaverili.

Le diverse stazioni mostrano sostanzialmente lo stesso comportamento nella distribuzione lungo la colonna d'acqua (**Figura 5**), con valori omogenei dalla superficie a 70m o più spesso con aumenti verso questa profondità (**Figura 5**). In alcuni casi le concentrazioni più elevate della stazione sono in superficie o a 50m, ma le differenze non sono di ordine rilevabile, come si vede dall'ambito di variazione dato dalla deviazione standard. I fosfati, in particolare, sono quelli con le minori variazioni a tutte le profondità investigate.

Tabella 1 - Concentrazioni ( $\mu\text{M}$ ) dei nutrienti inorganici disciolti.											
Stazione	Prof. m	SiO <sub>2</sub>	PO <sub>4</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	Stazione	Prof. m	SiO <sub>2</sub>	PO <sub>4</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>
P19 MG3	0,5	0,675	0,055	0,034	0,141	P19 MG9	0,5	0,777	0,053	0,030	0,090
	12,5	0,707	0,051	0,040	0,152		12,5	0,740	0,046	0,033	0,101
	50	1,025	0,043	0,037	0,149		50	0,894	0,060	0,052	0,070
	70	1,028	0,042	0,139	0,192		70	0,861	0,049	0,039	0,125
P19 MG5	0,5	0,965	0,052	0,041	0,171	P19 MG10	0,5	0,725	0,046	0,047	0,101
	12,5	0,939	0,046	0,033	0,097		12,5	0,754	0,052	0,040	0,188
	50	0,937	0,055	0,041	0,092		50	0,832	0,044	0,043	0,127
	70	0,956	0,052	<0,03	0,120		70	0,883	0,052	0,133	0,251
P19 MG6	0,5	0,678	0,047	0,046	0,062	P19 MG12	0,5	0,699	0,040	0,035	0,039
	12,5	0,739	0,055	0,037	0,136		12,5	0,700	0,043	0,035	0,038
	50	0,818	0,050	0,052	0,039		50	0,820	0,049	0,065	0,042
	70	0,871	0,052	0,091	0,101		70	0,896	0,045	0,113	0,149
P19 MG7	0,5	0,714	0,050	0,050	0,088	P19 MG13	0,5	0,855	0,044	0,052	0,196
	12,5	0,700	0,042	0,035	0,123		12,5	0,796	0,047	0,045	0,109
	50	0,826	0,043	0,046	0,090		50	0,944	0,050	0,052	0,454
	70	1,028	0,074	0,143	0,588		70	0,868	0,050	0,119	0,145

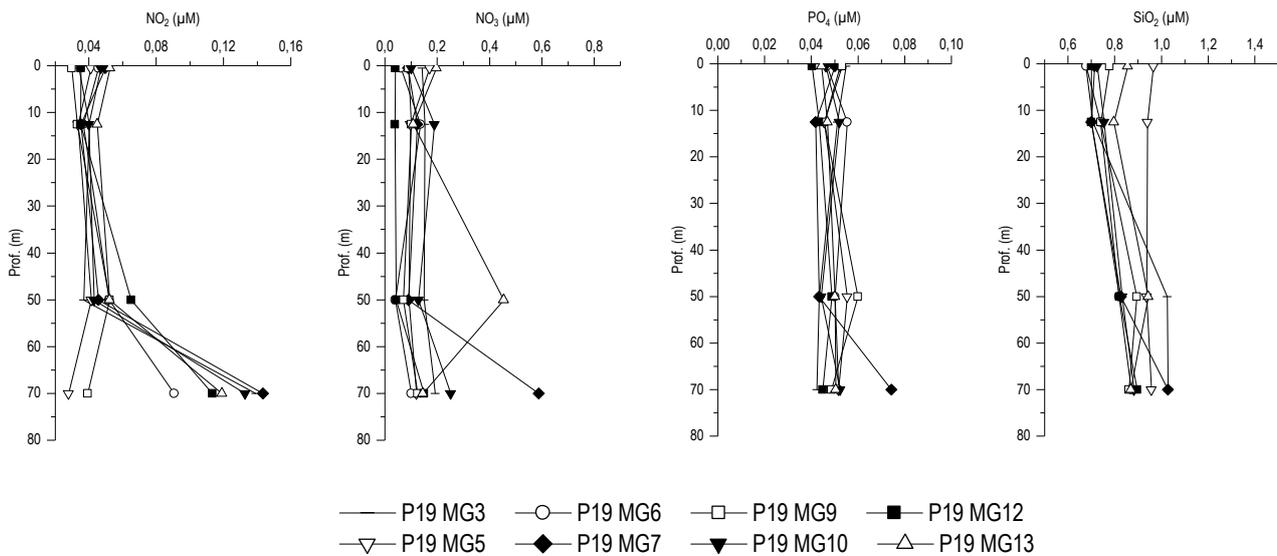


Figura 5 - Profili delle concentrazioni ( $\mu\text{M}$ ) dei nutrienti inorganici disciolti: NO<sub>2</sub> (nitriti), NO<sub>3</sub> (nitrati), PO<sub>4</sub> (fosfati), SiO<sub>2</sub> (silicati).

### Solidi sospesi (Total Suspended Matter)

Le concentrazioni di TSM in tutte le stazioni sono riportate in **Tabella 2**. Il valore medio generale è 0,835 mg/l ( $\pm$  0,332), il minimo è 0,417 mg/l in P19 MG6 50m ed il massimo è 2,461 mg/l in P19 MG5 12,5m.

I profili batimetrici di TSM (**Figura 6**) presentano generalmente massimi a 70 m, con l'eccezione di P19 MG3 e P19 MG5 con i massimi rispettivamente a 0,5 m e 12,5 m, quest'ultimo massimo assoluto, e minimi a 50 m (P19 MG7 e P19 MG10 mostrano minimi rispettivamente a 12,5 m e 0,5 m).

La concentrazione della frazione organica del TSM (POM) è in media 0,383 mg/l ( $\pm$  0,093) con minimo di 0,246 mg/l in P19 MG13 50m e massimo di 0,700 mg/l in P19 MG5 12,5 m. I profili batimetrici del POM (**Figura 6**) presentano, per la maggior parte delle stazioni, concentrazioni massime tra 0,5 e 12,5 m e minimi a 50 m, con alcune eccezioni da non attribuire alle stesse stazioni. La frazione organica particellata rappresenta in media il 48,11 % del TSM con minimo del 28,24 % in P19 MG5 a 12,5 m e massimo di 75,63 % in P19 MG6 a 12,5 m.

Tabella 2 - Concentrazioni (mg/l) dei solidi sospesi (TSM).				
Prof. m	Stazione	TSM (mg/l)	Stazione	TSM (mg/l)
0,5	P19 MG3	1,0039	P19 MG9	0,7778
12,5		0,8472		0,7975
50		0,6542		0,5768
70		0,8269		1,0343
0,5	P19 MG5	0,8065	P19 MG10	0,6709
12,5		2,4608		0,7539
50		0,5435		0,8859
70		0,9100		0,9659
0,5	P19 MG6	0,7146	P19 MG12	0,6486
12,5		0,7586		0,9093
50		0,4166		0,5971
70		0,8671		0,9116
0,5	P19 MG7	0,7664	P19 MG13	0,7963
12,5		0,6852		0,8373
50		0,8127		0,5528
70		1,0352		0,9091

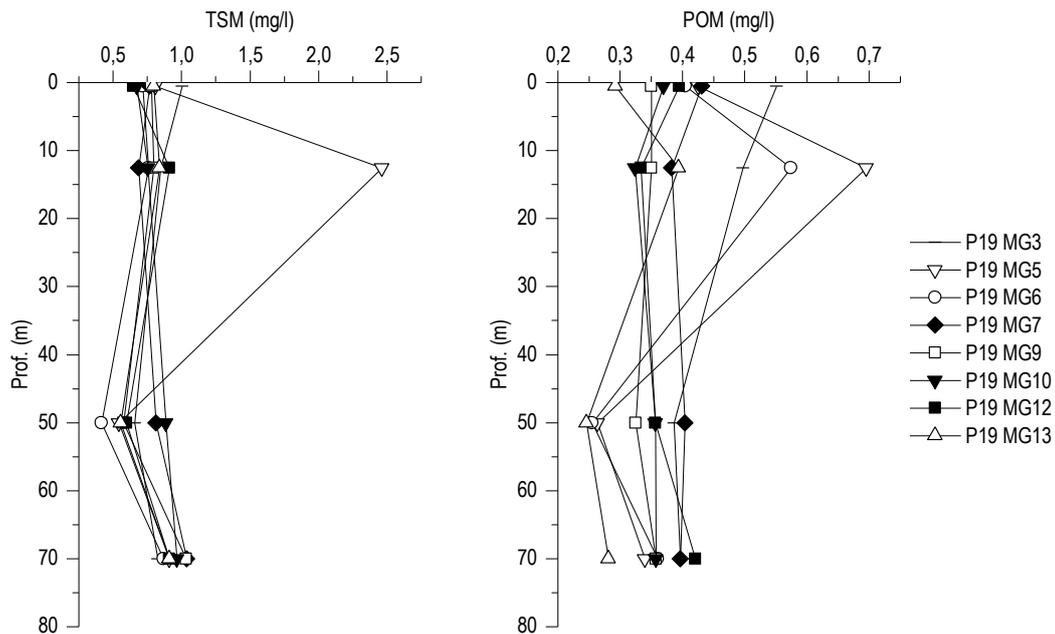


Figura 6 - Profili delle concentrazioni (mg/l) dei solidi sospesi (TSM) e delle concentrazioni di particolato organico (POM).

### Sostanza Organica Disciolta Cromoforica (CDOM)

Gli assorbimenti della CDOM a 325 nm  $a_{CDOM}(325)$  sono in media  $0,282\text{m}^{-1} (\pm 0,045)$  e variano da un minimo di  $0,204\text{m}^{-1}$  in P19 MG6 12,5 m ad un massimo di  $0,360\text{m}^{-1}$  in P19 MG12 70 m (Tabella 3). I profili batimetrici (Figura 7) presentano massimi prevalentemente a 70 m (P19 MG9 e P19 MG13 presentano massimo a 50 m) e minimi tra la superficie e 12,5 m (P19 MG13 ha invece minimo a 70 m). Anche in questo caso non sono presenti aumenti o anomalie da rilevare.

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	P19 MG3	0,2382	P19 MG9	0,2784
12,5		0,2650		0,2565
50		0,3100		0,3427
70		0,3204		0,3029
0,5	P19 MG5	0,2299	P19 MG10	0,2363
12,5		0,2290		0,2427
50		0,3182		0,3140
70		0,3464		0,3141
0,5	P19 MG6	0,2289	P19 MG12	0,2204
12,5		0,2036		0,2200
50		0,2954		0,3232
70		0,3231		0,3598
0,5	P19 MG7	0,2448	P19 MG13	0,2908
12,5		0,2324		0,3096
50		0,3052		0,3477
70		0,3054		0,2605

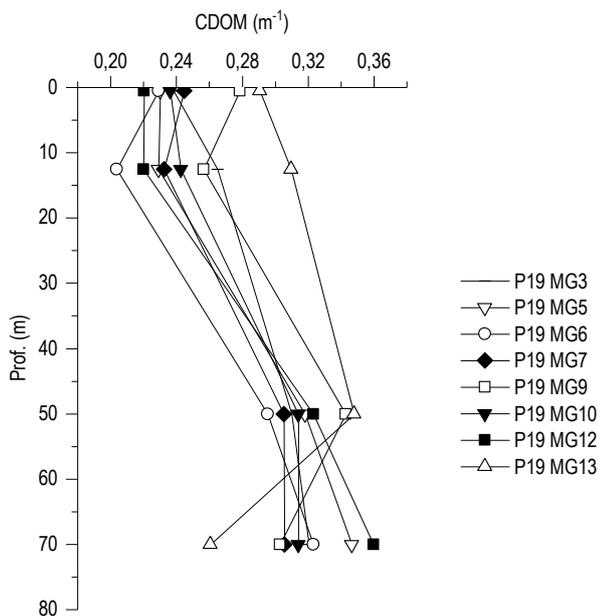


Figura 7 - Profili degli assorbimenti ( $m^{-1}$ ) della CDOM a 325 nm ( $a_{CDOM}(325)$ ).

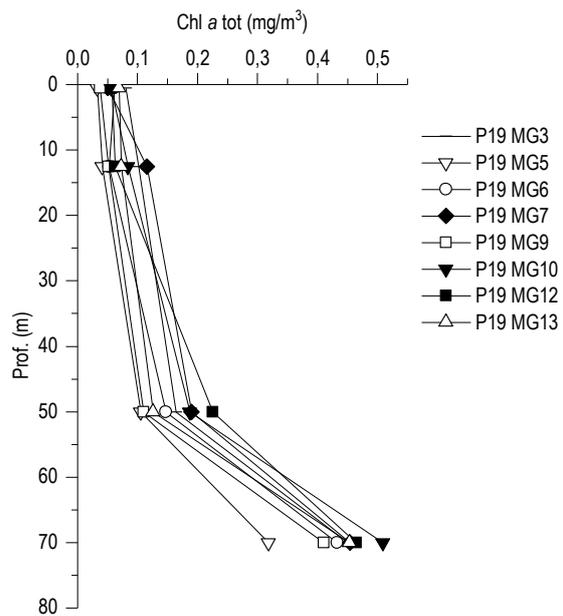


Figura 8 – Profili delle concentrazioni ( $mg/m^3$ ) di clorofilla a tot.

### Clorofilla a e diversità pigmentaria

La concentrazione di clorofilla a è in media  $0,180 mg/m^3$  (dev. st. =  $\pm 0,160$ ) e mostra un ampio range di variazione andando da un minimo di  $0,033 mg/m^3$  in P19 MG5 0,5 m ad un massimo di  $0,509 mg/m^3$  in P19 MG10 70 m (Tabella 4). I valori sono nell'ordine di quelli misurati nelle altre campagne primaverili. I profili batimetrici (Figura 8) mostrano una distribuzione simile delle concentrazioni di Chl a lungo la colonna d'acqua per tutte le stazioni, con concentrazioni che sono minime tra la superficie e 12,5 m e aumentano con la profondità fino a raggiungere i massimi a 70 m.

Le concentrazioni dei nove pigmenti diagnostici principali sono riportate in Tabella 5. Il pigmento a maggiore concentrazione media ( $mg/m^3$ ) è Hex-Fuco, (media  $0,054$ , dev. st. =  $\pm 0,044$ ), seguono Chl b (media  $0,041$ , dev. st. =  $\pm 0,029$ ), But-Fuco (media  $0,030$ , dev. st. =  $\pm 0,034$ ), Zea (media  $0,026$ , dev. st. =  $\pm 0,018$ ), Perid (media  $0,013$ , dev. st. =  $\pm 0,003$ ), Fuco (media  $0,013$ , dev. st. =  $\pm 0,013$ ), DVA (media  $0,011$ , dev. st. =  $\pm 0,012$ ), Prasino (media  $0,005$ , dev. st. =  $\pm 0,007$ ) e Allo (media  $0,001$ , dev. st. =  $\pm 0,002$ ). Le concentrazioni sono

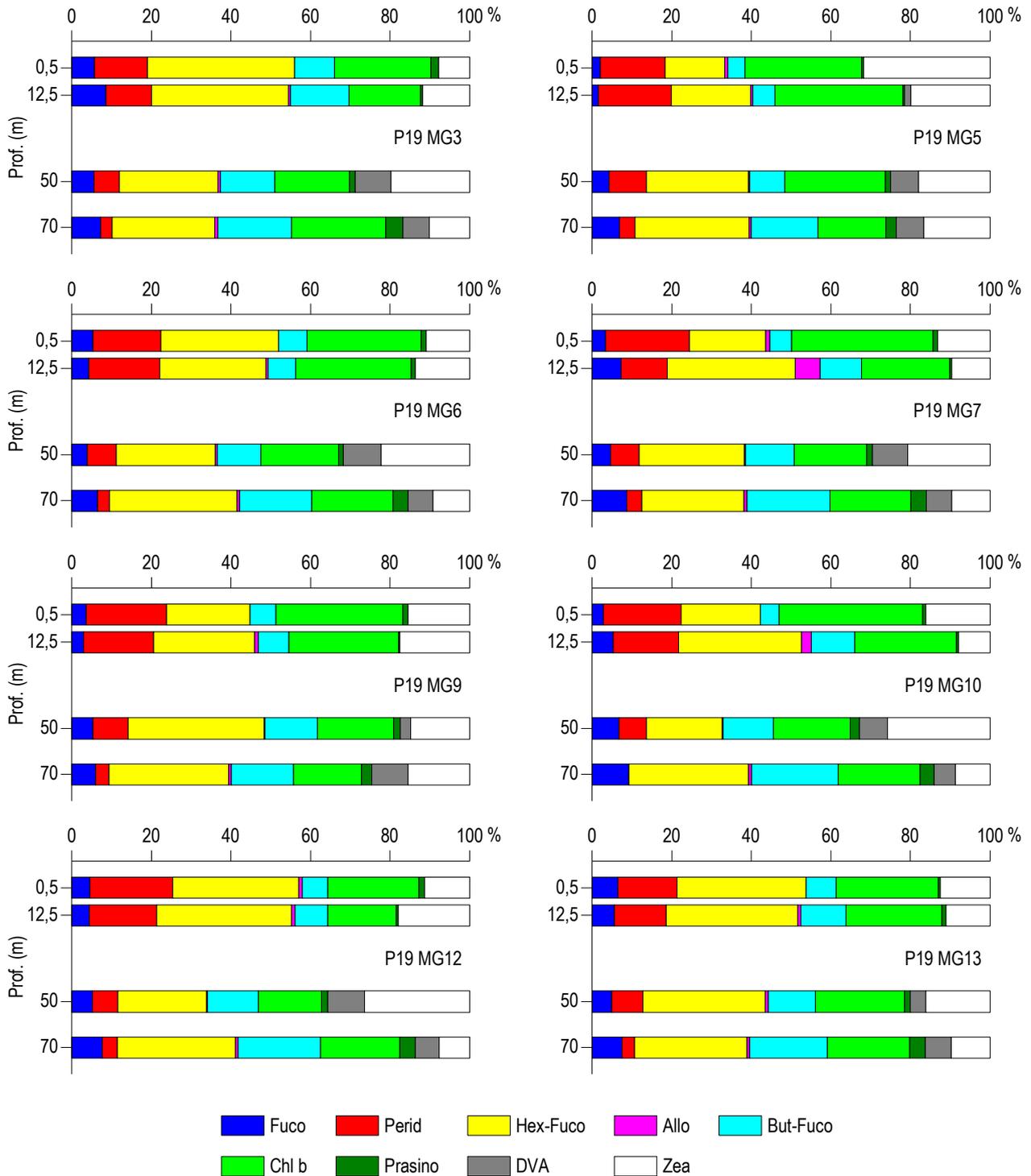
piuttosto basse, soprattutto in superficie (**Tabella 5**) e si evidenzia la generale tendenza ad aumentare solo tra 50 e 70m, come per l'andamento della Chl a (**Figura 8**), variando anche di un ordine di grandezza (**Tabella 5**).

Dai rapporti tra i singoli pigmenti e la loro somma totale si ottiene una stima della composizione tassonomica del popolamento fitoplanctonico **Figura 9**.

I contributi percentuali dei pigmenti diagnostici non variano in maniera significative in funzione della profondità, l'unico contributo più fortemente variabile è quello di DVA che è assente dalle acque superficiali e arriva oltre il 9% a 50 o 70m e di Perid che, viceversa riduce il suo contributo dalla superficie verso 50 e 70m. Hex-Fuco, pigmento diagnostico dei coccolitofori, costituisce in media la percentuale più alta, circa il 27,5%, della diversità pigmentaria, seguito da Chl b (Chlorophyta), in media circa 23,4%, Zea (Cyanobatteri *Synechococcus-like*) in media il 15%, But-Fuco in media l'11,7% e Perid in media il 10,9%. Gli altri pigmenti presentano contributi al di sotto del 6%. La somma dei due pigmenti Zea (Cyanobatteri *Synechococcus-like*) e DVA (Cyanobatteri *Prochlorococcus-like*) ci da una stima della componente picoplanctonica che rappresenta mediamente il 18,5 %. La comunità fitoplanctonica si presenta altamente differenziata, e con caratteristiche che al momento appaiono comuni a tutte le stazioni.

<b>Tabella 4</b> - Concentrazioni (mg/m <sup>3</sup> ) della Clorofilla a totale (Chl a tot = Clorofilla a,+ Divinil Clorofilla a + Alloclorofilla a, se presenti).				
Prof. m	Stazione	Chl a mg/m <sup>3</sup>	Stazione	Chl a mg/m <sup>3</sup>
0,5	<b>P19 MG3</b>	0,0804	<b>P19 MG9</b>	0,0371
12,5		0,1011		0,0511
50		0,1642		0,1094
70		0,4508		0,4102
0,5	<b>P19 MG5</b>	0,0326	<b>P19 MG10</b>	0,0560
12,5		0,0412		0,0833
50		0,1048		0,1871
70		0,3182		0,5090
0,5	<b>P19 MG6</b>	0,0611	<b>P19 MG12</b>	0,0568
12,5		0,0522		0,0627
50		0,1475		0,2254
70		0,4332		0,4641
0,5	<b>P19 MG7</b>	0,0498	<b>P19 MG13</b>	0,0690
12,5		0,1155		0,0729
50		0,1897		0,1255
70		0,4542		0,4534

Tabella 5 - Concentrazioni (mg/m <sup>3</sup> ) dei principali pigmenti diagnostici fitoplanctonici.										
Stazione	Prof.m	Fuco	Perid	Hex-Fuco	But-Fuco	Prasino	Allo	Zea	DVA	Chl b
<b>P19 MG3</b>	0,5	0,0053	0,0121	0,0339	0,0092	0,0017	0,0000	0,0072	0,0000	0,0222
	12,5	0,0088	0,0116	0,0351	0,0149	0,0006	0,0006	0,0121	0,0000	0,0183
	50	0,0106	0,0119	0,0463	0,0255	0,0026	0,0011	0,0370	0,0169	0,0352
	70	0,0330	0,0128	0,1164	0,0839	0,0192	0,0035	0,0457	0,0302	0,1070
<b>P19 MG5</b>	0,5	0,0015	0,0118	0,0108	0,0031	0,0004	0,0005	0,0229	0,0000	0,0211
	12,5	0,0010	0,0116	0,0126	0,0036	0,0003	0,0003	0,0126	0,0009	0,0202
	50	0,0052	0,0117	0,0315	0,0110	0,0016	0,0003	0,0221	0,0087	0,0310
	70	0,0232	0,0129	0,0960	0,0562	0,0088	0,0016	0,0560	0,0229	0,0572
<b>P19 MG6</b>	0,5	0,0037	0,0118	0,0204	0,0049	0,0010	0,0000	0,0075	0,0000	0,0198
	12,5	0,0029	0,0119	0,0179	0,0046	0,0007	0,0004	0,0092	0,0000	0,0195
	50	0,0062	0,0117	0,0398	0,0175	0,0019	0,0007	0,0357	0,0152	0,0312
	70	0,0278	0,0127	0,1360	0,0769	0,0162	0,0031	0,0392	0,0267	0,0867
<b>P19 MG7</b>	0,5	0,0025	0,0157	0,0141	0,0040	0,0009	0,0008	0,0098	0,0000	0,0263
	12,5	0,0093	0,0149	0,0414	0,0135	0,0006	0,0079	0,0124	0,0000	0,0285
	50	0,0098	0,0151	0,0555	0,0255	0,0030	0,0006	0,0435	0,0185	0,0384
	70	0,0432	0,0183	0,1268	0,1031	0,0192	0,0039	0,0475	0,0315	0,1005
<b>P19 MG9</b>	0,5	0,0021	0,0121	0,0126	0,0039	0,0008	0,0000	0,0093	0,0000	0,0191
	12,5	0,0021	0,0119	0,0173	0,0052	0,0002	0,0006	0,0120	0,0000	0,0189
	50	0,0074	0,0124	0,0474	0,0183	0,0024	0,0004	0,0206	0,0036	0,0266
	70	0,0232	0,0131	0,1161	0,0604	0,0100	0,0026	0,0598	0,0354	0,0658
<b>P19 MG10</b>	0,5	0,0022	0,0149	0,0152	0,0036	0,0006	0,0000	0,0124	0,0000	0,0276
	12,5	0,0052	0,0163	0,0305	0,0108	0,0005	0,0025	0,0079	0,0000	0,0253
	50	0,0146	0,0151	0,0412	0,0274	0,0050	0,0007	0,0560	0,0152	0,0418
	70	0,0469	0,0002	0,1526	0,1103	0,0183	0,0041	0,0443	0,0269	0,1042
<b>P19 MG12</b>	0,5	0,0027	0,0127	0,0192	0,0039	0,0008	0,0006	0,0069	0,0000	0,0140
	12,5	0,0032	0,0123	0,0244	0,0060	0,0003	0,0006	0,0130	0,0000	0,0125
	50	0,0118	0,0143	0,0503	0,0289	0,0035	0,0008	0,0596	0,0211	0,0356
	70	0,0350	0,0170	0,1347	0,0944	0,0174	0,0032	0,0348	0,0276	0,0903
<b>P19 MG13</b>	0,5	0,0051	0,0117	0,0257	0,0060	0,0004	0,0000	0,0099	0,0000	0,0202
	12,5	0,0051	0,0117	0,0299	0,0103	0,0010	0,0007	0,0100	0,0000	0,0217
	50	0,0072	0,0114	0,0449	0,0173	0,0020	0,0010	0,0236	0,0057	0,0326
	70	0,0325	0,0130	0,1211	0,0842	0,0167	0,0028	0,0419	0,0279	0,0884



**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+Chl**b**+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	P19 MG3				P19 MG5				P19 MG6				P19 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	P19 MG9				P19 MG10				P19 MG12				P19 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)	P19 MG3				P19 MG5				P19 MG6				P19 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
<b>Acidi aloacetici (µg/l)</b>																
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
<b>Aloacetoniitrili (µg/l)</b>																
Dibromoacetoniitrile	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Dicloroacetoniitrile	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Tricloroacetoniitrile	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
1,1,1-Tricloro-2-Propanone	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
1,1-Dicloro-2-Propanone	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Cloropicrina	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
<b>Alometani e VOC (µg/l)</b>																
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	0,019	<0,01	<0,01	0,014	0,015	0,016	0,019	0,016	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,027	<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	0,016	0,015	0,010	<0,01	0,025	0,015	<0,01	<0,01	0,183	0,055	0,012	<0,01	<0,01	0,012	0,012	<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	0,012	<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
<b>Alofenoli (µg/l)</b>																
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)	P19 MG9				P19 MG10				P19 MG12				P19 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
<b>Acidi aloacetici (µg/l)</b>																
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

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

Profondità (m)	P19 MG3				P19 MG5				P19 MG6				P19 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 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
<b>Alcoacetoni (µg/l)</b>																
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
<b>Alometani e VOC (µg/l)</b>																
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
<b>Alifenoli (µg/l)</b>																
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 con una concentrazione totale pari a 226,5 microgrammi/litro.

Non si individuano pattern lungo la colonna d'acqua né in relazione 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.**

P19 MG3				P19 MG5				P19 MG6				P19 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
263,1	254,3	188,4	304,4	259,0	251,7	185,8	301,8	172,3	249,1	183,2	229,2	189,0	239,5	188,8	234,3
P19 MG9				P19 MG10				P19 MG12				P19 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
257,1	229,9	179,2	224,7	246,0	227,3	225,7	222,1	197,3	224,7	213,6	229,1	197,9	266,7	214,2	199,4

### 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.**

	P19 MG3	P19 MG5	P19 MG6	P19 MG7	P19 MG9	P19 MG10	P19 MG12	P19 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 circa 96,8 cell/ml variando da un minimo di circa 25 cell/ml in P19 MG6 0,5 m, ad un massimo di 233 cell/ml in P19 MG10 70 m (**Tabella 10**) L'andamento lungo la colonna d'acqua, segue la distribuzione già evidenziata per le concentrazioni di Chl *a* e dei pigmenti diagnostici ed è comune a tutte le stazioni, con minimi superficiali e abbondanze massime a 70 m (**Figura 10**) con variazioni anche di un ordine di grandezza

Generalmente la comunità fitoplanctonica è dominata dalla frazione "Altro plancton" (**Figura 11**) costituita da diverse classi di nanoflagellati (Cryptophyceae, Chrysophyceae, Dictyochophyceae, Chlorophyceae, Euglenoidea, Prasinophyceae, Prymnesiophyceae non Coccolitofori, Cyanophyceae più i flagellati non identificati) che varia tra 10,3 cell/ml in P19 MG6 0,5m e circa 86 cell/ml in P19 MG13 70m e che La classe delle diatomee raggiunge le abbondanze più alte, da uno scarso popolamento superficiale fino a 132 cell/ml a 70m. Anche i coccolitofori variano da poche unità di cell/ml da 0,5 a 50m a massimi di un ordine di grandezza superiori, fino a circa 40 cell/ml in P19 MG12 70 m. I dinoflagellati variano meno tra le diverse profondità, con massimi anche alle profondità intermedie (fino a circa 21 cell/ml in P19 MG12 12,5m (**Tabella 10**) e contributi minori a 70m.

Il popolamento primaverile del 2019 è caratterizzato prevalentemente dal gruppo "Altro plancton" che rappresenta in media il 52% grazie a specie come *Phaeocystis* sp., abbondante a 70m, *Telonema* sp., *Leucocryptos marina*, *Pyramimonas* spp., *Dictyocha fibula*, Cryptophyceae n.i., *Tetraselmis* sp., *Plagioselmis prolunga* ed altre piccole forme flagellate di difficile collocazione tassonomica.

Le diatomee, in media circa il 20,3% del popolamento, tendono ad aumentare il loro contributo negli strati più profondi e sono rappresentate soprattutto da specie come *Pseudo-nitzschia galaxiae* (forma piccola e forma grande) che contribuisce in larga parte al massimo evidenziato in P19 MG10 70m, *Cylindrotheca closterium*, *Pseudo-nitzschia delicatissima*, *Leptocylindrus mediterraneus*, e *Thalassionema frauenfeldii*. I dinoflagellati, in media il 16%, sono rappresentati principalmente da individui appartenenti a Gymnodiniaceae e da forme tectate come *Heterocapsa minima*, *Alexandrium* cf. *minutum*, *Heterocapsa rotundata*, *Oxytoxum variabile*, e *Lessardia elongata*. I coccolitofori, in media il 12% del popolamento, sono rappresentati principalmente da *Emiliania huxleyi*, che contribuisce anch'essa al massimo di P19 MG10 70m, e da specie come *Helladosphaera cornifera*, *Rhabdosphaera clavigera* e *Syracosphaera* cf. *molischii*.

Tabella 10 - Densità fitoplanctonica totale (cell/ml) e delle classi o gruppi identificati.						
Stazione	prof. (m)	Diatomee	Dinoflagellati	Coccolitofori	Altro	Totale
P19 MG6	0,5	6,89	5,03	2,67	10,31	24,91
	12,5	2,96	7,20	2,70	27,96	40,82
	50	7,26	11,06	7,59	33,88	59,78
	70	68,42	11,67	29,21	69,74	179,04
P19 MG7	0,5	4,78	4,04	3,17	35,17	47,16
	12,5	8,74	19,61	6,30	24,68	59,33
	50	6,71	10,35	8,88	34,70	60,64
	70	68,08	8,64	19,07	44,39	140,18
P19 MG10	0,5	2,42	7,50	3,31	59,50	72,72
	12,5	10,70	20,87	6,16	42,61	80,35
	50	23,24	13,14	18,29	27,10	81,77
	70	132,47	9,20	31,86	59,45	232,98
P19 MG12	0,5	2,63	13,73	5,45	23,32	45,12
	12,5	1,88	13,52	6,37	39,45	61,22
	50	21,12	15,73	15,47	62,84	115,15
	70	82,64	11,63	39,76	82,37	216,40
P19 MG13	0,5	13,50	13,95	5,21	30,08	62,74
	12,5	4,35	14,56	5,26	54,26	78,44
	50	3,98	13,21	7,10	49,98	74,28
	70	73,19	13,42	31,15	85,95	203,71

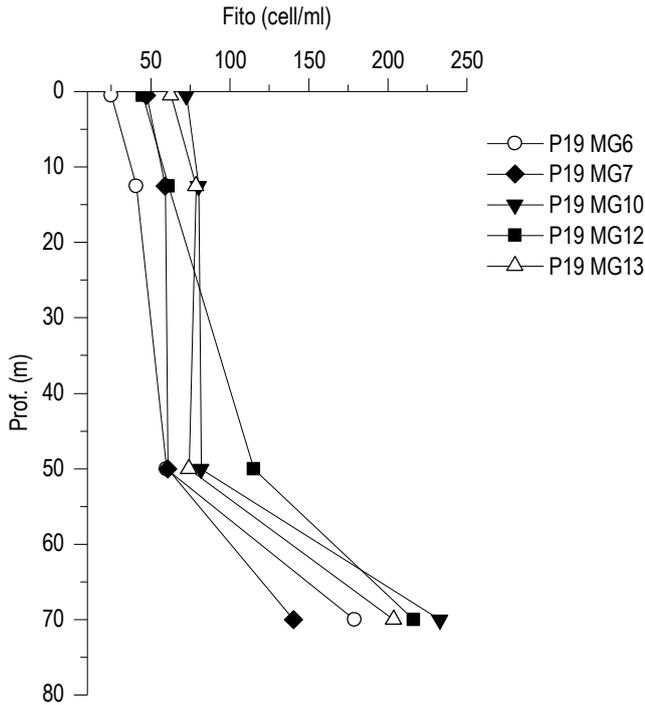


Figura 10 - Profili delle densità fitoplanctoniche totali (cell/ml).

Sono stati identificati in totale, a diverso livello tassonomico, 182 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 che sono rappresentati da 63 specie e 3 forme identificate a livello di genere. La classe delle diatomee è rappresentata da 52 specie e 7 forme identificate a livello di genere. I coccolitofori, infine, risultano meno diversificati con 22 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 2,564 e 4,809 bit/cell e tra 0,448 e 0,811, evidenziando una differenziazione generalmente alta. I più bassi valori di diversità e di equitabilità sono dovuti ad una maggiore presenza nelle comunità più abbondanti di specie codominanti, in particolare *Emiliania huxleyi*, *Phaeocystis* sp. e *Pseudonitzschia galaxiae*.

Da segnalare la presenza di taxa ancora non rilevati in questi anni di campionamento appartenenti alla classe delle Cyanophyceae come *Anabaenopsis* sp., *Aphanizomenon* sp. e *Planktolyngbya contorta*, più tipiche di acque dolci, legate probabilmente agli apporti fluviali di Arno e Serchio.

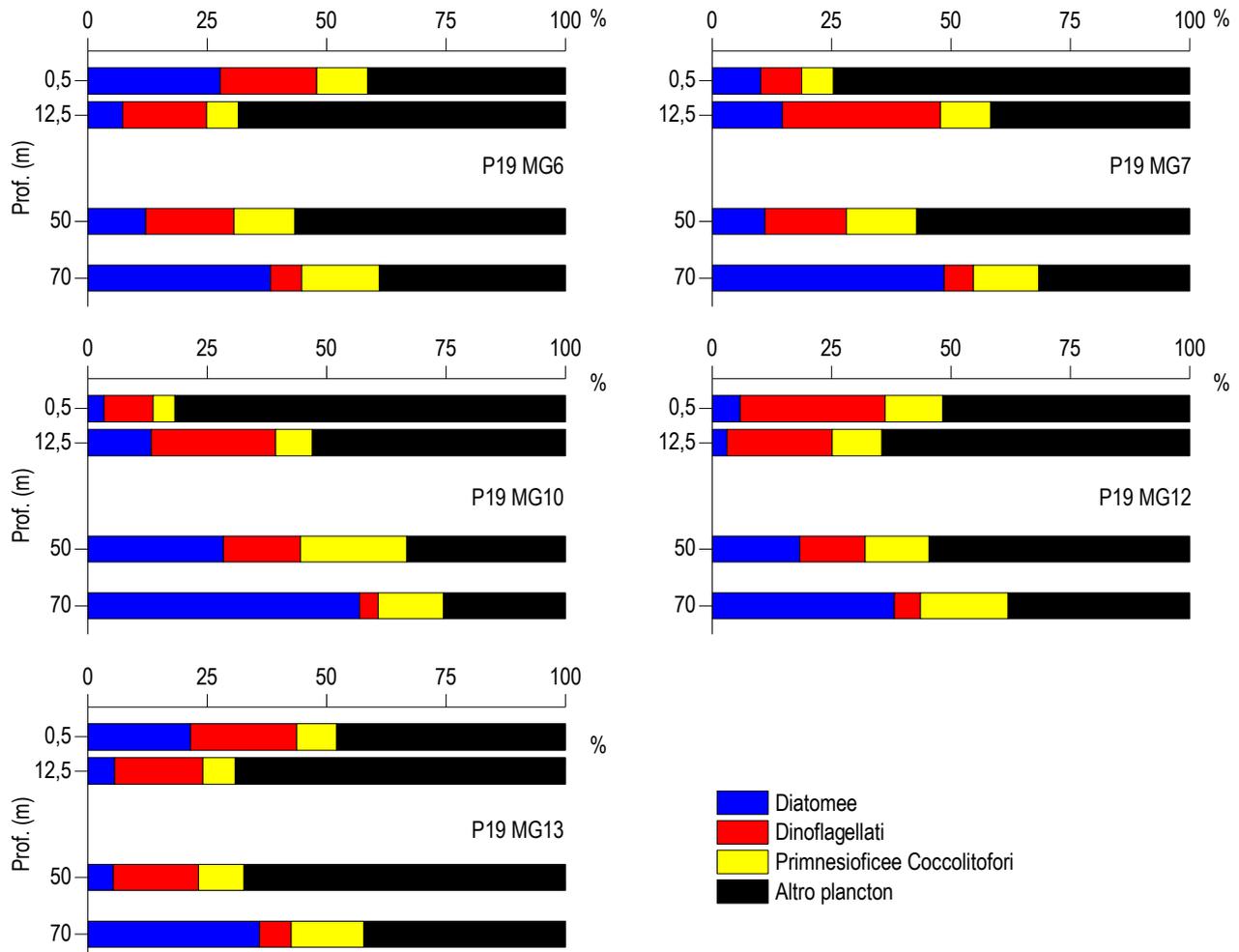


Figura 11 – Abbondanza relativa delle classi fitoplanctoniche indicate in legenda in rapporto all'abbondanza totale.

**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 2019.

Classe	Specie	Generi	Categorie superiori*
Diatomee	52	7	4
Dinoflagellati	62	3	4
Prymnesiophyceae coccolitofori	22	1	1
Cryptophyceae	1		1
Chrysophyceae/Dictyochophyceae	5		
Chlorophyta/Euglenoidea	2		2
Prasinophyceae	3	2	
Prymnesiophyceae non coccolitofori		1	
Cyanophyceae	1	3	
Altro	4	1	
<b>Totale</b>	<b>152</b>	<b>18</b>	<b>12</b>

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

**Tabella 12** - Lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative microscopiche (primavera 2019).

DIATOMEAE		
<i>Amphora</i> spp.	<i>Diatomea pennata</i> n.i. (forma p)	<i>Nitzschia sicula</i> (Castracane) Hustedt
<i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castracane) Round 1990	Diatomee centriche $\leq 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Nitzschia</i> spp.
<i>Bacteriastrum delicatulum</i> Cleve 1897	Diatomee pennate $\leq 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Phaeodactylum tricornutum</i> Bohlin 1897
<i>Bacteriastrum hyalinum</i> Lauder 1864	Diatomee pennate $> 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Plagiotropis</i> sp.
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey 1937	<i>Dimeregramma fulvum</i> (Gregory) Ralfs in Pritchard 1861	<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström 1986
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder 1864	<i>Dimeregramma nanum</i> (Gregory) Ralfs 1861	<i>Psammodictyon panduriforme</i> (Gregory) Mann 1990
<i>Chaetoceros anastomosans</i> Grunow 1882	<i>Diploneis crabro</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1854	<i>Pseudo-nitzschia americana</i> (Hasle) Fryxell 1993
<i>Chaetoceros convolutus</i> Castracane 1886	<i>Entomoneis</i> cf. <i>paludosa</i> (Smith) Reimer 1975	<i>Pseudo-nitzschia</i> cf. <i>fraudulenta</i> (Cleve) Hasle 1993
<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve 1889	<i>Fragilariopsis doliolus</i> (Wallich) Medlin & Sims 1993	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cleve) Heiden 1928
<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve 1873	<i>Fragilariopsis</i> spp.	<i>Pseudo-nitzschia galaxiae</i> Lundholm & Moestrup 2002
<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow 1863	<i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle 1996	<i>Pseudo-nitzschia granii</i> (Hasle) Hasle 1974
<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell 1856	<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow 1880	<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle 1993
<i>Chaetoceros pseudocurvisetus</i> Mangin 1910	<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow ex Van Heurck 1882	<i>Pseudo-nitzschia subfraudulenta</i> (Hasle) Hasle 1993
<i>Chaetoceros socialis</i> Lauder 1864	<i>Hemidiscus cuneiformis</i> Wallich 1860	<i>Rhizosolenia decipiens</i> Sundström 1986
<i>Chaetoceros</i> spp.	<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve 1889	<i>Rhizosolenia hebetata</i> f. <i>semispina</i> (Hensen) Gran 1905
<i>Chaetoceros tenuissimus</i> Meunier 1913	<i>Leptocylindrus mediterraneus</i> (Peragallo) Hasle 1975	<i>Skeletonema menziesii</i> Guillard Carpenter & Reimann 1974
<i>Chaetoceros wighamii</i> Brightwell 1856	<i>Navicula</i> cf. <i>transitans</i> Heimdal 1970	<i>Suriella</i> sp.
<i>Coscinodiscus granii</i> Gough 1905	<i>Navicula directa</i> (Smith) Ralfs 1861	<i>Thalassionema cf. bacillare</i> (Heiden) Kolbe 1955
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & Lewin 1964	<i>Navicula</i> spp.	<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Hallegraeff 1986
<i>Dactylosolen fragillissimus</i> (Bergon) Hasle 1996	<i>Nitzschia</i> (sez. <i>sigmataea</i> ) sp.	<i>Thalassionema nitzschoioides</i> (Grunow) Mereschkowsky 1902
<i>Dactylosolen phuketensis</i> (Sundstrom) Hasle 1996	<i>Nitzschia bicapitata</i> Cleve 1901	
DINOFAGELLATI		
<i>Achradina pulchra</i> Lohmann 1903	<i>Karenia bicuneiformis</i> Botes, Sym & Pitcher 2003	<i>Oxytoxum variabile</i> Schiller 1937
<i>Actiniscus pentasterias</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1844	<i>Karenia brevis</i> (Davis) Hansen & Moestrup 2000	<i>Oxytoxum viride</i> Schiller 1937
<i>Alexandrium</i> cf. <i>andersonii</i> Balech 1990	<i>Karenia mikimotoi</i> (Miyake & Kominami ex Oda) Hansen & Moestrup 2000	<i>Phalacroma rotundatum</i> (Claparède & Lachmann) Kofoid & Michener 1911
<i>Alexandrium</i> cf. <i>minutum</i> Halim 1960	<i>Karenia selliformis</i> Haywood, Steidinger & MacKenzie 2004	<i>Pronoctiluca acuta</i> (Lohmann) Schiller 1933
<i>Amphidinium</i> cf. <i>globosum</i> Schröder 1911	<i>Lessardia elongata</i> Saldarriga & Taylor 2003	<i>Prorocentrum balticum</i> (Lohmann) Loeblich 1970
<i>Amphidinium</i> cf. <i>sphenoides</i> Wulff 1916	<i>Mesoporos adriaticus</i> (Schiller) Lillick	<i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) Abé ex Dodge 1975
<i>Amphidinium</i> spp.	<i>Mesoporos perforatus</i> (Gran) Lillick 1937	<i>Prorocentrum gracile</i> Schütt 1895
<i>Azadinium caudatum</i> var. <i>margalefii</i> Nézan & Chomérat 2012	<i>Micracanthodinium claytonii</i> (Holmes) Dodge 1982	<i>Prorocentrum lima</i> (Ehrenberg) Stein 1878
<i>Azadinium spinosum</i> Elbrächter & Tillmann 2009	<i>Micracanthodinium setiferum</i> (Lohmann) Deflandre 1937	<i>Prorocentrum maximum</i> (Gourret) Schiller 1937
<i>Cochlodinium pulchellum</i> Lebour 1917	<i>Minuscula bipes</i> (Paulsen) Lebour 1925	<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg 1833
<i>Cochlodinium</i> sp.	<i>Neoceratium azoricum</i> (Cleve) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Prorocentrum minimum</i> (Pavillard) Schiller 1933
Dinoflagellati tecati $\leq 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Neoceratium candelabrum</i> (Ehrenberg) Stein 1883	<i>Prorocentrum triestinum</i> Schiller 1918
Dinoflagellati tecati $> 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Neoceratium extensum</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Protoperidinium bispinum</i> (Schiller, 1937) Balech, 1974
<i>Goniodoma polyedricum</i> (Pouchet) Jörgensen 1899	<i>Neoceratium furca</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Protoperidinium breve</i> Paulsen 1907
<i>Gonyaulax sphaeroidea</i> Kofoid 1911	<i>Neoceratium fusus</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Protoperidinium</i> cf. <i>globulus</i> (Stein) Balech 1974
Gymnodiniaceae $\leq 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Neoceratium trichoceros</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Protoperidinium crassipes</i> (Kofoid) Balech 1974
Gymnodiniaceae $> 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Oxytoxum caudatum</i> Schiller 1937	<i>Protoperidinium depressum</i> (Bailey) Balech 1974
<i>Gyrodinium aciculatum</i> Hansen & Larsen 1992	<i>Oxytoxum elegans</i> Pavillard 1916	<i>Protoperidinium diabolium</i> (Cleve) Balech 1974
<i>Gyrodinium fusiforme</i> Kofoid & Swezy 1921	<i>Oxytoxum longum</i> Schiller 1937	<i>Protoperidinium divergens</i> (Ehrenberg) Balech 1974
<i>Gyrodinium</i> spp.	<i>Oxytoxum mediterraneum</i> Schiller	<i>Protoperidinium granii</i> (Ostenfeld) Balech 1974
<i>Heterocapsa minima</i> Pomroy 1989	<i>Oxytoxum scolopax</i> Stein 1883	<i>Protoperidinium tuba</i> (Schiller) Balech 1974
<i>Heterocapsa niei</i> (Loeblich III) Morrill & Loeblich III 1981	<i>Oxytoxum sphaeroideum</i> Stein 1883	<i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Balech ex Loeblich III 1965
<i>Heterocapsa rotundata</i> (Lohmann) Hansen 1995	<i>Oxytoxum strophalatum</i> Dodge & Saunders 1985	<i>Torodinium robustum</i> Kofoid & Swezy 1921
PRYMNESIOPHYCEAE COCCOLITOFORI		
<i>Acanthoica quattrosina</i> Lohmann 1903	<i>Coronosphaera binodata</i> (Kamptner) Gaarder 1977	<i>Pontosphaera</i> sp.
<i>Algirosphaera robusta</i> (Lohmann) Norris 1984	<i>Coronosphaera mediterranea</i> (Lohmann) Gaarder 1977	<i>Rhabdosphaera clavigera</i> Murray & Blackman 1898

<i>Alisphaera ordinata</i> (Kamptner) Heimdal 1973	<i>Daktylethra pirus</i> (Kamptner) Norris 1985	<i>Sphaerocalyptra quadridentata</i> (Schiller) Deflandre 1952
<i>Calcosolenia brasiliensis</i> (Lohmann) Young 2003	<i>Emiliania huxleyi</i> (Lohmann) Hay & Mohler 1967	<i>Syracosphaera anthos</i> (Lohman) Janin 1987
<i>Calcosolenia murrayi</i> Gran 1912	<i>Helicosphaera carterii</i> (Wallich) Kamptner 1954	<i>Syracosphaera cf. molischii</i> Schiller 1925
<i>Calyptrosphaera oblonga</i> Lohmann 1902	<i>Helladosphaera cornifera</i> (Schiller) Kamptner 1937	<i>Syracosphaera histrica</i> Kamptner 1941
<i>Calyptrosphaera sphaeroidea</i> Schiller 1913	<i>Ophiaster hydroideus</i> (Lohmann) Lohmann 1913	<i>Syracosphaera pulchra</i> Lohmann 1902
Coccolitofori $\leq 10 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Periphylophora mirabilis</i> (Schiller) Kamptner 1937	<i>Zygospaera hellerica</i> Kamptner 1937
<b>CRYPTOPHYCEAE</b>		
Cryptophyceae n.i.	<i>Plagioselmis prolunga</i> Butcher ex Novarino, Lucas & Morrall 1994	
<b>CHRYSOPHYCEAE/DICTYOCOPHYCEAE</b>		
<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	
<b>PRASINOPHYCEAE</b>		
<i>Halosphaera viridis</i> Schmitz 1878	<i>Pseudoscourfieldia marina</i> (Thronsen) Manton 1975	<i>Tetraselmis</i> sp.
<i>Pachysphaera pelagica</i> Ostenfeld 1899	<i>Pyramimonas</i> spp.	
<b>CHLOROPHYCEAE/EUGLENOPHYCEAE</b>		
<i>Ankistrodesmus falcatus</i> (Corda) Rafts 1848	<i>Euglenoidea</i> n.i.	<i>Monoraphidium griffithii</i> (Berkeley) Komárková-Legnerová 1969
<i>Chlorophyta</i> n.i.		
<b>PRYMNESIOPHYCEAE NON COCCOLITOFORI</b>		
<i>Phaeocystis</i> sp.	<i>Phaeocystisforma</i> coloniale	
<b>CYANOPHYCEAE</b>		
<i>Anabaenopsis</i> sp.	<i>Merismopedia</i> sp.	<i>Planktolyngbya contorta</i> (Lemmermann) Anagnostidis & Komárek 1988
<i>Aphanizomenon</i> sp.		
<b>ALTRO</b>		
Flagellati indeterminati $< 10 \mu\text{m}$	<i>Olisthodiscus luteus</i> Carter 1937	<i>Paulinella ovalis</i> (Wulff) Johnson, Hargraves & Sieburth 1988
<i>Commation cryoporinum</i> Thomsen & Larsen 1993	<i>Leucocryptos marina</i> (Braarud) Butcher 1967	<i>Telonema</i> sp.

### 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 P19 MG6, P19 MG7, P19 MG10, P19 MG12 e P19 MG13.

Dall'analisi qualitativa dei campioni sono stati individuati 154 taxa, di cui 135 identificati a livello di specie, 15 come genere e 4 attribuibili a categorie soprageneriche (**Tabella 13**).

<b>Tabella 13</b> - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni prelevati con retino nella primavera 2019.			
Classe	Specie	Generi	Categorie superiori*
Diatomee	41	5	1
Dinoflagellati	75	7	2
Prymnesiophyceae coccolitofori	9		
Dictyochophyceae	2		
Euglenoideae	6		
Chlorophyceae		1	
Prymnesiophyceae non Coccolitofori		1	
Altro	2	1	1
Totale	135	15	4

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

In **Tabella 14** è fornito l'elenco completo dei taxa presenti nelle diverse stazioni di campionamento. Nell'insieme di tutte le stazioni, 47 taxa appartengono alle diatomee, 84 alla classe dei dinoflagellati e 9 ai coccolitofori; sono stati, inoltre, individuati 2 taxa attribuibili alla classe delle Dictyochophyceae, 6 alle Euglenoideae, 1 taxon appartenente alle Chlorophyceae ed 1 taxon attribuibile alla classe Prymnesiophyceae non coccolitofori; per la categoria Altro, invece, sono stati individuati 4 taxa.

La numerosità dei taxa presenti nelle diverse stazioni va da un minimo di 62 in P19 MG7 ad un massimo di 98 in P19 MG12.

Dall'osservazione non è emersa una netta differenza nel numero dei taxa individuati che, in tutte le stazioni, sono principalmente appartenenti alla classe dei dinoflagellati (con rispettivamente 38 taxa in P19 MG6, 31 in P19 MG7, 40 in P19 MG10, 60 in P19 MG12 e 26 in P19 MG13) ed in secondo luogo alla classe delle diatomee (con 17 taxa in P19 MG6, 15 in P19 MG7, 27 in P19 MG10, 26 in P19 MG12 e 27 in P19 MG13). In P19 MG12 si è, inoltre, evidenziato un numero di taxa appartenenti ai dinoflagellati nettamente superiore rispetto a quella delle altre stazioni. Anche le classi dei coccolitofori e delle Euglenoideae risultano piuttosto differenziate rispettivamente con 9 e 6 taxa individuati tutti a livello di specie. La frazione più piccola del popolamento è, invece, rappresentata dalle Dictyochophyceae, dalle Chlorophyceae, dalle Prymnesiophyceae non coccolitofori e dalla categoria Altro, che presentano un numero esiguo di taxa in tutte le stazioni.

Sono stati, inoltre, identificati ed aggiunti 7 nuovi taxa, appartenenti alla classe dei dinoflagellati (*Azadinium obesum*, *Heterocapsa* cf. *illdefina*, *Prorocentrum* cf. *cassubicum*), alla classe delle Euglenoideae (*Eutreptia lanowii* e *Eutreptiella hirudoidea*), alla classe delle Chlorophyceae (*Monoraphidium* sp.) ed alla classe Cyanophyceae inserita nella categoria Altro (*Planktothrix agardhii*), che non erano stati

rilevati nei campionamenti dei precedenti anni; la presenza di quest'ultimi taxa, tipicamente di acque dolci, è probabilmente imputabile all'apporto fluviale dell'Arno.

Ad un confronto della lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative (**Tabella 14**) con l'elenco dei taxa ottenuti dalle analisi qualitative (**Tabella 14**), vediamo che il numero di taxa presenti differisce tra retino e bottiglia (rispettivamente con 154 e 183 taxa individuati); il numero di taxa appartenenti alle classi diatomee, coccolitofori, Dictyocophyceae, Chrysophyceae, Chlorophyceae e Prymnesiophyceae non coccolitofori individuati nei campioni da bottiglia è, infatti, superiore rispetto a quello dei taxa presenti nei campioni raccolti con retino, mentre il numero di taxa appartenenti alle classi dei dinoflagellati e alle Euglenoideae risulta superiore in quest'ultimi. L'osservazione qualitativa del microfitoplancton ha permesso di rilevare la presenza di numerose specie rare appartenenti alla classe dei dinoflagellati, principalmente attribuibili ai generi *Dinophysis* e *Neoceratium* (= *Ceratium*), insieme a taxa come *Actiniscus pentasterias*, *Azadinium caudatum*, *Diplopsalis lenticula*, *Goniodoma polyedricum*, *Gonyaulax* cf. *sphaeroidea*, *Lingulodinium polyedrum*, *Podolampas bipes*, *Prorocentrum pelagica*, *Pyrocystis lunula* e *Warnowia* sp.

Tabella 14 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni P19 MG6, P19 MG7, P19 MG10, P19 MG12 e P19 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13).												
Specie	6	7	10	12	13	Specie	6	7	10	12	13	
<b>DIATOMEE</b>												
<i>Bacteriastrium delicatulum</i> Cleve 1897		x		x		<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow ex Van Heurck 1882		x	x	x	x	x
<i>Bacteriastrium furcatum</i> Shadbolt 1854				x		<i>Hemiaulus sinensis</i> Greville 1865						x
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder 1864					x	<i>Hemidiscus cuneiformis</i> Wallich 1860		x	x		x	x
<i>Chaetoceros</i> cf. <i>decipiens</i> Cleve 1873		x				<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve 1889		x		x	x	x
<i>Chaetoceros concavicornis</i> Mangin 1917		x	x			<i>Leptocylindrus mediterraneus</i> (Peragallo) Hasle 1975				x	x	
<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve 1889			x	x	x	<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs 1861						x
<i>Chaetoceros dadayi</i> Pavillard 1913		x	x	x	x	<i>Nitzschia sicula</i> (Castracane) Hustedt			x	x	x	x
<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow 1863		x	x	x	x	<i>Plagiotropis</i> spp.				x		x
<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell 1856				x	x	<i>Pleurosigma majus</i> (Grunow) Cleve 1894						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	<i>Pseudo-nitzschia</i> cf. <i>galaxiae</i> Lundholm & Moestrup 2002		x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros tenuissimus</i> Meunier 1913					x	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cleve) Heiden 1928		x		x	x	x
<i>Chaetoceros tetrastichon</i> Cleve 1897				x	x	<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle 1993				x	x	x
<i>Chaetoceros wighamii</i> Brightwell 1856				x	x	<i>Pseudo-nitzschia subfraudulenta</i> (Hasle) Hasle 1993						x
<i>Coscinodiscus</i> cf. <i>curvatulus</i> Grunow ex A.Schmidt 1878					x	<i>Rhizosolenia decipiens</i> Sundström 1986		x	x	x	x	x
<i>Coscinodiscus granii</i> Gough 1905			x			<i>Rhizosolenia imbricata</i> Brightwell 1858			x	x	x	x
<i>Coscinodiscus lineatus</i> Ehrenberg 1841					x	<i>Tabularia gallionii</i> (Bory de Saint-Vincent) Bukhtiyarova 1995						x
<i>Coscinodiscus radiatus</i> Ehrenberg 1840		x				<i>Thalassionema bacillare</i> (Heiden) Kolbe 1955			x	x	x	x
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & Lewin 1964				x		<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Hallegraeff 1986		x	x	x	x	x
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i> (Bergon) Hasle 1996					x	<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky 1902		x	x	x	x	x
Diatomee pennate > 20 µm n.i.		x	x	x	x	<i>Thalassiosira</i> cf. <i>delicatula</i> Ostenfeld 1908						x
<i>Diploneis bombus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1853					x	<i>Thalassiosira decipiens</i> (Grunow) E.G.Jørgensen 1905				x		
<i>Diploneis</i> spp.		x			x	<i>Thalassiosira</i> spp.		x				
<i>Fragilariopsis</i> sp.					x							
<b>DINOFLAGELLATI</b>												
<i>Actiniscus pentasterias</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1844		x				<i>Neoceratium hexacantum</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-García 2010						x
<i>Alexandrium</i> cf. <i>minutum</i> Halim 1960				x	x	<i>Neoceratium massiliense</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-García 2010						x
<i>Amphidinium</i> sp.					x	<i>Neoceratium pentagonum</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-García 2010			x			x
<i>Azadinium caudatum</i> (Halldal) Nézan et Chomérat 2012		x	x	x		<i>Neoceratium pulchellum</i> (Schröder) Gómez, Moreira & López-García 2010		x		x	x	
<i>Azadinium obesum</i> Tillmann & Elbrächter 2010					x	<i>Neoceratium symmetricum</i> (Pavillard) Gómez, Moreira & López-García 2010		x		x		
<i>Ceratium azoricum</i> Cleve 1900					x	<i>Neoceratium tripos</i> (O.F.Müller) Gómez, Moreira & López-García 2010			x			x
<i>Ceratium gibberum</i> Gourret 1883			x		x	<i>Oxytoxum adriaticum</i> Schiller 1937						x
<i>Ceratocorys horrida</i> Stein 1883					x	<i>Oxytoxum globosum</i> Schiller						x
<i>Cochlodinium</i> sp.				x		<i>Oxytoxum laticeps</i> Schiller 1937						x
Dinoflagellati tecati > 20 µm n.i.		x		x	x	<i>Oxytoxum ligusticum</i> Rampi 1941				x		
<i>Dinophysis acuminata</i> Claparède & Lachmann 1859			x			<i>Oxytoxum longiceps</i> Schiller						x
<i>Dinophysis caudata</i> Saville-Kent 1881					x	<i>Oxytoxum mediterraneum</i> Schiller					x	x
<i>Dinophysis fortii</i> Pavillard 1923					x	<i>Oxytoxum mitra</i> Stein 1883					x	x
<i>Dinophysis operculooides</i> (Schütt) Balech 1967		x	x	x	x	<i>Oxytoxum scolopax</i> Stein 1883		x	x	x	x	
<i>Dinophysis ovum</i> (Schütt) Abé					x	<i>Oxytoxum sphaeroideum</i> Stein 1883		x		x		
<i>Dinophysis parva</i> Schiller 1928		x	x	x	x	<i>Oxytoxum viride</i> Schiller 1937		x	x	x	x	x
<i>Dinophysis parvula</i> (Schütt) Balech 1967					x	<i>Phalacroma cuneus</i> Schütt 1895		x				
<i>Dinophysis similis</i> Kofoid & Skogsberg 1928					x	<i>Phalacroma rotundatum</i> (Claparède & Lachmann) Kofoid & Michener 1911		x	x	x	x	x
<i>Dinophysis sphaerica</i> Stein 1883					x	<i>Podolampas bipes</i> Stein 1883		x				x
<i>Dinophysis</i> spp.				x	x	<i>Prorocentrum pelagica</i> Fabre-Domergue 1889		x				
<i>Diplopsalis lenticula</i> Bergh 1881		x			x	<i>Prorocentrum balticum</i> (Lohmann) Loeblich 1970		x	x	x	x	x
<i>Erythrospidium</i> sp.					x	<i>Prorocentrum cf. cassubicum</i> (Woloszynska) Dodge 1975		x				
<i>Goniodoma polyedricum</i> (Pouchet) Jørgensen 1899		x	x	x	x	<i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) Abé ex Dodge 1975		x	x	x	x	x
<i>Gonyaulax</i> cf. <i>sphaeroidea</i> Kofoid 1911		x	x	x	x	<i>Prorocentrum gracile</i> Schütt 1895		x	x	x	x	x
Gymnodiniaceae > 20 µm n.i.		x	x	x	x	<i>Prorocentrum maximum</i> (Gourret) Schiller 1937					x	x
<i>Gymnodinium</i> spp.		x	x		x	<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg 1833		x	x	x	x	x
<i>Gyrodinium aciculatum</i> Hansen & Larsen 1992		x			x	<i>Prorocentrum minimum</i> (Pavillard) Schiller 1933				x		
<i>Gyrodinium</i> spp.					x	<i>Prorocentrum rathymum</i> Loeblich, Sherley & Schmidt 1979		x				
<i>Heterocapsa</i> cf. <i>illdefina</i> (Herman & Sweeney) Morrill & Loeblich					x	<i>Protoperidinium</i> cf. <i>brevipes</i> (Paulsen) Balech 1974						x

**Tabella 14** - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni P19 MG6, P19 MG7, P19 MG10, P19 MG12 e P19 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13).

Specie	6	7	10	12	13	Specie	6	7	10	12	13
III 1981											
<i>Heterocapsa minima</i> Pomroy 1989				x		<i>Protoperidinium crassipes</i> (Kofoid) Balech 1974	x	x	x	x	
<i>Karenia mikimotoi</i> (Miyake & Kominami ex Oda) Gert Hansen & Moestrup	x					<i>Protoperidinium depressum</i> Bailey 1854		x	x		
<i>Lessardia elongata</i> Saldarriaga & Taylor 2003					x	<i>Protoperidinium divergens</i> (Ehrenberg) Balech 1974	x	x	x	x	
<i>Lingulodinium polyedrum</i> (Stein) Dodge 1989	x	x		x		<i>Protoperidinium granii</i> (Ostenfeld) Balech 1974				x	
<i>Mesoporos adriaticus</i> (Schiller) Lillick	x	x	x	x	x	<i>Protoperidinium mediterraneum</i> (Kofoid) Balech 1974		x			
<i>Mesoporos perforatus</i> (Gran) Lillick 1937	x	x	x	x	x	<i>Protoperidinium ovum</i> (Schiller) Balech 1974					x
<i>Neoceratium arietinum</i> (Cleve) Gómez, Moreira & López-García 2010	x				x	<i>Protoperidinium pallidum</i> (Ostenfeld) Balech 1973			x	x	
<i>Neoceratium candelabrum</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x	x	x		<i>Protoperidinium pellucidum</i> Bergh ex Loeblich Jr. & Loeblich III 1881					x
<i>Neoceratium concilians</i> (Jørgensen) Gómez, Moreira & López-García 2010	x			x		<i>Protoperidinium pyriforme</i> (Paulsen) Balech 1974			x		
<i>Neoceratium declinatum</i> (Karsten) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x	x	x		<i>Protoperidinium steinii</i> (Jørgensen) Balech 1974	x	x	x	x	x
<i>Neoceratium extensum</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-García 2010					x	<i>Protoperidinium conicum</i> (Gran) Balech 1974			x		
<i>Neoceratium furca</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x	x	x	x	<i>Pyrocystis lunula</i> (Schütt) Schütt 1896					x
<i>Neoceratium fusus</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x	x	x	x	<i>Warnowia</i> sp.					x
<b>PRYMNESIOPHYCEAE COCCOLITOFORI</b>											
<i>Coronosphaera mediterranea</i> (Lohmann) Gaarder 1977					x	<i>Scyphosphaera apsteinii</i> Lohmann 1902					x
<i>Daktylethra pirus</i> (Kamptner) R.E. Norris 1985		x	x	x	x	<i>Sphaerocalypta quadridentata</i> (Schiller) Deflandre 1952	x				
<i>Helicosphaera carterii</i> (Wallich) Kamptner 1954	x	x	x	x	x	<i>Syracosphaera pulchra</i> Lohmann 1902	x	x	x	x	x
<i>Rhabdosphaera clavigera</i> Murray & Blackman 1898				x		<i>Zygospaera hellenica</i> Kamptner 1937	x		x		x
<i>Rhabdosphaera stylifera</i> Lohmann	x	x	x	x	x						
<b>CHRISOPHYCEAE/DICTYOPHYCEAE</b>											
<i>Dictyocha epidon</i> subsp. <i>subaculeata</i> (Bukry) Desikachary & Prema 1996	x			x	x	<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg 1839	x	x	x	x	x
<b>EUGLENOIDEAE</b>											
<i>Euglena acusformis</i>		x				<i>Eutreptiella eupharyngea</i>		x	x	x	
<i>Euglena viridis</i>		x		x		<i>Eutreptiella gymnastica</i> Thronsen 1969	x	x	x	x	x
<i>Eutreptia lanowii</i> Steuer 1904		x	x	x	x	<i>Eutreptiella hirudoidea</i> Butcher 1961		x			
<b>PRYMNESIOPHYCEAE NON COCCOLITOFORI</b>											
<i>Monoraphidium</i> sp.		x				<i>Phaeocystis</i> sp. (forma coloniale)	x	x	x	x	x
<b>ALTRO</b>											
Cianobatteri filamentosi n.i.		x				<i>Planktothrix agardhii</i> (Gomont) Anagnostidis & Komárek 1988				x	
<i>Leucocryptos marina</i> (Braarud) Butcher 1967					x	<i>Spirulina</i> sp.				x	

### 5.1.3.2 Zooplankton

#### Oloplankton

La componente oloplanktonica a copepodi, in accordo alle campagne precedenti, è il comparto dominante lungo tutta la porzione della colonna d'acqua analizzata (0-100 m) anche nella Primavera 2019 (P19). Analizzando i dati quali-quantitativi (ind. per m<sup>-3</sup>) si evidenzia che la frazione a copepodi è maggiormente concentrata nella porzione della colonna compresa tra la superficie e i 50 m di profondità.

Le stazioni di campionamento, situate tra i 50 m di profondità e la superficie, presentano, infatti, valori di abbondanza maggiori, in media 1144,60 ind/m<sup>3</sup> (max: 1629,89 ind/m<sup>3</sup> P19 MG12; min: 766,86 ind/m<sup>3</sup> P19 MG13). Le pescate orizzontali superficiali, comprese tra l'interfaccia aria-acqua e la batimetrica di 5 m, esibiscono un'abbondanza media decisamente inferiore pari a 853,93 ind/m<sup>3</sup> oscillando tra 1230,24 ind/m<sup>3</sup> (P19 MG10) e 473,38 ind/m<sup>3</sup> (P19 MG12). Le pescate verticali profonde (50–100 m di profondità) mostrano un'abbondanza media ancora più bassa (399,29 ind/m<sup>3</sup>) con un range di variazione tra 443,22 ind/m<sup>3</sup> (P19 MG7) e 345,74 ind/m<sup>3</sup> (P19 MG6).

La distribuzione verticale della componente analizzata e la sua relativa abbondanza sono in linea con quanto emerso durante le precedenti stagioni primaverili investigate.

Dai risultati acquisiti emerge che tra le stagioni primaverili dei diversi anni esiste un'alta variabilità dovuta essenzialmente al comportamento degli stadi giovanili e adulti di *Pelagia noctiluca* (Scyphozoa) risultati dominanti nel 2015 e nel 2017 e, in maggior misura nel 2019, mentre erano praticamente assenti nel 2014, 2016, 2018.

Questa specie è potenzialmente responsabile di importanti perturbazioni dell'equilibrio dell'ecosistema marino in esame, essendo vorace predatore di uova e larve di pesce, oltre a competere con loro per la disponibilità di zooplankton.

E' probabile che i Copepodi subiscano una notevole pressione predatoria anche da parte degli stadi immaturi di *P. noctiluca*; i valori di abbondanza registrati non evidenziano comunque un generale stato di sofferenza di tale comparto a crostacei;

I cicli di bloom di *P. noctiluca* osservati e le conseguenti perturbazioni derivanti, non sono in alcun modo ascrivibili alla presenza del rigassificatore, interessando buona parte dei mari italiani e, più in generale tutto il mar Mediterraneo.

I taxa di copepodi identificati sono 96 (Tabella 15) appartenenti a 25 famiglie. Il numero di taxa rilevato è fra i più alti dell'intero periodo di indagine. Fra le specie rare si annovera *Lubbockia squillimana*, specie neritica, tipica di profondità elevate (oltre i 1000 m), sporadicamente rinvenuta in primavera nelle precedenti campagne.

A conferma dei risultati acquisiti in precedenza, il Calanoide Centropagidae *Centropages typicus* rimane la specie dominante, rappresentando in media il 20,19 % (172,47 ind./m<sup>3</sup>) della copepodofauna presente nei campioni orizzontali, il 32,82 % (375,63 ind./m<sup>3</sup>) di

quelli prelevati tra 0 – 50 m e il 26,50 % (105,80 ind./m<sup>3</sup>) in quelli campionati tra 50 – 100 m. Tale specie è pertanto più abbondante nei primi 50 m. Unitamente a *C. typicus*, la famiglia Clausocalanidae costituisce il pool caratterizzante il popolamento della primavera 2019, così come nei precedenti anni di monitoraggio.

I Calanoidi Clausocalanidae sono infatti la famiglia maggiormente rappresentata all'interno dell'area di studio, presente con 2 generi: *Clausocalanus* (9 taxa) e *Ctenocalanus* (1 taxa). I valori di abbondanza di tale famiglia sono inversamente proporzionali alla profondità. Essi, infatti, decrescono progressivamente dalla superficiale 403,49 ind./m<sup>3</sup> alla fascia 0 – 50 m (357,69 ind./m<sup>3</sup>) fino a quella profonda 50 – 100 m (155,97 ind./m<sup>3</sup>).

Le specie dominanti sono: *Clausocalanus pergens* (superficiale: 115,01 ind./m<sup>3</sup>; 0 – 50 m: 97,74 ind./m<sup>3</sup>; 67,33 ind./m<sup>3</sup>) e *C. arcuicornis* (superficiale: 26,99 ind./m<sup>3</sup>; 0 – 50 m: 19,49 ind./m<sup>3</sup>; 11,44 ind./m<sup>3</sup>). *Ctenocalanus vanus*, unica specie del genere *Ctenocalanus*, presenta, come atteso, picco stagionale in primavera.

La famiglia Paracalanidae, rappresentata da 14 taxa (2 generi) è la seconda per abbondanza (superficiale: 176,52 ind./m<sup>3</sup>; 0 – 50 m: 152,59 ind./m<sup>3</sup>; 50-100 m: 22,36 ind./m<sup>3</sup>) e mostra i valori più abbondanti in superficie.

La specie più abbondante all'interno della famiglia è *Paracalanus parvus*, (superficiale: 56,32 ind./m<sup>3</sup>; 0 – 50 m: 55,89 ind./m<sup>3</sup>; 50-100 m: 3,57 ind./m<sup>3</sup>).

La componente iponeustonica, è rappresentata esclusivamente da 4 taxa, sempre con abbondanze molto contenute, e stadi giovanili dei generi *Pontella* e *Pontellina*.

Tra le specie poco rappresentate si annovera *Nannocalanus minor* (superficiale: 1,19 ind./m<sup>3</sup>; 0 – 50 m: 3,90 ind./m<sup>3</sup>; 50-100 m: 1,56 ind./m<sup>3</sup>) e *Temora stylifera* (superficiale: 2,42 ind./m<sup>3</sup>; 0 – 50 m: 20,27 ind./m<sup>3</sup>; 50-100 m: 1,30 ind./m<sup>3</sup>) che tendono ad aumentare, rispettivamente, in estate e in autunno.

Tali rapporti tra specie che vedono l'alternanza di specie dominanti sono indice di un ecosistema neritico in equilibrio e non perturbato.

La famiglia Oithonidae (superficiale: 11,73 ind./m<sup>3</sup>; 0 – 50 m: 92,02 ind./m<sup>3</sup>; 50-100 m: 49,39 ind./m<sup>3</sup>), così come emerso nelle precedenti campagne primaverili è presente prevalentemente negli strati profondi. Essa è rappresentata principalmente da *Oithona similis*. Corycaeidae (superficiale: 48,58 ind./m<sup>3</sup>; 0 – 50 m: 56,67 ind./m<sup>3</sup>; 50-100 m: 20,02 ind./m<sup>3</sup>) e Oncaeidae (superficiale: 18,42 ind./m<sup>3</sup>; 0 – 50 m: 47,11 ind./m<sup>3</sup>; 50-100 m: 19,50 ind./m<sup>3</sup>), sono meno abbondanti oltre la batimetrica dei -50 m. La famiglia Sapphirinidae, rappresentata da 8 taxa (generi *Copilia* e *Sapphirina*) è caratterizzata da notevole biodiversità.

I copepodi Harpacticoida sono rappresentati dalle famiglie Ectinosomatidae (1 taxa), Miracidae (1 taxa), Euterpinidae (1 taxa) e Peltidiidae (2 taxa), sempre con abbondanze contenute, fatta eccezione per *Euterpina acutifrons* (superficiale: 0,75 ind./m<sup>3</sup>; 0 – 50 m: 7,09 ind./m<sup>3</sup>; 50-100 m: 0,52 ind./m<sup>3</sup>).

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

	O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50
<b>Famiglia Acartiidae</b>				<b>Famiglia Metridinidae</b>				<i>Farranula rostrata</i>	*	*	*
<i>Acartia negligens</i>	*	*	*	<i>Pleuromamma gracilis</i>	*	*	*	<b>Famiglia Lubbockiidae</b>			
<i>Acartia sp</i>	*	*	*	<b>Famiglia Paracalanidae</b>				<i>Lubbockia squillimana</i>			*
<b>Famiglia Augaptilidae</b>				<i>Calocalanus contractus</i>	*	*	*	<b>Famiglia Oithonidae</b>			
<i>Haloptilus longicomis</i>			*	<i>Calocalanus elegans</i>	*	*	*	<i>Oithona decipiens</i>	*	*	*
<b>Famiglia Calanidae</b>				<i>Calocalanus longisetosus</i>	*	*	*	<i>Oithona nana</i>	*	*	*
<i>Calanus helgolandicus</i>	*	*	*	<i>Calocalanus neptunus</i>	*	*	*	<i>Oithona plumifera</i>	*	*	*
<i>Mesocalanus tenuicornis</i>	*	*	*	<i>Calocalanus ovalis</i>	*	*	*	<i>Oithona setigera</i>	*	*	*
<i>Nannocalanus minor</i>	*	*	*	<i>Calocalanus pavo</i>	**	*	*	<i>Oithona similis</i>	*	*	*
<i>Neocalanus gracilis</i>	*	*	*	<i>Calocalanus pavoninus</i>	*	*	*	<i>Oithona tenuis</i>	*	*	*
<b>Famiglia Candaciidae</b>				<i>Calocalanus plumulosus</i>	*	*	*	<i>Oithona spp</i>	*	*	*
<i>Candacia ethiopica</i>	*	*	*	<i>Calocalanus styliremis</i>	*	*	*	<b>Famiglia Oncaeidae</b>			
<i>Candacia giesbrechti</i>		*	*	<i>Calocalanus tenuis</i>		*	*	<i>Oncaea curta</i>	*	*	*
<i>Candacia simplex</i>	*	*	*	<i>Calocalanus spp</i>	*	*	*	<i>Oncaea media</i>	*	*	*
<i>Candacia juv</i>		*	*	<i>Paracalanus aculeatus</i>		*	*	<i>Oncaea mediterranea</i>	*	*	*
<b>Famiglia Centropagidae</b>				<i>Paracalanus denudatus</i>	*	*	*	<i>Oncaea scottodicaloi</i>	*	*	*
<i>Centropages kroyeri</i>	*	*	*	<i>Paracalanus nanus</i>	*	*	*	<i>Oncaea venusta</i>	*	*	*
<i>Centropages typicus</i>	*	*	*	<i>Paracalanus parvus</i>	*	*	*	<i>Oncaea spp</i>	*	*	*
<i>Centropages violaceus</i>	*	*	*	<i>Paracalanus spp</i>	*	*	*	<i>Triconia conifera</i>	*	*	*
<b>Famiglia Clausocalanidae</b>				<b>Famiglia Pontellidae</b>				<b>Famiglia Sapphirinidae</b>			
<i>Clausocalanus arcuicornis</i>	*	*	*	<i>Labidocera wollastoni</i>	*	*	*	<i>Copilia mediterranea</i>		*	*
<i>Clausocalanus furcatus</i>	*	*	*	<i>Pontella mediterranea</i>	*	*	*	<i>Sapphirina angusta</i>			*
<i>Clausocalanus jobei</i>	*	*	*	<i>Pontella juv</i>	*	*	*	<i>Sapphirina gemma</i>	*	*	*
<i>Clausocalanus lividus</i>	*	*	*	<i>Pontellina juv</i>	*	*	*	<i>Sapphirina iris</i>	*	*	*
<i>Clausocalanus mastigophorus</i>	*	*	*	<i>Pontellopsis regalis</i>	*	*	*	<i>Sapphirina nigromaculata</i>		*	*
<i>Clausocalanus parapergens</i>	*	*	*	<i>Pontellopsis villosa</i>	*	*	*	<i>Sapphirina ovatolanceolata</i>	*	*	*
<i>Clausocalanus paululus</i>	*	*	*	<b>Famiglia Scolecitrichidae</b>				<i>Sapphirina sali</i>	*	*	*
<i>Clausocalanus pergens</i>	*	*	*	<i>Scolecitrichella abyssalis</i>		*	*	<i>Sapphirina sp</i>	*	*	*
<i>Clausocalanus spp</i>	*	*	*	<i>Scolecitrichella dentata</i>		*	*	<b>Famiglia Ectinosomatidae</b>			

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

	O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50
<i>Ctenocalanus vanus</i>	*	*	*	<i>Scolecithrix bradyi</i>			*	<i>Microsetella rosea</i>	*	*	*
<b>Famiglia Eucalanidae</b>				<b>Famiglia Temoridae</b>				<b>Famiglia Euterpinidae</b>			
<i>Rhincalanus nasutus</i>	*			<i>Temora stylifera</i>	*	*	*	<i>Euterpina acutifrons</i>	*	*	*
<i>Subeucalanus monachus</i>			**	<b>Famiglia Corycaeidae</b>				<b>Famiglia Miraciidae</b>			
<b>Famiglia Euchaetidae</b>				<i>Corycaeus brehmi</i>	*	*	*	<i>Distiocolus minor</i>			*
<i>Euchaeta acuta</i>	*		*	<i>Corycaeus clausi</i>		*	*	<b>Famiglia Peltidiidae</b>			
<i>Euchaeta marina</i>	*	*	*	<i>Corycaeus flaccus</i>		*	*	<i>Clytemnestra scutellata</i>			*
<b>Famiglia Heterorhabdidae</b>				<i>Corycaeus furcifer</i>			*	<i>Goniopsyllus rostratus</i>	*	*	*
<i>Heterorhabdus papilliger</i>			*	<i>Corycaeus giesbrechti</i>	*	*	*				
<b>Famiglia Lucicutiidae</b>				<i>Corycaeus limbatus</i>		*	*				
<i>Lucicutia flavicornis</i>		*	*	<i>Corycaeus ovalis</i>	*	*	*				
<b>Famiglia Mecynoceridae</b>				<i>Corycaeus typicus</i>	*	*	*				
<i>Mecynocera clausi</i>	*	*	*	<i>Corycaeus spp</i>	*	*	*				

Nella **Tabella 16** sono indicati i volumi di sedimentazione (dopo 24 h), espressi in ml, della componente oloplanctonica raccolta nella campagna primaverile 2019. I valori sono in linea con quanto riscontrato nelle campagne primaverili precedenti.

Nella stazione P19 MG10 il volume di sedimentato della pescata superficiale risulta inferiore a tutte le altre stazioni. Tale differenza può essere riconducibile all'anomala concentrazione di meduse Schyphozoa *Pelagia noctiluca*, già ampiamente descritta nei paragrafi Olo- e Meroplancton. L'elevato numero di esemplari adulti rinvenuti nel retino ha costretto gli operatori a un'operazione di rimozione manuale di *P. noctiluca*, con conseguente perdita di tutti i planctonti rimasti intrappolati tra i tentacoli urticanti. Unitamente alla perdita da rimozione, va anche sottolineato quanto tali meduse siano voraci predatori di zooplancton, sottraendo quindi attivamente biomassa zooplanctonica dalla colonna d'acqua. Come evidenziato in **Tabella 16**, il volume di sedimentato della stazione P19 MG10 è invece superiore alle altre stazioni nella porzione più profonda della colonna. Tali valori sono riconducibili a una concentrazione del plancton nella porzione sottostante a quella occupata da *P. noctiluca*, dovuta all'assenza di questo predatore

<b>Tabella 16</b> - 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)	P19 MG6	P19 MG7	P19 MG10	P19 MG12	P19 MG13
OR	121	68,5	40	63,5	48,5
50-0	5,5	6	19,5	8	9,5
100-50	2,5	2,5	12	3	3

### Meroplancton

I dati acquisti nella primavera 2019 evidenziano la massiccia presenza, nei campioni superficiali, di cnidari scifozoi appartenenti alla fase larvale (efire) e adulta della specie *Pelagia noctiluca*. In alcuni casi il numero di esemplari adulti raccolti durante i retinaggi orizzontali è stato così elevato da rendere necessario ripetere il campione e in un caso interrompere le attività di raccolta al fine di evitare la rottura dei retini. A livello larvale si segnala il picco massimo di densità di individui raccolti in corrispondenza della stazione P 19 MG10 (310,66 ind/m<sup>3</sup>). L'osservazione più interessante e, senza dubbio da approfondire, riguarda la presenza di cicli e picchi demografici biennali per questa specie. Dalla serie di dati accumulati negli anni si evince che, al momento, durante le stagioni primaverili degli anni dispari (2015, 2017, 2019) sono presenti i picchi di abbondanza, mentre negli anni pari (2014, 2016, 2018) tale fenomeno è di modestissima entità o praticamente assente. Ne consegue che a seguito di questo fenomeno alcuni dati riguardanti l'abbondanza di alcune specie e/o taxa di organismi zooplanctonici raccolti durante la presente campagna di survey potrebbero risultare inferiori rispetto alla campagna condotta nello stesso periodo, ovvero la P18. A livello qualitativo invece non si segnalano anomalie attribuibili alla presenza massiccia di meduse. Nella campagna primaverile P19, (**Tabella 17**), sono stati determinati complessivamente 48 taxa meroplanctonici appartenenti a 6 phyla di invertebrati marini (Cnidaria, Mollusca, Annelida, Arthropoda, Echinodermata, Foronidea).

Le larve di crostacei decapodi, con 39 taxa (81,2% del totale dei taxa campionati) risultano il gruppo più rappresentato. Il numero di taxa determinato in P19 è il più elevato dell'intero periodo di indagine.

Le larve di decapodi occupano preferenzialmente lo strato superficiale. Nei retinaggi superficiali sono stati trovati 10 taxa esclusivi. I restati sono stati campionati in tutti e tre i livelli investigati, tranne due esclusivi delle stazioni profonde.

Le larve di *Liocarcinus* sono quelle maggiormente abbondanti in particolare nei retinaggi superficiali P19 MG7 (2,14 ind/m<sup>3</sup>) e P19 MG10 (2,16 ind/m<sup>3</sup>), e nella fascia intermedia – 50 m – 0 m nella stazione P19 MG10 (6,23 ind/m<sup>3</sup>). Nella fascia intermedia e in quella profonda dominano le larve di *Processa* riconducibili alle specie *P. edulis edulis*, *P. canaliculata*, *P. novelli holthuisi*. *Processa edulis edulis*, in particolare, risulta prevalente nella fascia intermedia in corrispondenza della stazione P19 MG7 (7,36 ind/m<sup>3</sup>) e nella fascia profonda della colonna d'acqua nella stazione P19 MG6 (3,25 ind/m<sup>3</sup>). Risultati analoghi sono stati ottenuti nei survey precedenti confermando le larve di *Processa* il gruppo più abbondante nelle acque oggetto di studio. Tra le larve di crostacei decapodi raccolte durante il survey P19 non risultano nuovi taxa. Occorre però segnalare che, a distanza di anni, sono nuovamente comparsi alcuni esemplari larvali attribuibili al

genere *Scyllarus/Scyllarides* (magnosa/magnosella). Si tratta di specie piuttosto rare e per questo protette, con fase adulta bentonica distribuita su fondali tra 5 e 50 m di profondità.

Nel complesso il popolamento a crostacei decapodi risulta coerente con le precedenti campagne primaverili per la tipologia e numero di specie presenti. A livello quantitativo i dati sono confrontabili soprattutto con la campagna primaverile del 2018 rispetto alla quale sono stati segnalati solo due *taxa* in più.

Tra le larve degli echinodermi (3 *taxa* in tutto) la specie dominante è l'ofiuroido *Ophiotrix fragilis*, particolarmente abbondante nelle stazioni intermedie (P19 MG6 6,79 ind/m<sup>3</sup> e P 19 MG12 5,66 ind/m<sup>3</sup>). Si tratta di una specie largamente presente in tutti i campionamenti fino ad oggi realizzati, talvolta la più abbondante in assoluto. Rispetto al survey precedente il numero di larve per metro cubo di acqua filtrata è inferiore, ma compatibile con il periodo di campionamento e confrontabile con altri survey primaverili degli anni precedenti.

Nel complesso, anche per la stagione P19 è possibile quindi affermare che per quanto riguarda la componente meroplanctonica dello zooplancton non risultano alterazioni nella composizione della comunità imputabili all'esercizio del rigassificatore FSRU Toscana.

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

	O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50
<b>CNIDARIA</b>				<i>Ebalia tuberosa</i>	*			<i>Pirimela denticulata</i>	*	*	
Efira ind	*	*	*	<i>Ebalia tumefacta</i>	*	*		<i>Plesionika</i> sp	*		*
<b>MOLLUSCA</b>				<i>Eriphia verrucosa</i>	*			<i>Processa canaliculata</i>	*	*	
Gastropoda larvae ind			*	<i>Ethusa mascarone</i>	*			<i>Processa edulis edulis</i>	*	*	*
<i>Loligo</i> sp		*		<i>Galathea strigosa</i>			*	<i>Processa noveli holtuisi</i>	*	*	*
<b>POLYCHAETA</b>				<i>Galathea</i> sp	*	*		<i>Processa</i> sp	*		
Polychaeta larvae ind		*	*	<i>Goneplax rhomboides</i>		*		<i>Scyllarus</i> sp		*	
Trocofora ind		*	*	<i>Illia nucleus</i>		*		<i>Sergia robusta</i>		*	*
<b>CRUSTACEA</b>				<i>Jaxea nocturna</i>		*	*	<i>Solenocera membranacea</i>		*	*
<b>Decapoda</b>				<i>Liocarcinus</i> sp	*	*	*	<i>Upogebia</i> sp	*	*	
<i>Alpheus glaber</i>	*	*	*	<i>Lysmata seticaudata</i>	*	*		<i>Xanto granulicarpus</i>	*	*	
<i>Anapagurus breviaculeatus</i>	*		*	<i>Maja crispata</i>	*			<b>Stomatopoda</b>			
<i>Anapagurus laevis</i>	*	*	*	<i>Maja</i> sp	*			<i>Squilla</i> sp	*	*	
<i>Athanas nitescens</i>	*	*	*	<i>Palaemon serratus</i>	*			<b>ECHINODERMATA</b>			
<i>Callinassa</i> sp		*	*	<i>Palaemon</i> sp	*	*	*	<i>Echinocardium</i> sp		*	*
<i>Callinectes sapidus</i>	*	*		<i>Parthenopoides massena</i>	*	*		<i>Ophiotrix fragilis</i>		*	*
Caridea ind	*			<i>Periclimenes</i> sp	*			<i>Ophiura</i> sp		*	
<i>Ebalia cranchii</i>	*	*	*	<i>Philocheras sculptus</i>			*	<b>FORONIDEA</b>			
<i>Ebalia tumefacta</i>	*	*	*	<i>Pilumnus hirtellus</i>	*			<i>Actinotroca larvae</i> ind			*

### Ittioplancton

Il survey della primavera 2019 (P19) condotto sulle fasi larvali della componente a ittiofauna del mesozooplancton ha complessivamente registrato la presenza di 23 *taxa* (Tabella 18); si tratta del numero maggiore di *taxa* mai registrati nell'area di studio con la sola eccezione di P14 nel quale vennero identificati 2 *taxa* in più.

In P19 sono state rilevate 2 nuove specie: il Sebastidae *Helicolenus dactylopterus* (scorfano di fondale) e dell'Uranoscopidae *Uranoscopus scaber* (pesce prete) mai rinvenuti nei survey precedenti.

Come atteso nel periodo primaverile, anche in P19 dominano le fasi larvali del pesce osseo *Engraulis encrasicolus* (acciuga) che, infatti, concentra il picco riproduttivo e quindi la maggiore concentrazione di larve durante la primavera e l'estate. Lo testimoniano oltre la presenza di molte larve, anche le inconfondibili forme allungate ed ellittiche delle uova di questa specie. *E. encrasicolus* si concentra nelle due fasce più superficiali del campionamento, fino a -50 m di profondità. La stazione P19 MG13 orizzontale e la P 19 MG7 intermedia (- 50 m – 0 m) contano la maggiore concentrazione di larve di acciuga per metro cubo di acqua filtrata pari, rispettivamente, a 0,6 ind/m<sup>3</sup> e 3,25 ind/m<sup>3</sup>. Rilevante risulta anche la famiglia dei Gobiidae per i quali però, senza l'ausilio di metodi di indagine più mirati (es. DNA barcoding), nelle prime fasi larvali di sviluppo non è possibile stabilirne con certezza l'appartenenza ad un genere o ad una specie. Il numero maggiore di larve riferibili alla famiglia Gobiidae è stato catturato durante i retinaggi verticali condotti tra – 50 m e la superficie nella stazione P19 MG10 (3,25 ind/m<sup>3</sup>).

Come già sottolineato in precedenti surveys anche nella stagione P19 sono presenti larve appartenenti a pesci abissali come il mictofide *Myctophum punctatum* e il gonostomatide *Cyclothone braueri*. Questo fenomeno, come largamente sottolineato già nel passato è giustificato dalla vicinanza della scarpata continentale e dai conseguenti fenomeni locali di upwelling che favoriscono la risalita di uova e larve da porzioni limitrofe più profonde.

Nel complesso per quanto riguarda il contingente larvale ittioplanctonico della campagna P19 non si registrano significative differenze nella composizione della comunità attribuibili all'esercizio del rigassificatore offshore OLT LNG Toscana.

**Tabella 18** – Ittioplankton. 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
<b>BELONIDAE</b>				<b>GOBIIDAE</b>				<b>SERRANIDAE</b>			
<i>Belone belone</i>		*		Gobiidae ind	*	*	*	<i>Serranus hepatus</i>	*		
<b>BLENNIDAE</b>				<b>CLUPEIDAE</b>				<b>SPARIDAE</b>			
<i>Parablennius sanguinolentus</i>	*			<i>Sardina pilchardus</i>				<i>Diplodus diplodus</i>	*	*	
Blennidae ind	*	*		<b>GONOSTOMATIDAE</b>				<i>Pagellus erythrinus</i>	*	*	
<b>BOTHIDAE</b>				<i>Cyclothone braueri</i>	*	*	*	<i>Pagrus pagrus</i>	*		
<i>Arnoglossus laterna</i>	*	*		<b>LABRIDAE</b>				Sparidae ind	*	*	
<i>Bothus podas</i>		*		<i>Coris julis</i>		*		<b>STERNOPTYCHIDAE</b>			
<b>CALLYONIMIDAE</b>				<b>MULLIDAE</b>				<i>Maurolicus muelleri</i>	*	*	
<i>Callyonimus</i> sp	*	*		<i>Mullus barbatus</i>	*			<b>URANOSCOPIIDAE</b>			
<b>CARANGIDAE</b>				<b>SCORPAENIDAE</b>				<i>Uranoscopus scaber</i>		*	
<i>Trachurus trachurus</i>	*	*		<i>Scorpaena scrofa</i>	*			Larvae ind	*	*	*
Carangidae ind	*			<b>SEBASTIDAE</b>				Uova di <i>E. encrasicolus</i>	*	*	*
<b>ENGRAULIDAE</b>				<i>Helicolenus dactylopterus</i>	*			Uova di <i>M. muelleri</i>	*	*	
<i>Engraulis encrasicolus</i>	*	*	*					Uova ind	*	*	*

## 5.2 BIOTA

### 5.2.1 Macrozoobenthos

Lo studio ha portato alla raccolta e determinazione di 6125 individui appartenenti a 165 specie (**Tabella 19**) comprendenti policheti, molluschi, crostacei, sipunculidi, echinodermi, nemertini e cnidari.

**Tabella 19** - Lista delle specie macrobentoniche rinvenute nella primavera 2019 (P19).

Anellidi		
<i>Abyssoninoe hibernica</i> (McIntosh, 1903)	<i>Glycera alba</i> Verrill, 1900	<i>Ophiodromus flexuosus</i> (Delle Chiaje, 1825)
<i>Ampharete acutifrons</i> (Grube, 1860)	<i>Glycinde nordmanni</i> (Malmgren, 1866)	<i>Panthalis oerstedii</i> Kinberg, 1855
<i>Amphicteis gunneri</i> (M. Sars, 1835)	<i>Goniada maculata</i> Oersted, 1844	<i>Paradiopatra calliopae</i> Arvanitidis & Koukouras, 1997
<i>Amphicteis midas</i> (Gosse, 1855)	<i>Harmothoe antilopes</i> Mc Intosh, 1876	<i>Paralacydonia paradoxa</i> Fauvel, 1913
<i>Ancistrosyllis groenlandica</i> Mc Intosh, 1879	<i>Harmothoe</i> sp	<i>Paraprionospio pinnata</i> (Ehlers, 1901)
<i>Aphelochaeta marioni</i> (Saint-Joseph, 1894)	<i>Heteromastus filiformis</i> (Claparède, 1864)	<i>Phyllodoce mucosa</i> Örsted, 1843
<i>Aponuphis bilineata</i> (Baird, 1870)	<i>Hyalinoecia tubicola</i> (O. F. Müller, 1776)	<i>Phyllodoce</i> sp
<i>Aponuphis brementi</i> (Fauvel, 1916)	<i>Kefersteinia cirrata</i> (Keferstein, 1862)	<i>Phylo foetida</i> (Claparède, 1870)
<i>Aricidea (Acmira) assimilis</i> Tebble, 1959	<i>Laonice cirrata</i> (M. Sars, 1851)	<i>Pista cristata</i> (O. F. Müller, 1776)
<i>Aricidea (Strelzovia) claudiae</i> Laubier, 1967	<i>Levinsenia demiri</i> Çınar, Dagli & Acik, 2011	<i>Poecilochaetus fauchaldi</i> Pilato & Cantone, 1976
<i>Branchiomma</i> sp	<i>Lumbrineris</i> sp	<i>Polycirrus</i> sp Grube, 1850
<i>Chaetozone caputesocis</i> (Saint-Joseph, 1894)	<i>Lysidice ninetta</i> Audouin & Milne-Edwards, 1833	<i>Polygordius</i> sp
<i>Chaetozone setosa</i> Malmgren, 1867	<i>Lysidice unicornis</i> (Grube, 1840)	<i>Praxillella gracilis</i> (M. Sars, 1861)
<i>Chaetozone</i> sp	<i>Maldane glebiflex</i> Grube, 1860	<i>Prionospio ehlersi</i> Fauvel, 1928
<i>Chirimia biceps</i> (M. Sars, 1861)	<i>Malmgreniella lunulata</i> (Delle Chiaje, 1841)	<i>Prionospio</i> sp
<i>Chone</i> sp	<i>Marphysa bellii</i> (Audouin & Milne-Edwards, 1833)	<i>Prionospio steenstrupi</i> Malmgren, 1867
<i>Cirrophorus branchiatus</i> Ehlers, 1908	<i>Melinna palmata</i> Grube, 1860	<i>Scalibregma inflatum</i> Rathke, 1843
<i>Dorvillea rudolphii</i> (Delle Chiaje, 1828)	<i>Metasychis gotoi</i> (Izuka, 1902)	<i>Scolecopsis foliosa</i> (Audouin & Milne-Edwards, 1833)
<i>Drilonereis filum</i> (Claparède, 1868)	<i>Minuspio cirrifera</i> Wiren, 1883	<i>Scoletoma fragilis</i> (O.F. Müller, 1776)
<i>Eteone longa</i> (Fabricius, 1780)	<i>Monticellina dorsobranchialis</i> (Kirkegaard, 1959)	<i>Sigambra tentaculata</i> (Treadwell, 1941)
<i>Eteone</i> sp	<i>Myriochele oculata</i> Zachs, 1923	<i>Spio multioculata</i> (Rioja, 1918)
<i>Euchone</i> sp	<i>Nephtys hystricis</i> Mc Intosh, 1900	<i>Spiochaetopterus costarum</i> (Claparède, 1868)
<i>Euclymene lombricoides</i> (Quatrefages, 1866)	<i>Ninoe armoricana</i> Glémarec, 1968	<i>Spiophanes kroyeri</i> Grube, 1860
<i>Euclymene oerstedii</i> (Claparède, 1863)	<i>Notomastus aberans</i> Day, 1963	<i>Sternaspis scutata</i> (Renier, 1807)
<i>Eunice vittata</i> (Delle Chiaje, 1828)	<i>Notomastus filiformis</i> Verrill, 1873	<i>Syllis alternata</i> Moore, 1908
<i>Eupanthalis</i> sp	<i>Notomastus latericeus profundus</i> Eisig, 1887	<i>Syllis</i> sp Savigny, 1818
<i>Gallardoneris iberica</i> Martins, Carrera-Parra, Quintino & Rodrigues, 2012	<i>Ophelina acuminata</i> Örsted, 1843	<i>Terebellides stroemi</i> M. Sars, 1835
Artropodi		
<i>Akanthophoreus gracilis</i> (Krøyer, 1842)	<i>Goneplax rhomboides</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Orchomenella nana</i> (Kroyer, 1846)
<i>Alpheus glaber</i> (Olivi, 1792)	<i>Haploops nira</i> Kaim Malka, 1976	<i>Paranympyon spinosum</i> Caullery, 1896
<i>Ampelisca</i> sp	<i>Harpinia antennaria</i> Meinert, 1890	<i>Paraphoxus oculatus</i> (G.O. Sars, 1879)
<i>Anapagurus petiti</i> Dechance & Forest, 1962	<i>Harpinia crenulata</i> (Boeck, 1871)	<i>Pardaliscella boeckii</i> (Malm, 1870)
<i>Anthura gracilis</i> (Montagu, 1808)	<i>Harpinia dellavallei</i> Chevreux, 1910	<i>Perioculodes longimanus longimanus</i> (Bate &

<i>Araphura brevimanus</i> (Lilljeborg, 1864)	<i>Hippomedon bidentatus</i> Chevreux, 1903	Westwood, 1868)
<i>Bathyporeia</i> sp	<i>Hippomedon massiliensis</i> bellan-Santini, 1965	<i>Photis longipes</i> (Della Valle, 1893)
<i>Carangoliopsis spinulosa</i> Ledoyer, 1970	<i>Leptocheirus mariae</i> G. Karaman, 1973	<i>Phtisica marina</i> Slabber, 1769
<i>Chlorotocus crassicornis</i> (A. Costa, 1871)	<i>Leucon longirostris</i> Sars, 1871	<i>Pilumnus hirtellus</i> (Linnaeus, 1761)
<i>Collettea cylindrata</i> (Sars, 1882)	<i>Leucon</i> sp	<i>Processa canaliculata</i> Leach, 1815
<i>Desmosoma</i> sp	<i>Leucothoe oboa</i> G. Karaman, 1971	<i>Pseudotanaïs</i> sp
<i>Eriopisa elongata</i> (Bruzelius, 1859)	<i>Maera grossimana</i> (Montagu, 1808)	<i>Stenothoe</i> sp
<i>Eudorella nana</i> Sars, 1879	<i>Medicorophium rotundirostre</i> (Stephensen, 1915)	<i>Tuberapseudes echinatus</i> (G.O. Sars, 1882)
<i>Eurydice spinigera</i> Hansen, 1890	<i>Metaphoxus simplex</i> Bate, 1857	<i>Upogebia deltaura</i> (Leach, 1815)
<i>Gnathia oxyuraea</i> (Lilljeborg, 1855)		<i>Westwoodilla rectirostris</i> (Della Valle, 1893)
<b>Echinodermi</b>		
<i>Amphiura chiajei</i> Forbes, 1843	<i>Labidoplax digitata</i> (Montagu, 1815)	<i>Ophiacantha setosa</i> (Bruzelius, 1805)
<i>Amphiura filiformis</i> (O. F. Müller, 1776)	<i>Neocucumis marioni</i> (Marenzeller, 1878)	<i>Trachythone tergestina</i> (Sars, 1857)
<i>Astropecten i. pentacanthus</i> (Delle Chiaje, 1825)		
<b>Molluschi</b>		
<i>Abra nitida</i> (O.F. Muller, 1776)	<i>Falcidens gutturosus</i> (Kowalevsky, 1901)	<i>Pitar rudis</i> (Poli, 1795)
<i>Abra prismatica</i> (Montagu, 1808)	<i>Fusinus rostratus</i> (Olivi, 1792)	<i>Poromya granulata</i> (Nyst & Westendorp, 1839)
<i>Abra</i> sp	<i>Hiatella rugosa</i> (Linnaeus, 1767)	<i>Saccella commutata</i> (Philippi, 1844)
<i>Antalis dentalis</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Hyalia vitrea</i> (Montagu, 1803)	<i>Scapharca demiri</i> Piani, 1981
<i>Antalis inaequicostata</i> (Dautzenberg, 1891)	<i>Kelliella abyssicola</i> (Forbes, 1844)	<i>Thyasira alleni</i> Carozza, 1981
<i>Bathyarca pectunculoides</i> (Scacchi, 1834)	<i>Mendicula ferruginosa</i> (Forbes, 1844)	<i>Thyasira biplicata</i> (Philippi, 1836)
<i>Cardiomya costellata</i> (Deshayes, 1835)	<i>Neopycnodonte cochlear</i> (Poli, 1795)	<i>Thyasira granulosa</i> (Monterosato, 1874)
<i>Clathrella clathrata</i> (Philippi, 1844)	<i>Nucula nitidosa</i> Winckworth, 1930	<i>Timoclea ovata</i> (Pennant, 1777)
<i>Cuspidaria rostrata</i> (Olivi, 1792)	<i>Nucula sulcata</i> (Bronn, 1831)	<i>Antalis inaequicostata</i> (Dautzenberg, 1891)
<i>Ennucula aegeensis</i> (Forbes, 1844)	<i>Philine aperta</i> (Linnaeus, 1767)	
<b>Sipunculidi</b>		
<i>Golfingia (Golfingia) vulgaris vulgaris</i> (Blainville, 1827)	<i>Onchnesoma s. steenstrupii</i> Koren & Danilssen, 1875	<i>Phascolion strombus strombus</i> (Montagu, 1804)
<b>Nemertini</b>		
<b>Cnidari</b>		
<i>Pennatula rubra</i> (Ellis, 1761)		

Gli anellidi policheti risultano essere il gruppo dominante che con 5326 individui rappresentano quasi il 90% dell'abbondanza totale. Gli artropodi crostacei, secondi in ordine di abbondanza, non arrivano al 7% di contributo. I molluschi costituiscono, meno del 4% dell'abbondanza totale, mentre sipunculidi (126 individui) e echinodermi (23 individui) il 2,5% in totale (Figura 12).

Più equilibrata risulta essere la ripartizione delle specie tra i vari gruppi, sebbene anche da questo punto di vista gli anellidi policheti si confermano il taxon dominante fornendo la metà delle specie rinvenute (49%). Un quarto del panorama faunistico è fornito dagli artropodi (unicamente rappresentati dai crostacei) seguiti dai molluschi che rappresentano il 18% delle specie totali. Gli echinodermi forniscono appena il 4% di specie al panorama faunistico, seguiti dai sipunculidi che forniscono solo il 2%.

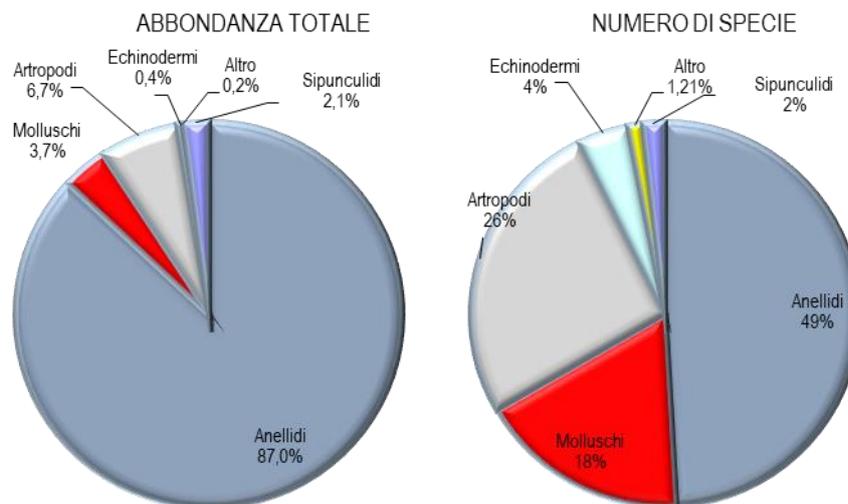


Figura 12 - Ripartizione dell'abbondanza totale e del numero di specie tra i principali taxa rinvenuti. Altro = Nemertini.

Ai policheti appartengono le specie rinvenute col maggior numero di individui, tra le quali *Levinsenia demiri* (2005) e *Paradiopatra calliopae* (905 individui) che costituiscono, rispettivamente il 32,7% e il 14,8% dell'abbondanza totale (Figura 13).

Ad esse seguono *Aphelochaeta marioni* e *Ampharete acutifrons* che rappresentano, complessivamente, il 4 e il 3,4% dell'abbondanza totale.

Queste quattro specie rappresentano da sole quasi il 55% 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 149 specie (ossia 90,3% del totale) contribuiscono per meno dell'1% all'abbondanza totale. Inoltre il 19% circa delle specie è presente con un solo individuo.

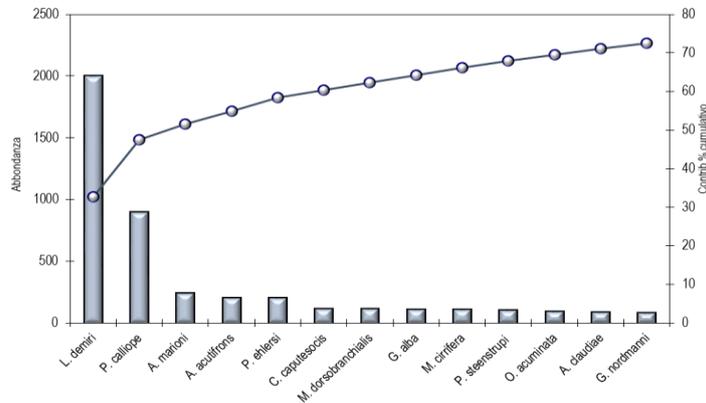


Figura 13 - Abbondanza totale e contributo percentuale cumulativo delle specie dominanti.

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 varia in un range compreso tra 45,13 (P19 MG12) e 69,6 % (P19 MG8).

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 60%.

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 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 dissimilarità tra stazioni sono abbastanza variabili. In due soli casi sono inferiori al 40% (P19 MG8 & P19 MG8; P19 MG7 & P19 MG10) e in soli 5 sono maggiori del 60% (P19 MG8 & P19 MG14; P19 MG7 & P19 MG14; P19 MG6 & P19 MG14; P19 MG8 & P19 MG12, P19 MG8 & P19 MG6). In tutti i restanti 59 casi la dissimilarità oscilla tra il 40 e il 60%.

Nel piano di ordinamento (Figura 14) le stazioni P19 MG7 e P19 MG8 sono localizzate nella parte sinistra del plot e sono contrapposte a P19 MG14 stazione in cui *P. calliope* e *L. demiri* mostrano i maggiori valori di abbondanza.

Nella parte centrale del plot si localizzano tutte le altre stazioni senza alcuna relazione con la loro posizione geografica.

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 biodetrito talvolta dominato da fibra vegetale, talvolta da sabbia o biodetrito conchifero.

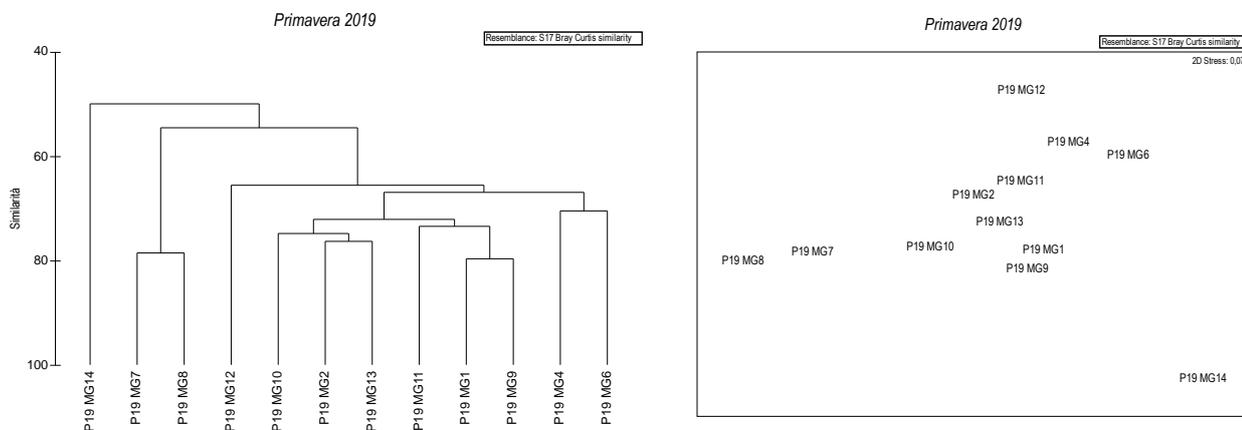


Figura 14 - Risultati della cluster analysis (group average) a sinistra, piano di ordinamento ottenuto dal n-MDS, a destra. La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Bray-Curtis.

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 P19 MG8 e minima in P19 MG14.

Il numero di specie non segue il pattern delle abbondanze e mostra valori più elevati presso il Terminale in P19 MG7e P19 MG12.

La diversità varia tra 3,34 (P19 MG8) e 4,48 (P19 MG12) con il picco in prossimità del Terminale dove si registra anche il picco di Ricchezza di Margalef (8,28).

Infine le stazioni P19 MG6, P19 MG12, P19 MG11 sono quelle con il più elevato valore di equitabilità.

Considerando le singole stazioni, l'andamento dei parametri non rispecchia la localizzazione delle stazioni.

Raggruppando quest'ultime in ragione della loro distanza del Terminale (MG6, MG7, MG12, MG13; MG4, MG8, MG11, MG14; MG 1, MG2, MG9, MG10) si osserva che tutti i parametri sono mediamente più elevati presso l'FSRU sebbene al momento la differenza non sia significativa.

**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 <sub>2</sub> )		d		J	
P19 MG1	29,00	± 2,94	92,75	± 31,43	3,80	± 0,41	6,25	± 0,72	0,78	± 0,09
P19 MG2	38,00	± 4,08	125,75	± 31,48	4,05	± 0,35	7,68	± 0,53	0,77	± 0,06
P19 MG4	34,75	± 5,74	109,25	± 46,67	4,08	± 0,23	7,23	± 0,81	0,80	± 0,05
P19 MG6	37,75	± 5,38	101,50	± 32,15	4,42	± 0,31	8,02	± 0,84	0,85	± 0,07
P19 MG7	43,00	± 5,60	207,50	± 40,54	3,71	± 0,44	7,91	± 1,08	0,68	± 0,06
P19 MG8	37,50	± 6,24	249,00	± 100,73	3,34	± 0,30	6,65	± 0,71	0,64	± 0,03
P19 MG9	31,00	± 6,48	107,50	± 27,43	3,83	± 0,34	6,41	± 1,08	0,78	± 0,04
P19 MG10	29,25	± 2,22	136,50	± 45,64	3,45	± 0,17	5,81	± 0,40	0,71	± 0,03
P19 MG11	38,25	± 4,72	115,75	± 29,64	4,26	± 0,20	7,86	± 0,67	0,81	± 0,02
P19 MG12	40,50	± 8,81	118,00	± 31,36	4,48	± 0,48	8,28	± 1,46	0,84	± 0,07
P19 MG13	32,75	± 4,03	114,75	± 22,20	3,67	± 0,45	6,74	± 0,97	0,73	± 0,07
P19 MG14	21,50	± 3,87	53,00	± 14,31	3,58	± 0,38	5,18	± 0,76	0,81	± 0,07

## 5.2.2 Bioaccumulo

### Metalli

Le concentrazioni nei mitili lungo il Terminale sono per lo più inferiori o paragonabili a quelle dei mitili al tempo "0" o al bianco. Solo l'Arsenico e il Cadmio mostrano 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 P19 espressi in mg/kg. Sono riportati i dati riferiti sia alla sostanza secca (s.s.) sia al peso fresco (p.f.) in accordo alla prescrizione 13 delle Determinazioni 2990 DVA R.D.R 0000100.04-04-2017 e 3337 DVA R.D.R 0000277.28-09-2017.

	Tempo zero		Stazione A		Stazione B		Stazione C		Stazione D		Stazione E (Bianco Gorgona)	
	s.s.	p.f.	s.s.	p.f.								
Arsenico	3,59	0,72	4,08	0,82	4,39	0,88	3,71	0,74	3,73	0,75	2,51	0,50
Bario	3,26	0,65	1,89	0,38	1,78	0,36	< 1,2	-	< 1,2	-	1,61	0,32
Cadmio	0,253	0,05	0,514	0,10	0,397	0,10	0,366	0,08	0,386	0,07	0,269	0,08
Cromo totale	1,76	0,35	< 1,2	-	< 1,2	-	< 1,2	-	< 1,2	-	1,60	0,32
Rame	6,02	1,20	4,46	0,89	4,10	0,82	4,31	0,86	4,38	0,88	4,31	0,86
Ferro	364,95	72,99	93,88	18,78	78,32	15,66	74,69	14,94	73,59	14,72	68,05	13,61
Manganese	13,52	2,70	< 12,5	-	< 12,5	-	< 12,5	-	< 12,5	-	< 12,5	-
Mercurio	0,102	0,02	0,126	0,03	0,106	0,02	0,090	0,02	0,100	0,02	0,100	0,02
Nichel	< 1,2	-	< 1,2	-	< 1,2	-	< 1,2	-	< 1,2	-	< 1,2	-
Piombo	2,72	0,54	2,62	0,52	2,17	0,43	2,40	0,48	3,17	0,63	2,78	0,56
Vanadio	1,63	0,33	< 1,2	-	< 1,2	-	< 1,2	-	< 1,2	-	< 1,2	-
Zinco	170,13	34,03	162,68	32,54	141,63	28,33	161,76	32,35	179,76	35,95	185,41	37,08

**Idrocarburi totali**

Nella **Tabella 22** sono riportati i risultati ottenuti dalla ricerca degli idrocarburi (C<10 e C10-C40). Si rileva incremento di Idrocarburi C10-C40 in 3 siti su quattro.

<b>Tabella 22</b> - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna P19, 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 (µg/kg)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Idrocarburi C10-C40 (mg/kg)	10,35	19,76	13,13	21,86	< 5	8,1

**IPA e composti organo stannici**

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

<b>Tabella 23</b> - Concentrazione degli IPA e dei composti organostannici presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna P19, 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	0,002	0,005	0,003	0,004	0,003	0,004
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**

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

<b>Tabella 24</b> - Concentrazione degli cloroderivati presenti nei campioni di mitili. I dati relativi alla campagna P19 sono espressi in µg/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.						
	Tempo zero	Stazione A Pos. 1	Stazione B Pos. 2	Stazione C Pos. 3	Stazione D Pos. 4	Stazione E (Bianco Gorgona)
<b>Acidi Aloacetici</b>						
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 Bromochloroacetico	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Acido Dichloroacetico	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Acido Trichloroacetico	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Acido Monochloroacetico	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Acido Clorodibromoacetico	<5	<5	<5	<5	<5	<5
<b>Fenoli</b>						
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
<b>V.O.C.</b>						
1,1,1-Tricloroetano	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,33	< 0,2

**Tabella 24** - Concentrazione degli cloroderivati presenti nei campioni di mitili. I dati relativi alla campagna P19 sono espressi in  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . 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)
1,1,2-Tricloroetano	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
1,2,3-Tricloropropano	< 0,6	< 0,6	< 0,6	< 0,6	< 0,6	< 0,6
1,2-Dibromoetano	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25
Bromodichlorometano	< 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
Cloroformio	< 0,2	< 0,2	0,81	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Dibromoclorometano	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Dicloroacetoneitrile	< 0,8	< 0,8	< 0,8	< 0,8	< 0,8	< 0,8
Tetracloroetilene	0,39	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15
Tetracloruro di carbonio	< 0,2	< 0,2	0,94	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Tricloroacetoneitrile	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Tricloroetilene	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25

### 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 P19, 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)

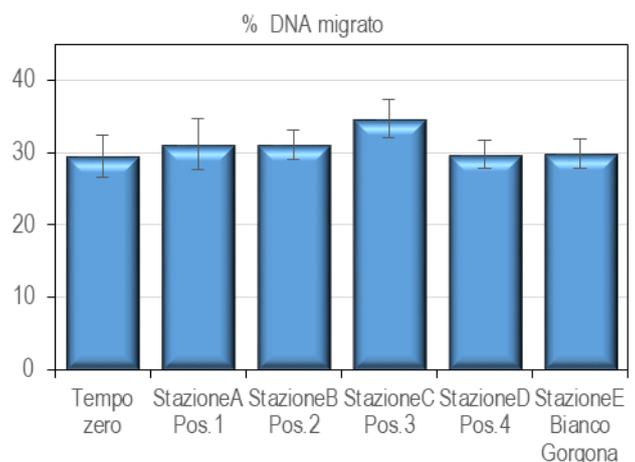
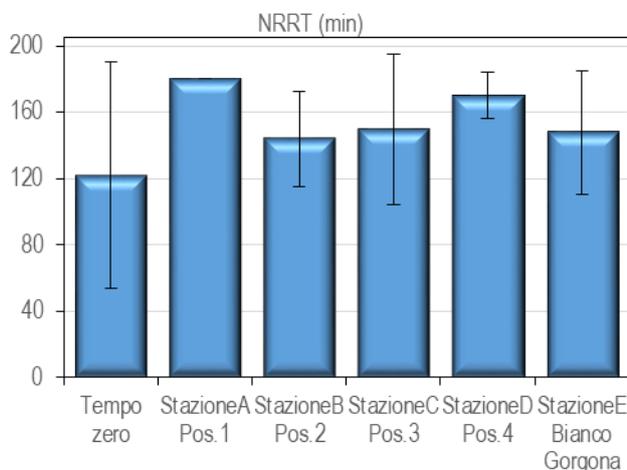
Dalla valutazione de Neutral Red Retention Time non è emersa alcuna differenza significative tra i mitili di controllo (Stazione E – Gorgona) e quelli posizionati lungo le 4 stazioni di monitoraggio del Terminale FSRU (**Figura 15**).

#### Comet Assay

La misura dell'integrità del DNA ha fornito dati omogenei. Solo il campione prelevato dalla stazione C del Terminale FSRU ha mostrato una livello di integrità leggermente ma significativamente (da un punto di vista statistico) inferiore a quello dei controlli (stazione E, Gorgona) (**Figura 16**).

#### Analisi istologica del tessuto branchiale.

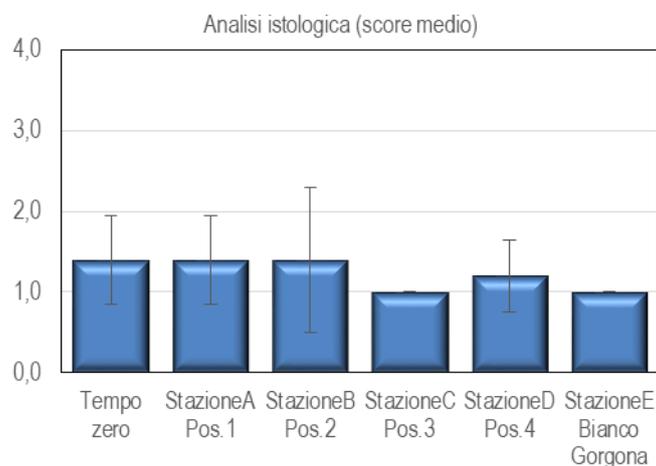
L'analisi istologica del tessuto branchiale e il confronto statistico dei risultati ha mostrato che nessun campione di mitili del Terminale FSRU ha mostrato un livello di integrità minore di quello dei controlli mitili di controllo (**Figura 17, Tabella 26**).


**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 2019.

**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 2019.

**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 2019.

Stazione	I	II	III	IV	V
Mitili tempo zero	1	1	2	2	1
Stazione A (Pos. 1)	1	2	1	1	2
Stazione B (Pos. 2)	1	1	1	3	1
Stazione C (Pos. 3)	1	1	1	1	1
Stazione D (Pos. 4)	1	1	1	1	2
Stazione E (Bianco Gorgona)	1	1	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 2019.

Dai risultati analitici ottenuti sui campioni forniti, relativi alla campagna primaverile 2019 (P-19), emerge che una sola stazione del Terminale FSRU (C- Pos. 3) si è discostata, in senso peggiorativo, dai valori dei controlli per uno solo dei tre biomarker indagati, sebbene le alterazioni osservate siano risultate di grado moderato. Da questi dati si può dedurre una sostanziale assenza di impatto del Terminale FSRU nel periodo di riferimento.

#### 5.2.4 Cetacei e tartarughe marine

Per questa indagine sono state percorse 293 nm per un totale di 50,1h di navigazione. Nella seguente figura sono riportate le rotte percorse per il monitoraggio visivo condotto a partire da Primavera 2019 (P19). Non sono stati effettuati avvistamenti di cetacei o tartarughe (Figura 18).

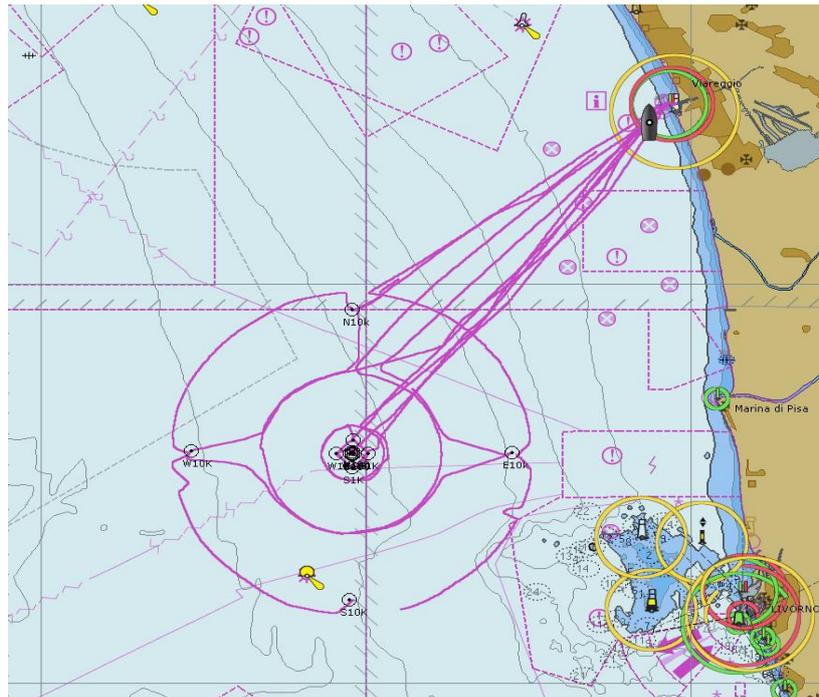


Figura 18 - Rotte effettuate per il monitoraggio visivo, acustico e bioacustico condotto in primavera 2019 (P19).

### 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 (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 Nord (quella di maggior interesse per la presente campagna).

Le quattro figure seguenti (Figura 19, Figura 20, Figura 21, Figura 22) riportano i livelli PSDf misurati a 100m rispettivamente alle stazioni Nord, Est, Sud e Ovest. In tutti i casi, i livelli sono attorno agli 90-110 dB re 1uPa<sup>2</sup>/Hz per frequenze sotto ai 250 Hz e scendono fino ai 40-60 dB re 1uPa<sup>2</sup>/Hz alle alte frequenze. Sono presenti picchi di livello alle frequenze di ~85Hz, ~315 Hz, ~630 Hz, ~900 Hz e ~1260 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.

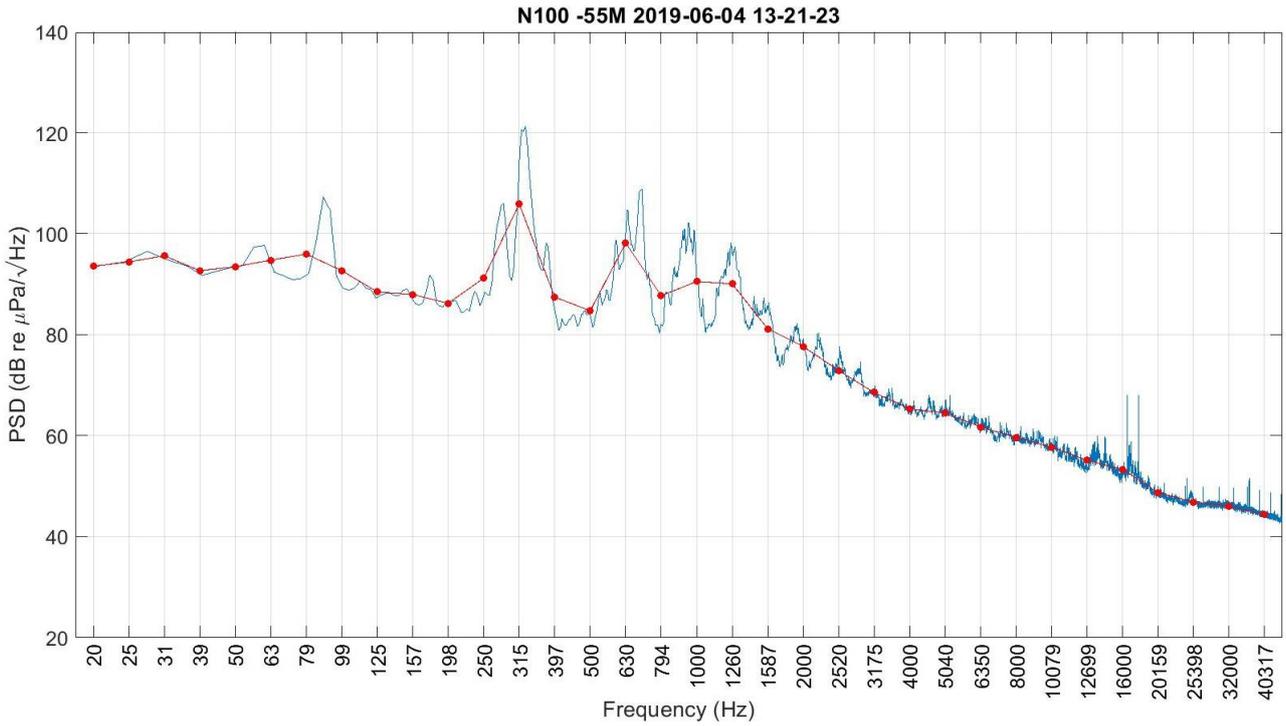


Figura 19 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N100 a 55m di profondità.

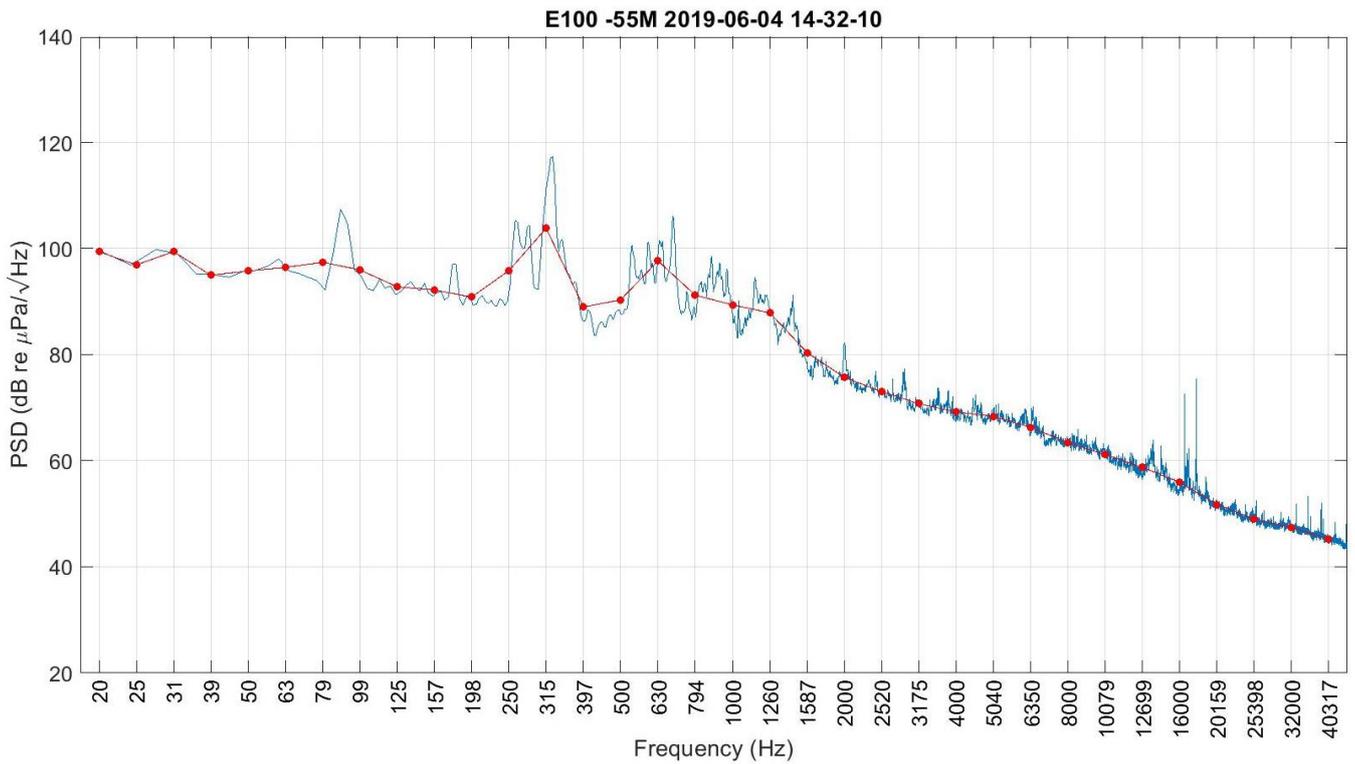
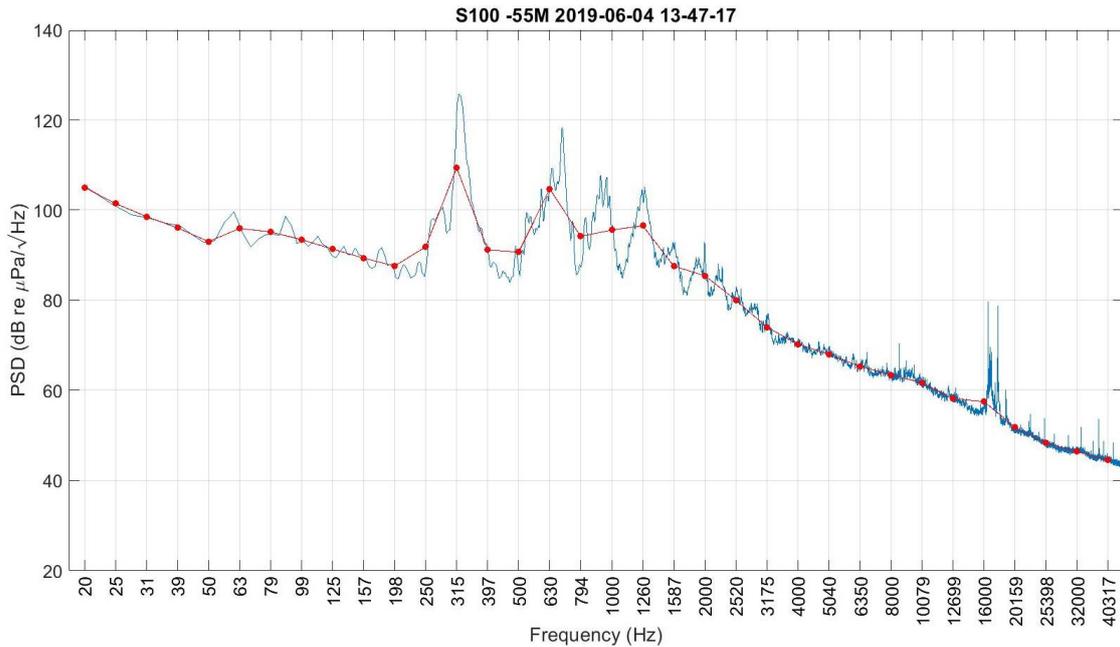
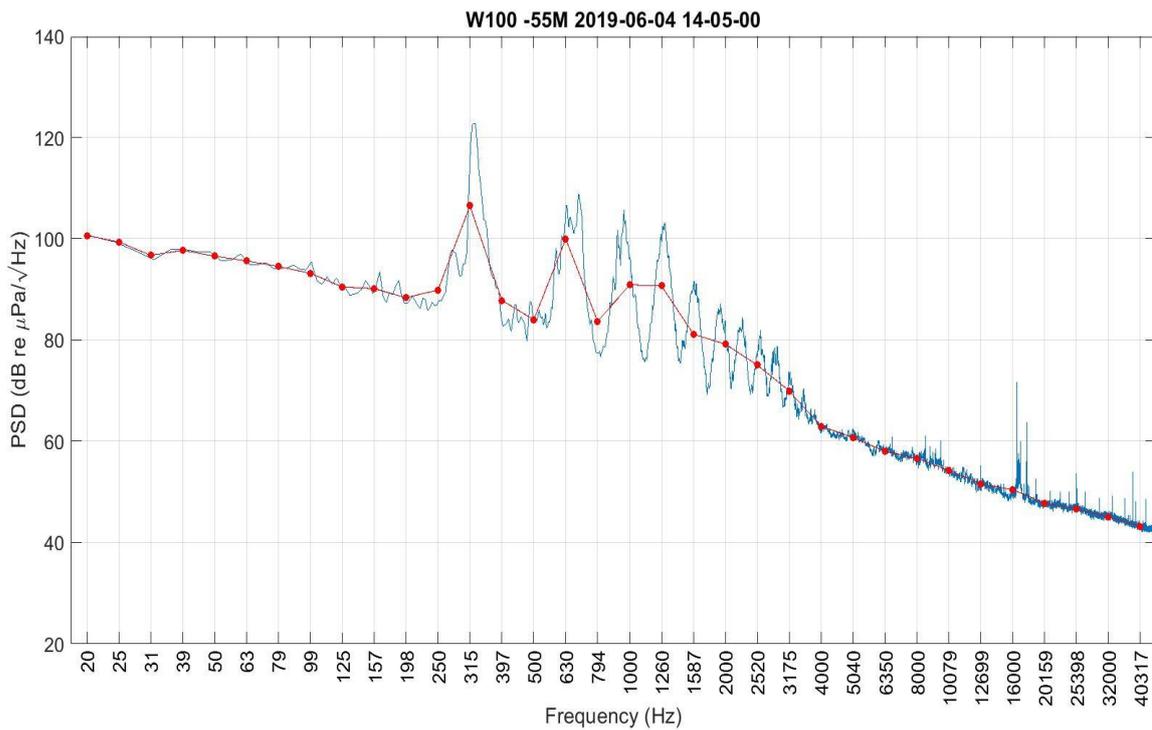


Figura 20 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto E100 a 55 m di profondità.



**Figura 21**- PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S100 a 55 m 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 100m per le quattro stazioni di riferimento. I valori sono molto simili. La stazione Sud presenta livelli più alti tra i 300 e i 5000 Hz di frequenza.

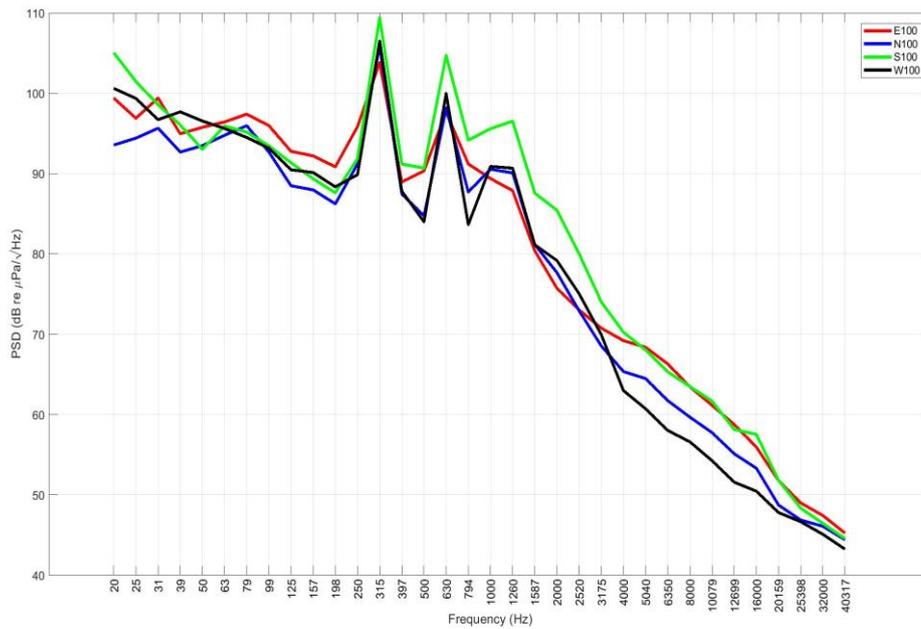


Figura 23 - Confronto dei livelli in terzi d'ottava misurati a distanza di 100 m a 55m di profondità.

Le seguenti figure (**Figura 24**, **Figura 25**) 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 circa 90 dB re 1uPa<sup>2</sup>/Hz a frequenze basse (20 - 200 Hz) e scendono fino ai 40-60 dB re 1uPa<sup>2</sup>/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 25** i livelli scendono dai 120 dB re 1uPa<sup>2</sup>/Hz fino a circa 80 dB re 1uPa<sup>2</sup>/Hz a frequenze basse (da 20 a 200 Hz) e scendono fino ai 40-60 dB re 1uPa<sup>2</sup>/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.

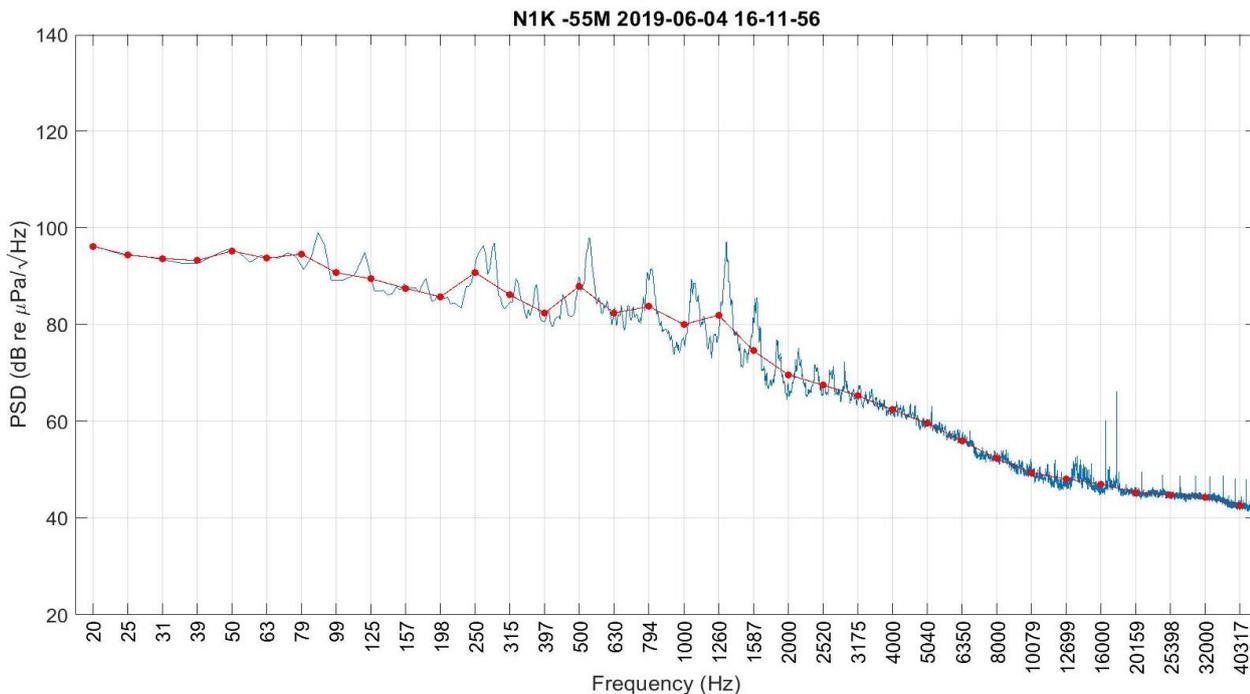


Figura 24 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N1K a 55m di profondità.

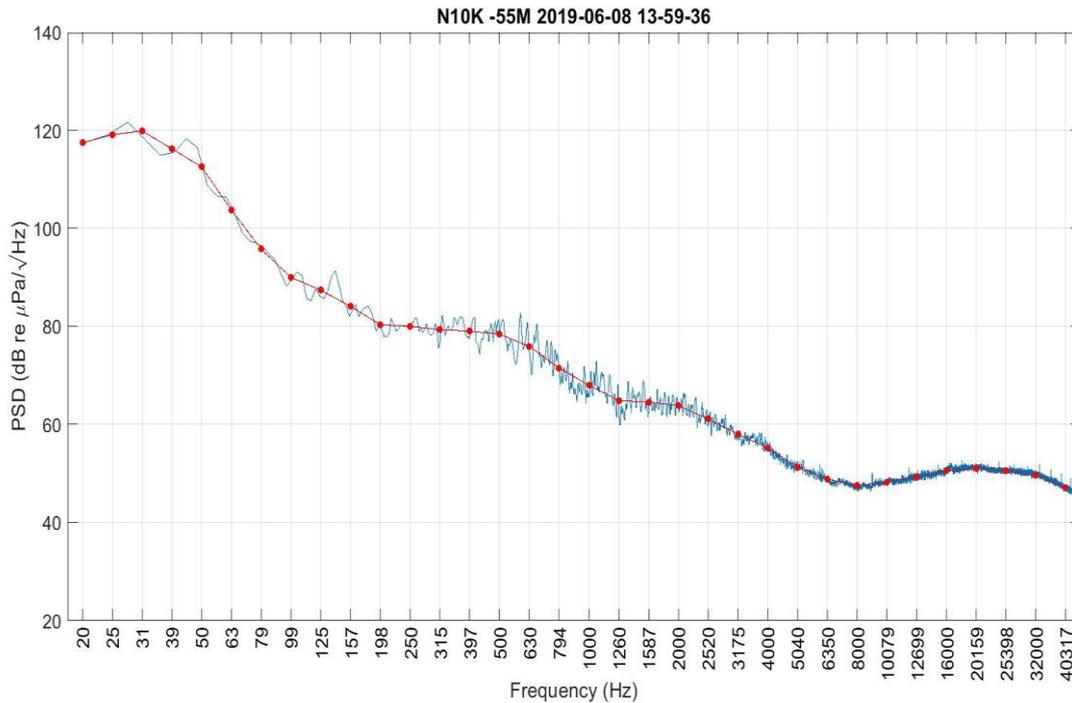


Figura 25 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N10K a 45m di profondità.

Nella **Figura 26** sono riportati i valori PDSf in terzi d'ottava lungo la direzione Nord. Si può notare che i livelli a frequenze < 100 Hz sono più alti a 10000 m dal terminale, mentre i livelli a frequenze > 250 Hz decrescono in funzione della distanza. La stazione N100 risulta più rumorosa tra i 250 e i 20000 Hz.

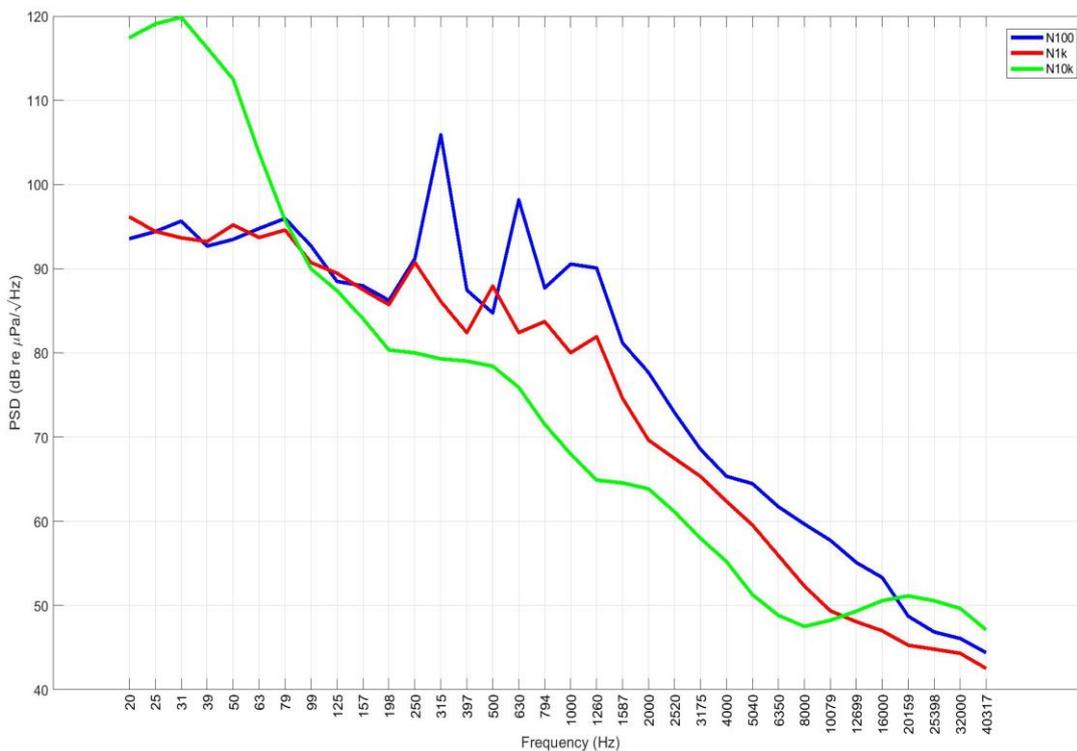


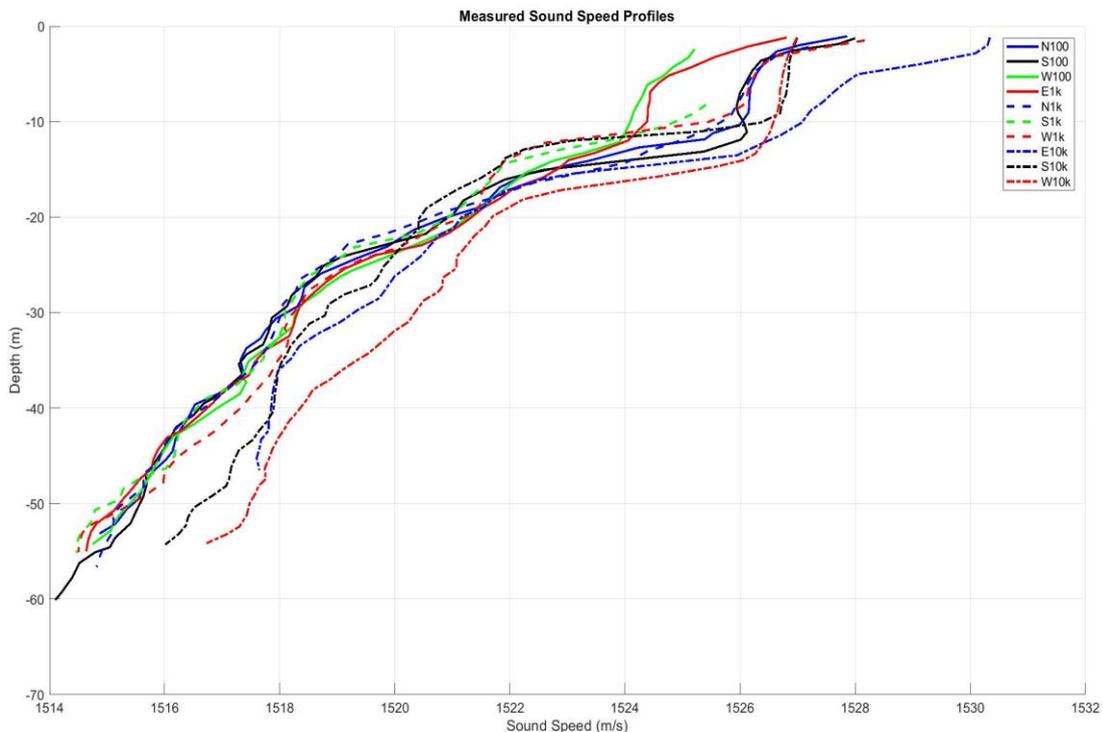
Figura 26 - Confronto dei livelli in terzi d'ottava misurati a 55m di profondità lungo la direzione Sud.

### 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. Si nota la presenza di un termoclino (la cui profondità varia da stazione a stazione).



**Figura 27** - Profili di velocità del suono misurati con CTD a differenti stazioni durante la campagna P19.

### 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.

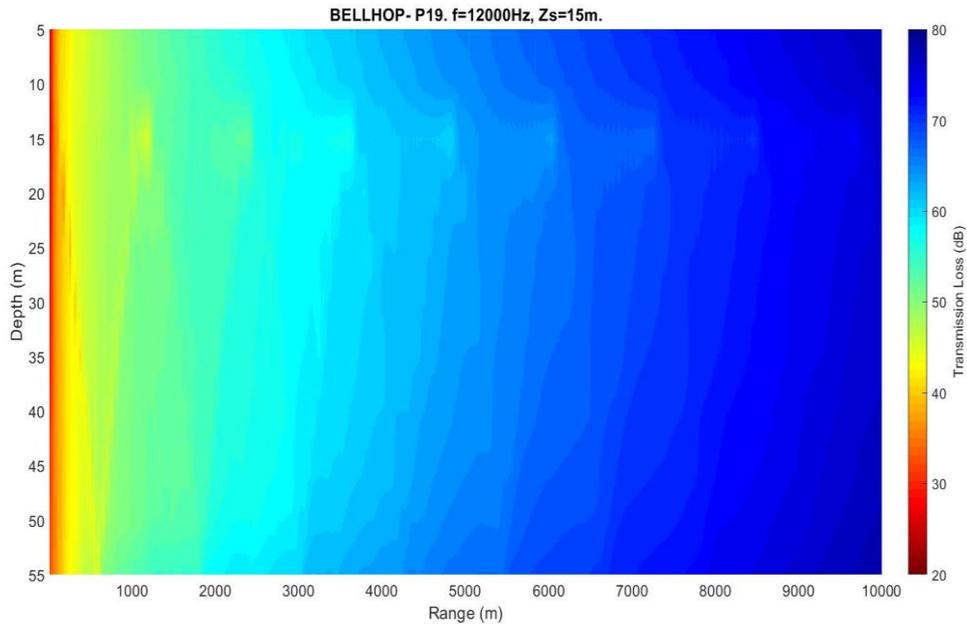


Figura 28 - Simulazione della Transmission Loss TL alla frequenza di 12 kHz in direzione Nord.

Oltre i 5000m di distanza l'attenuazione del suono modellata è di circe 60 dB.

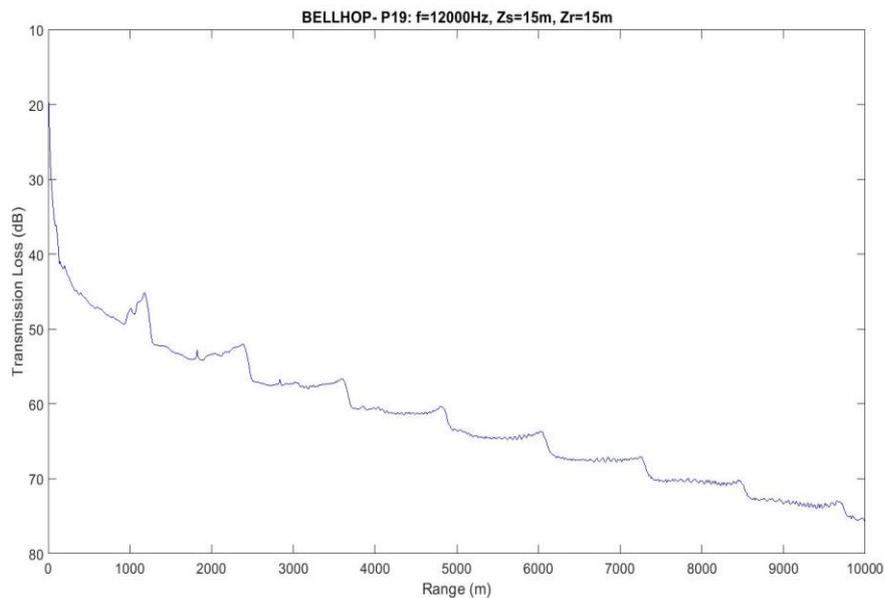


Figura 29 - Trasmission Loss prevista dal modello in funzione della distanza alla profondità di 15 metri.

La caduta di livello del rumore predetta dal modello tra le stazioni N100 e N1K a 15 metri di profondità è di circa 10 dB. Nel confronto con i livelli misurati fra le stazioni N100 e N1K abbiamo una differenza di circe 8 dB (alla frequenza di 12 kHz). C'è un'ottima rispondenza del modello ai dati sperimentali considerando che le misure nelle le due stazioni non sono contemporanee. La caduta di livello predetta dal modello a 100 metri dalla sorgente, a 15 metri di profondità per una frequenza di 12kHz, è di circa 42 dB.

### 5.3.2 Bioacustica

Durante la campagna di P19 non sono stati effettuati avvistamenti di mammiferi marini e pertanto non sono state effettuate registrazioni di vocalizzazioni.

## 6 RISULTATI SURVEY ESTATE 2019

### 6.1 COLONNA D'ACQUA

#### 6.1.1 Profili idrologici

Nel survey condotto in estate 2019, i profili di **temperatura** (Figura 30) mostrano un evidente termoclino posto a circa 35m di profondità in accordo con le caratteristiche tipiche del periodo estivo. Questo strato d'acqua superficiale rimescolato esibisce valori intorno a 24,5°C che diminuiscono gradualmente fino a circa 14,5°C intorno agli 80m di profondità, per poi mantenersi pressochè costanti fino al fondo, tendendo ad una temperatura di 13,5°C.

La **salinità** esibisce valori intorno a 38,12-38,22 ppt dalla superficie fino a 20m. Dopo aver raggiunto un punto di minimo equivalente a 37,92 ppt, sul fondo mostra un leggero aumento e una maggiore eterogeneità, raggiungendo un valore di 38,23 ppt.

Il **pH** presenta valori omogenei su tutta la colonna d'acqua oscillando intorno ai valori 7,98-8,16.

In tutte le stazioni campionate, la torbidità esibisce valori bassi e omogenei nell'area di indagine intorno a 0,2 NTU con un lieve aumento a 1,5 NTU negli ultimi 15m dal fondo. I profili di **ossigeno disciolto** (Figura 31) presentano valori intorno a 102% nei primi 10m di profondità per poi aumentare e raggiungere il massimo valore intorno a 104% a 22m e da qui diminuire gradualmente fino ad arrivare a 81 % 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 200 mV.

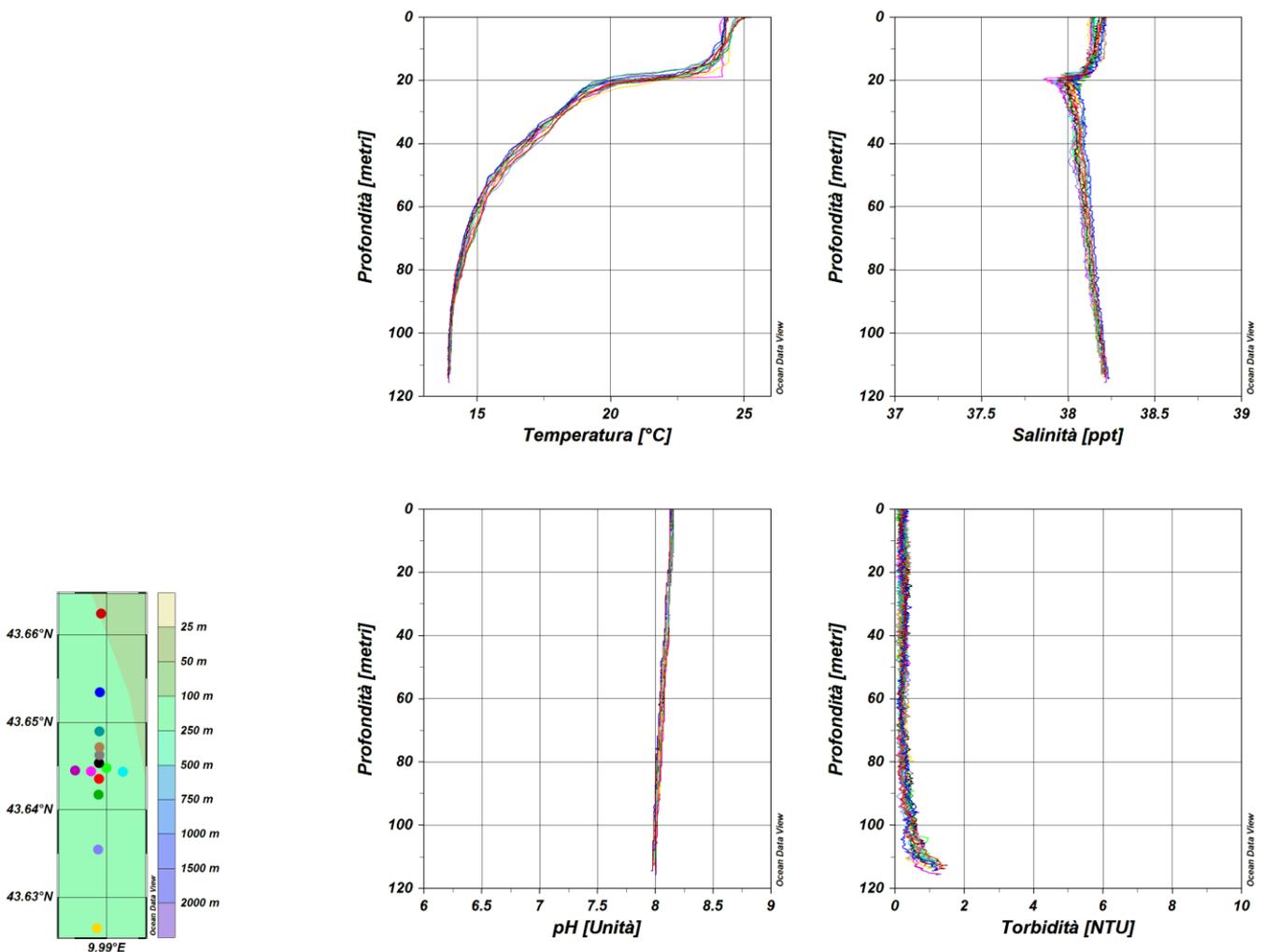


Figura 30 – Profili di temperatura (°C), salinità (ppt), pH e torbidità (NTU); survey estate 2019.

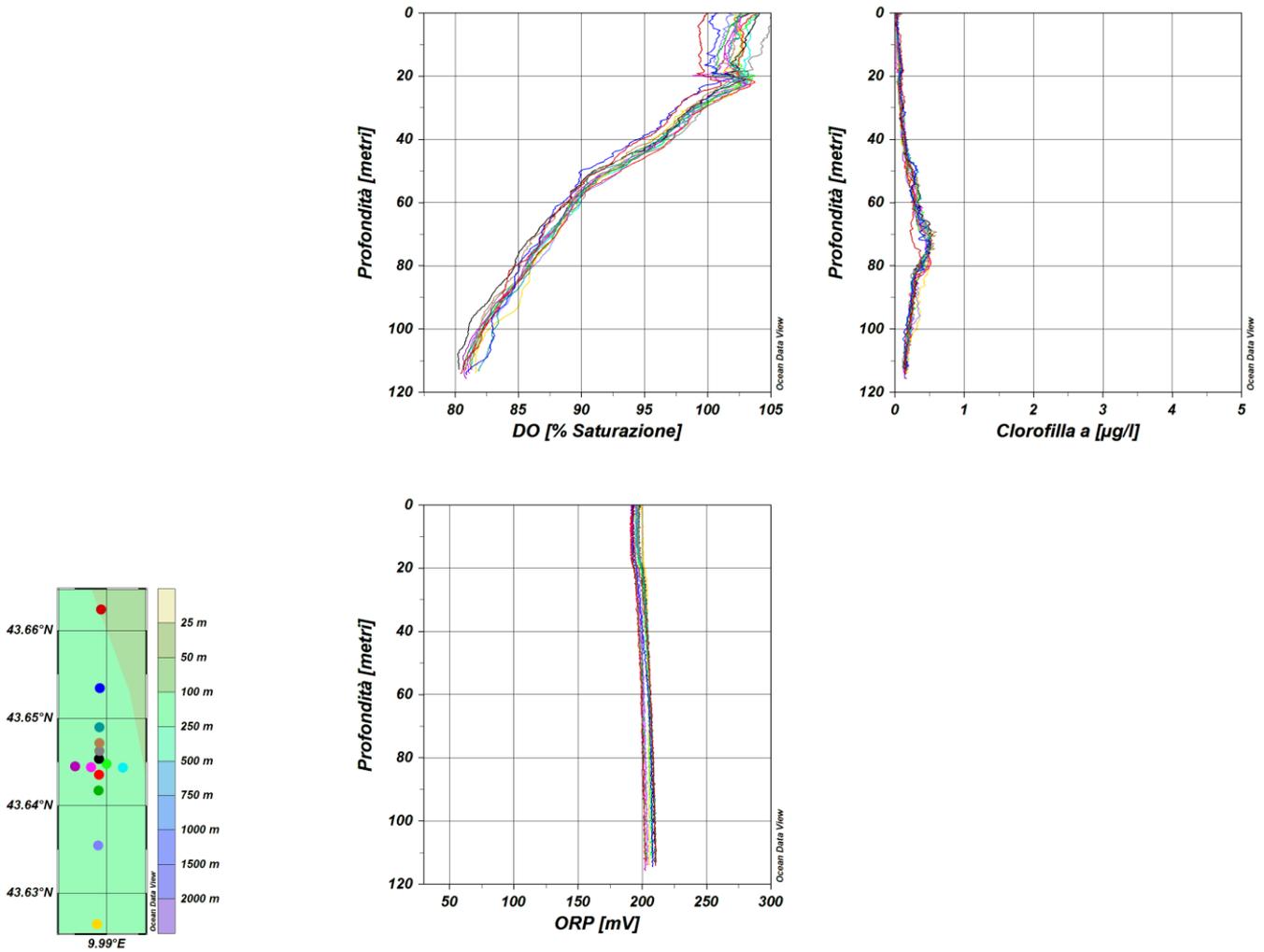


Figura 31 – Profili di ossigeno disciolto (% saturazione), clorofilla (µg/l), e potenziale di ossidoriduzione (mV); survey estate 2019.

**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 in E19 MG7 e E19 MG10, in cui la profondità della zona eufotica ( $Z_{eu}$ ) è rispettivamente 68,5 m e 62 m.

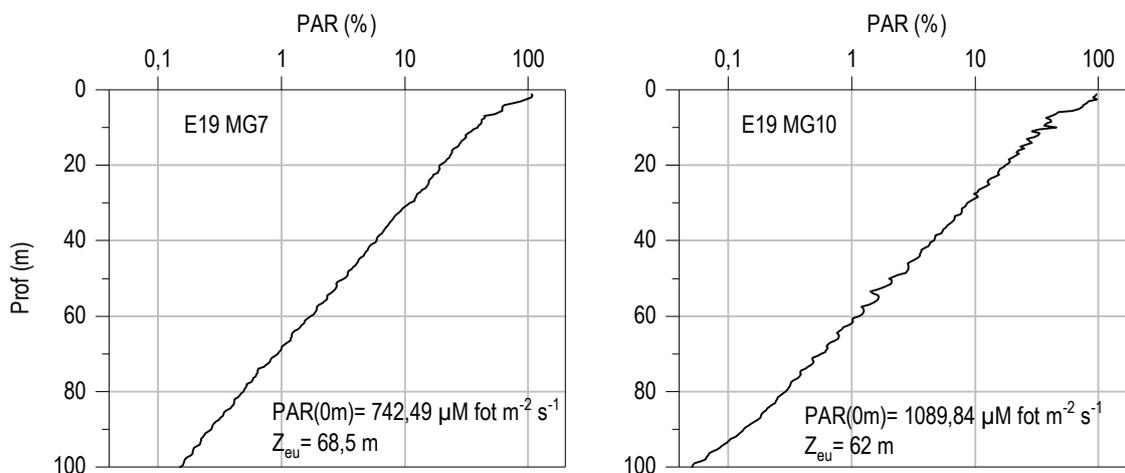
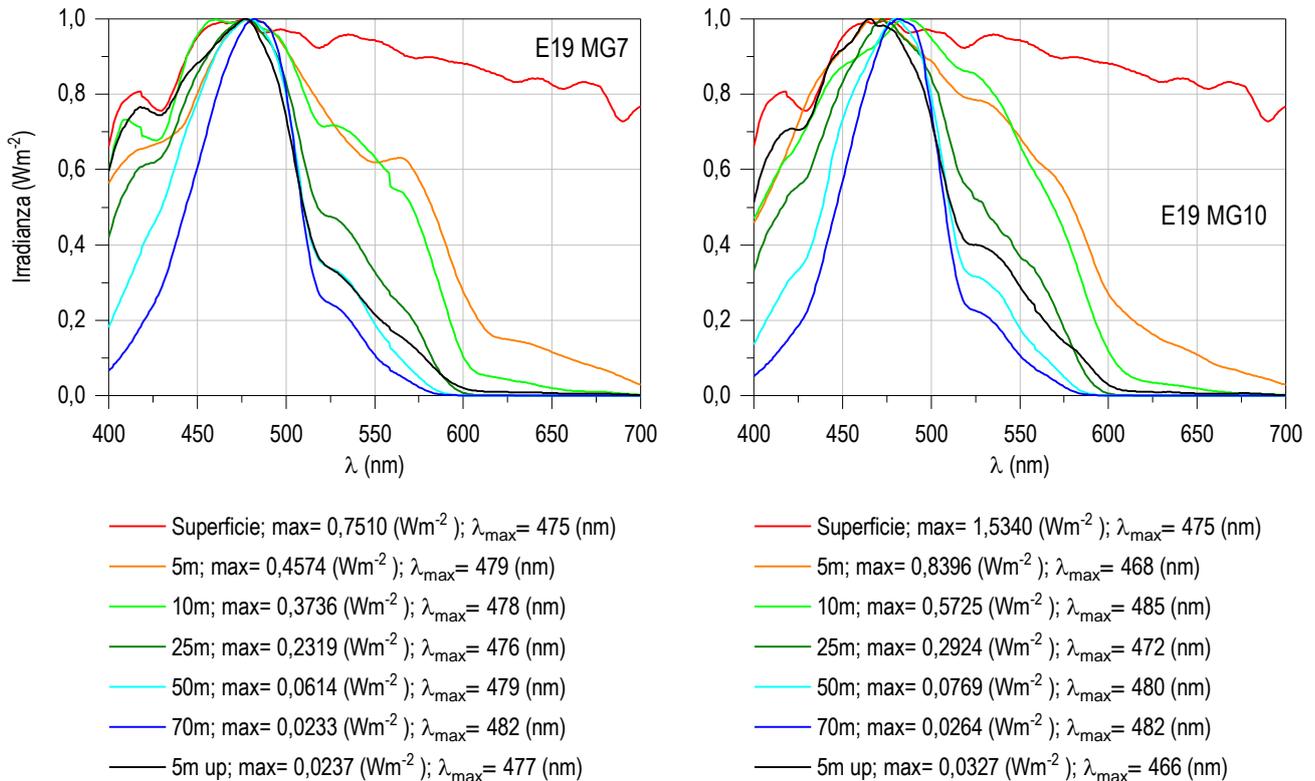


Figura 32 - Profilo del rapporto fra l'irradianza quantica PAR (Photosynthetic Available Radiation) disponibile alle varie profondità con quella contemporanea in superficie, PAR (0 m), nelle stazioni E19 MG7 e E19 MG10.

La variazione generale è compresa tra un minimo di 58m (E19MG6) e un massimo di 68,5m (E19 MG7). L'intervallo è comparabile a quelli rilevati nelle precedenti campagne estive.



**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 ( $\lambda_{\max}$ ).

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 E19 MG7 e E19 MG10. I massimi ( $\lambda_{\max}$ ) degli spettri dell'irradianza discendente si collocano nel range di lunghezze d'onda comprese fra 468 e 485 nm. La radiazione che raggiunge la maggior profondità, ovvero quella più penetrante ( $\lambda_{\max}$  a 70 m), si trova a 482 nm in entrambe le stazioni. Non si evidenziano anomalie.

### 6.1.1 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche

#### Nutrienti inorganici disciolti

In **Tabella 27** sono riportate le concentrazioni di nitriti ( $\text{NO}_2$ ), nitrati ( $\text{NO}_3$ ), ortofosfati ( $\text{PO}_4$ ), silicati ( $\text{SiO}_2$ ), rilevate nelle 8 stazioni campionate.

In generale la distribuzione dei nutrienti inorganici (**Figura 34**) è piuttosto omogenea lungo la colonna d'acqua, con aumento più o meno consistente a 70 m. Le concentrazioni sono in linea con quanto osservato nella stagione estiva degli anni precedenti.

Le medie generali per tutta la campagna sono:  $\text{SiO}_2$  0,921  $\mu\text{M}$ ,  $\text{PO}_4$  0,087  $\mu\text{M}$ ,  $\text{NO}_2$  0,139  $\mu\text{M}$  e  $\text{NO}_3$  0,278  $\mu\text{M}$ .

Alcune stazioni si discostano dall'andamento generale e presentano concentrazioni più alte in superficie o a 25 m, come è il caso dei nitriti alla stazione E19 MG3 e E19 MG10 o per i nitrati alla stazione E19 MG13.

Esaminando in dettaglio, i nitriti oscillano intorno al valore medio di 0,139  $\mu\text{M}$ . Sono evidenti concentrazioni più elevate a 50 m nelle stazioni E19 MG10 e E19 MG13. I nitrati oscillano generalmente tra 0,032 e 0,55  $\mu\text{M}$  circa, con l'eccezione di valori maggiori in E19 MG13 (fino a 0,85  $\mu\text{M}$ ) e in superficie in E19 MG7 (0,75  $\mu\text{M}$ ).

I fosfati variano tra il minimo di 0,030 e il massimo di 0,212, con media di 0,087, in modo piuttosto uniforme nelle varie profondità. Da notare i due valori massimi a 70 m delle stazioni E19 MG7 (0,177  $\mu\text{M}$ ) e E19 MG10 (0,212  $\mu\text{M}$ )

I silicati sono molto omogenei fino a 50 m e poi si assiste all'incremento dei 70 m, soprattutto alle stazioni E19 MG3. La stazione E19 MG3 risulta quella con le concentrazioni più alte della campagna.

Tabella 27 - Concentrazioni ( $\mu\text{M}$ ) dei nutrienti inorganici disciolti.											
Stazione	Prof. m	SiO <sub>2</sub>	PO <sub>4</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	Stazione	Prof. m	SiO <sub>2</sub>	PO <sub>4</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>
E19 MG3	0,5	1,027	0,050	0,116	0,148	E19 MG9	0,5	1,020	0,090	0,256	0,089
	12,5	1,035	0,050	0,148	0,032		12,5	1,057	0,171	0,100	0,331
	50	0,992	0,032	0,073	0,176		50	0,843	0,043	0,105	0,155
	70	1,615	0,052	0,246	0,348		70	1,081	0,082	0,223	0,522
E19 MG5	0,5	0,903	0,050	0,098	0,149	E19 MG10	0,5	0,892	0,040	0,076	0,134
	12,5	0,903	0,073	0,062	0,114		12,5	0,877	0,086	0,068	0,106
	50	0,718	0,030	0,087	0,117		50	0,730	0,069	0,278	0,106
	70	1,493	0,040	0,226	0,367		70	1,048	0,212	0,262	0,520
E19 MG6	0,5	0,718	0,079	0,054	0,124	E19 MG12	0,5	0,757	0,135	0,224	0,214
	12,5	0,772	0,035	0,110	0,072		12,5	0,753	0,107	0,079	0,185
	50	0,739	0,071	0,052	0,221		50	0,801	0,085	0,050	0,257
	70	0,867	0,035	0,050	0,186		70	0,861	0,090	0,168	0,302
E19 MG7	0,5	0,803	0,117	0,129	0,752	E19 MG13	0,5	0,779	0,113	0,057	0,851
	12,5	0,778	0,121	0,159	0,258		12,5	0,761	0,114	0,043	0,547
	50	0,734	0,101	0,049	0,238		50	0,755	0,126	0,215	0,545
	70	1,122	0,177	0,323	0,326		70	1,241	0,091	0,262	0,392

#### Solidi sospesi (Total Suspended Matter)

Le concentrazioni di TSM in tutte le stazioni sono riportate in **Tabella 28**. Il valore medio generale è 0,919 mg/l ( $\pm$  0,6), il minimo è 0,346 mg/l in E19 MG6 a 50m ed il massimo è 3,168 mg/l in E19 MG7 a 70m.

Tabella 28 - Concentrazioni (mg/l) dei solidi sospesi (TSM).				
Prof. m	Stazione	TSM (mg/l)	Stazione	TSM (mg/l)
0,5	E19 MG3	1,5228	E19 MG9	0,8065
12,5		0,7023		0,7655
50		0,5640		0,5730
70		1,9385		1,0040
0,5	E19 MG5	2,4113	E19 MG10	1,3348
12,5		0,6725		1,1848
50		0,4168		0,6300
70		0,9222		0,8150
0,5	E19 MG6	0,6866	E19 MG12	0,7443
12,5		0,6333		0,6423
50		0,3458		0,5353
70		0,5336		0,5583
0,5	E19 MG7	0,8763	E19 MG13	0,9306
12,5		0,7363		0,6858
50		0,7293		0,5136
70		3,1683		0,8166

I profili batimetrici di TSM (**Figura 35**) mostrano alcuni massimi in superficie (E19 MG5, E19 MG3) o a 70m (E19 MG7, E19 MG3) e leggera diminuzione verso i 50m.

La concentrazione della frazione organica del TSM (POM) è in media 0,373 mg/l ( $\pm$  0,109) con minimo di 0,212 mg/l in E19 MG5 50m e massimo di circa 0,7 mg/l in E19 MG3 70m. I profili batimetrici del POM (**Figura 35**) presentano, per la maggior parte delle stazioni, concentrazioni massime tra 0,5 e 12,5 m (E19 MG7 presenta il massimo a 70 m) e minimi tra 50 e 70 m (E19 MG7 ed E19 MG9 minimo a 12,5m). La frazione organica particellata rappresenta in media il 46,45 % del TSM con minimo del 20,17 % in E19 MG7 70 m e massimo di 72,53 % in E19 MG6 50 m.

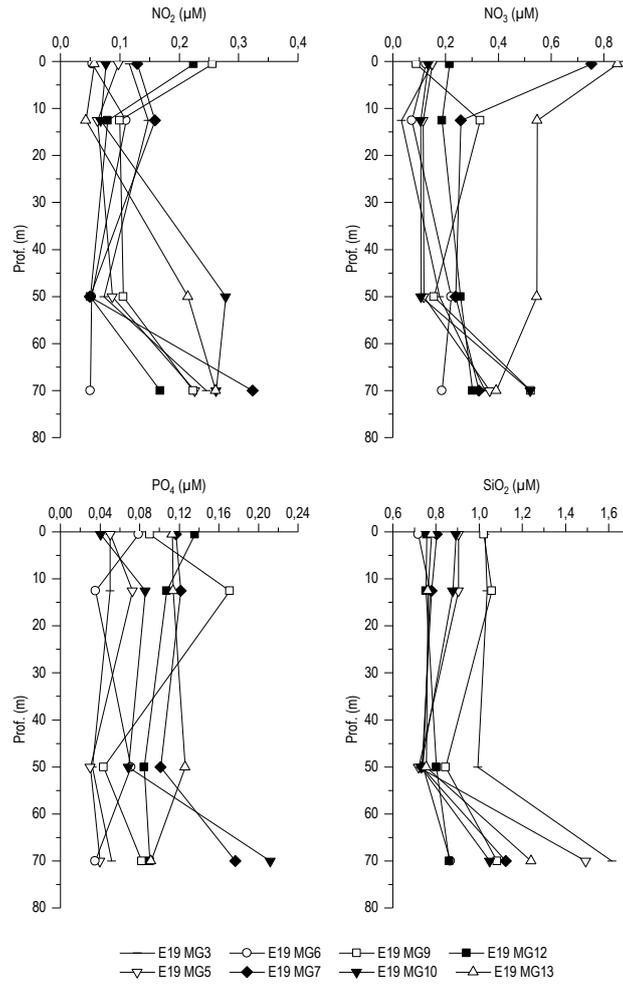


Figura 34 - Profili delle concentrazioni ( $\mu\text{M}$ ) dei nutrienti inorganici disciolti:  $\text{NO}_2$  (nitriti),  $\text{NO}_3$  (nitrati),  $\text{PO}_4$  (fosfati),  $\text{SiO}_2$  (silicati).

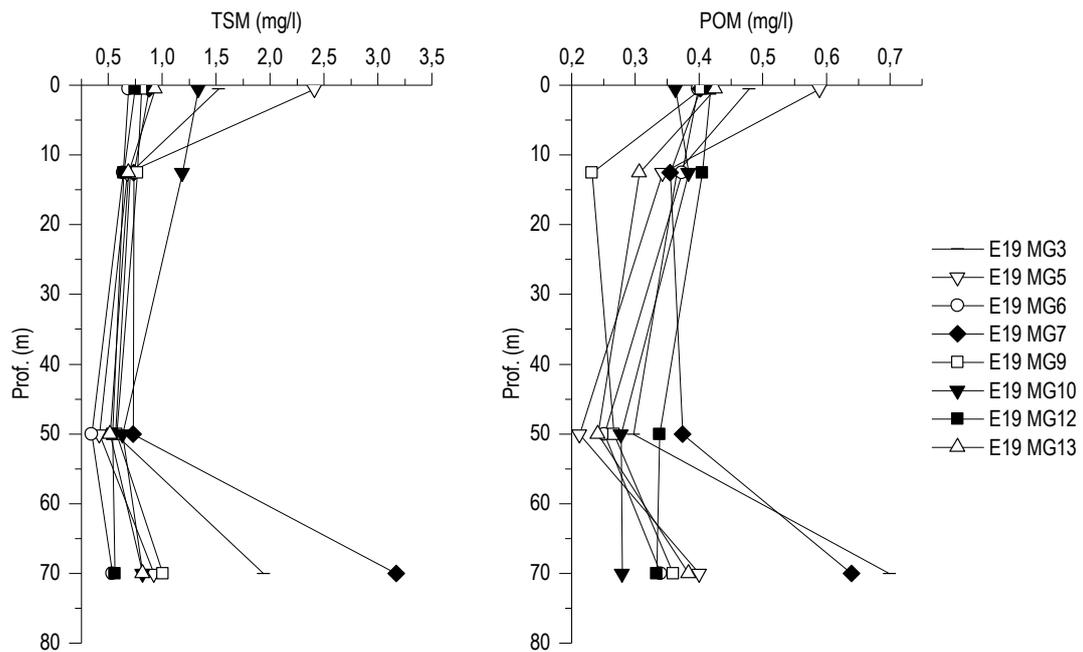
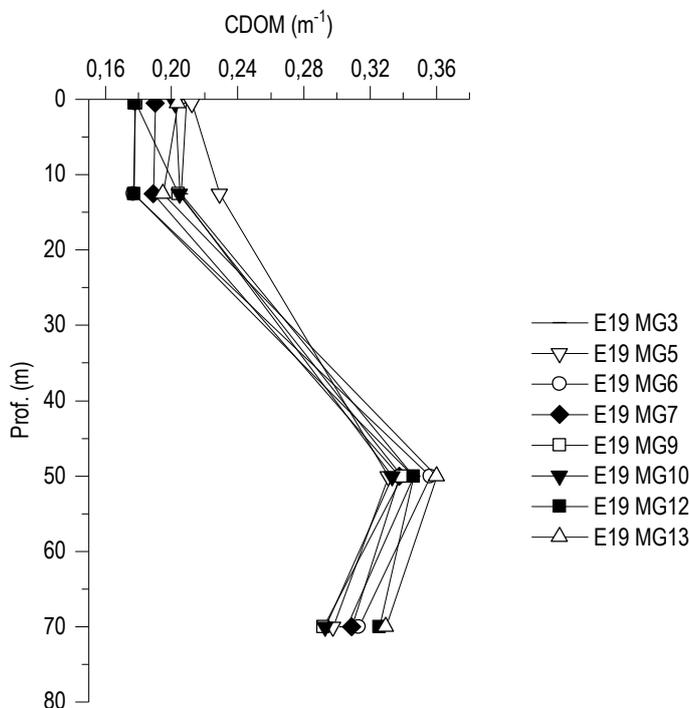
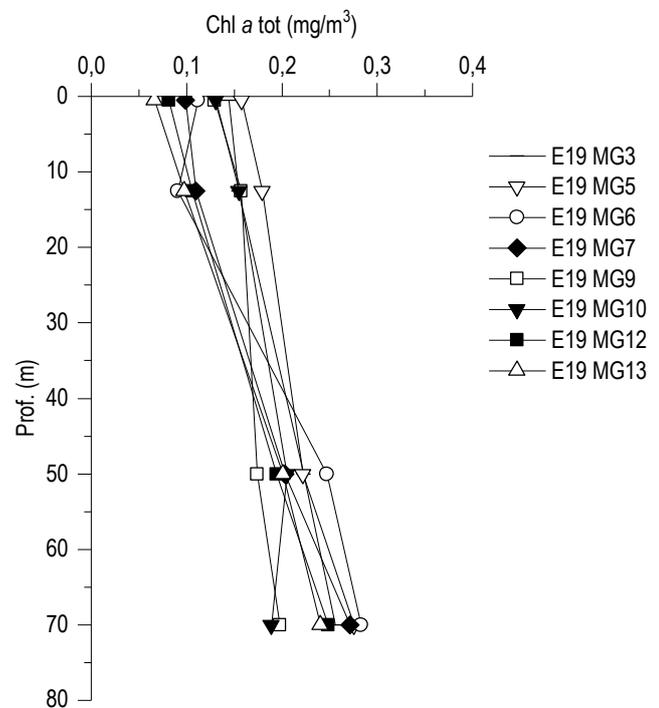


Figura 35 - Profili delle concentrazioni ( $\text{mg/l}$ ) dei solidi sospesi (TSM) e delle concentrazioni di particolato organico (POM).

**Sostanza Organica Disciolta Cromoforica (CDOM)**

Gli assorbimenti della CDOM a 325 nm  $a_{CDOM(325)}$  presentano un andamento sovrapponibile tra tutte le stazioni. Sono in media  $0,261\text{m}^{-1}$  ( $\pm 0,068$ ) e variano da un minimo di  $0,177\text{ m}^{-1}$  in E19 MG6 12,5m ad un massimo di  $0,36\text{ m}^{-1}$  in E19 MG13 50 m (Tabella 29). I profili batimetrici (Figura 36) presentano massimi a 50 m e minimi tra la superficie e 12,5m.

Tabella 29 - Assorbimento ( $\text{m}^{-1}$ ) della CDOM alla lunghezza d'onda di 325 nm				
Prof. m	Stazione	$a_{CDOM(325)}\text{ m}^{-1}$	Stazione	$a_{CDOM(325)}\text{ m}^{-1}$
0,5	E19 MG3	0,2086	E19 MG9	0,1784
12,5		0,2056		0,2042
50		0,3461		0,3391
70		0,3056		0,2915
0,5	E19 MG5	0,2122	E19 MG10	0,2021
12,5		0,2290		0,2048
50		0,3310		0,3332
70		0,2975		0,2929
0,5	E19 MG6	0,1778	E19 MG12	0,1777
12,5		0,1770		0,1773
50		0,3564		0,3462
70		0,3131		0,3254
0,5	E19 MG7	0,1902	E19 MG13	0,2036
12,5		0,1890		0,1947
50		0,3374		0,3600
70		0,3086		0,3295


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

 Figura 37 - Profili delle concentrazioni ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) di clorofilla a tot.

**Clorofilla a e diversità pigmentaria**

La concentrazione di clorofilla a è in media  $0,175\text{ mg}/\text{m}^3$  (dev. st. =  $\pm 0,06$ ) e mostra un range di variazione compreso tra un minimo di  $0,066\text{ mg}/\text{m}^3$  in E19 MG13 0,5m ed un massimo di  $0,283\text{ mg}/\text{m}^3$  in E19 MG6 70m (Tabella 30). I profili batimetrici (Figura 37) mostrano

una distribuzione simile lungo la colonna d'acqua per tutte le stazioni, con minimi tra la superficie e 12,5m e la tendenza ad aumentare verso i 70m dove si raggiungono i valori più alti (solo E19 MG10 ha il massimo a 50 m).

**Tabella 30** - Concentrazioni (mg/m<sup>3</sup>) della Clorofilla *a* totale (Chl *a* tot = Clorofilla *a*,+ Divinil Clorofilla *a* + Alloclorofilla *a*, se presenti).

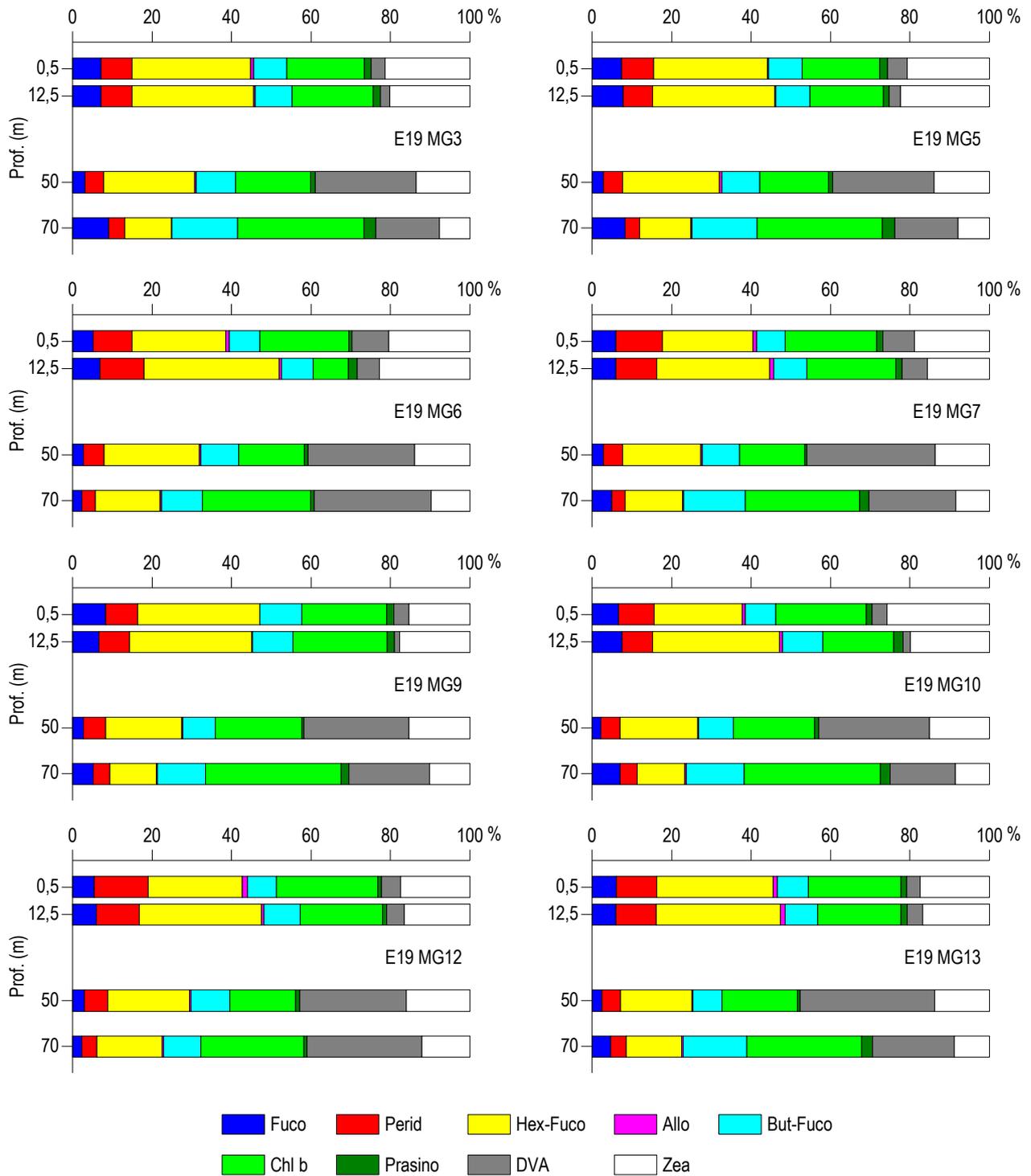
Prof. m	Stazione	Chl <i>a</i> mg/m <sup>3</sup>	Stazione	Chl <i>a</i> mg/m <sup>3</sup>
0,5	<b>E19 MG3</b>	0,1441	<b>E19 MG9</b>	0,1293
12,5		0,1541		0,1571
50		0,2225		0,1737
70		0,2561		0,1973
0,5	<b>E19 MG5</b>	0,1580	<b>E19 MG10</b>	0,1308
12,5		0,1794		0,1553
50		0,2221		0,2054
70		0,2756		0,1889
0,5	<b>E19 MG6</b>	0,1118	<b>E19 MG12</b>	0,0809
12,5		0,0908		0,1053
50		0,2470		0,1941
70		0,2832		0,2481
0,5	<b>E19 MG7</b>	0,0990	<b>E19 MG13</b>	0,0661
12,5		0,1095		0,0974
50		0,2034		0,2012
70		0,2714		0,2406

Le concentrazioni dei nove pigmenti diagnostici principali sono riportate in **Tabella 31**. Il pigmento a maggiore concentrazione media è Chl *b*, ( $0,048 \pm 0,034$ ), seguono Hex-Fuco (media  $0,042 \pm 0,011$ ), DVA (media  $0,037 \pm 0,033$ ), Zea (media  $0,028 \pm 0,007$ ), But-Fuco (media  $0,022 \pm 0,015$ ), Perid (media  $0,012 \pm 0,001$ ), Fuco (media  $0,010 \pm 0,063$ ), Prasino (media  $0,003 \pm 0,003$ ) e Allo (media  $0,0009 \pm 0,0003$ ). La composizione pigmentaria presenta una differenziazione generalmente comune alle varie stazioni e dai rapporti tra i singoli pigmenti e la loro somma totale si ottiene una stima della composizione tassonomica del popolamento fitoplanctonico (**Figura 38**).

Chl *b* (Chlorophyta) e Hex-Fuco (coccolitofori) sono i pigmenti che danno il maggiore contributo per quanto riguarda le frazioni nano- e micro-fitoplanctoniche, con rispettivamente 23,03% e 22,5% e mostrano la tendenza, soprattutto per Chl *b*, ad aumentare l'importanza alle profondità maggiori (70m). Un contributo maggiore è dato dalla somma di Zea e DVA, pigmenti diagnostici della componente picoplanctonica (Cyanobatteri *Synechococcus*-like e *Prochlorococcus*-like) particolarmente DVA alle profondità di 50 e 70m (**Figura 38**): si osserva mediamente il 30,08 % con massimi a 50 e 70m in cui il picoplancton arriva a costituire il 47,62% del popolamento. L'entità della frazione picoplanctonica e la sua distribuzione verticale rispecchiano quanto generalmente atteso nella stagione estiva.

Gli altri pigmenti diagnostici presentano contributi inferiori al 10% rispetto al totale dei pigmenti rilevati, con But-Fuco a circa il 10% e Perid (dinoflagellati) in media con il 7%. Gli altri pigmenti presentano contributi al di sotto del 6%.

Tabella 31 - Concentrazioni (mg/m <sup>3</sup> ) dei principali pigmenti diagnostici fitoplanctonici (acronimi in Tabella 7).										
Stazione	Prof.m	Fuco	Perid	Hex-Fuco	But-Fuco	Prasino	Allo	Zea	DVA	Chl b
E19 MG3	0,5	0,0099	0,0108	0,0415	0,0116	0,0022	0,0012	0,0297	0,0049	0,0272
	12,5	0,0109	0,0118	0,0462	0,0139	0,0027	0,0006	0,0304	0,0037	0,0310
	50	0,0083	0,0122	0,0595	0,0256	0,0031	0,0012	0,0352	0,0662	0,0494
	70	0,0303	0,0130	0,0388	0,0548	0,0098	0,0006	0,0255	0,0528	0,1050
E19 MG5	0,5	0,0118	0,0126	0,0454	0,0134	0,0031	0,0004	0,0327	0,0079	0,0308
	12,5	0,0121	0,0114	0,0477	0,0133	0,0023	0,0004	0,0347	0,0044	0,0286
	50	0,0075	0,0121	0,0627	0,0243	0,0026	0,0014	0,0359	0,0652	0,0446
	70	0,0294	0,0131	0,0453	0,0578	0,0111	0,0011	0,0278	0,0564	0,1110
E19 MG6	0,5	0,0060	0,0115	0,0275	0,0089	0,0009	0,0011	0,0238	0,0109	0,0262
	12,5	0,0082	0,0133	0,0406	0,0096	0,0026	0,0008	0,0272	0,0068	0,0106
	50	0,0073	0,0137	0,0633	0,0251	0,0024	0,0009	0,0367	0,0711	0,0436
	70	0,0079	0,0117	0,0555	0,0350	0,0035	0,0013	0,0332	0,1004	0,0930
E19 MG7	0,5	0,0059	0,0117	0,0228	0,0071	0,0015	0,0010	0,0188	0,0080	0,0230
	12,5	0,0065	0,0112	0,0312	0,0090	0,0016	0,0012	0,0172	0,0070	0,0246
	50	0,0066	0,0114	0,0460	0,0220	0,0012	0,0008	0,0318	0,0756	0,0384
	70	0,0171	0,0116	0,0498	0,0534	0,0079	0,0010	0,0291	0,0758	0,0994
E19 MG9	0,5	0,0096	0,0093	0,0353	0,0122	0,0021	0,0000	0,0177	0,0043	0,0246
	12,5	0,0099	0,0112	0,0455	0,0149	0,0028	0,0004	0,0261	0,0019	0,0350
	50	0,0057	0,0116	0,0395	0,0169	0,0012	0,0007	0,0319	0,0546	0,0450
	70	0,0145	0,0114	0,0326	0,0336	0,0057	0,0005	0,0282	0,0559	0,0943
E19 MG10	0,5	0,0086	0,0118	0,0288	0,0101	0,0018	0,0010	0,0336	0,0051	0,0298
	12,5	0,0125	0,0126	0,0527	0,0167	0,0039	0,0013	0,0328	0,0031	0,0295
	50	0,0055	0,0119	0,0477	0,0214	0,0025	0,0008	0,0371	0,0685	0,0502
	70	0,0200	0,0122	0,0342	0,0415	0,0072	0,0008	0,0244	0,0467	0,0974
E19 MG12	0,5	0,0048	0,0118	0,0209	0,0064	0,0008	0,0011	0,0153	0,0042	0,0224
	12,5	0,0067	0,0120	0,0344	0,0101	0,0011	0,0008	0,0184	0,0050	0,0231
	50	0,0074	0,0139	0,0499	0,0236	0,0025	0,0008	0,0386	0,0647	0,0398
	70	0,0077	0,0120	0,0528	0,0304	0,0026	0,0011	0,0391	0,0928	0,0833
E19 MG13	0,5	0,0054	0,0091	0,0262	0,0069	0,0013	0,0009	0,0155	0,0031	0,0208
	12,5	0,0062	0,0105	0,0324	0,0085	0,0017	0,0011	0,0174	0,0039	0,0217
	50	0,0056	0,0111	0,0416	0,0171	0,0015	0,0005	0,0321	0,0786	0,0442
	70	0,0155	0,0131	0,0459	0,0533	0,0089	0,0011	0,0294	0,0680	0,0954



**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	E19 MG3				E19 MG5				E19 MG6				E19 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	E19 MG9				E19 MG10				E19 MG12				E19 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)	E19 MG3				E19 MG5				E19 MG6				E19 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
<b>Acidi aloacetici (µg/l)</b>																
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
<b>Aloacetoniitrili (µg/l)</b>																
Dibromoacetoniitrile	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Dicloroacetoniitrile	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Tricloroacetoniitrile	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
1,1,1-Tricloro-2-Propanone	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
1,1-Dicloro-2-Propanone	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Cloropicrina	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
<b>Alometani e VOC (µg/l)</b>																
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	0,019	< 0,01	< 0,01	0,014	0,015	0,016	0,019	0,016	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,027	< 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	0,016	0,015	0,010	< 0,01	0,025	0,015	< 0,01	< 0,01	0,183	0,055	0,012	< 0,01	< 0,01	0,012	0,012	< 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	0,012	< 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
<b>Alofenoli (µg/l)</b>																
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)	E19 MG9				E19 MG10				E19 MG12				E19 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
<b>Acidi aloacetici (µg/l)</b>																
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)	E19 MG3				E19 MG5				E19 MG6				E19 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
<b>Aloacetoniitrili (µg/l)</b>																
Dibromoacetoniitrile	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Dicloroacetoniitrile	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Tricloroacetoniitrile	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
1,1,1-Tricloro-2-Propanone	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
1,1-Dicloro-2-Propanone	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Cloropicrina	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
<b>Alometani e VOC (µg/l)</b>																
Cloroformio	<0,01	<0,01	0,021	<0,01	<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	0,016	0,019	0,012	<0,016	0,020	0,023	0,012	<0,01	0,064	0,012	0,020	0,011	0,017	0,017	0,017	0,012
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
<b>Alofenoli (µg/l)</b>																
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.**

	E19 MG3				E19 MG5				E19 MG6				E19 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
	206,9	296,5	214,8	373,4	232,9	227,7	213,9	249,2	331,0	347,4	293,4	254,8	230,7	364,6	288,8	292,3
	E19 MG9				E19 MG10				E19 MG12				E19 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
	267,1	232,8	269,7	241,8	328,9	284,6	347,5	237,1	296,5	261,5	320,8	295,6	283,0	334,2	376,5	393,5

### 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.**

	E19 MG3	E19 MG5	E19 MG6	E19 MG7	E19 MG9	E19 MG10	E19 MG12	E19 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. tricorutum</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	8,17	6,11					
E19 MG3	0,5	38	8,21	6,07	E19 MG9	0,5	38	8,21	6,03
	12,5	38	8,23	6,03		12,5	38	8,20	5,00
	50	38	8,22	5,98		50	38	8,22	5,71
E19 MG5	0,5	38	8,24	6,04	E19 MG10	0,5	38	8,24	5,65
	12,5	38	8,17	5,38		12,5	38	8,21	6,01
	50	38	8,20	5,87		50	38	8,08	6,11
E19 MG6	0,5	38	7,87	6,00	E19 MG12	0,5	38	8,27	6,01
	12,5	38	8,18	6,03		12,5	38	8,17	5,78
	50	38	8,22	5,78		50	38	8,22	5,49
E19 MG7	0,5	38	8,27	5,44	E19 MG13	0,5	38	8,22	6,00
	12,5	38	8,26	5,28		12,5	38	8,19	5,81
	50	38	8,19	5,71		50	38	8,20	5,38

#### *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. 18K4255A (scadenza 11/20). Il valore della EC50(15') = 19,97 mg/l (LC= 8,97mg/l e UC=13,41mg/l) ottenuto con la sostanza di riferimento ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 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			
E19 MG3	0,5	≥90	>90	15,82	16,48	Assente	E19 MG9	0,5	≥90	>90	-14,98	-14,04	Assente			
	12,5	≥90	>90	3,28	3,79			12,5	≥90	>90	-14,77	-13,61				
	50	≥90	>90	7,68	8,51			50	≥90	>90	-16,96	-13,96				
E19 MG5	0,5	≥90	>90	-16,56	-15,94		E19 MG10	0,5	≥90	>90	-17,26	-18,47		Assente		
	12,5	≥90	>90	8,46	8,73			12,5	≥90	>90	-14,20	-13,78				
	50	≥90	>90	12,06	15,15			50	≥90	>90	-14,52	-14,40				
E19 MG6	0,5	≥90	>90	-1,11	0,71		E19 MG12	0,5	≥90	>90	-14,52	-9,74			Assente	
	12,5	≥90	>90	15,37	18,97			12,5	≥90	>90	-9,65	-12,45				
	50	≥90	>90	9,74	11,75			50	≥90	>90	-10,42	-12,66				
E19 MG7	0,5	≥90	>90	-4,60	-3,08		E19 MG13	0,5	≥90	>90	-12,02	-17,15				Assente
	12,5	≥90	>90	-9,78	-8,13			12,5	≥90	>90	-15,42	-16,18				
	50	≥90	>90	-12,41	-9,99			50	≥90	>90	-10,32	-10,69				

#### *Phaeodactylum tricorutum*

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

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 =3,76 mg/l (L.C. 95%: 3,55-3,95); 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 tricorutum*).

Non si osserva tossicità.

**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 <sub>20/50</sub> %	Media N. cell. ± DS x 10 <sup>6</sup> /ml	Tossicità	Campione	Prof.	EC <sub>20/50</sub> %	Media N. cell. ± DS x 10 <sup>6</sup> /ml	Tossicità
Controllo			10,65 ± 0,36						
<b>E19 MG3</b>	0,5	≥90/>100	9,63 ± 0,12	Assente	<b>E19 MG9</b>	0,5	≥90/>100	10,0 ± 0,10	Assente
	12,5	≥90/>100	8,90 ± 0,20			12,5	≥90/>100	8,90 ± 0,36	
	50	≥90/>100	8,47 ± 0,12			50	≥90/>100	9,27 ± 0,15	
<b>E19 MG5</b>	0,5	≥90/>100	8,67 ± 0,06		<b>E19 MG 10</b>	0,5	≥90/>100	9,20 ± 0,20	
	12,5	≥90/>100	9,90 ± 0,75			12,5	≥90/>100	9,97 ± 0,15	
	50	≥90/>100	10,33 ± 0,15			50	≥90/>100	9,30 ± 0,26	
<b>E19 MG6</b>	0,5	≥90/>100	12,87 ± 0,21		<b>E19 MG 12</b>	0,5	≥90/>100	9,87 ± 0,15	
	12,5	≥90/>100	9,20 ± 0,46			12,5	≥90/>100	9,73 ± 0,06	
	50	≥90/>100	9,83 ± 0,21			50	≥90/>100	9,10 ± 0,17	
<b>E19 MG7</b>	0,5	≥90/>100	8,90 ± 0,36		<b>E19 MG 13</b>	0,5	≥90/>100	9,67 ± 0,21	
	12,5	≥90/>100	10,43 ± 0,06			12,5	≥90/>100	8,93 ± 0,38	
	50	≥90/>100	8,77 ± 0,49			50	≥90/>100	9,97 ± 0,21	

### Dicentrarchus labrax

Nella **Tabella 39** sono riportati i risultati relativi al saggio di tossicità acuta condotto sui campioni di colonna d'acqua utilizzando giovanili di *D. labrax* (73±10 mm). Pur non essendo disponibile una scala di tossicità per questa tipologia di saggio biologico, tutti i campioni hanno mostrato una percentuale di mortalità inferiore al 10%, limite indicato come mortalità accettabile nel controllo.

Il saggio con tossico di riferimento ha mostrato valori di LC50 pari a 2,37 mg/L (L.C. 95%: 1,84 mg/L-2,95 mg/L), valore che rientra all'interno della carta di controllo del laboratorio (1,71-3,08 mg/L).

**Tabella 39** - Risultati del test con giovanili di *Dicentrarchus labrax* esposte a campioni di colonna d'acqua (96 h). Screening test su campioni tal quale (senza diluizioni). Il controllo è costituito da acqua di stabulazione. Volume 5000 ml, aerazione, % saturazione ossigeno disciolto >90%, pH range 8,16-8,28, 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	0.0								
<b>E19 MG3</b>	0,5	10	10	10	3.3	Assente	<b>E19 MG9</b>	0,5	10	10	10	0.0	Assente
	12,5	10	10	10	0.0			12,5	10	10	10	0.0	
	50	10	10	10	0.0			50	10	10	10	0.0	
<b>E19 MG5</b>	0,5	10	10	10	0.0		<b>E19 MG10</b>	0,5	10	10	10	3.3	
	12,5	10	10	10	3.3			12,5	10	10	10	3.3	
	50	10	10	10	0.0			50	10	10	10	0.0	
<b>E19 MG6</b>	0,5	10	10	10	6.7		<b>E19 MG12</b>	0,5	10	10	10	6.7	
	12,5	10	10	10	0.0			12,5	10	10	10	3.3	
	50	10	10	10	0.0			50	10	10	10	3.3	
<b>E19 MG7</b>	0,5	10	10	10	3.3		<b>E19 MG13</b>	0,5	10	10	10	3.3	
	12,5	10	10	10	3.3			12,5	10	10	10	3.3	
	50	10	10	10	0.0			50	10	10	10	0.0	

### Paracentrotus lividus

**QA-QC** – Il test eseguito con la sostanza di riferimento ha fornito una EC<sub>50</sub> di 21,80 µg l<sup>-1</sup> 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**.

Oltre la metà dei campioni analizzati risultano privi di tossicità. Dei nove campioni in cui è stata rilevata tossicità, 7 sono stati prelevati presso l'FSRU. In particolare nel campione superficiale della stazione E19 MG6 la tossicità risulta media.

**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
Controllo		86 $\pm$ 1,53	14	0	$\geq$ 90	>100	Assente
E19 MG3/0,5	100	65 $\pm$ 1,00	35	25	82,7	>100	Bassa
	50	77 $\pm$ 2,08	23	10			
	25	83 $\pm$ 2,08	17	4			
E19 MG3/12,5	100	68 $\pm$ 1,53	32	21	$\geq$ 90	>100	Assente
	50	80 $\pm$ 1,53	20	8			
	25	83 $\pm$ 0,58	17	4			
E19 MG3/50	100	74 $\pm$ 0,58	26	15	$\geq$ 90	>100	Assente
	50	80 $\pm$ 2,00	20	7			
	25	84 $\pm$ 2,08	16	2			
E19 MG5/0,5	100	72 $\pm$ 1,53	28	16	$\geq$ 90	>100	Assente
	50	78 $\pm$ 1,53	22	9			
	25	83 $\pm$ 2,08	17	3			
E19 MG5/12,5	100	75 $\pm$ 1,53	25	14	$\geq$ 90	>100	Assente
	50	81 $\pm$ 1,53	19	6			
	25	85 $\pm$ 1,73	15	2			
E19 MG5/50	100	61 $\pm$ 1,00	39	29	73,4	>100	Bassa
	50	77 $\pm$ 2,08	23	11			
	25	83 $\pm$ 1,00	17	4			
E19 MG6/0,5	100	0 $\pm$ 0,00	100	100	49,5	54,3	Media
	50	66 $\pm$ 1,00	34	24			
	25	85 $\pm$ 1,53	15	2			
E19 MG6/12,5	100	76 $\pm$ 1,53	24	12	$\geq$ 90	>100	Assente
	50	81 $\pm$ 1,53	19	6			
	25	85 $\pm$ 1,75	15	2			
E19 MG6/50	100	74 $\pm$ 2,08	26	15	$\geq$ 90	>100	Assente
	50	80 $\pm$ 0,58	20	8			
	25	85 $\pm$ 1,15	15	2			
E19 MG7/0,5	100	56 $\pm$ 1,53	44	36	58	>100	Bassa
	50	71 $\pm$ 2,08	29	18			
	25	84 $\pm$ 2,00	16	3			
E19 MG7/12,5	100	57 $\pm$ 1,15	43	34	54,9	>100	Bassa
	50	67 $\pm$ 2,08	33	22			
	25	84 $\pm$ 1,00	16	3			
E19 MG7/50	100	64 $\pm$ 2,00	36	26	71,1	>100	Bassa
	50	76 $\pm$ 1,53	24	12			
	25	84 $\pm$ 1,53	16	3			
E19 MG9/0,5	100	68 $\pm$ 2,08	32	21	$\geq$ 90	>100	Assente
	50	80 $\pm$ 2,08	20	8			
	25	84 $\pm$ 1,53	16	2			
E19 MG9/12,5	100	76 $\pm$ 1,53	24	12	$\geq$ 90	>100	Assente
	50	81 $\pm$ 0,58	19	6			
	25	85 $\pm$ 1,00	15	2			
E19 MG9/50	100	71 $\pm$ 2,08	29	18	$\geq$ 90	>100	Assente
	50	81 $\pm$ 1,00	19	6			
	25	85 $\pm$ 1,53	15	2			
E19 MG10/0,5	100	69 $\pm$ 1,00	31	20	$\geq$ 90	>100	Assente
	50	79 $\pm$ 1,53	21	9			
	25	85 $\pm$ 1,15	15	2			
E19 MG10/12,5	100	70 $\pm$ 2,00	30	19	$\geq$ 90	>100	Assente
	50	81 $\pm$ 1,15	19	7			
	25	85 $\pm$ 1,00	15	2			
E19 MG10/50	100	76 $\pm$ 1,53	24	12	$\geq$ 90	>100	Assente
	50	81 $\pm$ 1,53	19	6			
	25	86 $\pm$ 1,00	14	0			
E19 MG12/0,5	100	65 $\pm$ 1,00	35	25	84,9	>100	Bassa
	50	79 $\pm$ 1,53	21	9			

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

	Concentrazione (%) del campione	% media di plutei ( $\pm$ dev,st %)	% media di embrioni non sviluppati	Correzione ABBOTT (embrioni non sviluppati)	EC 20 (%)	EC 50 (%)	Tossicità
	25	84 $\pm$ 1,53	16	2			
<b>E19 MG12/12,5</b>	100	71 $\pm$ 1,15	29	18			
	50	78 $\pm$ 1,53	22	9	$\geq$ 90	>100	Assente
	25	85 $\pm$ 1,15	15	1			
<b>E19 MG 12/50</b>	100	71 $\pm$ 1,15	29	18			
	50	80 $\pm$ 1,15	20	8	$\geq$ 90	>100	Assente
	25	85 $\pm$ 1,53	15	2			
<b>E19 MG13/0,5</b>	100	67 $\pm$ 2,08	33	23			
	50	76 $\pm$ 1,53	24	12	85,5	>100	Bassa
	25	84 $\pm$ 1,73	16	3			
<b>E19 MG13/12,5</b>	100	69 $\pm$ 1,00	31	20			
	50	80 $\pm$ 2,00	20	7	$\geq$ 90	>100	Assente
	25	85 $\pm$ 1,53	15	2			
<b>E19 MG13/50</b>	100	66 $\pm$ 1,00	34	24			
	50	77 $\pm$ 2,00	23	11	84,5	>100	Bassa
	25	84 $\pm$ 1,53	16	2			

### 6.1.3 Plancton

#### 6.1.3.1 Fitoplancton

##### Analisi quantitativa e qualitativa del fitoplancton da bottiglia

Le densità fitoplanctoniche sono scarse, variando in un ristretto intervallo tra 41 (E19 MG6 0,5m) e 98 cell/ml (E19 MG12 70m) (**Tabella 41**). L'andamento lungo la colonna d'acqua mostra minimi prevalentemente superficiali (solo E19 MG10 ed E19 MG13 hanno minimo, rispettivamente, a 50 e 70m) e abbondanze massime a 70 m (E19 MG6 ed E19 MG10 hanno il massimo rispettivamente a 50 e 12,5 m) (**Figura 10**).

Mediante le maggiori abbondanze sono date dal gruppo denominato "Altro plancton" costituito dalle classi di nanoflagellati (Cryptophyceae, Chrysophyceae, Dictyochophyceae, Chlorophyceae, Euglenoidea, Prasinophyceae, Prymnesiophyceae non Coccolitofori, Cyanophyceae, più i flagellati n.i.) che varia tra 22 cell/ml in E19 MG10 70m e 72 cell/ml in E19 MG6 50 m. La classe più abbondante è quella delle diatomee che varia tra 2 cell/ml in E19 MG6 50m e 37 cell/ml in E19 MG13 70m, e aumenta il contributo soprattutto a 70m. Seguono i dinoflagellati che variano da un minimo di 5 cell/ml in E19 MG10 a 70m ad un massimo di 15 cell/ml in E19 MG6 50m. I coccolitofori sono più abbondanti tra 0,5 e 12,5m, dove arrivano a 13 cell/ml in E19 MG10 12,5 m (**Tabella 41**) (**Figura 39**).

In E19 il popolamento è quindi caratterizzato prevalentemente dal gruppo "Altro plancton" che rappresenta in media il 63,8% grazie a specie come *Phaeocystis* sp., piccole forme flagellate (<3  $\mu$ m) di difficile collocazione tassonomica, *Telonema* sp., *Pseudoscurfieldia marina*, *Leucocryptos marina*, Cryptophyceae n.i., *Pyramimonas* spp., *Plagioselmis prolunga*, *Ollicola vangoorii* e *Halosphaera viridis* (Prasinophyceae) in forma flagellata e coloniale.

I dinoflagellati, in media il 12,9%, sono rappresentati principalmente da individui appartenenti ai generi *Gymnodinium*, *Gyrodinium* ed *Amphidinium*. Le forme tectate più abbondanti sono: *Heterocapsa minima*, *Heterocapsa rotundata*, *Oxytoxum variabile*, *Alexandrium* cf. *minutum*, *Lessardia elongata* ed *Azadinium spinosum*. Le diatomee, in media il 12,61% del popolamento, tendono ad aumentare il loro contributo a 70m e sono rappresentate soprattutto da specie come *Pseudo-nitzschia galaxiae* (forma piccola e forma grande), *Cylindrotheca closterium* e forme appartenenti alla classe Bacillariophyceae di dimensioni inferiori ai 20  $\mu$ m. I coccolitofori, in media il 10,65% del popolamento, sono rappresentati principalmente da *Emiliana huxleyi*, presente negli strati superficiali (0-12,5 m), e da specie come *Helladosphaera cornifera*, *Algirosphaera robusta*, *Rhabdosphaera clavigera* e *Syracosphaera pulchra* (**Figura 40**).

Tabella 41 - Densità fitoplanctonica totale (cell/ml) e delle classi o gruppi identificati.						
Stazione	prof. (m)	Diatomee	Dinoflagellati	Coccolitofori	Altro	Totale
E19 MG6	0,5	3,407	6,878	7,585	22,820	40,690
	12,5	4,274	6,474	7,543	26,587	44,878
	50	1,907	14,939	4,386	72,343	93,576
	70	8,264	7,120	2,734	35,027	53,145
E19 MG7	0,5	4,532	7,488	9,327	29,952	51,299
	12,5	3,150	9,899	8,357	43,197	64,602
	50	2,655	8,297	3,186	48,056	62,195
	70	26,996	5,714	4,401	45,650	82,761
E19 MG10	0,5	4,729	6,240	12,349	35,075	58,393
	12,5	4,287	7,332	13,110	56,540	81,269
	50	6,171	8,485	2,507	46,732	63,895
	70	20,491	5,405	3,771	22,313	51,981
E19 MG12	0,5	4,323	6,611	8,328	29,052	48,314
	12,5	4,314	10,487	8,231	54,097	77,129
	50	4,821	8,806	3,728	38,697	56,053
	70	11,341	11,247	8,034	67,198	97,820
E19 MG13	0,5	3,278	6,685	6,685	45,961	62,609
	12,5	4,091	6,168	7,490	40,660	58,409
	50	4,023	8,800	2,891	27,845	43,558
	70	37,038	6,505	3,717	30,799	78,059

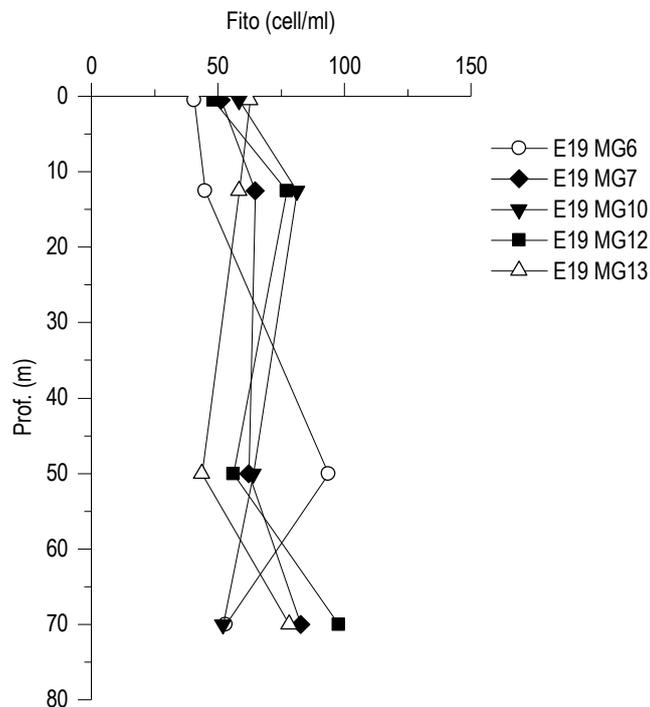


Figura 39 - Profili delle densità fitoplanctoniche totali (cell/ml).

Sono stati identificati in totale, a diverso livello tassonomico, 233 taxa (più la categoria flagellati n.i.) (Tabella 42) suddivisi tra le principali classi o raggruppamenti fitoplanctonici di cui si fornisce l'elenco completo in Tabella 43. Nonostante le scarse abbondanze, la maggior parte dei taxa appartiene alla classe delle diatomee che sono rappresentate da 75 specie e 9 forme identificate a livello di genere. La classe dei dinoflagellati è rappresentata da 72 specie e 5 forme identificate a livello di genere. I coccolitofori, infine, risultano meno

diversificati con 31 specie insieme a 2 forme individuate a livello di genere. Il popolamento fitoplanctonico dell'estate 2019 presenta valori di diversità specifica (Shannon) e valori di equitabilità (Pielou) che variano, rispettivamente tra 2,63 e 4,74 bit/cell e tra 0,443 e 0,806. I casi con più bassa diversità alla dominanza di *Phaeocystis* sp. e in altri casi alla codominanza della stessa con altre specie appartenenti a classi diverse come il coccolitoforo *Emiliana huxleyi* e la diatomea *Pseudo-nitzschia galaxiae*.

Da segnalare la presenza di taxa, già rilevati in P19, appartenenti alle Chlorophyta e ai Cyanobatteri, come *Monoraphidium griffithii*, *Microcystis* sp., *Spirulina* sp. e *Planktolyngbya contorta*, più tipiche di acque dolci, e la comparsa di *Heterosigma akashiwo* (Raphidophyceae), specie potenzialmente tossica.

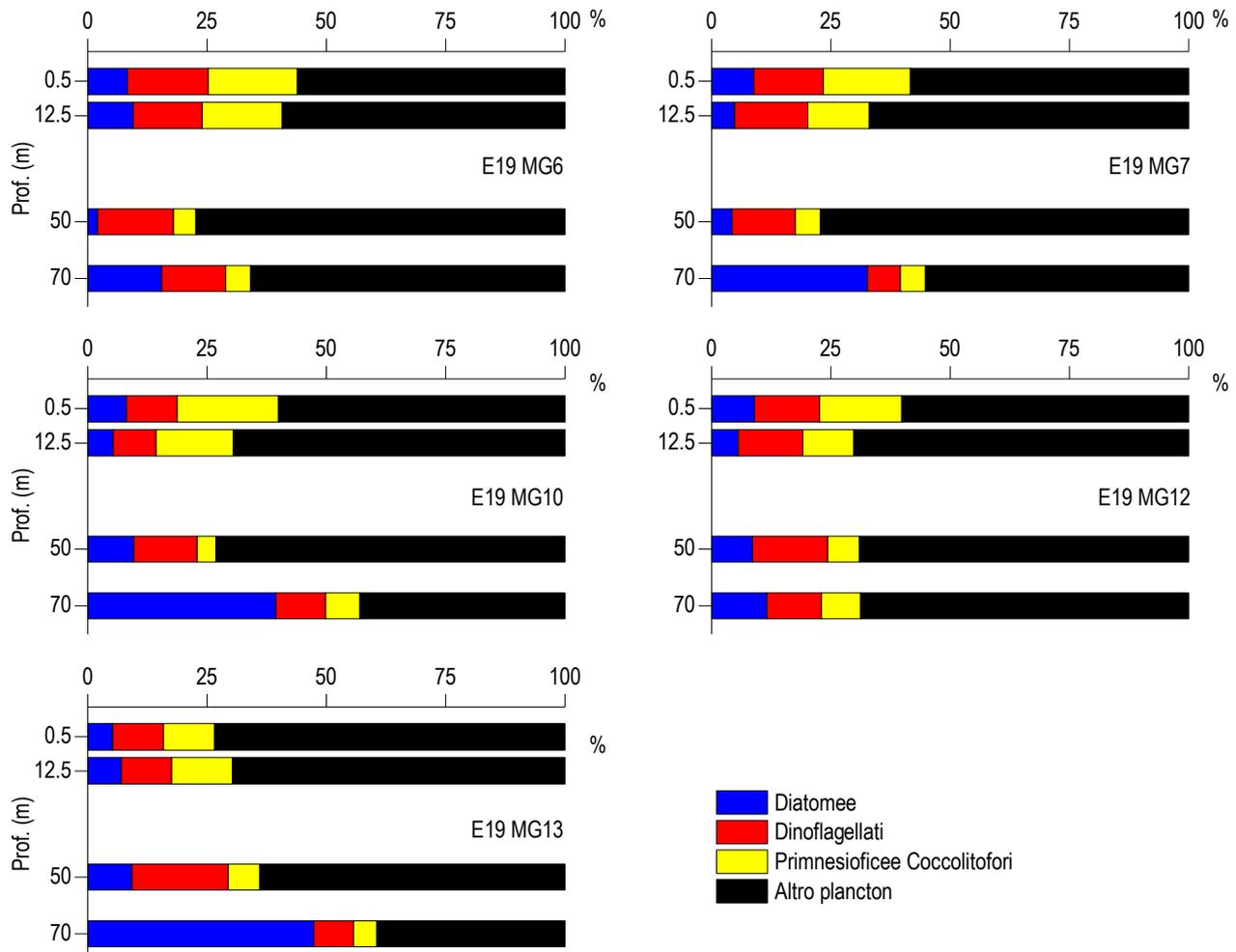


Figura 40 – Abbondanza relativa delle classi fitoplanctoniche indicate in legenda in rapporto all'abbondanza totale.

**Tabella 42** - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni osservati (prelievo con Niskin).

Classe	Specie	Generi	Categorie superiori*
Diatomee	75	9	4
Dinoflagellati	72	5	4
Prymnesiophyceae coccolitofori	31	2	1
Cryptophyceae	1		1
Chrysophyceae/Dictyochophyceae	7		
Chlorophyta/Euglenoidea	3		2
Prasinophyceae	4	2	
Prymnesiophyceae non coccolitofori		1	
Cyanophyceae	1	2	
Altro	5	1	
Totale	199	22	12

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

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

DIATOMEE		
<i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castracane) Round 1990	<i>Cyclotella</i> spp.	<i>Nitzschia</i> (sez. <i>sigmatae</i> ) sp.
<i>Asteromphalus parvulus</i> Karsten 1905	<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & Lewin 1964	<i>Nitzschia bicapitata</i> Cleve 1901
<i>Bacteriastrium delicatulum</i> Cleve 1897	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i> (Bergon) Hasle 1996	<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs 1861
<i>Bacteriastrium jadrantum</i> Godrijan, Maric & Pfannkuchen 2012	<i>Dactyliosolen phuketensis</i> (Sundstrom) Hasle 1996	<i>Nitzschia lorenziana</i> Grunow 1879
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder 1864	Diatomea pennata n.i. (forma p)	<i>Nitzschia sicula</i> (Castracane) Hustedt
<i>Chaetoceros atlanticus</i> Cleve 1873	Diatomee centriche $\leq 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Nitzschia</i> spp.
<i>Chaetoceros cf. minimus</i> (Levander) Marino, Giuffrè, Montresor, Zingone 1991	Diatomee centriche $> 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve 1873
<i>Chaetoceros compressus</i> Lauder 1864	Diatomee pennate $\leq 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Plagiotropis</i> sp.
<i>Chaetoceros constrictus</i> Gran 1897	Diatomee pennate $> 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström 1886
<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve 1889	<i>Dimeregramma fulvum</i> (Gregory) Ralfs in Pritchard 1861	<i>Psammodictyon panduriforme</i> (Gregory) Mann 1990
<i>Chaetoceros dadayi</i> Pavillard 1913	<i>Dimeregramma nanum</i> (Gregory) Ralfs 1861	<i>Pseudo-nitzschia americana</i> (Hasle) Fryxell 1993
<i>Chaetoceros danicus</i> Cleve 1889	<i>Diploneis crabro</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1854	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cleve) Heiden 1928
<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve 1873	<i>Entomoneis</i> spp.	<i>Pseudo-nitzschia galaxiae</i> Lundholm & Moestrup 2002
<i>Chaetoceros dichæta</i> Ehrenberg 1844	<i>Fragilariopsis doliolus</i> (Wallich) Medlin & Sims 1993	<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle 1993
<i>Chaetoceros diversus</i> Cleve 1873	<i>Fragilariopsis</i> spp.	<i>Pseudo-nitzschia subfraudenta</i> (Hasle) Hasle 1993
<i>Chaetoceros messanensis</i> Castracane 1875	<i>Grammatophora oceanica</i> Ehrenberg 1840	<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultze) Sundström 1986
<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell 1856	<i>Grammatophora serpentina</i> Ehrenberg 1844	<i>Rhizosolenia decipiens</i> Sundström 1986
<i>Chaetoceros pseudocurvisetus</i> Mangin 1910	<i>Guinardia flaccida</i> (Castracane) Peragallo 1892	<i>Rhizosolenia imbricata</i> Brightwell 1858
<i>Chaetoceros rostratus</i> Lauder 1864	<i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle 1996	<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve 1873
<i>Chaetoceros socialis</i> Lauder 1864	<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow 1880	<i>Skeletonema menziesii</i> Guillard Carpenter & Reimann 1974
<i>Chaetoceros</i> spp.	<i>Haslea wawriake</i> (Hustedt) Simonsen 1974	<i>Stauroneis</i> sp.
<i>Chaetoceros tenuissimus</i> Meunier 1913	<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow ex Van Heurck 1882	<i>Surirella fastuosa</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1843
<i>Chaetoceros tetrastrichon</i> Cleve 1897	<i>Hemiaulus sinensis</i> Greville	<i>Synedra cf. crystallina</i> (Agardh) Kützing 1844
<i>Chaetoceros thronsenii</i> (Marino, Montresor & Zingone) Marino, Montresor & Zingone 1991	<i>Lauderia annulata</i> Cleve 1873	<i>Tabularia gailionii</i> (Bory de Saint-Vincent) Bukhtiyarova 1995
<i>Chaetoceros tortissimus</i> Gran 1900	<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve 1889	<i>Thalassionema cf. bacillare</i> (Heiden) Kolbe 1955
<i>Chaetoceros wighamii</i> Brightwell 1856	<i>Leptocylindrus mediterraneus</i> (Peragallo) Hasle 1975	<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Hallegraeff 1986
<i>Cocconeis scutellum</i> Ehrenberg 1838	<i>Leptocylindrus minimus</i> Gran 1915	<i>Thalassionema nitzschoides</i> (Grunow) Mereschkowsky 1902
<i>Coscinodiscus excentricus</i> Schmidt 1874	<i>Licmophora flabellata</i> (Grev.) Agardh 1831	<i>Thalassiosira</i> spp.
<i>Coscinodiscus nodulifer</i> Schmidt 1878	<i>Navicula cf. transitans</i> Heimdal 1970	
<i>Ctenophora pulchella</i> (Ralfs ex Kützing) Williams & Round 1986	<i>Navicula</i> spp.	
DINOFLAGELLATI		
<i>Achradina pulchra</i> Lohmann 1903	<i>Gymnodinium voukii</i> Schiller 1928	<i>Oxytoxum adriaticum</i> Schiller 1937
<i>Alexandrium cf. minutum</i> Halim 1960	<i>Gyrodinium aciculatum</i> Hansen & Larsen 1992	<i>Oxytoxum coronatum</i> Schiller 1937
<i>Alexandrium pseudogonyaulax</i> (Biecheler) Horiguchi ex Kita & Fukuyo 1992	<i>Gyrodinium fusiforme</i> Kofoid & Swezy 1921	<i>Oxytoxum laticeps</i> Schiller 1937
<i>Alexandrium tamarense</i> (Lebour) Balech 1995	<i>Gyrodinium</i> spp.	<i>Oxytoxum longiceps</i> Schiller
<i>Alexandrium taylori</i> Balech 1994	<i>Heterocapsa circularisquama</i> Horiguchi 1995	<i>Oxytoxum longum</i> Schiller 1937
<i>Amphidinium cf. globosum</i> Schröder 1911	<i>Heterocapsa illdefina</i> (Herman & Sweeney) Morrill & Loeblich III 1981	<i>Oxytoxum mediterraneum</i> Schiller
<i>Amphidinium cf. sphenoides</i> Wulff 1916	<i>Heterocapsa minima</i> Pomroy 1989	<i>Oxytoxum scolopax</i> Stein 1883
<i>Amphidinium</i> spp.	<i>Heterocapsa niei</i> (Loeblich III) Morrill & Loeblich III 1981	<i>Oxytoxum sphaeroideum</i> Stein 1883
<i>Azadinium spinosum</i> Elbrächter & Tillmann 2009	<i>Heterocapsa pygmaea</i> Lobelich III, Schmidt & Sherley 1981	<i>Oxytoxum strophalatum</i> Dodge & Saunders 1985
<i>Azadinium</i> spp.	<i>Heterocapsa rotundata</i> (Lohmann) Hansen 1995	<i>Oxytoxum variabile</i> Schiller 1937
<i>Ceratocorys armata</i> (Schütt) Kofoid 1910	<i>Heterocapsa triquetra</i> (Ehrenberg) Stein 1883	<i>Oxytoxum viride</i> Schiller 1937
<i>Cladopyxis quadrispina</i> Pavillard	<i>Heterodinium minutum</i> Kofoid & Michener 1911	<i>Phalacroma rotundatum</i> (Claparède & Lachmann) Kofoid & Michener 1911
<i>Cochlodinium helix</i> (Pouchet) Lemmermann 1899	<i>Histioneis dubia</i> Bohm 1933	<i>Pronoctiluca acuta</i> (Lohmann) Schiller 1933
<i>Cochlodinium pupa</i> Lebour 1925	<i>Histioneis hyalina</i> Kofoid & Michener 1911	<i>Pronoctiluca pelagica</i> Fabre-Domergue 1889
<i>Cochlodinium</i> sp.	<i>Histioneis robusta</i> Rampi 1969	<i>Prorocentrum balticum</i> (Lohmann) Loeblich 1970
<i>Dicroerisma psilonereia</i> Taylor & Cattell 1969	<i>Karenia bicuneiformis</i> Botes, Sym & Pitcher 2003	<i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) Abé ex Dodge 1975
Dinoflagellati tectati $\leq 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Karenia brevis</i> (Davis) Hansen & Moestrup 2000	<i>Prorocentrum dactylus</i> (Stein) Dodge 1975
Dinoflagellati tectati $> 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Karenia papilionacea</i> Haywood & Steidinger 2004	<i>Prorocentrum dentatum</i> Stein 1883
<i>Dinophysis infundibula</i> Schiller 1928	<i>Karenia selliformis</i> Haywood, Steidinger & MacKenzie 2004	<i>Prorocentrum gracile</i> Schütt 1895
<i>Dinophysis parvula</i> (Schütt) Balech 1967	<i>Karenia</i> spp.	<i>Prorocentrum rathymum</i> Loeblich, Sherley & Schmidt 1979
<i>Goniodoma polyedricum</i> (Pouchet) Jörgensen 1899	<i>Lessardia elongata</i> Saldarriaga & Taylor 2003	<i>Prorocentrum scutellum</i> Schröder 1900
<i>Gonyaulax polygramma</i> Stein 1883	<i>Mesoporos adriaticus</i> (Schiller) Lillick	<i>Prorocentrum shikokuense</i> Hada 1975
<i>Gonyaulax scrippsae</i> Kofoid 1911	<i>Mesoporos perforatus</i> (Gran) Lillick 1937	<i>Prorocentrum vaginula</i> (Stein) Dodge 1975
<i>Gonyaulax verior</i> Sourmia 1973	<i>Neoceratium declinatum</i> (Karsten) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Protoperidinium breve</i> Paulsen 1907
Gymnodiniaceae $\leq 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Neoceratium horridum</i> (Gran) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Protoperidinium tuba</i> (Schiller) Balech 1974
Gymnodiniaceae $> 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Neoceratium massiliense</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Scripsiella trochoidea</i> (Stein) Balech ex Loeblich III 1965
<i>Gymnodinium cf. costatum</i> Kofoid & Swezy 1921	<i>Neoceratium pulchellum</i> (Schröder) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Torodinium robustum</i> Kofoid & Swezy 1921
PRYMNESIOPHYCEAE COCCOLITOFORI		
<i>Acanthoica quattrosipina</i> Lohmann 1903	<i>Daktylethra pirus</i> (Kamptner) Norris 1985	<i>Rhabdosphaera clavigera</i> Murray & Blackman 1898
<i>Algiosphaera robusta</i> (Lohmann) Norris 1984	<i>Discosphaera tubifer</i> (Murray & Blackman) Ostenfeld 1900	<i>Sphaerocalyptra quadridentata</i> (Schiller) Deffandre 1952
<i>Alisphaera ordinata</i> (Kamptner) Heimdal 1973	<i>Emiliania huxleyi</i> (Lohmann) Hay & Mohler 1967	<i>Syracosphaera anthos</i> (Lohman) Janin 1987
<i>Calcidiscus leptoporus</i> (Murray & Blackman) Loeblich & Tappan 1978	<i>Florisphaera profunda</i> Okada & Honjo 1973	<i>Syracosphaera cf. molischii</i> Schiller 1925
<i>Calciosolenia brasiliensis</i> (Lohmann) Young 2003	<i>Helicosphaera carterii</i> (Wallich) Kamptner 1954	<i>Syracosphaera histrica</i> Kamptner 1941
<i>Calciosolenia murrayi</i> Gran 1912	<i>Helladosphaera aurisinae</i> Kamptner 1941	<i>Syracosphaera nodosa</i> Kamptner 1941
<i>Calyptrosphaera oblonga</i> Lohmann 1902	<i>Helladosphaera cornifera</i> (Schiller) Kamptner 1937	<i>Syracosphaera pulchra</i> Lohmann 1902
<i>Calyptrosphaera sphaeroidea</i> Schiller 1913	<i>Michaelsarsia elegans</i> Gran 1912	<i>Umbilicosphaera sibogae</i> (Weber-van Bosse) Gaarder 1970
<i>Ceratolithus cristatus</i> Kamptner 1950	<i>Ophiaster hydroideus</i> (Lohmann) Lohmann 1913	<i>Zygospaera hellenica</i> Kamptner 1937

Coccolitofori $\leq 10 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Periphylophora mirabilis</i> (Schiller) Kämtner 1937	<i>Zygosphaera</i> sp.
<i>Coronosphaera binodata</i> (Kämtner) Gaarder 1977	<i>Pontosphaera</i> sp.	
<i>Coronosphaera mediterranea</i> (Lohmann) Gaarder 1977	<i>Pontosphaera syracusana</i> Lohmann 1902	
<b>CRYPTOPHYCEAE</b>		
Cryptophyceae n.i.	<i>Plagioselmis prolunga</i> Butcher ex Novarino, Lucas & Morrall 1994	
<b>CHRYSOPHYCEAE/DICTYOCOPHYCEAE</b>		
<i>Apedinella radians</i> (Lohmann) Campbell 1973	<i>Dictyocha speculum</i> Ehrenberg 1839	<i>Ollicola vangoorii</i> (Conrad) Vørs 1992
<i>Dictyocha aculeata</i>	<i>Meringosphaera mediterranea</i> Lohmann 1902	
<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg 1839	<i>Octactis octonaria</i> (Ehrenberg) Hovasse 1946	
<b>PRASINOPHYCEAE</b>		
<i>Halosphaera viridis</i> Schmitz 1878	<i>Pseudoscourfieldia marina</i> (Thronsdén) Mantón 1975	<i>Pyramimonas</i> spp.
<i>Pachysphaera pelagica</i> Ostensfeld 1899	<i>Pyramimonas grossii</i> Parke 1949	<i>Tetraselmis</i> sp.
<b>CHLOROPHYCEAE/EUGLENOPHYCEAE</b>		
<i>Ankistrodesmus falcatus</i> (Corda) Ralfs 1848	<i>Desmodesmus spinosus</i> (Chodat) Hegewald 2000	<i>Monoraphidium griffithii</i> (Berkeley) Komárková-Legnerová 1969
Chlorophyta n.i.	Euglenoidea n.i.	
<b>PRYMNESIOPHYCEAE NON COCCOLITOFORI</b>		
<i>Phaeocystis</i> sp.		
<b>CYANOPHYCEAE</b>		
<i>Microcystis</i> sp.	<i>Planktolyngbya contorta</i> (Lemmermann) Anagnostidis & Komárek 1988	<i>Spirulina</i> sp.
<b>ALTRO</b>		
Flagellati indeterminati $< 10 \mu\text{m}$	<i>Hermesinum adriaticum</i> Zacharias 1906	<i>Telonema</i> sp.
<i>Commation cryoporinum</i> Thomsen & Larsen 1993	<i>Leucocryptos marina</i> (Braarud) Butcher 1967	
<i>Heterosigma akashiwo</i> (Hada) Hada ex Hara & Chihara 1987	<i>Paulinella ovalis</i> (Wulff) Johnson, Hargraves & Sieburth 1988	

### Analisi qualitativa del fitoplancton da retino

Per l'identificazione della comunità microfitoplanctonica lungo tutta la colonna d'acqua, sono stati raccolti con retino 5 campioni nelle stazioni E19 MG6, E19 MG7, E19 MG10, E19 MG12 e E19 MG13.

Dall'analisi qualitativa dei campioni sono stati individuati 225 taxa, di cui 199 identificati a livello di specie, 21 come genere e 5 attribuibili a categorie soprageneriche (**Tabella 44**).

<b>Tabella 44</b> - 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	67	9	3
Dinoflagellati	108	8	2
Prymnesiophyceae coccolitofori	20		
Dictyochophyceae	2		
Euglenoideae	1		
Prymnesiophyceae non Coccolitofori		1	
Altro	1	3	
Totale	199	21	5

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

In **Tabella 45** è fornito l'elenco completo dei taxa presenti nelle diverse stazioni di campionamento. Nell'insieme di tutte le stazioni, 79 taxa appartengono alle diatomee, 118 alla classe dei dinoflagellati e 20 ai coccolitofori; sono stati, inoltre, individuati 2 taxa attribuibili alla classe delle Dictyochophyceae, 1 alle Euglenoideae ed 1 taxon attribuibile alla classe Prymnesiophyceae non coccolitofori. Per la categoria Altro, invece, sono stati individuati 4 taxa.

La numerosità dei taxa presenti nelle diverse stazioni va da un minimo di 83 in E19 MG7 ad un massimo di 111 in E19 MG12.

Dall'osservazione non è emersa una netta differenza nel numero dei taxa individuati che, in tutte le stazioni, sono principalmente appartenenti alla classe dei dinoflagellati (con rispettivamente 48 taxa in E19 MG6, 46 in E19 MG7, 42 in E19 MG10, 63 in E19 MG12 e 53 in E19 MG13) ed in secondo luogo alla classe delle diatomee (con 37 taxa in E19 MG6, 22 in E19 MG7, 45 in P19 MG10, 30 in E19 MG12 e 35 in E19 MG13). Anche la classe dei coccolitofori risulta piuttosto differenziata, con 20 taxa individuati tutti a livello di specie. La frazione più piccola del popolamento è, invece, rappresentata dalle Dictyochophyceae, dalle Euglenoideae, dalle Prymnesiophyceae non coccolitofori e dalla categoria Altro, che presentano un numero esiguo di taxa in tutte le stazioni. Sono stati, inoltre, identificati ed aggiunti 15 nuovi taxa, che non erano stati rilevati nei campionamenti dei precedenti anni: 8 appartenenti alla classe dei dinoflagellati (*Achradina pulchra*, *Centrodinium* cf. *punctatum*, *Cladopyxis quadrispina*, *Heterocapsa pygmaea*, *Dinophysis lens*, *Histioneis elongata*, *Oxytoxum longum*, *Prorocentrum shikokuense*), 5 alla classe delle diatomee (*Diploneis lineata*, *Melosira* sp., *Nitzschia rectilonga*, *Stausosira* sp. e *Trigonium sculptum*) e 2 taxa attribuibili alla classe delle Cyanophyceae (*Phormidium* sp. e *Planktolyngbya* sp.), inseriti nella categoria Altro.

Ad un confronto della lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative (**Tabella 43**) con l'elenco dei taxa ottenuti dalle analisi qualitative (**Tabella 45**), vediamo che il numero di taxa presenti non differisce di molto tra retino e bottiglia (rispettivamente con 225 e 234 taxa individuati); il numero di taxa appartenenti alle classi Diatomee, coccolitofori, Dictyochophyceae, Chrysophyceae, Chlorophyceae,

Euglenoideae e Prymnesiophyceae non coccolitofori individuati nei campioni da bottiglia è, infatti, superiore rispetto a quello dei taxa presenti nei campioni raccolti con retino, mentre il numero di taxa appartenenti alle classi dei dinoflagellati risulta superiore in quest'ultimi. L'osservazione qualitativa del microfitoplancton ha permesso di rilevare la presenza di numerose specie rare appartenenti alla classe dei dinoflagellati, principalmente attribuibili ai generi *Dinophysis*, *Neoceratium* (= *Ceratium*), *Oxytoxum*, *Podolampas* e *Protoperdinium* insieme a taxa come *Actiniscus pentasterias*, *Azadinium caudatum*, *Ceratocorys goureii* e *Ceratocorys horrida*, *Corythodinium tessellatum*, *Diplopsalis lenticula*, *Gonyaulax* cf. *sphaeroidea*, *Pyrocystis lunula* e *Pachydinium mediterraneum*.

Tabella 45 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni E19 MG6, E19 MG7, E19 MG10, E19 MG12 e E19 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13)											
Specie	6	7	10	12	13	Specie	6	7	10	12	13
<b>DIATOMEE</b>											
<i>Amphiprora sulcata</i> var. <i>aequatorialis</i> (Cleve) H. Peragallo in H. Peragallo & M. Peragallo 1898			x			<i>Licmophora gracilis</i> (Ehrenberg) Grunow 1867					x
<i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castracane) Round 1990	x		x		x	<i>Lioloma pacificum</i> (Cupp) Hasle 1996		x			
<i>Asteromphalus flabellatus</i> Ehrenberg 1844	x					<i>Melosira</i> sp.					x
<i>Bacteriastrum jadrantum</i> Godrijan, Maric & Pfannkuchen 2012		x				<i>Navicula</i> spp.					x
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendeby 1937	x					<i>Navicula transitans</i> var. <i>delicatula</i> Heimdal 1970					x x
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder 1864					x	<i>Naviculaceae</i> spp.	x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros atlanticus</i> Cleve 1873			x			<i>Nitzschia</i> (sez. <i>sigmatae</i> ) sp.					x
<i>Chaetoceros</i> cf. <i>decepiens</i> Cleve 1873			x			<i>Nitzschia bicapitata</i> Cleve 1901					x
<i>Chaetoceros</i> cf. <i>vixibilis</i> Schiller					x	<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs 1861	x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve 1889				x	x	<i>Nitzschia rectilonga</i> Takano 1983					x
<i>Chaetoceros dadayi</i> Pavillard 1913				x	x	<i>Nitzschia sicula</i> (Castracane) Hustedt	x		x	x	
<i>Chaetoceros danicus</i> Cleve 1889					x	<i>Nitzschia sigma</i> (Kützing) Smith 1853			x		
<i>Chaetoceros decepiens</i> Cleve 1873					x	<i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve 1873					x
<i>Chaetoceros diversus</i> Cleve 1873	x	x		x	x	<i>Plagiotropis</i> cf. <i>antarctica</i> (Cleve) Kuntze 1898	x				
<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell 1856					x	<i>Plagiotropis</i> spp.					x
<i>Chaetoceros</i> spp.	x					<i>Pleurosigma</i> cf. <i>nicobaricum</i> Grunow 1880		x			
<i>Chaetoceros tetrastichon</i> Cleve 1897		x				<i>Pleurosigma normanii</i> Ralfs 1861	x		x	x	x
<i>Chaetoceros tortissimus</i> Gran 1900	x	x		x	x	<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström 1986	x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros wighamii</i> Brightwell 1856	x	x		x		<i>Psammodictyon panduriforme</i> (Gregory) Mann 1990	x		x		
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & Lewin 1964	x	x	x	x	x	<i>Pseudo-nitzschia americana</i> (Hasle) Fryxell 1993	x	x	x		
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i> (Bergon) Hasle 1996	x	x		x	x	<i>Pseudo-nitzschia</i> cf. <i>galaxiae</i> Lundholm & Moestrup 2002	x		x	x	x
Diatomee centriche > 20 µm n.i.	x					<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cleve) Heiden 1928					x
Diatomee pennate > 20 µm n.i.	x	x	x	x	x	<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle 1993	x				x
<i>Diploneis bombus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1853					x	<i>Pseudo-nitzschia subfraudulenta</i> (Hasle) Hasle 1993	x	x	x	x	x
<i>Diploneis crabro</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1854					x	<i>Rhizosolenia</i> cf. <i>striata</i> Greville 1864	x		x	x	x
<i>Diploneis lineata</i> (Donkin) Cleve 1894	x					<i>Rhizosolenia decepiens</i> Sundström 1986	x	x			x
<i>Entomoneis</i> spp.					x	<i>Rhizosolenia imbricata</i> Brightwell 1858	x		x	x	x
<i>Fragilaria</i> sp.					x	<i>Rhizosolenia setigera</i> Brightwell 1858					x
<i>Fragilariopsis doliolus</i> (Wallich) Medlin & P.A.Sims 1993					x	<i>Staurosira</i> sp.					x
<i>Grammatophora oceanica</i> Ehrenberg 1840					x	<i>Striatella unipunctata</i> (Lyngbye) Agardh 1832					x
<i>Guinardia flaccida</i> (Castracane) Peragallo 1892	x	x			x	<i>Synedra</i> cf. <i>affinis</i> Kützing 1844					x
<i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle 1996	x	x	x	x	x	<i>Synedra</i> cf. <i>toxoneides</i> Castracane					x
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow 1880	x		x		x	<i>Tabularia gallionii</i> (Bory de Saint-Vincent) Bukhtiyarova 1995					x
<i>Haslea wawrikae</i> (Hustedt) Simonsen 1974	x	x		x	x	<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Hallegraeff 1986	x	x	x	x	x
<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow ex Van Heurck 1882	x	x	x	x	x	<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky 1902	x	x	x	x	x
<i>Hemiaulus sinensis</i> Greville 1865	x				x	<i>Thalassiosira nordenskiöldii</i> Cleve 1873					x
<i>Hemidiscus cuneiformis</i> Wallich 1860					x	<i>Thalassiosira</i> spp.					x
<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve 1889	x	x	x	x	x	<i>Trigonium sculptum</i> (Shadbolt) Mann 1907					x
<i>Leptocylindrus mediterraneus</i> (Peragallo) Hasle 1975					x	<i>Tryblionella punctata</i> Smith 1853					x
<i>Leptocylindrus minimus</i> Gran 1915					x						
<b>DINOFLAGELLATI</b>											
<i>Achradina pulchra</i> Lohmann 1903		x				<i>Neoceratium horridum</i> (Gran) Gómez, Moreira & López-García 2010					x
<i>Actiniscus pentasterias</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1844	x		x			<i>Neoceratium karstenii</i> (Pavillard) Gómez, Moreira & López-García 2010					x
<i>Alexandrium catenella</i> (Whedon & Kofoid) Balech 1985					x	<i>Neoceratium macroceros</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010		x			
<i>Alexandrium</i> cf. <i>minutum</i> Halim 1960	x	x	x	x	x	<i>Neoceratium massiliense</i> (Gouret) Gómez, Moreira & López-García 2010	x			x	
<i>Azadinium caudatum</i> (Halldal) Nézan et Chomérat 2012		x				<i>Neoceratium pentagonum</i> (Gouret) Gómez, Moreira & López-García 2010					x x
<i>Centrodinium</i> cf. <i>punctatum</i> (Cleve) F.J.R. Taylor 1976		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			x	x
<i>Ceratocorys goureii</i> Paulsen 1931	x				x	<i>Neoceratium tripos</i> (O.F. Müller) Gómez, Moreira & López-García 2010					x
<i>Ceratocorys horrida</i> Stein 1883		x			x	<i>Ornithocercus heteroporus</i> Kofoid 1907					x x
<i>Cladopyxis brachiolata</i> Stein 1883	x	x	x	x	x	<i>Ornithocercus magnificus</i> Stein 1883					x x
<i>Cladopyxis quadrispina</i> Pavillard	x	x	x	x	x	<i>Oxytoxum adriaticum</i> Schiller 1937	x	x			x x
<i>Cochlodinium</i> sp.	x	x			x	<i>Oxytoxum caudatum</i> Schiller 1937					x
<i>Corythodinium tessellatum</i> (Stein) Loeblich Jr. & Loeblich III 1966					x	<i>Oxytoxum crassum</i> Schiller 1937					x x
Dinoflagellati tecati > 20 µm n.i.	x	x	x	x	x	<i>Oxytoxum elegans</i> Pavillard 1916					x
<i>Dinophysis amandula</i> (Balech) Sournia 1973		x			x	<i>Oxytoxum globosum</i> Schiller		x	x	x	x
<i>Dinophysis caudata</i> Saville-Kent 1881		x			x	<i>Oxytoxum laticeps</i> Schiller 1937	x	x	x	x	
<i>Dinophysis hastata</i> Stein 1883	x	x				<i>Oxytoxum longiceps</i> Schiller	x				x x
<i>Dinophysis lens</i> (Kofoid & Skogsberg) Balech					x	<i>Oxytoxum longum</i> Schiller 1937					x
<i>Dinophysis operculoides</i> (Schütt) Balech 1967	x		x		x	<i>Oxytoxum mediterraneum</i> Schiller	x	x	x	x	x



L'abbondanza media più elevata è stata osservata in superficie (0-50 m) con 1098,55 ind. m<sup>-3</sup> (max= 1658,49 ind. m<sup>-3</sup> E19 MG6; min= 733,06 ind. m<sup>-3</sup> E19 MG10), valori sovrapponibili a quelli delle pescate orizzontali superficiali per le quali è stato registrato un valore medio pari a 1027,70 ind. m<sup>-3</sup> (max= 1461,89 ind. m<sup>-3</sup> MG6; min= 779,46 ind. m<sup>-3</sup> MG10).

Le abbondanze più basse sono state rilevate in prossimità del fondale.

Nelle pescate verticali effettuate nella porzione della colonna compresa tra 50 e 100 m di profondità è stata registrata un'abbondanza media pari a 297,11 ind. m<sup>-3</sup> (max= 448,11 ind. m<sup>-3</sup> E19 MG13; min= 41,84 ind. m<sup>-3</sup> E19 MG6).

I dati medi raccolti nei primi 50 m della colonna risultano superiori alla media stagionale, fatto osservato in particolare in E19 MG6.

Rimangono invece praticamente stabili le differenti famiglie/specie (analizzati in seguito), che costituiscono il *pool* specifico dell'area monitorata.

Nell'estate 2019 sono stati identificati 82 taxa di copepodi (**Tabella 46**) appartenenti a 20 famiglie. La biodiversità osservata è sovrapponibile a quella campionata nelle precedenti campagne estive (E15, E16, E17 e E18).

È confermata la dominanza all'interno della colonna d'acqua 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% (44,27%) del comparto a Copepodi, con picchi di dominanza nei campionamenti orizzontali (65,66% 0 – 5 m; 36,35% 0 – 50 m; 30,81% 50 – 100 m), valori molto simili alla campagna estiva E18. Tra i Clausocalanidae le specie dominanti sono *C. furcatus* e *C. arcuicornis*, e *C. paululus*. Nel survey in esame *C. paululus* raggiunge valori medi di abbondanza più alti nei primi 50 m della colonna (86,68 ind/m<sup>3</sup> 0 – 5 m; 93,58 ind/m<sup>3</sup> 0 – 50 m; 15,04 ind/m<sup>3</sup> 50 – 100 m). Abbondanza leggermente inferiore e distribuzione simile sono osservabili per il congenerico *C. furcatus* (77,75 ind/m<sup>3</sup> 0 – 5 m; 63,43 ind/m<sup>3</sup> 0 – 50 m; 6,14 ind/m<sup>3</sup> 50 – 100 m).

*C. arcuicornis* (13,77 ind/m<sup>3</sup> 0 – 5 m; 17,16 ind/m<sup>3</sup> 0 – 50 m; 6,14 ind/m<sup>3</sup> 50 – 100 m) ha analoga distribuzione verticale, ma con valori di abbondanza più contenuti. *Ctenocalanus vanus*, assente nei primi metri della colonna (0-5 m, campioni orizzontali), esibisce valori di abbondanza costanti fino ai 100 m di profondità (26,52 ind/m<sup>3</sup> 0 – 50 m; 22,99 ind/m<sup>3</sup> 50 – 100 m).

La famiglia Paracalanidae è la seconda per abbondanza nel comparto investigato. Sono 11 le specie di Paracalanidae identificate, rappresentanti dei generi *Calocalanus* e *Paracalanus*. Complessivamente i valori medi di abbondanza sono: 47,70 ind/m<sup>3</sup> 0 – 5 m; 100,34 ind/m<sup>3</sup> 0 – 50 m; 39,69 ind/m<sup>3</sup> 50 – 100 m). La specie che maggiormente contribuisce all'abbondanza della famiglia è *Paracalanus parvus*.

Le specie tipiche di piattaforma continentale costantemente presenti nell'area investigata sono il Calanidae *Nannocalanus minor* (19,82 ind/m<sup>3</sup> 0 – 5 m; 14,04 ind/m<sup>3</sup> 0 – 50 m; 2,24 ind/m<sup>3</sup> 50 - 100 m), il Centropagidae *Centropages typicus* (14,53 ind/m<sup>3</sup> 0 – 5 m; 15,08 ind/m<sup>3</sup> 0 – 50 m; 1,66 ind/m<sup>3</sup> 50 - 100 m) e il Temoridae *Temora stylifera* (69,95 ind/m<sup>3</sup> 0 – 5 m; 70,19 ind/m<sup>3</sup> 0 – 50 m; 2,01 ind/m<sup>3</sup> 50 - 100 m), tutte concentrate quasi esclusivamente nei primi 50 m della colonna.

In relazione alla normale separazione temporale dei picchi di abbondanza delle tre specie osservata nelle precedenti campagne estive, è importante sottolineare che la specie estiva *N. minor* è considerevolmente meno abbondante della specie tardo estiva/autunnale *T. stylifera*, contrariamente a quanto osservato in passato. Tale variazione dei rapporti di dominanza è riconducibile a una temperatura dell'acqua inferiore di circa 3 °C rispetto all'estate precedente, condizioni ambientali quindi favorevoli per l'anticipo del picco stagionale di quest'ultima.

Scarsa la presenza di *Acartia negligens* fra gli Acartiidae. Fra le specie ascrivibili all' iponeuston, raggiunge elevate abbondanze il Pontellidae *Labidocera wollastoni* (23,79 ind/m<sup>3</sup> 0 – 5 m).

Fra le specie registrate costantemente come abbondanti durante le campagne estive, si conferma il Corycaeidae *Farranula rostrata* (48,21 ind/m<sup>3</sup> 0 – 5 m; 146,09 ind/m<sup>3</sup> 0 – 50 m; 18,34 ind/m<sup>3</sup> 50 – 100 m), sempre rappresentante oltre il 50% dei copepodi planctonici appartenenti alla famiglia Corycaeidae (10 specie; 90,37 ind/m<sup>3</sup> 0 – 5 m; 179,37 ind/m<sup>3</sup> 0 – 50 m; 31,75 ind/m<sup>3</sup> 50 – 100 m).

Gli Oithonidae hanno valori medi di abbondanza di: 14,25 ind/m<sup>3</sup> 0 – 5 m; 146,61 ind/m<sup>3</sup> 0 – 50 m; 31,45 ind/m<sup>3</sup> 50 – 100 m. La specie più abbondante è *Oithona plumifera* (7,69 ind/m<sup>3</sup> 0 – 5 m; 59,79 ind/m<sup>3</sup> 0 – 50 m; 9,00 ind/m<sup>3</sup> 50 – 100 m) confermando un anticipo dei picchi di abbondanza delle specie autunnali. Abbondante anche *Oncaea scottodicarloi* (Oncaeidae), con valori medi di 7,44 ind/m<sup>3</sup> 0 – 5 m; 102,94 ind/m<sup>3</sup> 0 – 50 m; 47,81 ind/m<sup>3</sup> 50 – 100 m. Scarsi risultano gli esemplari appartenenti all'Ordine Harpacticoida, mentre più abbondanti risultano quelli appartenenti all'ordine Monstrilloida, 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
<b>Famiglia Acartiidae</b>				<b>Famiglia Mecynoceridae</b>				<i>Oithona nana</i>	*		*
<i>Acartia negligens</i>	*	*	*	<i>Mecynocera clausi</i>			*	<i>Oithona plumifera</i>	*	*	*
<i>Acartia</i> spp		*		<b>Famiglia Metridinidae</b>				<i>Oithona setigera</i>	*	*	*
<b>Famiglia Calanidae</b>				<i>Pleuromamma gracilis</i>		*	*	<i>Oithona similis</i>	*	*	*
<i>Mesocalanus tenuicornis</i>		*	*	<b>Famiglia Paracalanidae</b>				<i>Oithona tenuis</i>	*	*	*
<i>Nannocalanus minor</i>	*	*	*	<i>Calocalanus contractus</i>		*	*	<i>Oithona</i> spp	*	*	*
<i>Neocalanus gracilis</i>			*	<i>Calocalanus longisetosus</i>		*	*	<b>Famiglia Oncaeidae</b>			
<b>Famiglia Candaciidae</b>				<i>Calocalanus neptunus</i>	*	*	*	<i>Oncaea curta</i>	*	*	*
<i>Candacia ethiopica</i>	*			<i>Calocalanus ovalis</i>		*	*	<i>Oncaea media</i>	*	*	*
<i>Candacia giesbrechti</i>	*	*	*	<i>Calocalanus pavo</i>	*	*	*	<i>Oncaea mediterranea</i>	*	*	*
<i>Candacia simplex</i>	*	*	*	<i>Calocalanus styliremis</i>	*	*	*	<i>Oncaea scottodicarloi</i>	*	*	*
<i>Candacia</i> juv.	*	*	*	<i>Calocalanus</i> spp	*	*	*	<i>Oncaea venusta</i>	*	*	*
<b>Famiglia Centropagidae</b>				<i>Paracalanus denudatus</i>	*	*	*	<i>Oncaea</i> spp	*	*	*
<i>Centropages kroyeri</i>	*	*		<i>Paracalanus nanus</i>	*	*	*	<i>Triconia conifera</i>			*

**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*.

<i>Centropages typicus</i>	*	*	*	<i>Paracalanus parvus</i>	*	*	*	<b>Famiglia Sapphirinidae</b>			
<i>Centropages violaceus</i>	*	*		<i>Paracalanus spp</i>	*	*	*	<i>Copilia mediterranea</i>	*	*	*
<i>Isias clavipes</i>	*	*		<b>Famiglia Pontellidae</b>				<i>Copilia quadrata</i>	*	*	
<b>Famiglia Clausocalanidae</b>				<i>Labidocera wollastoni</i>	*	*	*	<i>Sapphirina intestinata</i>			*
<i>Clausocalanus arcuicornis</i>	*	*	*	<i>Pontella mediterranea</i>	*	**		<i>Sapphirina ovatolanceolata</i>	*		
<i>Clausocalanus furcatus</i>	*	*	*	<i>Pontella juv</i>	*			<i>Sapphirina sali</i>	*		
<i>Clausocalanus jobei</i>	*	*	*	<b>Famiglia Scolecitrichidae</b>				<i>Sapphirina sp</i>	*	*	
<i>Clausocalanus lividus</i>	*	*	*	<i>Scolecitrichella dentata</i>			*	<b>Famiglia Ectinosomatidae</b>			
<i>Clausocalanus mastigophorus</i>	*	*	*	<i>Scolecithrix bradyi</i>			*	<i>Microsetella norvegica</i>			*
<i>Clausocalanus parapergens</i>	*	*	*	<b>Famiglia Temoridae</b>				<i>Microsetella rosea</i>	*	*	
<i>Clausocalanus paululus</i>	*	*	*	<i>Temora stylifera</i>	*	*	*	<b>Famiglia Euterpinidae</b>			
<i>Clausocalanus pergens</i>	*	*	*	<b>Famiglia Corycaeidae</b>				<i>Euterpina acutifrons</i>	*	*	
<i>Clausocalanus spp</i>	*	*	*	<i>Corycaeus brehmi</i>	*	*	*	<b>Famiglia Peltidiidae</b>			
<i>Ctenocalanus vanus</i>	*	*	*	<i>Corycaeus clausi</i>	*	*		<i>Goniopsyllus rostratus</i>	*	*	*
<b>Famiglia Eucalanidae</b>				<i>Corycaeus flaccus</i>	*	*	*	<b>Famiglia Monstrillidae</b>			
<i>Eucalanus elongatus</i>			*	<i>Corycaeus furcifer</i>			*	Monstrillidae sp	*		*
<i>Rhincalanus nasutus</i>	*	*	*	<i>Corycaeus giesbrechti</i>	*	*	*				
<b>Famiglia Euchaetidae</b>				<i>Corycaeus limbatus</i>	*	*	*				
<i>Euchaeta marina</i>	*	*	*	<i>Corycaeus ovalis</i>	*	*	*				
<i>Paraeuchaeta sarsi</i>			*	<i>Corycaeus typicus</i>	*	*	*				
<b>Famiglia Heterorhabdidae</b>				<i>Corycaeus spp</i>	*	*	*				
<i>Heterorhabdus papilliger</i>			*	<i>Farranula rostrata</i>	*	*	*				
<b>Famiglia Lucicutiidae</b>				<b>Famiglia Oithonidae</b>							
<i>Lucicutia flavicornis</i>			*	<i>Oithona decipiens</i>	*	*	*				
<i>Lucicutia gausse</i>			*	<i>Oithona longispina</i>	*	*	*				

Nella tabella seguente sono indicati i volumi di sedimentazione (dopo 24 h), espressi in ml, della componente oloplanctonica.

Le differenze apprezzabili nei volumi di sedimentazione, tra pescate orizzontali e verticali, possono essere generalmente ricondotte al differente volume di acqua filtrato dai retini, costantemente superiore nelle pescate orizzontali. L'andamento della biomassa, così come già discusso nella sezione relativa all'oloplancton, risulta essere superiore alla media stagionale in corrispondenza delle pescate orizzontali superficiali (stazioni E19 MG6, E19 MG7, E19 MG10 e E19 MG12). La stazione E19 MG13 presenta calori di biomassa in linea con quelli registrati nelle precedenti estati. Esclusivamente nella stazione E19 MG10 è osservabile una maggiore concentrazione della comunità zooplanctonica nella porzione più profonda della colonna, rispetto a quelle più superficiali 0-50.

<b>Tabella 47</b> - 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)	E19 MG6	E19 MG7	E19 MG10	E19 MG12	E19 MG13
OR	57	43	35	50	22
50-0	13	10	6	7,5	10
100-50	2	7,5	12,5	5	3,5

### Meroplancton

Nella campagna estiva 2019, (**Tabella 48**), sono stati determinati complessivamente 45 *taxa* meroplanctonici appartenenti a 4 *phyla* di invertebrati marini (Mollusca, Annelida, Arthropoda, Echinodermata).

Il picco di densità è stato rilevato nella stazione E19 MG6 (46,84 ind/m<sup>3</sup>).

Le larve di crostacei decapodi, includendo 37 *taxa* (82,2% del totale dei *taxa* campionati), sono in linea con quanto registrato nella campagna primaverile P19. Esse, sono, il gruppo tassonomico più rappresentato, dato conforme con quanto espresso non solo in tutte le campagne estive, ma anche in tutti i *survey* fino ad oggi realizzati.

Tra le larve di decapodi i gruppi tassonomici dominanti sono due: i caridei (37,8% del totale dei decapodi raccolti), ovvero quel gruppo di decapodi che durante la fase adulta condurrà prevalentemente vita nectonica e i brachiuri (35,1%), gruppo tassonomico associabile al gruppo dei granchi, quindi marcatamente bentonico. Da segnalare anche la presenza di 7 *taxa* (18,9%) appartenenti ai decapodi anomuri (paguri).

La distribuzione delle larve di decapodi è preferenzialmente superficiale-intermedia con 35 *taxa* raccolti durante i retinaggi orizzontali e quelli da 50 m di profondità alla superficie. Nessun *taxa* è esclusivo di tale fascia della colonna d'acqua. Solo 25 i *taxa* presenti nelle stazioni profonde. La distribuzione qualitativa delle larve dei crostacei decapodi indica una prevalenza della componente a brachiuri nella fascia più superficiale, mentre i caridei, tra i quali anche i dendrobranchiati (*Parasergestes vigilax*, *Sergia robusta* per es.) sono maggiormente concentrati nella fascia intermedio-profonda.

Il *taxa* dominante tra le larve dei crostacei decapodi risulta, come già sottolineato in altri *survey*, il brachiuro appartenente al genere *Liocarcinus*. Come riportato in passato, solo tramite analisi genetica (tecnica del *barcoding*) è possibile discriminare le differenti specie di *Liocarcinus* poiché le differenze fenotipiche non sono sufficienti per distinguere le varie specie presenti.

Studi condotti in *survey* precedenti hanno stabilito trattarsi di almeno tre specie differenti: *L. vernalis*, *L. depurator* e *L. maculatus*. Inoltre le difficoltà di determinazione tassonomica del genere *Liocarcinus* in associazione con la specie *Pirimela denticulata* (altra specie largamente dominante nell'area investigata) possono essere superate solo ricorrendo all'indagine genetica.

Possiamo dunque affermare che il gruppo *Liocarcinus* è di fatto il più rappresentato nel campione E19, in particolare nei retinaggi superficiali E19 MG7 (0,96 ind/m<sup>3</sup>) e E19 MG10 (0,86 ind/m<sup>3</sup>) e nella fascia intermedia – 50 m – 0 m nella stazione E19 MG10 (3,68 ind/m<sup>3</sup>) e E19 MG6 (3,4 ind/m<sup>3</sup>).

Nella fascia intermedia si conferma la dominanza delle larve del carideo *P. edulis edulis*. Il valore di abbondanza più alto si registra nella stazione E19 MG12 (4,25 ind/m<sup>3</sup>). Complessivamente nelle stazioni intermedie campionate presso il rigassificatore, questa specie esibisce un'abbondanza media di 5,85 individui/m<sup>3</sup>.

Un altro carideo, *Alpheus glaber* occupa prevalentemente la fascia intermedia (max in MG12 = 2,55 ind/m<sup>3</sup>), confermando il dato della preferenziale distribuzione intermedio-profonda dei caridei *Alpheus glaber* e il genere *Processa* sono infatti tra le larve più abbondanti nelle acque oggetto dei monitoraggi trimestrali.

Nel complesso il popolamento larvale a crostacei decapodi risulta coerente con le precedenti campagne estive per struttura del campione, biodiversità e numero di specie presenti. A livello quantitativo i dati sono confrontabili soprattutto con la campagna estiva del 2018 con la quale si differenzia per avere solo 4 *taxa* in meno.

Tre le larve degli echinodermi domina l'ofiuroido *Ophiotrix fragilis*, particolarmente abbondante nelle stazioni intermedie (E19 MG6 0,85 ind/m<sup>3</sup> e E19 MG12 0,85 ind/m<sup>3</sup>). Si tratta di una specie largamente presente in tutti i campionamenti fino ad oggi realizzati, talvolta in assoluto la specie più abbondante dei campioni raccolti.

Rispetto al *survey* precedente il numero di larve per metro cubo di acqua filtrata è inferiore, ma compatibile con il periodo di campionamento e confrontabile con altri *survey* estivi degli anni precedenti.

Non si rilevano alterazioni nella composizione della comunità imputabili all'esercizio del rigassificatore FSRU Toscana.

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

	O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50
<b>MOLLUSCA</b>				<i>Ebalia tumefacta</i>	*	*	*	<i>Pirimela denticulata</i>	*	*	*
Gastropoda larvae ind	*	*	*	<i>Ebalia</i> sp	*	*		<i>Plesionika</i> sp	*	*	
Bivalvia larvae ind	*	*	*	<i>Ethusa mascarone</i>		*		<i>Processa edulis edulis</i>	*	*	*
<b>POLYCHAETA</b>				<i>Galathea intermedia</i>	*	*	*	<i>Processa</i> sp	*	*	*
Spionidae ind.	*	*	*	<i>Galathea</i> sp	*	*	*	<i>Sergia robusta</i>	*	*	*
Polychaeta larvae ind	*	*	*	<i>Goneplax rhomboides</i>	*	*		<i>Solenocera membranacea</i>		*	*
Trocofora ind	*	*	*	<i>Illia nucleus</i>	*	*	*	<i>Upogebia</i> sp	*	*	*
<b>CRUSTACEA</b>				<i>Jaxea nocturna</i>		*		<i>Xanto granulicarpus</i>	*	*	*
<b>Decapoda</b>				<i>Liocarcinus</i> sp	*	*	*	<b>Stomatopoda</b>			
<i>Alpheus glaber</i>	*	*	*	<i>Lysmata seticaudata</i>	*	*		<i>Squilla</i> sp	*	*	*
<i>Anapagurus breviaculeatus</i>	*	*	*	<i>Maja</i> sp	*	*	*	<b>ECHINODERMATA</b>			
<i>Anapagurus laevis</i>	*	*	*	<i>Munida</i> sp			*	<i>Echinocardium</i> sp	*	*	
<i>Athanas nitescens</i>		*	*	<i>Palaemon</i> sp	*	*	*	<i>Ophiotrix fragilis</i>	*	*	*
<i>Calcinus tubularis</i>	*	*	*	Palaemonidae ind	*	*		<i>Ophiura</i> sp	*	*	
<i>Callinassa</i> sp	*	*	*	<i>Parasergestes vigilax</i>		*	*				
<i>Cestopagurus timidus</i>	*	*		<i>Parthenopoides massena</i>	*	*					
<i>Deosergestes henseni</i>		*		<i>Periclimenes</i> sp		*					
<i>Ebalia cranchii</i>	*	*		<i>Philocheras bispinosus</i>	*	*	*				
<i>Ebalia tuberosa</i>	*	*	*								

### Ittioplancton

Nell'estate 2019 sono stati campionati 15 *taxa* (Tabella 49), lo stesso numero riscontrato nella campagna estiva dell'anno precedente. Si conferma la presenza del Sebastidae *Helicolenus dactylopterus* (scorfano di fondale) segnalato per la prima volta nella primavera 2019 (P19). La specie dominante rimane, come del resto confermato anche in primavera, la fase larvale dell'acciuga (*Engraulis encrasicolus*). L'estate rappresenta il periodo riproduttivo per questa importante specie commerciale pelagica e mentre in primavera prevalgono talvolta le uova, nella tarda estate a prevalere sono di solito le fasi larvali precoci e giovanili del clupeide.

*E. encrasicolus* si concentra nelle due fasce più superficiali del campione, fino a - 50 m di profondità. I maggiori picchi di densità si riscontrano, per il campionamento orizzontale, nelle stazioni E19 MG6 e E19 MG7 (rispettivamente 1,23 ind/m<sup>3</sup> e 1,2 ind/m<sup>3</sup>), mentre nelle peschate intermedie tra - 50 m e la superficie il valore maggiore è di 1,62 ind/m<sup>3</sup> registrato nelle stazioni E19 MG10, E19 MG12 e E19 MG13.

Le stazioni profonde ospitano raramente esemplari larvali di *E. encrasicolus*.

Come già sottolineato in precedenti surveys anche nella stagione E19 sono presenti larve appartenenti a pesci abissali come il mictofide *Myctophum punctatum* e il gonostomatide *Cyclothone braueri*. Questo fenomeno, sottolineato già nel passato, è giustificato dalla vicinanza della scarpata continentale e dai fenomeni locali di *upwelling* che favoriscono la risalita di uova e larve da porzioni più profonde della colonna d'acqua. Sono proprio questi gli ambienti ove trascorrono lo sviluppo e la maturazione le larve dei pesci abissali che giunti allo sviluppo adulto si spostano verso profondità maggiori, ben oltre la scarpata continentale.

Due infine i pesci ossei appartenenti al gruppo dei pleuronettiformi presenti nel campione; sono specie demersali che anche in questo caso rappresentano una presenza costante nel campione estivo: si tratta della suacia (*Arnoglossus laterna*) e del rombo di rena (*Bothus podas*). Nel complesso per quanto riguarda il contingente larvale ittioplanctonico della campagna E19 non si registrano significative differenze nella composizione della comunità attribuibili all'esercizio del rigassificatore offshore OLT LNG Toscana.

**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
<b>APOGONIDAE</b>				<b>MULLIDAE</b>				<i>Pagrus pagrus</i>	*		
<i>Apogon imberbis</i>	*	*		<i>Mullus barbatus</i>				Sparidae ind	*	*	*
<b>BOTHIDAE</b>				<b>SCORPAENIDAE</b>				<b>STERNOPTYCHIDAE</b>			
<i>Arnoglossus laterna</i>	*	*		<i>Scorpaena scrofa</i>				<i>Maurolicus muelleri</i>	*		
<i>Bothus podas</i>	*	*	*	<b>SEBASTIDAE</b>				Larvae ind	*	*	*
<b>ENGRAULIDAE</b>				<i>Helicolenus dactylopterus</i>	*			Uova di <i>E. encrasicolus</i>	*	*	*
<i>Engraulis encrasicolus</i>	*	*	*	<b>SERRANIDAE</b>				Uova ind	*	*	*
<b>Gobiidae</b>				<i>Serranus hepatus</i>	*	*	*				
Gobiidae ind	*	*	*	<i>Serranus scriba</i>	*						
<b>GONOSTOMATIDAE</b>				<b>SPARIDAE</b>							
<i>Cyclothone braueri</i>	*	*	*	<i>Diplodus diplodus</i>	*						

## 6.2 SEDIMENTI

### 6.2.1 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche

#### Analisi granulometrica

Tutte le stazioni situate in prossimità del rigassificatore sono state classificate come loam avendo un sedimento costituito da percentuali paragonabili di sabbia, silt, argilla. Solo nella in E19 MG12 è presente una cospicua percentuale di ghiaia.

Caratteristiche del tutto simili sono state riscontrate in E19 MG10.

Nella stazione E19 MG9, invece, la frazione sabbiosa rappresenta poco più del 10% e la restante parte del campione è costituita da percentuali paragonabili di silt e argilla. In questo caso il sedimento è stato classificato come silt argilloso.

**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
<b>E19 MG6</b>	1,4	35,1	37,0	26,6	Loam
<b>E19 MG7</b>	2,0	33,5	41,8	22,6	Loam
<b>E19 MG9</b>	0,0	12,9	47,0	40,1	Silt argilloso
<b>E19 MG10</b>	8,8	37,1	31,5	22,6	Loam
<b>E19 MG12</b>	27,3	31,8	20,0	20,9	Loam
<b>E19 MG13</b>	1,3	28,0	36,4	34,3	Loam

#### Metalli

Nel complesso tutti gli elementi ricercati presentano concentrazioni basse e per lo più inferiori al LCRN (**Tabella 51**), sebbene non manchino le eccezioni che riguardano As, Cr, Ni, Zn. In tutti i casi si tratta comunque di superamenti di poco conto.

Inoltre i picchi di As, Cr, e Ni sono stati osservati in E19 MG9 ossia distante dall'FSRU.

**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
<b>E19 MG6</b>	2,60	2,54	<b>12,74</b>	73,3	<b>89,3</b>	30,3	0,081	611,9	0,201	<b>63,4</b>	29,77	<b>102,6</b>
<b>E19 MG7</b>	1,90	1,98	<b>13,86</b>	72,5	<b>65,7</b>	19,0	0,052	505,6	0,133	<b>45,0</b>	24,31	71,4
<b>E19 MG9</b>	3,33	2,92	<b>18,01</b>	72,0	<b>98,3</b>	29,7	0,041	596,8	0,258	<b>73,9</b>	16,42	<b>104,1</b>
<b>E19 MG10</b>	1,51	2,71	11,47	30,1	<b>62,1</b>	27,5	0,057	612,2	0,062	<b>69,5</b>	18,04	76,6

**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.

E19 MG12	1,78	1,86	10,88	53,3	65,9	22,8	0,052	439,1	0,116	44,6	28,29	72,0
E19 MG13	2,11	2,52	16,00	56,5	75,2	32,9	0,096	529,6	0,242	63,5	28,29	104,5
S.Q.	-	-	12	-	50	-	0,30	-	0,30	30	30	-
LCRN	-	-	12	-	50	40	0,30	-	0,30	30	30	100
LCB	-	-	25	-	100	40	0,35	-	0,40	70	40	100
LCL	-	-	32	-	360	52	0,80	-	0,80	75	70	170

### Composti organici

Gli idrocarburi policiclici aromatici sono diffusamente presenti e mostrano i tenori più elevati presso il Terminale (Tabella 52). In particolare in E19 MG6 e E19 MG13 gli IPA totali superano l'LCB del Manuale Icram-APAT.

Gli idrocarburi C10-C40, invece presentano un picco in E19 MG7 con un valore circa triplo rispetto ai controlli (E19 MG9, E19 MG10).

Il carbonio organico totale presenta presso l'FSRU un tenore medio inferiore rispetto ai controlli.

**Tabella 52** – Concentrazione dei contaminanti organici nei sedimenti campionati nell'estate 2019. 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 L1 (DM 173/2016) (LCRN) sono tutti espressi in mg/kg. In neretto i valori >SQ, in verde >LCB, in rosso >LCL.

	E19 MG6	E19 MG7	E19 MG9	E19 MG10	E19 MG12	E19 MG13	S.Q.	LCB/PP	LCL	LCRN
<b>Idrocarburi policiclici aromatici (mg/kg)</b>										
Acenaftene	0,011	0,002	0,004	0,002	0,002	0,029		0,007	0,089	
Acenaftilene	0,013	0,005	0,006	0,001	0,004	0,031				
Antracene	0,032	0,011	0,012	0,004	0,008	0,055	0,045	0,047	0,245	0,024
Benzo (a) antracene	0,099	0,053	0,052	0,018	0,033	0,127		0,075	0,693	0,075
Benzo (a) pirene	0,270	0,086	0,086	0,031	0,059	0,256	0,030	0,080	0,763	0,030
Benzo (b) fluorantene	0,373	0,112	0,107	0,042	0,071	0,302	0,040	0,040		0,040
Benzo (g, h,i) perilene	0,151	0,076	0,062	0,020	0,034	0,144	0,055	0,055		0,055
Benzo (k) fluorantene	0,177	0,051	0,048	0,018	0,033	0,159	0,020	0,020		0,020
Crisene	0,086	0,044	0,047	0,016	0,032	0,109		0,108	0,846	0,108
Dibenzo (a, h) antracene	0,041	0,017	0,015	0,005	0,009	0,063		0,006	0,135	
Fenantrene	0,064	0,028	0,032	0,016	0,017	0,085		0,087	0,544	0,087
Fluorantene	0,163	0,077	0,079	0,031	0,058	0,177	0,110	0,113	1,494	0,110
Fluorene	0,015	0,004	0,005	0,002	0,003	0,039		0,021	0,144	0,021
Indeno (1,2,3 - c, d) pirene	0,193	0,089	0,078	0,024	0,044	0,174		0,070		0,070
Naftalene	0,011	0,003	0,005	0,002	0,003	0,023	0,035	0,035	0,391	0,035
Pirene	0,169	0,074	0,084	0,026	0,064	0,282		0,153	1,398	0,153
<b>IPA Totali</b>	<b>1,869</b>	0,734	0,722	0,259	0,476	<b>2,055</b>	<b>0,800</b>	<b>0,900</b>	<b>4,000</b>	
<b>Idrocarburi C&lt;10 (mg/kg)</b>	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5				
<b>Idrocarburi C10-C40 (mg/kg)</b>	41,7	112,7	31,0	26,2	32,1	88,3				
<b>Composti organostannici</b>										
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				0,005
<b>Carbonio organico totale (TOC) (mg/kg)</b>	7890	4720	6820	11380	4590	8820				

### 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 2019.

	E19 MG6	E19 MG7	E19 MG9	E19 MG10	E19 MG12	E19 MG13
<b>Acidi Aloacetici (µg/kg)</b>						
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

**Tabella 53 – Concentrazione dei composti cloro derivati nei sedimenti campionati nell'Estate 2019.**

Acido Bromocloroacetico	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
Acido Dicloroacetico	<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	0,12	< 0,05	0,08	< 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
<b>Alofenoli (SVOC) (µg/kg)</b>						
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 2019. I dati sono espressi in MPN/g.**

	E19 MG6	E19 MG7	E19 MG9	E19 MG10	E19 MG12	E19 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 26,80µg l<sup>-1</sup> di Cu (LC=24,2 e UC=28,01), 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)	Campione	Salinità (‰)	pH	Ossigeno disciolto (mg/l)
controllo	36	8,10	5,44				
<b>E19 MG6</b>	36	8,40	5,31	<b>E19 MG10</b>	36	8,47	5,37
<b>E19 MG7</b>	36	8,50	5,28	<b>E19 MG12</b>	36	8,46	5,86
<b>E19 MG9</b>	36	8,48	6,02	<b>E19 MG13</b>	36	8,38	5,61

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

Campione	Concentrazione (%) dell'elutriato	% media di plutei ( $\pm$ dev.st %)	% media di embrioni non sviluppati	Correzione ABBOTT (embrioni non sviluppati)	EC 20 (%)	EC 50 (%)	Stima di tossicità
Controllo		86 $\pm$ 1,53	14	0	-	-	
<b>E19 MG6</b>	100	65 $\pm$ 1,15	35	24	83,6	>100	Bassa
	50	77 $\pm$ 1,53	23	10			
	25	83 $\pm$ 1,73	17	4			
<b>E19 MG7</b>	100	63 $\pm$ 1,53	37	27	75,4	>100	Bassa
	50	76 $\pm$ 1,53	24	12			
	25	83 $\pm$ 0,58	17	4			
<b>E19 MG9</b>	100	63 $\pm$ 2,31	37	27	74,3	>100	Bassa
	50	75 $\pm$ 1,00	25	13			
	25	83 $\pm$ 0,58	17	3			
<b>E19 MG10</b>	100	62 $\pm$ 2,08	38	29	73,1	>100	Bassa
	50	76 $\pm$ 2,65	24	12			
	25	83 $\pm$ 1,00	17	4			
<b>E19 MG12</b>	100	56 $\pm$ 1,53	44	36	56,8	>100	Bassa
	50	71 $\pm$ 2,08	29	18			
	25	82 $\pm$ 0,58	18	5			
<b>E19 MG13</b>	100	62 $\pm$ 1,53	38	28	73,9	>100	Bassa
	50	76 $\pm$ 1,73	24	12			
	25	82 $\pm$ 1,00	18	5			

I valori dell'EC50 determinati per gli elutriati dimostrano la presenza di una diffusa tossicità cronica bassa riscontrata vicino e lontano rispetto all'FSRU.

#### **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 <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	O <sub>2</sub> (%)	Temp. (°C)	Salinità (‰)	pH	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	O <sub>2</sub> (%)
Controllo		36	8,15	0,5			36	8,17	5	
<b>E15 MG6</b>		36	8,10	0-0,5			36	8,03	0	
<b>E15 MG7</b>		36	8,12	0,5			36	8,08	0	
<b>E15 MG9</b>	16 $\pm$ 1	36	8,13	0,5	>85	15 $\pm$ 1	36	8,09	0	>85
<b>E15 MG10</b>		36	8,09	0			36	8,01	0	
<b>E15 MG12</b>		36	8,08	0,5-1			36	8,08	0	
<b>E15 MG13</b>		36	8,10	0-0,5			36	8,08	0	

**QA-QC** - Il valore della LC50(96h) =3,61mg/l (LC= 3,28mg/l e UC=3,96mg/l) ottenuto con la sostanza di riferimento (CdCl<sub>2</sub>) 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 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 ( $\pm$ incertezza %)	% (corretta) degli organismi morti	Giudizio della tossicità
controllo	100	1 $\pm$ 3,18	0	Assente
E19 MG6	100	43 $\pm$ 6,09	42	Media
E19 MG7	100	12 $\pm$ 5,19	11	Assente
E19 MG9	100	50 $\pm$ 8,21	49	Media
E19 MG10	100	63 $\pm$ 6,09	63	Alta
E19 MG12	100	61 $\pm$ 3,18	61	Alta
E19 MG13	100	62 $\pm$ 3,67	61	Alta

### Vibrio fischeri

QA-QC - Il valore della EC50(17') = 10,97mg/l (LC= 8,97mg/l e UC=13,41mg/l) ottenuto con la sostanza di riferimento ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 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. R<sup>2</sup> (%) = 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 <sup>2</sup>	Pelite	Tossicità naturale stimata (UT)	STI	Stima di tossicità
E19 MG6	35,55	64,45	176,09	0,56	3,89	8,00	0,97	Assente
E19 MG7	34,21	65,79	179,76	8,61	7,37	10,07	0,99	
E19 MG9	12,94	87,06	237,77	13,04	10,99	15,48	0,99	
E19 MG10	40,71	59,29	162,03	13,65	11,16	16,70	0,98	
E19 MG12	43,73	56,27	153,78	13,77	11,25	16,86	0,98	
E19 MG13	28,34	71,66	195,77	18,65	15,60	22,31	0,99	

## 6.3 BIOTA

### 6.3.1 Macrozoobenthos

Lo studio ha portato alla raccolta e determinazione di 5754 individui appartenenti a 164 specie (Tabella 60) comprendenti policheti, molluschi, crostacei, sipunculidi, echinodermi, nemertini, emicordati e actiniari.

**Tabella 60** - Lista delle specie macrobentoniche rinvenute nella estate 2019 (P19).

Anellidi		
<i>Abyssoninoe hibemica</i> (McIntosh, 1903)	<i>Glycera alba</i> Verrill, 1900	<i>Notomastus latericeus profundus</i> Eisig, 1887
<i>Ampharete acutifrons</i> (Grube, 1860)	<i>Glycinde nordmanni</i> (Malmgren, 1866)	<i>Ophelina acuminata</i> Örsted, 1843
<i>Amphicteis gunneri</i> (M. Sars, 1835)	<i>Goniada maculata</i> Oersted, 1844	<i>Ophiodromus flexuosus</i> (Delle Chiaje, 1825)
<i>Ancistrosyllis groenlandica</i> Mc Intosh, 1879	<i>Harmothoe</i> sp	<i>Panthalis</i> sp
<i>Aphelochaeta marioni</i> (Saint-Joseph, 1894)	<i>Heteromastus filiformis</i> (Claparède, 1864)	<i>Paradiopatra calliopae</i> Arvanitidis & Koukouras, 1997
<i>Aponuphis bilineata</i> (Baird, 1870)	<i>Heterospio mediterranea</i> Laubier, Picard & Ramos, 1972	<i>Paralacydonia paradoxa</i> Fauvel, 1913
<i>Arabella geniculata</i> (Claparède, 1868)	<i>Hyalinoecia tubicola</i> (O. F. Müller, 1776)	<i>Paraprionospio pinnata</i> (Ehlers, 1901)
<i>Aricidea (Acmira) assimilis</i> Tebble, 1959	<i>Kefersteinia cirrata</i> (Keferstein, 1862)	<i>Pectinaria auricoma</i> (O. F. Müller, 1776)
<i>Aricidea (Strelzovia) claudiae</i> Laubier, 1967	<i>Laonice cirrata</i> (M. Sars, 1851)	<i>Phyllodoce mucosa</i> Örsted, 1843
<i>Augeneria profundicola</i>	<i>Leiocapitella dollfusi</i> (Fauvel, 1936)	<i>Poecilochaetus fauchaldi</i> Pilato & Cantone, 1976
<i>Chaetozone caputesocis</i> (Saint-Joseph, 1894)	<i>Levinsenia demiri</i> Çinar, Dagli & Acik, 2011	<i>Polycirrus</i> sp Grube, 1850
<i>Chaetozone setosa</i> Malmgren, 1867	<i>Levinsenia gracilis</i> (Tauber, 1879)	<i>Polygordius</i> sp
<i>Chirimia biceps</i> (M. Sars, 1861)	<i>Lumbrineris latreilli</i> Audouin & Milne-Edwards, 1834	<i>Praxillella gracilis</i> (M. Sars, 1861)
<i>Chloeia venusta</i> Quatrefages, 1865	<i>Lumbrineris</i> sp	<i>Prionospio ehlersi</i> Fauvel, 1928
<i>Chone</i> sp	<i>Lysidice unicornis</i> (Grube, 1840)	<i>Prionospio fallax</i> Soderstrom, 1920
<i>Cirrophorus branchiatus</i> Ehlers, 1908	<i>Maldane glebiflex</i> Grube, 1860	<i>Prionospio</i> sp
<i>Dialychone collaris</i> (Langerhans, 1881)	<i>Malmgreniella lunulata</i> (Delle Chiaje, 1841)	<i>Prionospio steenstrupi</i> Malmgren, 1867
<i>Dorvillea rudolphii</i> (Delle Chiaje, 1828)	<i>Marphysa bellii</i> (Audouin & Milne-Edwards, 1833)	<i>Pseudoleiocapitella fauveli</i> Harmelin, 1964
<i>Drilonereis filum</i> (Claparède, 1868)	<i>Melinna palmata</i> Grube, 1860	<i>Scalibregma inflatum</i> Rathke, 1843
<i>Eteone</i> sp	<i>Metasychis gotoi</i> (Izuka, 1902)	<i>Scolecopsis foliosa</i> (Audouin & Milne-Edwards, 1833)
<i>Euchone</i> sp	<i>Micronephthys stammeri</i> (Augener, 1932)	<i>Sigambra tentaculata</i> (Treadwell, 1941)

**Tabella 60** - Lista delle specie macrobentoniche rinvenute nella estate 2019 (P19).

<i>Euclymene lombricoides</i> (Quatrefages, 1866)	<i>Minuspio cirrifera</i> Wiren, 1883	<i>Spio multioculata</i> (Rioja, 1918)
<i>Euclymene oerstedii</i> (Claparède, 1863)	<i>Monticellina dorsobranchialis</i> (Kirkegaard, 1959)	<i>Spiophanes kroyeri</i> Grube, 1860
<i>Eunice vittata</i> (Delle Chiaje, 1828)	<i>Myriochele oculata</i> Zachs, 1923	<i>Sternaspis scutata</i> (Renier, 1807)
<i>Eupanthalis</i> sp	<i>Nephtys hystrix</i> Mc Intosh, 1900	<i>Syllis alternata</i> Moore, 1908
<i>Exogone verugera</i> (Claparède, 1868)	<i>Ninoe armoricana</i> Glémarec, 1968	<i>Syllis parapari</i> San Martín & López, 2000
<i>Gallardoneris iberica</i> Martins, Carrera-Parra, Quintino & Rodrigues, 2012	<i>Notomastus aberans</i> Day, 1963	<i>Terebellides stroemi</i> M. Sars, 1835
<b>Artropodi</b>		
<i>Akanthophoreus gracilis</i> (Krøyer, 1842)	<i>Epimeria (Epimeria) cornigera</i> (Fabricius, 1779)	<i>Leucon</i> sp 2
Alpheidae ind	<i>Eriopisa elongata</i> (Bruzelius, 1859)	<i>Lysianassa</i> sp
<i>Alpheus glaber</i> (Olivi, 1792)	<i>Eudorella nana</i> Sars, 1879	<i>Macropodia longipes</i> (A. Milne-Edwards & Bouvier, 1899)
<i>Ampelisca</i> sp	<i>Eurydice spinigera</i> Hansen, 1890	<i>Maera grossimana</i> (Montagu, 1808)
<i>Anapagurus petiti</i> Dechancé & Forest, 1962	<i>Eurynome aspera</i> (Pennant, 1777)	<i>Medicorophium rotundirostre</i> (Stephensen, 1915)
<i>Anthurus gracilis</i> (Montagu, 1808)	<i>Galathea strigosa</i> (Linnaeus, 1761)	<i>Paraphoxus oculatus</i> (G.O. Sars, 1879)
<i>Araphura brevimanus</i> (Lilljeborg, 1864)	<i>Gnathia oxyuraea</i> (Lilljeborg, 1855)	<i>Pardaliscella boeckii</i> (Malm, 1870)
<i>Callianassa subterranea</i> (Montagu, 1898)	<i>Goneplax rhomboides</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Photis longicaudata</i> (Bate & Westwood, 1862)
<i>Calocaris macandreae</i> Bell, 1846	<i>Haploops nira</i> Kaim Malka, 1976	<i>Phtisica marina</i> Slabber, 1769
<i>Campylaspis glabra</i> G.O. Sars, 1880	<i>Harpinia crenulata</i> (Boeck, 1871)	<i>Pilumnus hirtellus</i> (Linnaeus, 1761)
<i>Carangoliopsis spinulosa</i> Ledoyer, 1970	<i>Harpinia dellavallei</i> Chevreux, 1910	<i>Processa canaliculata</i> Leach, 1815
<i>Cirolana borealis</i> Lilljeborg, 1852	<i>Hippomedon bidentatus</i> Chevreux, 1903	<i>Pseudotanaïs</i> sp
<i>Collettea cylindrata</i> (Sars, 1882)	<i>Hippomedon massiliensis</i> bellan-Santini, 1965	<i>Tuberapseudes echinatus</i> (G.O. Sars, 1882)
<i>Desmosoma</i> sp	<i>Leucon</i> sp 1	<i>Upogebia deltaura</i> (Leach, 1815)
<i>Ebalia cranchii</i> Leach, 1817		
<b>Echinodermi</b>		
<i>Amphiura chiajei</i> Forbes, 1843	<i>Astropecten i. pentacanthus</i> (Delle Chiaje, 1825)	<i>Ophiopsila annulosa</i> (M. Sars, 1859)
<i>Amphiura filiformis</i> (O. F. Müller, 1776)	<i>Labidoplax digitata</i> (Montagu, 1815)	<i>Trachythone tergestina</i> (Sars, 1857)
<b>Molluschi</b>		
<i>Abra alba</i> (W. Wood, 1802)	<i>Ennucula aegeensis</i> (Forbes, 1844)	<i>Neopycnodonte cochlear</i> (Poli, 1795)
<i>Acteon tomatis</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Falcdens guttuosus</i> (Kowalevsky, 1901)	<i>Nucula sulcata</i> (Bronn, 1831)
<i>Antalis inaequicostata</i> (Dautzenberg, 1891)	<i>Hyala vitrea</i> (Montagu, 1803)	<i>Pandora pinna</i> (Montagu, 1803)
<i>Antalis vulgaris</i> (da Costa, 1778)	<i>Kellia suborbicularis</i> (Montagu, 1803)	<i>Pitar rudis</i> (Poli, 1795)
<i>Bathyarca pectunculoideus</i> (Scacchi, 1834)	<i>Kurtiella bidentata</i> (Montagu, 1803)	<i>Theora lubrica</i> Gould, 1861
<i>Cardiomya costellata</i> (Deshayes, 1835)	<i>Lembulus pella</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Thyasira allenii</i> Carozza, 1981
<i>Clathrella clathrata</i> (Philippi, 1844)	<i>Mendicula ferruginosa</i> (Forbes, 1844)	<i>Thyasira biplicata</i> (Philippi, 1836)
<i>Corbula gibba</i> (Olivi, 1792)	<i>Musculus subpictus</i> (Cantraine, 1835)	<i>Thyasira granulosa</i> (Monterosato, 1874)
<i>Cuspidaria rostrata</i> (Olivi, 1792)	<i>Myrtea spinifera</i> Cantraine, 1835	<i>Timoclea ovata</i> (Pennant, 1777)
<b>Sipunculidi</b>		
<i>Golfingia vulgaris vulgaris</i> (Blainville, 1827)	<i>Onchnesoma s. steenstrupii</i> Koren & Danilissen, 1875	<i>Phascolion strombus strombus</i> (Montagu, 1804)
<i>Golfingia</i> sp		
<b>Nemertini</b>		
<b>Emicordati</b>		
<i>Glandiceps talaboti</i> Marion, 1876		
<b>Actinari</b>		

Gli anellidi policheti risultano essere il gruppo dominante che con 5434 individui rappresentano quasi il 90% dell'abbondanza totale. Gli artropodi crostacei, secondi in ordine di abbondanza, superano di poco il 5% di contributo. I molluschi costituiscono, il 4,5% dell'abbondanza totale, mentre sipunculidi (129 individui) e echinodermi (28 individui) il 2,7% in 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 la metà delle specie rinvenute (49%). Un quarto del panorama faunistico è fornito dagli artropodi (unicamente rappresentati dai crostacei) seguiti dai molluschi che rappresentano il 17% delle specie totali. Gli echinodermi forniscono appena il 4% di specie al panorama faunistico, seguiti dai sipunculidi che forniscono solo il 2%.

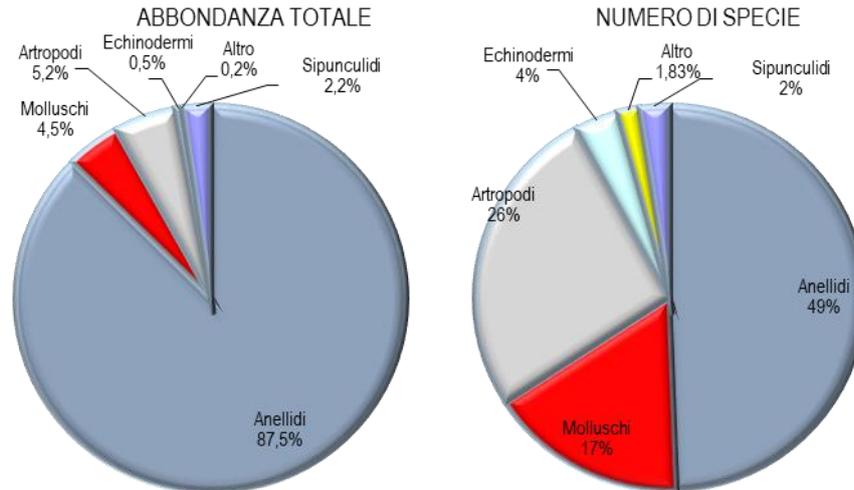


Figura 41 - Ripartizione dell'abbondanza totale e del numero di specie tra i principali taxa rinvenuti. Altro = Nemertini.

Ai policheti appartengono le specie rinvenute col maggior numero di individui, tra le quali *Levinsenia demiri* (2021) e *Paradiopatra calliopa* (865 individui) che costituiscono, rispettivamente il 35% e il 15% dell'abbondanza totale (Figura 42).

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

Queste cinque specie rappresentano da sole quasi oltre il 60% dell'abbondanza totale. Questo risultato, che conferma quanto emerso dalla fase di "bianco", dimostra che l'area è caratterizzata da un panorama faunistico dominato da poche specie molto abbondanti affiancate da un elevato numero di specie presenti con pochi individui. Infatti 156 specie (ossia 95% del totale) contribuiscono per meno dell'1% all'abbondanza totale. Inoltre il 28% circa delle specie è presente con un solo individuo.

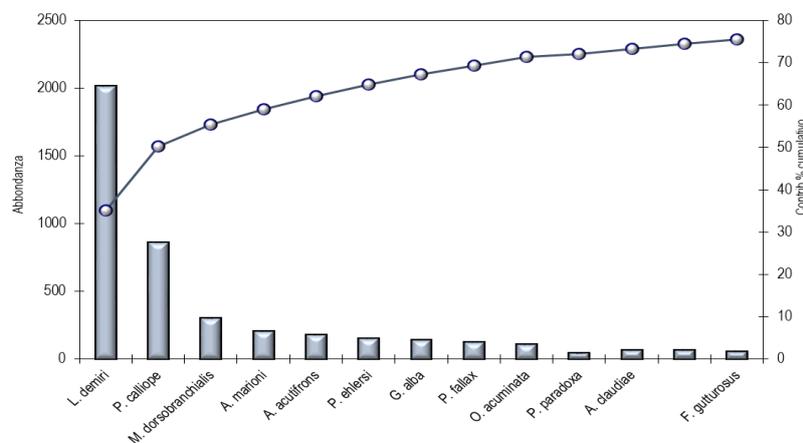


Figura 42 - Abbondanza totale e contributo percentuale cumulativo delle specie dominanti.

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 varia in un range abbastanza ampio. I valori più bassi sono stati rilevati in E19 MG12 (35,38%), E19 MG7 (40,86%) e E19 MG9 (47,83%) dove la percentuale di similarità è inferiore al 50%. In quattro stazioni (E19 MG1, E19 MG6, E19 MG8, E19 MG10) tale percentuale supera il 50%. Nelle restanti stazioni (E19 MG2, E19 MG4, E19 MG11, E19 MG13, E19 MG14) la similarità oscilla tra il 60 e il 70% circa.

Dalla medesima analisi, inoltre, si evince che *Levinsenia demiri* e *Paradiopatra calliopa* sono le specie che maggiormente contribuiscono alla similarità tra repliche tanto che nella maggior parte delle stazioni, apportano un contributo complessivo maggiore del 60%.

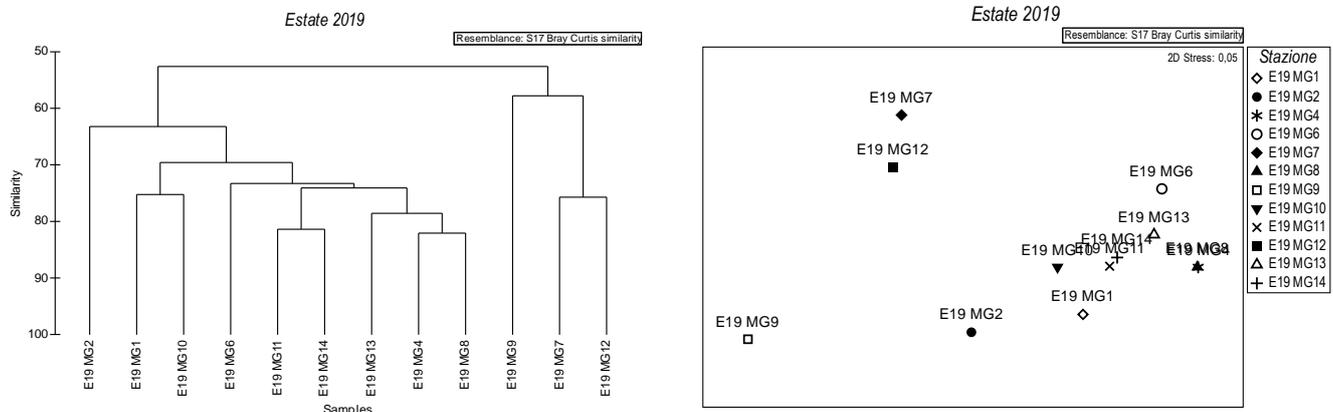
Nel piano di ordinamento (Figura 43) ottenuto dal non-Metric Multidimensional Scaling (n-MDS) si osserva che le stazioni non risultano distribuite nel plot in accordo alla loro posizione geografica o alla distanza dall'FSRU.

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 dissimilarità tra stazioni sono abbastanza variabili. In pochi casi sono inferiori al 40% (E19 MG4 & E19 MG11 36,90%; E19 MG4 & E19 MG13 34,59%; E19 MG11 & E19 MG13 38,92%; E19 MG4 & E19 MG14 34,80%; E19 MG14 & E19 MG10 39,66%; E19 MG11 & E19 MG14 36,30%; E19 MG13 & E19 MG14 37,72%).

In tutti i restanti casi la dissimilarità oscilla tra il 40 e oltre il 65%.

Nel piano di ordinamento (**Figura 43**) le stazioni E19 MG9, e in parte E19 MG7, E19 MG12, E19 MG2 sono localizzate nella parte sinistra del plot e sono contrapposte a E19 MG8 e E19 MG4 stazioni in cui *P. calliope* e *L. demiri* mostrano i maggiori valori di abbondanza. Nella parte centrale del plot si localizzano tutte le altre stazioni senza alcuna relazione con la loro posizione geografica. 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 biodetrito talvolta dominato da fibra vegetale, talvolta da sabbia o biodetrito conchifero.



**Figura 43** - 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.

Anche dal punto di vista strutturale (**Tabella 61**) 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 E19 MG4 e minima in E19 MG9.

Il numero di specie non segue il pattern delle abbondanze e mostra valori più elevati presso il Terminale in E19 MG6 e E19 MG13 e in E19 MG2. Il minimo è stato osservato in E19 MG9.

La diversità varia tra 3,11 (E19 MG11) e 4,24 (E19 MG12) con il picco in prossimità del Terminale. La Ricchezza di Margalef risulta superiore a 6 in tutte le stazioni, tranne E19 MG9 (4,28).

Presso il terminale (E19 MG12) troviamo anche il picco di equità. Il valori più bassi sono stati rilevati in E19 MG4, E19 MG8, e E19 MG11 unici casi in cui questo parametro scende sotto a 0,7.

Considerando le singole stazioni, l'andamento dei parametri non rispecchia la localizzazione delle stazioni.

Raggruppando quest'ultime in ragione della loro distanza del Terminale [MG6, MG7, MG12, MG13 (prossime al terminale); MG4, MG8, MG11, MG14 Intermedie]; MG1, MG2, MG9, MG10 (Controlli)] si osserva che S, H' e d mediamente più elevati presso l'FSRU sebbene al momento la differenza non sia significativa.

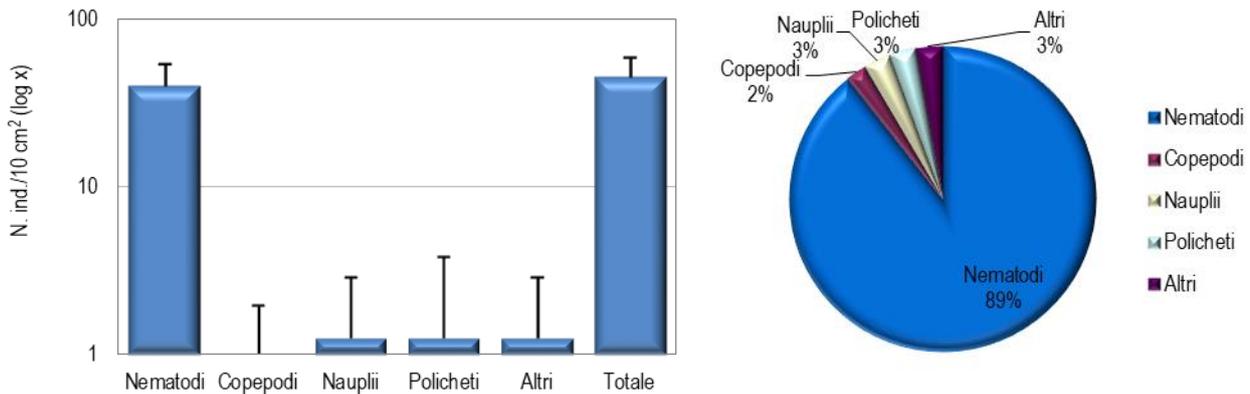
**Tabella 61** – Indici strutturali ( $\pm$ DS) relativi al popolamento macrobentonico. Numero di taxa (S), Numero di individui (N), Diversità specifica di Shannon-Weaver (H'), Ricchezza specifica di Margalef (d), Equità di Pielou (J).

Stazioni	S	N	H'(log <sub>2</sub> )	d	J
E19 MG1	31,50 ± 3,70	116,00 ± 31,85	3,92 ± 0,36	6,47 ± 0,79	0,79 ± 0,05
E19 MG2	35,75 ± 6,40	98,50 ± 14,43	4,16 ± 0,42	7,56 ± 1,21	0,81 ± 0,05
E19 MG4	31,00 ± 5,83	168,00 ± 74,70	3,15 ± 0,62	5,85 ± 1,03	0,64 ± 0,09
E19 MG6	37,50 ± 6,56	153,25 ± 44,77	3,89 ± 0,49	7,32 ± 1,39	0,75 ± 0,09
E19 MG7	31,25 ± 5,56	85,00 ± 26,76	4,22 ± 0,09	6,84 ± 0,92	0,85 ± 0,05
E19 MG8	32,00 ± 1,63	152,00 ± 75,39	3,30 ± 0,72	6,33 ± 0,39	0,66 ± 0,15
E19 MG9	17,25 ± 3,40	46,25 ± 17,58	3,25 ± 0,49	4,28 ± 0,60	0,79 ± 0,10
E19 MG10	32,25 ± 3,77	128,00 ± 1,41	3,80 ± 0,39	6,44 ± 0,78	0,76 ± 0,05
E19 MG11	28,00 ± 4,16	114,25 ± 19,57	3,11 ± 0,38	5,71 ± 0,83	0,65 ± 0,06
E19 MG12	30,75 ± 7,04	81,50 ± 54,84	4,24 ± 0,51	6,95 ± 1,13	0,87 ± 0,12
E19 MG13	36,50 ± 7,00	156,75 ± 49,04	3,69 ± 0,46	7,06 ± 1,12	0,71 ± 0,06
E19 MG14	31,50 ± 6,24	139,00 ± 21,06	3,55 ± 0,35	6,17 ± 1,10	0,72 ± 0,04

### 6.3.2 Meiobenthos

#### Dati delle singole stazioni

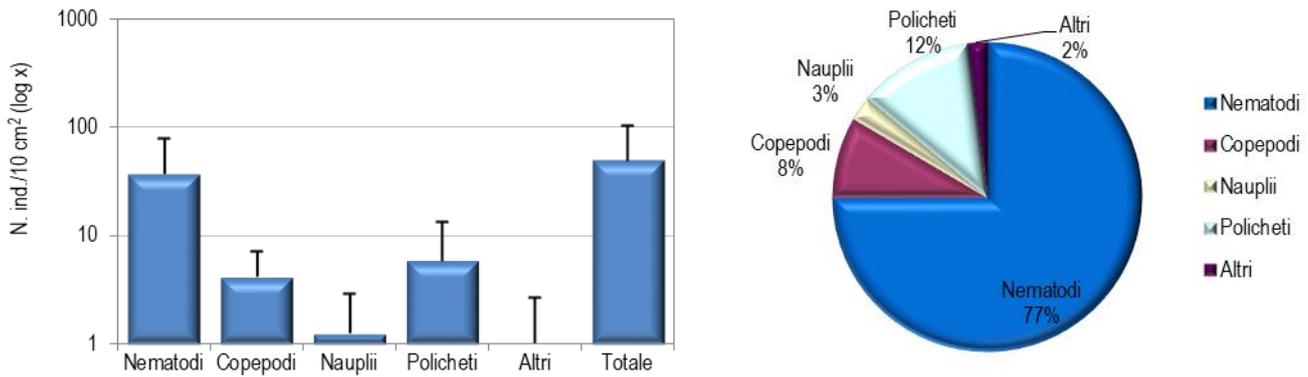
La stazione E19 MG1 presenta un sedimento sabbioso fine misto a silt e con detrito vegetale. La comunità meiobentonica è costituita da sette gruppi tassonomici, per un popolamento complessivo di  $45,1 \pm 13,8$  ind./10 cm<sup>2</sup>. I Nematodi risultano il taxon dominante ( $40,4 \pm 13,5$  ind./10 cm<sup>2</sup>), raggiungendo l'89,6% della meiofauna totale. Seguono i Policheti ( $1,3 \pm 2,5$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 2,8%), i Nauplii ( $1,3 \pm 1,6$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 2,8%), i taxa meno abbondanti ("Altri";  $1,3 \pm 1,6$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 2,8%) e i Copepodi ( $0,8 \pm 1,0$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 1,9%). Nessuno dei tre taxa raggruppati nella categoria "Altri" supera l'1% del popolamento complessivo (Tabella 62; Figura 44). Il valore dell'indice di ricchezza di Margalef è superiore alla media riscontrata nell'area, la diversità di Shannon-Wiener risulta inferiore, mentre l'equitabilità di Pielou è pari alla media calcolata per l'area (Tabella 64).



**Figura 44** - Stazione E19 MG1. Densità media  $\pm$  deviazione standard (ind./10 cm<sup>2</sup>) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

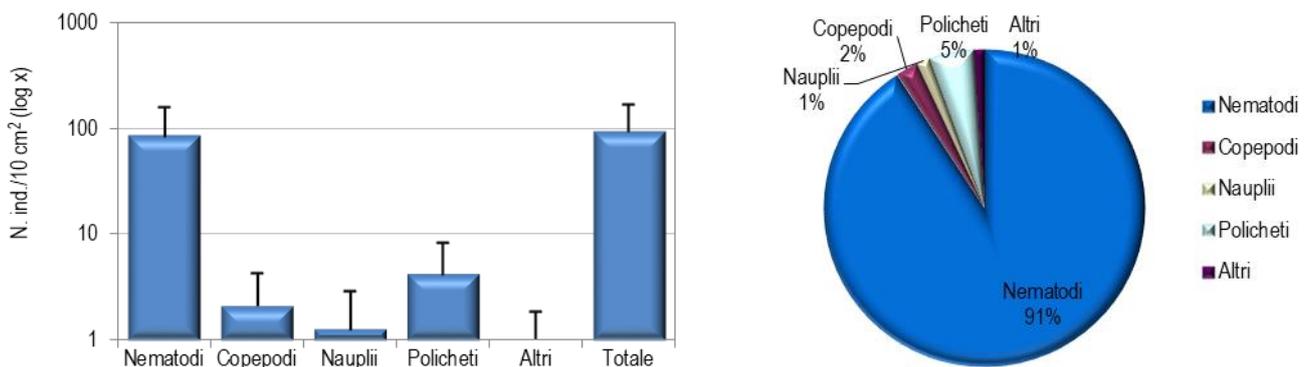
	E19 MG1		E19 MG2		E19 MG4		E19 MG6		E19 MG7		E19 MG8	
	Media $\pm$ DS	%	Media $\pm$ DS	%	Media $\pm$ DS	%						
Nematodi	40,4 $\pm$ 13,5	89,6	37,1 $\pm$ 40,9	75,2	85,1 $\pm$ 73,4	91,4	21,1 $\pm$ 16,6	78,0	346,2 $\pm$ 360,2	82,5	78,8 $\pm$ 52,0	93,1
Copepodi	0,8 $\pm$ 1,0	1,9	4,2 $\pm$ 2,9	8,5	2,1 $\pm$ 2,1	2,3	1,3 $\pm$ 1,6	4,7	31,2 $\pm$ 36,8	7,4	0,8 $\pm$ 1,0	1,0
Nauplii	1,3 $\pm$ 1,6	2,8	1,3 $\pm$ 1,6	2,6	1,3 $\pm$ 1,6	1,4	0,4 $\pm$ 0,8	1,6	9,7 $\pm$ 8,1	2,3	0,4 $\pm$ 0,8	0,5
Policheti	1,3 $\pm$ 2,5	2,8	5,9 $\pm$ 7,5	12,0	4,2 $\pm$ 4,0	4,5	4,2 $\pm$ 2,9	15,6	24,0 $\pm$ 19,9	5,7	4,6 $\pm$ 3,5	5,5
Chinorinchi	-	-	-	-	-	-	-	-	1,3 $\pm$ 2,5	0,3	-	-
Turbellari	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ostracodi	0,4 $\pm$ 0,8	0,9	-	-	0,4 $\pm$ 0,8	0,5	-	-	3,4 $\pm$ 4,8	0,8	-	-
Anfipodi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Isopodi	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4 $\pm$ 0,8	0,1	-	-
Bivalvi	-	-	0,4 $\pm$ 0,8	0,9	-	-	-	-	0,8 $\pm$ 1,7	0,2	-	-
Caudofoveati	0,4 $\pm$ 0,8	0,9	-	-	-	-	-	-	1,3 $\pm$ 1,6	0,3	-	-
Nemertini	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4 $\pm$ 0,8	0,1	-	-
Acari	0,4 $\pm$ 0,8	0,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Loriciferi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tanaidacei	-	-	0,4 $\pm$ 0,8	0,9	-	-	-	-	0,8 $\pm$ 1,7	0,2	-	-
Altri ( $\Sigma$ Chino-Tan)	1,3 $\pm$ 1,6	2,8	0,8 $\pm$ 1,7	1,7	0,4 $\pm$ 0,8	0,5	-	-	8,4 $\pm$ 7,1	2,0	-	-
Meiofauna totale	45,1 $\pm$ 13,8	-	49,3 $\pm$ 53,9	-	93,1 $\pm$ 74,8	-	27,0 $\pm$ 15,6	-	419,4 $\pm$ 421,4	-	84,6 $\pm$ 53,3	-

La stazione E19 MG2 è caratterizzata da un sedimento di tipo sabbioso fine con detrito grossolano. La biocenosi meiobentonica è costituita da sei taxa principali, per una densità complessiva di  $49,3 \pm 53,9$  ind./10 cm<sup>2</sup>. Dominano i Nematodi che rappresentano il 75,2% della comunità meiobentonica, con una densità di  $37,1 \pm 40,9$  ind./10 cm<sup>2</sup>. Seguono Policheti ( $5,9 \pm 7,5$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 12,0%), Copepodi ( $4,2 \pm 2,9$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 8,5%) e, infine, Nauplii ( $1,3 \pm 1,6$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 2,6%). I due taxa meno abbondanti, Bivalvi e Tanaidacei, rappresentano l'1,7% della biocenosi (Tabella 62; Figura 45). I valori degli indici ecologici calcolati in questa stazione risultano superiori ai rispettivi valori medi riscontrati nell'area (Tabella 64).



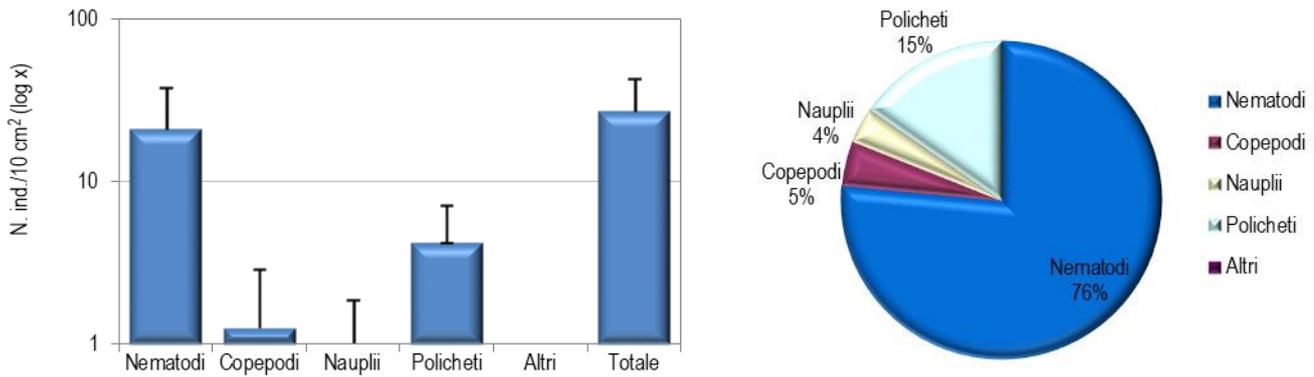
**Figura 45** - Stazione E19 MG2. Densità media  $\pm$  deviazione standard (ind./10 cm<sup>2</sup>) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il sedimento della stazione E19 MG4, costituito da sabbia fine mista a silt e detrito vegetale; esso ospita solo cinque gruppi meiobentonici, per una densità media complessiva di  $93,1 \pm 74,8$  ind./10 cm<sup>2</sup> (Tabella 62). I Nematodi sono il taxon dominante, con una densità di  $85,1 \pm 73,4$  ind./10 cm<sup>2</sup>, pari al 91,4% del popolamento. Seguono i Policheti ( $4,2 \pm 4,0$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 4,5%), i Copepodi ( $2,1 \pm 2,1$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 2,3%) e i Nauplii ( $1,3 \pm 1,6$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 1,4%). Il restante taxon, gli Ostracodi, rappresenta lo 0,5% del popolamento ( $0,4 \pm 0,8$  ind./10 cm<sup>2</sup>; **Tabella 62; Figura 46**). I valori degli indici ecologici calcolati in questa stazione risultano inferiori ai valori medi rilevati nell'area, rimarcando la relativa povertà faunistica riscontrata in questa stazione (**Tabella 64**).



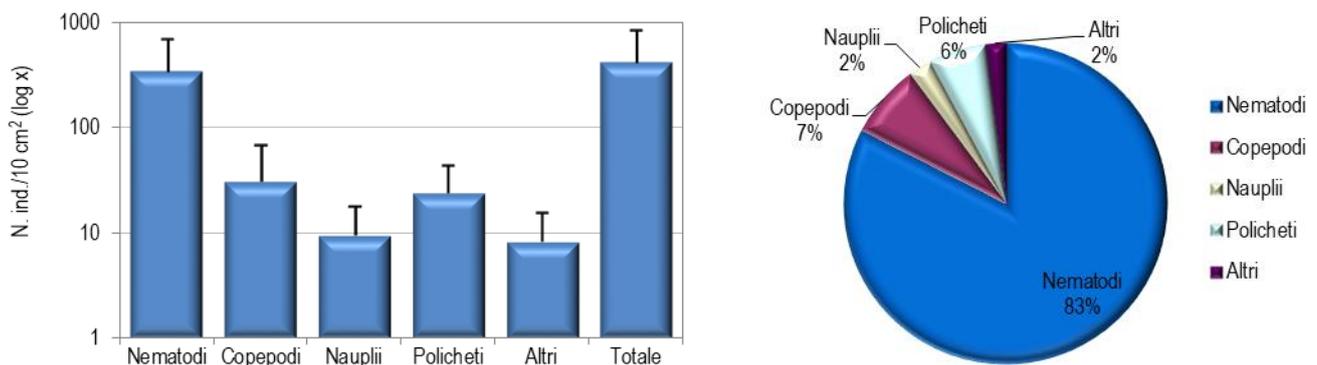
**Figura 46** - Stazione E19 MG4. Densità media  $\pm$  deviazione standard (ind./10 cm<sup>2</sup>) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il sedimento della stazione E19 MG6, costituito da sabbia fine con silt e detrito vegetale, è caratterizzato dalla presenza dei rappresentanti di soli quattro gruppi tassonomici, per una densità complessiva di  $27,0 \pm 15,6$  ind./10 cm<sup>2</sup>, la più bassa rilevata nell'area (**Tabella 62**). Dominano i Nematodi con una densità di  $21,1 \pm 16,6$  ind./10 cm<sup>2</sup>, corrispondente al 78,0% del popolamento complessivo. I Policheti sono il taxon subdominante ( $4,2 \pm 2,9$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 15,6%), seguiti dai Copepodi ( $1,3 \pm 1,6$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 4,7%) e infine i Nauplii ( $0,4 \pm 0,8$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 1,6%). I taxa di solito meno numerosi nelle altre stazioni (altri) risultano assenti in questa (**Tabella 62; Figura 47**). In questa stazione il valore dell'indice di ricchezza di Margalef è inferiore alla media riscontrata nell'area, mentre i dati relativi alla diversità di Shannon-Wiener e l'equitabilità di Pielou risultano, paradossalmente, superiori a quelli medi registrati nell'area (**Tabella 64**).



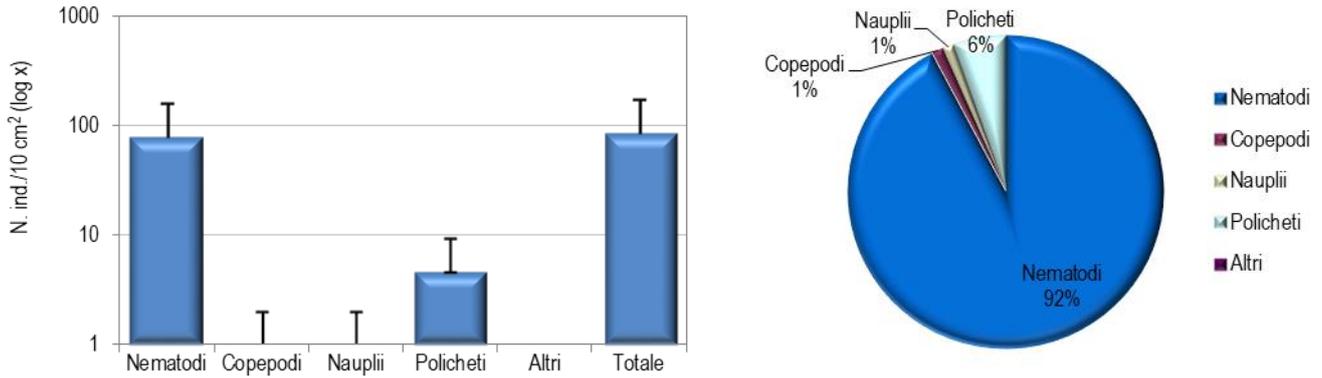
**Figura 47** - Stazione E19 MG6. Densità media  $\pm$  deviazione standard (ind./10 cm<sup>2</sup>) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Nella stazione E19 MG7 il sedimento, costituito da sabbia con detrito grossolano, è caratterizzato dalla presenza di undici major taxa, con una densità media totale di ben 419,4  $\pm$  421,4 ind./10 cm<sup>2</sup>, la più alta registrata nell'area. I Nematodi risultano il taxon dominante, con una densità media che si attesta sul valore di 346,2  $\pm$  360,2 ind./10 cm<sup>2</sup>, pari all'82,5% del popolamento complessivo. Seguono i Copepodi (31,2  $\pm$  36,8 ind./10 cm<sup>2</sup>; 7,4%), i Policheti (24,0  $\pm$  19,9 ind./10 cm<sup>2</sup>; 5,7%) e, infine, i Nauplii (9,7  $\pm$  8,1 ind./10 cm<sup>2</sup>; 2,3%). I restanti sette taxa rappresentano il 2,0% della meiofauna totale; nessuno di questi supera l'1% della biocenosi (**Tabella 62; Figura 48**). In questa stazione, i valori degli indici di ricchezza di Margalef e di diversità di Shannon-Wiener risultano superiori ai valori medi riscontrati nell'area, mentre il valore dell'indice di equitabilità di Pielou non si discosta dal dato medio dell'area (**Tabella 64**).



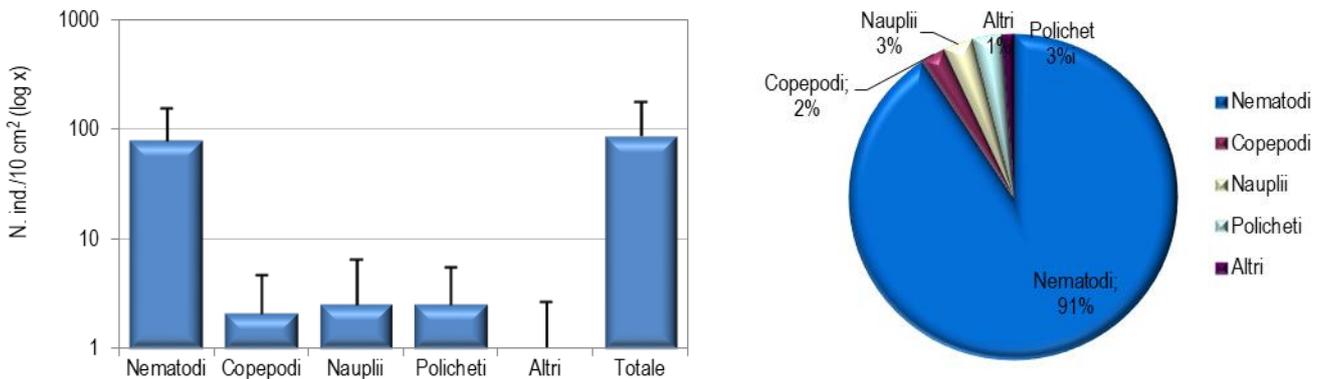
**Figura 48** - Stazione E19 MG7. Densità media  $\pm$  deviazione standard (ind./10 cm<sup>2</sup>) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

La stazione E19 MG8 è caratterizzata da sabbia fine con silt e detrito vegetale. La comunità meiobentonica è costituita da soli quattro gruppi tassonomici, per una densità complessiva pari a 84,6  $\pm$  53,3 ind./10 cm<sup>2</sup> (**Tabella 62, Tabella 64**). I Nematodi sono il gruppo dominante, con un apporto percentuale pari al 93,1% (densità: 78,8  $\pm$  52,0 ind./10 cm<sup>2</sup>). Seguono Policheti (4,6  $\pm$  3,5 ind./10 cm<sup>2</sup>; 5,5%), Copepodi (0,8  $\pm$  1,0 ind./10 cm<sup>2</sup>; 1,0%) e, infine, Nauplii (0,4  $\pm$  0,8 ind./10 cm<sup>2</sup>; 0,5%). I taxa normalmente meno abbondanti nelle altre stazioni sono risultati assenti in questo sito (**Figura 49**). I valori degli indici ecologici risultano inferiori ai valori medi registrati nell'area, rimarcando la relativa povertà faunistica rilevata in questo sito (**Tabella 64**).



**Figura 49** - Stazione E19 MG8. Densità media  $\pm$  deviazione standard (ind./10 cm<sup>2</sup>) 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 E19 MG9, costituito da sabbie medio-fini miste a silt, presenta una biocenosi caratterizzata da sei gruppi tassonomici, con una densità media complessiva pari a 87,2  $\pm$  88,1 ind./10 cm<sup>2</sup> (Tabella 63, Tabella 64). Analogamente ad altri siti, i Nematodi risultano dominanti, costituendo il 90,8% della meiofauna totale (densità: 79,2  $\pm$  77,6 1 ind./10 cm<sup>2</sup>). Seguono i Nauplii (2,5  $\pm$  4,0 ind./10 cm<sup>2</sup>; 2,9%), i Policheti (2,5  $\pm$  2,9 ind./10 cm<sup>2</sup>; 2,9%) e, infine, i Copepodi (2,1  $\pm$  2,5 ind./10 cm<sup>2</sup>; 2,4%). I restanti due taxa, Anfipodi e Tanaidacei, rappresentano l'1% del popolamento (Tabella 63; Figura 50). In questa stazione i valori degli indici ecologici risultano inferiori ai valori medi rilevati nell'area a causa della relativa povertà faunistica registrata (Tabella 64).

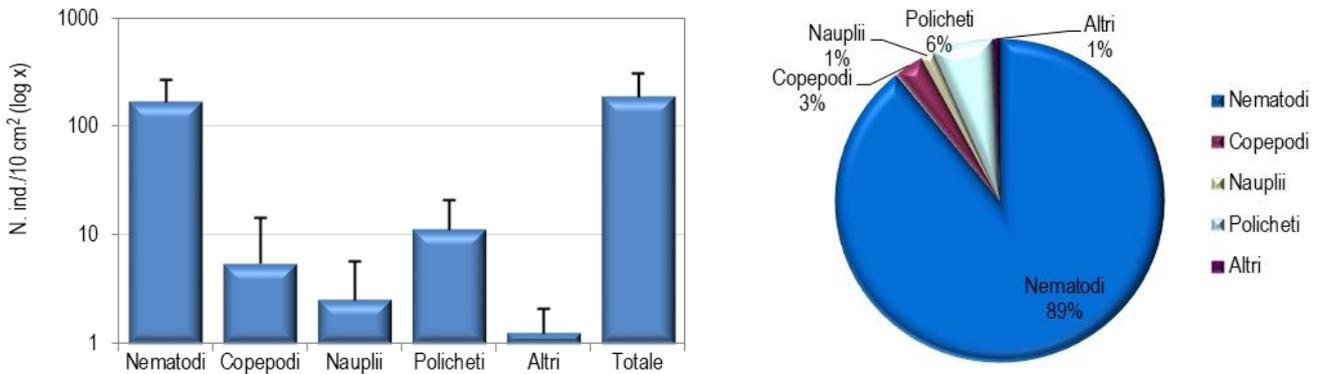


**Figura 50** - Stazione E19 MG9. Densità media  $\pm$  deviazione standard (ind./10 cm<sup>2</sup>) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

**Tabella 63** - Struttura della comunità meiobentonica nelle stazioni E19 MG9, E19 MG10, E19 MG11, E19 MG12, E19 MG13, E19 MG14. Densità media ( $\pm$ DS) (ind./10 cm<sup>2</sup>) dei taxa principali e del popolamento complessivo. L'abbondanza relativa (%) dei singoli taxa è stata calcolata in relazione alla densità totale.

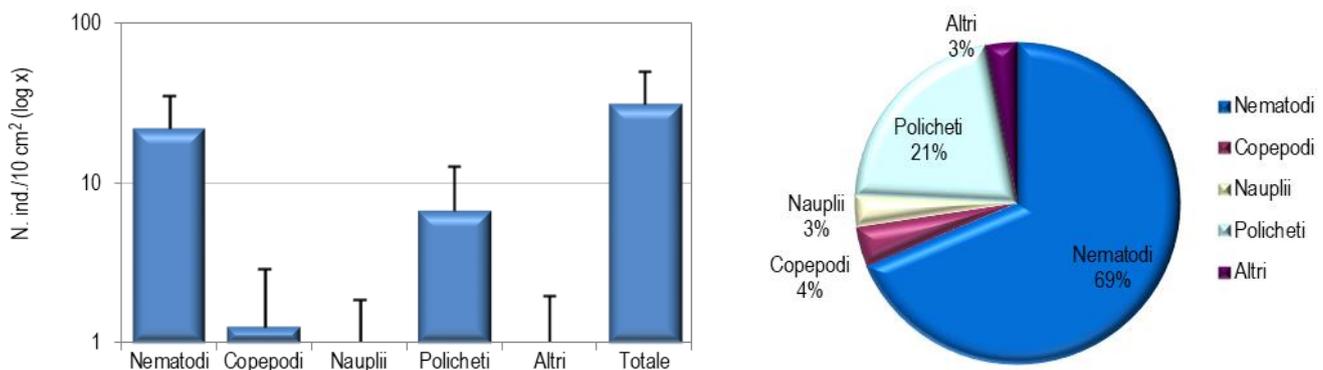
	E19 MG9		E19 MG10		E19 MG11		E19 MG12		E19 MG13		E19 MG14	
	Media $\pm$ DS	%	Media $\pm$ DS	%	Media $\pm$ DS	%	Media $\pm$ DS	%	Media $\pm$ DS	%	Media $\pm$ DS	%
Nematodi	79,2 $\pm$ 77,6	90,8	170,1 $\pm$ 100,1	89,2	21,9 $\pm$ 13,1	70,2	322,6 $\pm$ 324,4	85,2	80,4 $\pm$ 97,8	88,9	44,2 $\pm$ 43,4	89,0
Copepodi	2,1 $\pm$ 2,5	2,4	5,5 $\pm$ 8,7	2,9	1,3 $\pm$ 1,6	4,0	24,8 $\pm$ 37,2	6,6	6,3 $\pm$ 5,2	7,0	1,3 $\pm$ 1,6	2,5
Nauplii	2,5 $\pm$ 4,0	2,9	2,5 $\pm$ 3,2	1,3	0,4 $\pm$ 0,8	1,3	16,0 $\pm$ 16,1	4,2	1,3 $\pm$ 1,6	1,4	0,4 $\pm$ 0,8	0,8
Policheti	2,5 $\pm$ 2,9	2,9	11,4 $\pm$ 9,6	6,0	6,7 $\pm$ 6,0	21,6	7,2 $\pm$ 9,0	1,9	1,7 $\pm$ 1,4	1,9	3,8 $\pm$ 2,1	7,6
Chinorinchi	-	-	0,4 $\pm$ 0,8	0,2	-	-	3,4 $\pm$ 4,1	0,9	-	-	-	-
Turbellari	-	-	-	-	0,4 $\pm$ 0,8	1,3	0,8 $\pm$ 1,7	0,2	-	-	-	-
Ostracodi	-	-	-	-	0,4 $\pm$ 0,8	1,3	2,9 $\pm$ 3,5	0,8	-	-	-	-
Anfipodi	0,4 $\pm$ 0,8	0,5	-	-	-	-	-	-	0,4 $\pm$ 0,8	0,5	-	-
Isopodi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bivalvi	-	-	-	-	-	-	0,4 $\pm$ 0,8	0,1	-	-	-	-
Caudofoveati	-	-	-	-	-	-	0,4 $\pm$ 0,8	0,1	-	-	-	-
Nemertini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Acari	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Loriciferi	-	-	0,4 $\pm$ 0,8	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-
Tanaidacei	0,4 $\pm$ 0,8	0,5	0,4 $\pm$ 0,8	0,2	-	-	-	-	0,4 $\pm$ 0,8	0,5	-	-
Altri ( $\Sigma$ Chino-Tan)	0,8 $\pm$ 1,7	1,0	1,3 $\pm$ 0,8	0,7	0,8 $\pm$ 1,0	2,7	8,0 $\pm$ 7,7	2,1	0,8 $\pm$ 1,0	0,9	-	-
Meiofauna totale	87,2 $\pm$ 88,1	-	190,8 $\pm$ 121,0	-	31,2 $\pm$ 18,6	-	378,6 $\pm$ 392,6	-	90,5 $\pm$ 105,8	-	49,7 $\pm$ 43,5	-

La stazione E19 MG10 presenta un sedimento sabbioso fine misto a silt e con detrito vegetale. L'analisi faunistica ha portato al rinvenimento di esemplari appartenenti a sette taxa meiobentonici maggiori, con una densità media totale corrispondente a  $190,8 \pm 121,0$  ind./10 cm<sup>2</sup> (Tabella 63, Tabella 64). Dominano ancora una volta i Nematodi, con una densità di  $170,1 \pm 100,1$  ind./10 cm<sup>2</sup>, pari all'89,2% della biocenosi. Seguono i Policheti ( $11,4 \pm 9,6$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 6,0%), i Copepodi ( $5,5 \pm 8,7$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 2,9%) e i Nauplii ( $2,5 \pm 3,2$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 1,3%) (Tabella 63; Figura 51). I restanti tre taxa costituiscono solo lo 0,7% del popolamento complessivo ("Altri":  $1,3 \pm 0,8$  ind./10 cm<sup>2</sup>). Si segnala la presenza in questa stazione di rappresentanti dell'interessante ma raro phylum Loricifera (Tabella 63). I valori degli indici ecologici risultano inferiori ai valori medi riscontrati nell'area (Tabella 64).



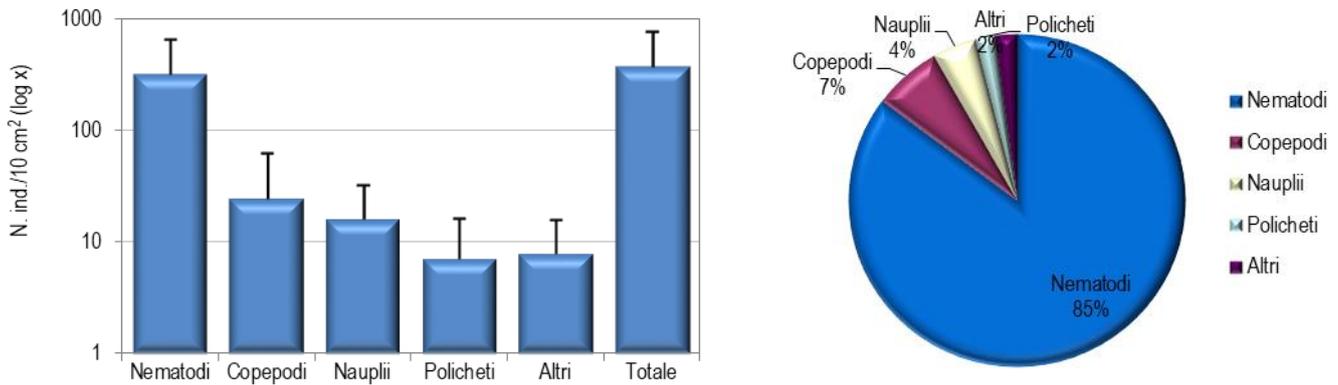
**Figura 51** - Stazione E19 MG10. Densità media  $\pm$  deviazione standard (ind./10 cm<sup>2</sup>) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il sedimento della stazione E19 MG11 è caratterizzato da sabbia fine con silt e detrito vegetale. La biocenosi meiobentonica risulta costituita da individui appartenenti a sei gruppi meiobentonici, che raggiungono una densità media complessiva pari a soli  $31,2 \pm 18,6$  ind./10 cm<sup>2</sup>, tra le più basse registrate nell'area. I Nematodi sono il gruppo dominante, con una densità media di  $21,9 \pm 13,1$  ind./10 cm<sup>2</sup>, pari al 70,2% del popolamento complessivo (Tabella 63). Seguono i Policheti, taxon subdominante ( $6,7 \pm 6,0$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 21,6%), i Copepodi ( $1,3 \pm 1,6$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 4,0%) e i Nauplii ( $0,4 \pm 0,8$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 1,3%). I restanti due taxa, Turbellari e Ostracodi, costituiscono il 2,7% della biocenosi ("Altri":  $0,8 \pm 1,0$  ind./10 cm<sup>2</sup>). È da segnalare che quantitativamente entrambi superano l'1% della biocenosi (Tabella 63; Figura 52). I valori degli indici ecologici risultano superiori alla media registrata nell'area (Tabella 64).



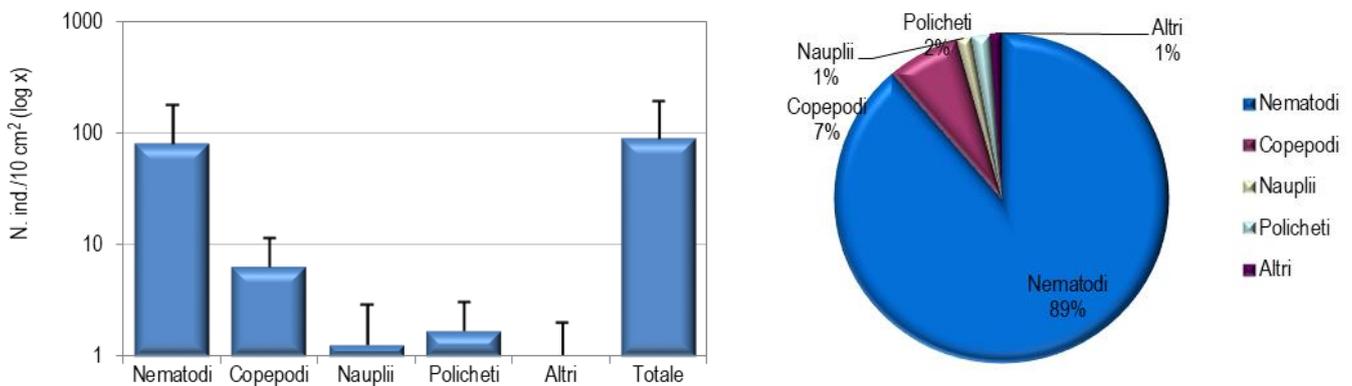
**Figura 52** - Stazione E19 MG11. Densità media  $\pm$  deviazione standard (ind./10 cm<sup>2</sup>) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

L'analisi faunistica del sedimento della stazione E19 MG12, costituito prevalentemente da sabbia fine, con una frazione di silt e detrito vegetale; in esso sono stati rinvenuti esemplari appartenenti a nove taxa meiobentonici maggiori, per un'abbondanza media complessiva di  $378,6 \pm 392,6$  ind./10 cm<sup>2</sup>. I Nematodi sono il taxon dominante, con una densità di  $322,6 \pm 324,4$  ind./10 cm<sup>2</sup>, che corrisponde all'85,2% del popolamento complessivo. Seguono Copepodi ( $24,8 \pm 37,2$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 6,6%), Nauplii ( $16,0 \pm 16,1$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 4,2%) e Policheti ( $7,2 \pm 9,0$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 1,9%). I restanti cinque taxa costituiscono il 2,1% della biocenosi ("Altri":  $8,0 \pm 7,7$  ind./10 cm<sup>2</sup>); nessuno di essi è presente con valori numerici che li porterebbe a raggiungere l'1% del totale (Tabella 63; Figura 53). Il valore dell'indice di ricchezza di Margalef è superiore alla media riscontrata nell'area, mentre i valori della diversità di Shannon-Wiener e dell'equitabilità di Pielou risultano pari ai dati medi dell'area (Tabella 64).



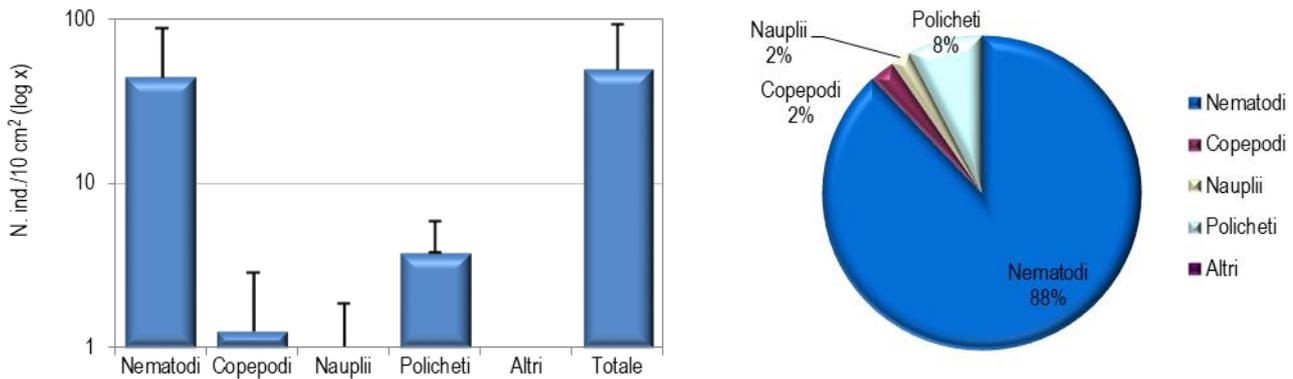
**Figura 53** - Stazione E19 MG12. Densità media  $\pm$  deviazione standard (ind./10 cm<sup>2</sup>) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il sedimento della stazione E19 MG13 è costituito da sabbia fine mista a silt e con detrito vegetale. La comunità meiobentonica locale annovera rappresentanti di sei taxa principali, per una densità complessiva pari a  $90,5 \pm 105,8$  ind./10 cm<sup>2</sup> (**Tabella 63**). Dominano i Nematodi, con abbondanze di  $80,4 \pm 97,8$  ind./10 cm<sup>2</sup>, pari all'88,9% del popolamento totale. Seguono i Copepodi ( $6,3 \pm 5,2$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 7,0%), i Policheti ( $1,7 \pm 1,4$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 1,9%) e, infine, i Nauplii ( $1,3 \pm 1,6$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 1,4%). I restanti due taxa, Anfipodi e Tanaidacei, rappresentano il 0,9% della biocenosi ("Altri":  $0,8 \pm 0,1$  ind./10 cm<sup>2</sup>; **Tabella 63**; **Figura 54**). I valori degli indici di ricchezza di Margalef e di diversità di Shannon-Wiener risultano inferiori ai valori medi riscontrati nell'area, mentre il valore dell'equitabilità di Pielou è pari alla media ivi registrata (**Tabella 64**).



**Figura 54** - Stazione E19 MG13. Densità media  $\pm$  deviazione standard (ind./10 cm<sup>2</sup>) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

La stazione E19 MG14 è caratterizzata da sabbia fine con silt e detrito vegetale. L'analisi faunistica dei campioni ha portato al rinvenimento di soli quattro taxa meiobentonici, con una densità media complessiva pari a  $49,7 \pm 43,5$  ind./10 cm<sup>2</sup> (**Tabella 63**). Come in altre stazioni, i Nematodi risultano anche qui dominanti, raggiungendo l'89,0% della biocenosi complessiva ( $44,2 \pm 43,4$  ind./10 cm<sup>2</sup>). Ad essi fanno seguito i Policheti ( $3,8 \pm 2,1$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 7,6%), i Copepodi ( $1,3 \pm 1,6$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 2,5%) e i Nauplii ( $0,4 \pm 0,8$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 0,8%). Assenti in questo sito i taxa normalmente meno abbondanti nelle altre stazioni (**Tabella 63**; **Figura 55**). I valori degli indici di ricchezza di Margalef e di diversità di Shannon-Wiener sono inferiori alla media rilevata nell'area, mentre il valore dell'equitabilità di Pielou è pari al dato medio dell'area (**Tabella 64**).



**Figura 55** - Stazione E19 MG14. Densità media  $\pm$  deviazione standard (ind./10 cm<sup>2</sup>) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

### Dati complessivi

Nell'area investigata sono stati rinvenuti complessivamente organismi appartenenti a quindici gruppi tassonomici. Nematodi, Copepodi, Nauplii e Policheti sono risultati presenti in tutte e 12 le stazioni investigate. Dei rimanenti taxa, Ostracodi, Tanaidacei, Bivalvi, Caudofoveati e Chinorinchi risultano presenti in tre-cinque siti, mentre Acari, Anfipodi, Isopodi, Loriciferi, Nemertini e Turbellari rinvenuti solamente in una-due stazioni. I popolamenti di questi taxa sono generalmente costituiti da pochi individui anche se in alcune stazioni la densità di alcuni di essi e tutt'altro che trascurabile come ad esempio è il caso di Ostracodi e i Chinorinchi che raggiungono una densità di 3,4 ind./10 cm<sup>2</sup> rispettivamente nella stazione E19MG7 e E19 MG12. In ogni caso soltanto due dei taxa minori, Turbellari e Ostracodi, giungono a rappresentare l'1% dell'intero popolamento meiobentonico e in un'unica stazione (E19 MG11).

La densità media totale della meiofauna nell'area investigata è pari a 128,9  $\pm$  202,3 ind./10 cm<sup>2</sup>. I Nematodi sono risultati dominanti, con una densità media di 110,6  $\pm$  170,8 ind./10 cm<sup>2</sup>, pari all'85,8% della biocenosi complessiva. Seguono i Copepodi (6,8  $\pm$  16,7 ind./10 cm<sup>2</sup>; 5,3%), i Policheti (6,5  $\pm$  9,0 ind./10 cm<sup>2</sup>; 5,0%) e i Nauplii (3,1  $\pm$  6,7 ind./10 cm<sup>2</sup>; 2,4%). Gli undici taxa meno abbondanti, raggruppati nella categoria "Altri", costituiscono l'1,5% della comunità (1,9  $\pm$  4,0 ind./10 cm<sup>2</sup>); nessuno di questi supera l'1% dell'intero popolamento (**Tabella 65**).

L'analisi della varianza (ANOVA) condotta per verificare la significatività delle eventuali differenze nei valori medi delle abbondanze riscontrate nelle 12 stazioni non ha evidenziato differenze statisticamente significative. E' da sottolineare l'assenza dei taxa meno abbondanti in ben tre siti: E19 MG6, E19 MG8 e E19 MG14.

**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).

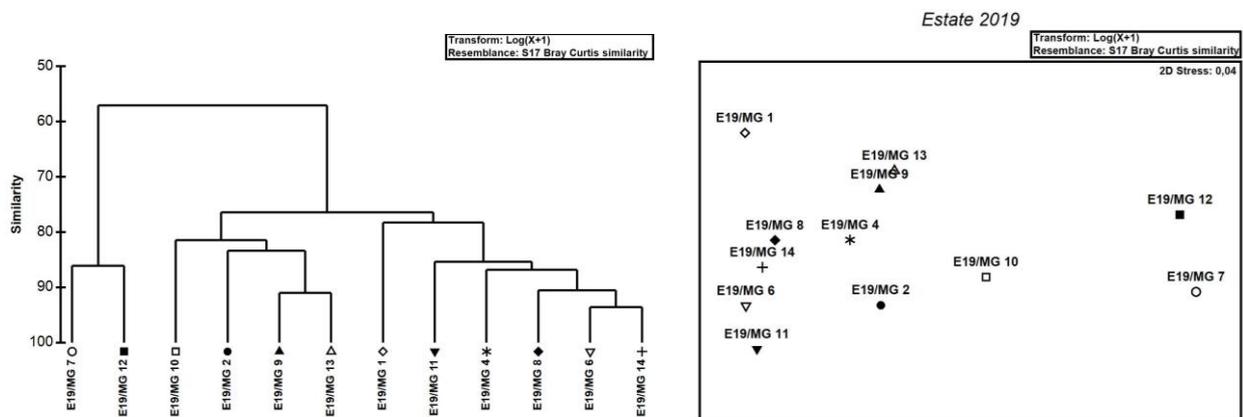
	S	N	d	H'	J
MG1	7	45,1	1,6	0,5	0,3
MG2	6	49,3	1,3	0,9	0,5
MG4	5	93,1	0,9	0,4	0,2
MG6	4	27,0	0,9	0,7	0,5
MG7	11	419,4	1,7	0,7	0,3
MG8	4	84,6	0,7	0,3	0,2
MG9	6	87,2	1,1	0,4	0,2
MG10	7	190,8	1,1	0,5	0,2
MG11	6	31,2	1,5	0,9	0,5
MG12	9	378,6	1,3	0,6	0,3
MG13	6	90,5	1,1	0,5	0,3
MG14	4	49,7	0,8	0,4	0,3
Media	6	128,9	1,2	0,6	0,3

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 4 a 11 taxa il primo, e da 27 a 419 ind./10 cm<sup>2</sup> il secondo. La stazione E19 MG6 ospita il numero più basso di taxa, insieme a E19 MG8 ed E19 MG14, e il minimo valore di densità, mentre E19 MG7 presenta il più elevato numero di taxa e il più alto valore di abbondanza. Anche gli indici di ricchezza di Margalef (d), diversità di Shannon-Wiener (H') ed equitabilità di Pielou (J) variano nei siti indagati. La ricchezza di Margalef (d) varia da un minimo di 0,7 nella stazione E19 MG8 al massimo registrato in E19 MG7 (d = 1,7; **Tabella 64**). La diversità di Shannon-Wiener (H') è massima in E19 MG2 e E19 MG11 (0,9) e minima nel sito E19 MG8 (0,3). Infine, l'indice di equitabilità di Pielou (J) varia da un valore minimo di 0,2 in ben quattro stazioni (E19 MG4, E19 MG8, E19 MG9, E19 MG10) a

un massimo di 0,5 in E19 MG2, E19 MG6 e E19 MG11 (**Tabella 64**). Considerando 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 tra le stazioni investigate che si attesta su valori medio bassi. Il dendrogramma derivante dalla Cluster Analysis, tecnica di classificazione che raggruppa i campioni in gruppi gerarchici sulla base della matrice di similarità, mostra infatti una prima dicotomia a un valore di similarità faunistica tra i siti prossimo al 57% (**Figura 56**). In corrispondenza di tale valore, due siti, E19 MG7 e E19 MG12, risultano separati dai restanti dieci. La diversità tassonomica e la densità registrata in queste due stazioni risultano più elevate rispetto a quelle rilevate altrove (**Tabella 3**). I restanti dieci siti risultano ripartiti quasi equamente in due sottocluster, ad un livello di similarità di circa il 77%. Non sembra emergere alcuna chiara relazione tra raggruppamento e posizione geografica delle stazioni rispetto al terminale rigassificatore anche se i due siti faunisticamente più ricchi fanno parte dei quattro più prossimi al terminale.

Quanto appena indicato viene riflesso anche nel piano di ordinamento bidimensionale ottenuto dall'analisi nMDS, riportato in **Figura 56**. Anche in questo caso, l'ordinamento dei punti-stazione nel piano prescinde dalla loro collocazione geografica e dalla distanza relativa rispetto al rigassificatore. Nel grafico nMDS le stazioni E19 MG7, E19 MG12 e in certa misura anche E19 MG10 risultano separate dalle altre sulla base della loro maggiore diversità e densità faunistica. Si rimarca che se le stazioni E19 MG7 e E19 MG12 sono tra le più prossime al rigassificatore, la stazione E19 MG10 è tra le due più distanti da esso.



**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 cm<sup>2</sup>) 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	110,6 $\pm$ 170,8	85,8	Isopodi	0,0 $\pm$ 0,2	<0,1
Copepodi	6,8 $\pm$ 16,7	5,3	Bivalvi	0,1 $\pm$ 0,6	0,1
Nauplii	3,1 $\pm$ 6,7	2,4	Caudofoveati	0,2 $\pm$ 0,6	0,1
Policheti	6,5 $\pm$ 9,0	5	Nemertini	0,1 $\pm$ 0,2	<0,1
Chinorinchi	0,4 $\pm$ 1,6	0,3	Acari	0,1 $\pm$ 0,2	<0,1
Turbellari	0,1 $\pm$ 0,5	0,1	Loriciferi	0,1 $\pm$ 0,2	<0,1
Ostracodi	0,6 $\pm$ 1,9	0,5	Tanaidacei	0,2 $\pm$ 0,7	0,2
Anfipodi	0,1 $\pm$ 0,3	0,1	Altri ( $\Sigma$ Chino-Tan)	1,9 $\pm$ 4,0	1,5
Meiofauna totale	128,9 $\pm$ 202,3	-			

### 6.3.3 Bioaccumulo

#### Metalli

I risultati ottenuti nell'estate 2019 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.

**Tabella 66** - Concentrazione dei metalli nei mitili. Dati relativi alla campagna E19 espressi in mg/kg. Sono riportati i dati riferiti sia alla sostanza secca (s.s.) sia al peso fresco (p.f.) in accordo alla prescrizione 13 delle Determinazioni 2990 DVA R.D.R. 0000100.04-04-2017 e 3337 DVA R.D.R. 0000277.28-09-2017.

	Tempo zero		Stazione A 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	12,35	2,47	10,84	2,17	11,50	2,30	10,87	2,17	11,72	2,34	11,97	2,39
Bario	1,89	0,38	1,25	0,25	1,39	0,28	1,29	0,26	1,24	0,25	1,25	0,25
Cadmio	0,27	0,05	0,32	0,06	0,41	0,08	0,37	0,07	0,35	0,07	0,33	0,07
Cromo totale	1,36	0,27	1,34	0,27	1,28	0,26	2,19	0,44	< 1,2	-	1,21	0,24
Ferro	181,34	36,27	91,11	18,22	114,30	22,86	106,13	21,23	82,39	16,48	88,35	17,67
Manganese	13,17	2,63	< 12,5	-	< 12,5	-	< 12,5	-	< 12,5	-	< 12,5	-
Mercurio	0,086	0,02	0,082	0,02	0,088	0,02	0,081	0,02	0,084	0,02	0,105	0,02
Nichel	< 1,2	-	< 1,2	-	< 1,2	-	1,45	0,29	< 1,2	-	< 1,2	-
Piombo	3,47	0,69	3,06	0,61	3,07	0,61	3,28	0,66	2,83	0,57	3,19	0,64
Rame	4,14	0,83	3,01	0,60	3,44	0,69	3,18	0,64	3,43	0,69	8,12	1,62
Vanadio	< 1,2	-	1,37	0,27	< 1,2	-	1,38	0,28	< 1,2	-	< 1,2	-
Zinco	189,89	37,98	163,49	32,70	183,42	36,68	193,34	38,67	185,29	37,06	190,12	38,02

#### 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 E19, 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)	7,74	44,12	17,15	27,08	20,65	13,81

#### 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 E19, 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	0,0011114	< 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	0,0014261	0,0012382	< 0,001
Fluorantene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,0011628	< 0,001	< 0,001
Fluorene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001

<b>Tabella 68</b> - Concentrazione degli IPA e dei composti organostannici presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna E19, sono espressi in mg/kg.						
Indeno (1,2,3 - c,d) pirene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Naftalene	< 0,001	0,002	0,002	< 0,001	0,002	< 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.

<b>Tabella 69</b> - Concentrazione degli cloroderivati presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna E19, 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)
<b>Acidi Aloacetici</b>						
Dalapon	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Acido Dibromoacetico	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Acido Tribromoacetico	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Acido Monobromoacetico	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Acido Bromodichloroacetico	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Acido Bromocloroacetico	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Acido Dichloroacetico	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
Acido Tricloroacetico	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Acido Monocloroacetico	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
Acido Clorodibromoacetico	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
<b>Fenoli</b>						
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
<b>V.O.C.</b>						
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	0,31	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25
Carbonio Tetracloruro	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Cloroformio	0,34	0,34	0,36	0,35	0,30	0,22
Dibromo Cloro Metano	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Tetracloro Etilene	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
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**).

<b>Tabella 70</b> - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna E19, sono espressi in ufc/g.						
	Tempo zero	Stazione A Pos. 1	Stazione B Pos. 2	Stazione C Pos. 3	Stazione D Pos. 4	Stazione E (Bianco Gorgona)
Coliformi fecali o termotolleranti	<10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Streptococchi fecali (enterococchi)	<10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Coliformi totali a 30°	<10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10

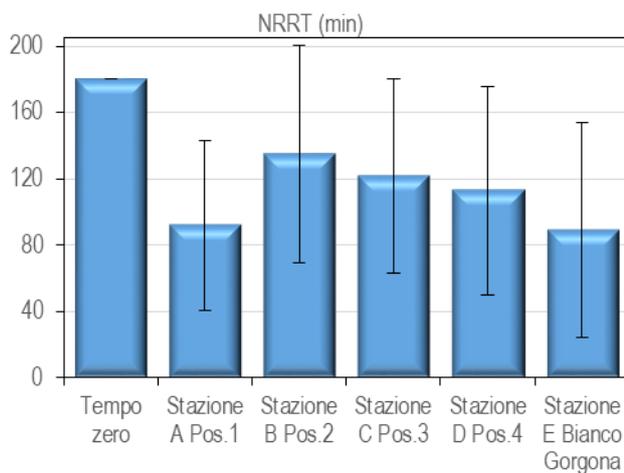
### 6.3.4 Biomarkers

#### Neutral Red Retention Time (NRRT)

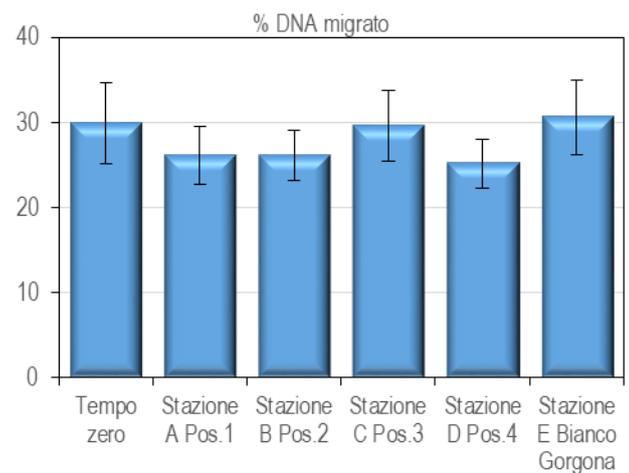
Dalla valutazione del Neutral Red Retention Time, non è emersa alcuna differenza significativa tra i mitili di controllo (Stazione E – Gorgona) e quelli posizionati lungo le 4 stazioni di monitoraggio del Terminale FSRU, sebbene il livello generale di stabilità lisosomiale sia diminuito durante il periodo di trapianto rispetto ai valori rilevati negli animali al Tempo zero. Ciò potrebbe essere dovuto allo stress legato alla traslocazione stessa, dal momento che i valori si sono abbassati tanto nella stazione di controllo (Stazione E - Gorgona) quanto nei quattro punti di monitoraggio del Terminale FSRU.

#### 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.

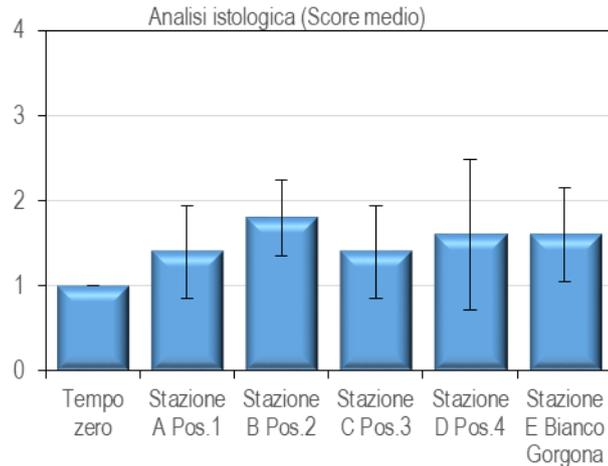


**Figura 58** - Valutazione del grado di integrità del DNA mediante Comet assay. Valori elevati della percentuale di DNA migrato corrispondono ad una maggiore entità del danno.

#### Analisi istologia 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**).

<b>Tabella 71</b> - 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	1	1	1
Stazione A (Pos. 1)	1	1	2	1	2
Stazione B (Pos. 2)	2	2	2	2	1
Stazione C (Pos. 3)	1	2	1	1	2
Stazione D (Pos. 4)	1	1	1	3	2
Stazione E (Bianco Gorgona)	1	1	2	2	2



**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 2019 (di seguito E19).

In totale sono state catturate 79 specie.

Nel corso del campionamento effettuato con la rete a strascico sono state catturate 36 specie di Osteitti, 3 di Condroitti, 2 di Crostacei Decapodi e 9 di Molluschi Cefalopodi.

Nel campionamento condotto con le reti da posta sono state catturate in totale di 23 specie di Osteitti, 2 di Condroitti, 2 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: E19 S1-S4 = stazioni campionate in prossimità del terminale; E19 SC = stazione di controllo. Reti da posta: E19 P1-P4 = stazioni campionate in prossimità del terminale; E19 PC = stazione di controllo.

Osteitti	Strascico		Reti da posta		Condroitti	Strascico		Reti da posta	
	E19 S1-S4	E19 SC	E19 P1-P4	E19 PC		E19 S1-S4	E19 SC	E19 P1-P4	E19 PC
<i>Alosa fallax nilotica</i> (Lacépède, 1803)			*	*	<i>Oxynotus centrina</i> (Linnaeus, 1758)	*			
<i>Argentina sphyraena</i> Linnaeus, 1758	*				<i>Raja clavata</i> Linnaeus, 1758	*		*	*
<i>Arnoglossus laterna</i> (Walbaum, 1792)	*	*			<i>Scyllorhinus canicula</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	*	*
<i>Aspitrigla cuculus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*			<b>Crostacei Decapodi</b>				
<i>Auxis rochei rochei</i> (Risso, 1810)			*		<i>Goneplax rhomboides</i> (Linnaeus, 1758)			*	
<i>Blennius ocellaris</i> Linnaeus, 1758	*	*			<i>Macropipus tuberculatus</i> (Roux, 1830)	*			
<i>Boops boops</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	*		<i>Parapenaeus longirostris</i> (H. Lucas, 1846)	*	*	*	*
<i>Callanthias ruber</i> (Rafinesque, 1810)	*				<b>Molluschi Cefalopodi</b>				
<i>Capros aper</i> (Linnaeus, 1758)	*				<i>Eledone cirrhosa</i> (Lamarck, 1798)	*	*		
<i>Carapus acus</i> (Brünnich, 1768)	*		*		<i>Illex coindetii</i> (Vérany, 1839)	*	*	*	
<i>Chelidonichthys lucerna</i> (Linnaeus, 1758)			*		<i>Loligo</i> ( <i>Alloteuthis</i> ) sp.	*	*		
<i>Citharus linguatula</i> (Linnaeus, 1758)	*		*		<i>Loligo vulgaris</i> Lamarck, 1798	*			
<i>Conger conger</i> (Linnaeus, 1758)	*				<i>Octopus vulgaris</i> Cuvier, 1797	*	*		
<i>Deltentosteus quadrimaculatus</i> (Valenciennes, 1837)	*				<i>Pteroctopus tetracirrhus</i> (Delle Chiaje, 1830)	*			
<i>Diplodus vulgaris</i> (Geoffroy Saint-Hilaire, 1817)			*		<i>Sepia elegans</i> Blainville, 1827	*	*		
<i>Engraulis encrasicolus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	*	*	<i>Sepia obrignyana</i> Férussac, 1826	*	*		
<i>Eutrigla gurnardus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*			<i>Sepietta oweniana</i> (d'Orbigny, 1841)	*			
<i>Lepidorhombus boschii</i> (Risso, 1810)	*	*	*	*	<i>Todaropsis eblanae</i> (Ball, 1841)			*	
<i>Lepidotrigla cavillone</i> (Lacépède, 1801)	*	*			<b>Altro</b>				
<i>Lophius budegassa</i> Spinola, 1807	*	*	*	*	<i>Alcyonium palmatum</i> Pallas, 1766		*	*	
<i>Macroramphosus scolopax</i> (Linnaeus,	*				<i>Antedon mediterranea</i> Lamarck, 1816		*		

**Tabella 72** – Lista delle specie catturate con la rete a strascico e le reti da posta. Strascico: E19 S1-S4 = stazioni campionate in prossimità del terminale; E19 SC = stazione di controllo. Reti da posta: E19 P1-P4 = stazioni campionate in prossimità del terminale; E19 PC = stazione di controllo.

Osteitti	Strascico		Reti da posta		Condroitti	Strascico		Reti da posta	
	E19 S1-S4	E19 SC	E19 P1-P4	E19 PC		E19 S1-S4	E19 SC	E19 P1-P4	E19 PC
1758)									
<i>Merluccius merluccius</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	*		<i>Aporrhais pespelecani</i> (Linnaeus, 1758)		*		
<i>Mullus barbatus</i> Linnaeus, 1758	*	*	*	*	<i>Ascidia mentula</i> O.F. Müller, 1776	*	*		
<i>Pagellus acarne</i> (Risso, 1826)	*	*			<i>Ascidacea</i> indet.		*		
<i>Pagellus bogaraveo</i> (Brünnich, 1768)	*	*	*		<i>Astropecten aranciacus</i> (Linnaeus, 1758)	*			
<i>Pagellus erythrinus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	*		<i>Astropecten i. pentacanthus</i> (Delle Chiaje, 1825)	*	*		
<i>Phycis blennoides</i> (Brünnich, 1768)	*				<i>Cidaris cidaris</i> (Linnaeus, 1758)	*		*	
<i>Phycis phycis</i> (Linnaeus, 1758)			*		<i>Echinus melo</i> Lamarck, 1816	*			
<i>Scomber colias</i> Gmelin, 1789	*		*		<i>Galeodea echinofora</i> (Linnaeus, 1758)	*	*		
<i>Scomber scombrus</i> Linnaeus, 1758	*	*	*	*	<i>Holoturia tubulosa</i> Gmelin, 1788	*			
<i>Scorpaena elongata</i> Cadenat, 1943		*			<i>Leptometra phalangium</i> (J. Müller, 1841)	*	*		
<i>Scorpaena notata</i> Rafinesque, 1810		*			<i>Mytilus galloprovincialis</i> Lamarck, 1819	*			
<i>Scorpaena scrofa</i> Linnaeus, 1758	*		*		<i>Nudibranchia</i> indet.	*	*		
<i>Serranus cabrilla</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	*		<i>Ophiura</i> sp.			*	
<i>Serranus hepatus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*			<i>Ophiura texturata</i> Lamarck, 1816	*	*		
<i>Spicara flexuosa</i> Rafinesque, 1810		*	*	*	<i>Ostrea</i> sp.		*	*	
<i>Symphurus nigrescens</i> Rafinesque, 1810	*				<i>Pennatula rubra</i> (Ellis, 1764)		*		
<i>Trachinus draco</i> Linnaeus, 1758	*	*			<i>Polychaeta</i> indet.			*	
<i>Trachurus m. mediterraneus</i> (Steindachner, 1868)	*	*			<i>Pontobdella muricata</i> (Linnaeus, 1758)			*	
<i>Trachurus picturatus</i> (Bowdick, 1825)	*				<i>Porifera</i> indet.	*	*		
<i>Trachurus trachurus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	*	*	<i>Rizostoma pulmo</i> (Macri, 1778)	*			
<i>Trisopterus capelanus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	*		<i>Sabella spallanzanii</i> (Gmelin, 1791)		*		
<i>Uranoscopus scaber</i> Linnaeus, 1758	*		*		<i>Squilla mantis</i> (Linnaeus, 1758)		*		*
<i>Zeus faber</i> Linnaeus, 1758	*	*			<i>Stichopus regalis</i> (Cuvier, 1817)	*	*	*	
					<i>Suberites domuncula</i> (Olivi, 1792)		*		

### Indici di densità e biomassa per gruppi tassonomici

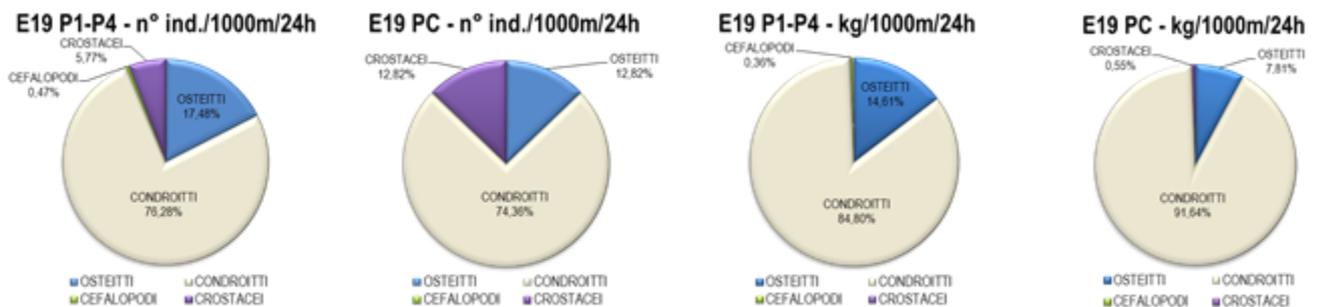
Nella **Figura 60** è rappresentata la composizione percentuale delle catture, espressa con indici di densità e biomassa, dei principali gruppi tassonomici campionati con le reti da posta.

I Condroitti rappresentano il gruppo con gli indici di densità e biomassa più elevati. Questo gruppo risulta essere il più abbondante sia nel gruppo di stazioni E19 P1-P4, con valori in densità media e biomassa media pari al 76% e 85% rispettivamente, che nella stazione di controllo E19 PC, dove la densità media rappresenta il 74% della cattura e la biomassa media il 92%.

Il secondo gruppo più abbondante è quello degli Osteitti che mostra un indice di densità del 17% nelle stazioni in prossimità del terminale (E19 P1-P4) e del 13% nella stazione di controllo (E19 PC). L'indice di biomassa di questo gruppo si attesta sul 15% della cattura totale per le stazioni in prossimità del terminale e sull'8% della cattura totale per la stazione di controllo.

Il gruppo dei Crostacei Decapodi è presente sia nel gruppo di stazioni in prossimità del terminale (E19 P1-P4) con un indice di densità medio del 6% ed un indice di biomassa medio dello 0,2% (non visibile nel grafico), sia nella stazione di controllo (E19 PC) con indici di densità e biomassa pari al 13% e 0,6% rispettivamente.

I Molluschi Cefalopodi sono presenti solamente nel gruppo di stazioni E19 P1-P4, con valori in percentuale molto bassi (indice di densità 0,5%, indice di biomassa 0,4%).

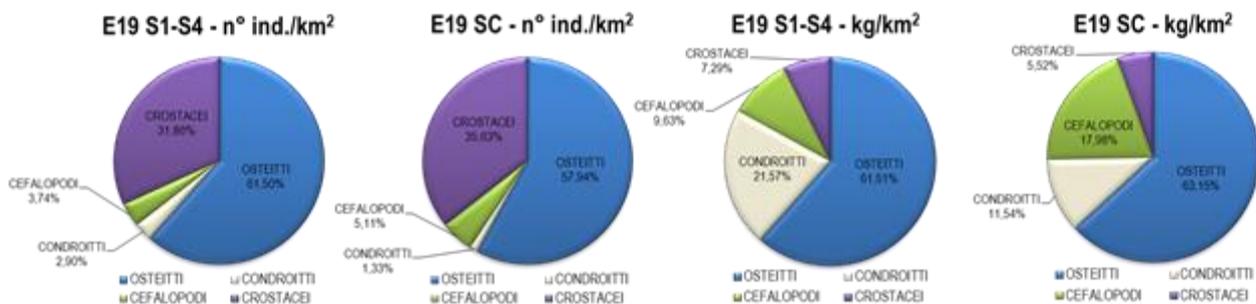

**Figura 60** - Reti da posta: composizione percentuale delle catture, espressa come n° individui/1000m/24h e kg/1000m/24h, dei principali gruppi tassonomici campionati nelle stazioni E19 P1-P4 e E19 PC.

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 è risultato il più abbondante, sia nelle stazioni E19 S1-S4, con un contributo sia in densità che in biomassa del 62%, che nella stazione E19 SC (indice di densità pari al 58%, indice di biomassa pari al 63%).

I Condroitti mostrano un indice di densità media molto basso sia nelle stazioni in prossimità del terminale (3%) che nella stazione di controllo (1%). Per quanto riguarda l'indice di biomassa questo corrisponde al 22% per il gruppo di stazioni E19 S1-S4 e al 12% per la stazione E19 SC.

Il gruppo dei Molluschi Cefalopodi rappresenta il 4% della densità nelle stazioni E19 S1-S4 ed il 5% nella stazione E19 SC. Il contributo percentuale dell'indice di biomassa per questo gruppo è pari al 10% per stazioni in prossimità del terminale (E19 S1-S4) e al 18% che per la stazione di controllo (E19 SC).

L'indice di densità dei Crostacei Decapodi è pari al 32% nelle stazioni E19 S1-S4 e al 36% nella stazione E19 SC. Per quanto riguarda l'indice di biomassa medio le percentuali sono pari al 7% e 6% rispettivamente nelle stazioni in prossimità del terminale e nella stazione di controllo.



**Figura 61** - Rete a strascico: composizione percentuale delle catture, espressa come n° individui/km<sup>2</sup> e kg/km<sup>2</sup>, dei principali gruppi tassonomici campionati nelle stazioni E19 S1-S4 e E19 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 (di seguito n° ind./1000m/24h) e di biomassa in kg/1000m/24h per le specie catturate con le reti da posta.

Il gattuccio, *Scylliorhinus canicula*, è risultata la specie più abbondante in assoluto, con valori in densità di 116 ind./1000m/24h nel gruppo di stazioni poste in prossimità del terminale (E19 P1-P4) e di 68 ind./1000m/24h nella stazione di controllo (E19 PC). L'indice di biomassa di questa specie è pari a 22,7 kg/1000m/24h nel gruppo di stazioni E19 P1-P4 e a 14,6 kg/1000m/24h nella stazione E19 PC.

Gli indici di densità e biomassa delle specie del gruppo degli Osteitti sono risultati molto bassi. Tra le specie con gli indici più elevati ci sono la linguatola, *Citharus linguatula*, presente esclusivamente nelle stazioni in prossimità del terminale, con indici di densità e biomassa rispettivamente di 5 ind./1000m/24h e 0,3 kg/1000m/24h, ed il pagello occhialone, *Pagellus bogaraveo*, presente anche questo solo nel gruppo di stazioni E19 P1-P4, con un indice di densità di 4 ind./1000m/24h ed un indice in biomassa di 0,2 kg/1000m/24h.

Tra i Crostacei Decapodi possiamo segnalare il gambero bianco, *Parapenaeus longirostris*, con indici di densità di 9 ind./1000m/24h nel gruppo di stazioni E19 P1-P4 e 12 ind./1000m/24h nella stazione E19 PC, mentre l'indice di biomassa è pari a 0,1 kg/1000m/24h sia nel gruppo di 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 E19 P1-P4 e nella stazione di controllo E19 PC. \* = DS < 0,05.

	E19 P1-P4		E19 PC	
	n° ind./1000m/24h	kg/1000m/24h	n° ind./1000m/24h	kg/1000m/24h
<b>OSTEITTI</b>				
<i>Alosa fallax nilotica</i>	0,8 $\pm$ 1,6	0,49 $\pm$ 1,1	1,3	1,04
<i>Auxis rochei rochei</i>	0,8 $\pm$ 2,7	1,17 $\pm$ 4,0		
<i>Boops boops</i>	0,2 $\pm$ 0,9	0,02 $\pm$ 0,1		
<i>Carapus acus</i>	0,4 $\pm$ 1,2	<0,01*		
<i>Chelidonichthys lucerna</i>	0,4 $\pm$ 1,2	0,1 $\pm$ 0,4		
<i>Citharus linguatula</i>	4,7 $\pm$ 4,4	0,26 $\pm$ 0,1		
<i>Diplodus vulgaris</i>	0,4 $\pm$ 1,3	0,04 $\pm$ 0,1		

**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 E19 P1-P4 e nella stazione di controllo E19 PC. \* = DS<0,05.

	E19 P1-P4		E19 PC	
	n° ind./1000m/24h	kg/1000m/24h	n° ind./1000m/24h	kg/1000m/24h
<i>Engraulis encrasicolus</i>			1,3	0,01
<i>Lepidorhombus boscii</i>	0,7 $\pm$ 0,25	0,06 $\pm$ 0,2	2,7	0,19
<i>Lophius budegassa</i>	2,6 $\pm$ 2,1	2,21 $\pm$ 4,4	1,3	0,79
<i>Merluccius merluccius</i>	1,1 $\pm$ 3,7	0,50 $\pm$ 1,7		
<i>Mullus barbatus</i>	0,7 $\pm$ 1,5	0,07 $\pm$ 0,1	1,3	0,06
<i>Pagellus bogaraveo</i>	3,6 $\pm$ 12,4	0,16 $\pm$ 0,5		
<i>Pagellus erythrinus</i>	0,4 $\pm$ 1,5	0,03 $\pm$ 0,1		
<i>Phycis phycis</i>	0,4 $\pm$ 1,2	0,05 $\pm$ 0,2		
<i>Scomber colias</i>	1,2 $\pm$ 4,0	0,01*		
<i>Scomber scombrus</i>	1,6 $\pm$ 4,1	0,13 $\pm$ 0,3	2,7	0,26
<i>Scorpaena scrofa</i>	1,1 $\pm$ 3,7	0,25 $\pm$ 0,9		
<i>Serranus cabrilla</i>	1,4 $\pm$ 5,0	0,09 $\pm$ 0,3		
<i>Spicara flexuosa</i>	0,7 $\pm$ 1,5	0,02 $\pm$ 0,1	1,3	0,06
<i>Trachurus trachurus</i>	0,8 $\pm$ 2,7	0,06 $\pm$ 0,2	1,3	0,07
<i>Trisopterus capelanus</i>	0,4 $\pm$ 1,2	0,02 $\pm$ 0,1		
<i>Uranoscopus scaber</i>	0,5 $\pm$ 1,7	0,07 $\pm$ 0,2		
<b>CONDROITTI</b>				
<i>Raja clavata</i>	4,7 $\pm$ 6,7	11,20 $\pm$ 16,2	9,3	14,33
<i>Scyliorhinus canicula</i>	116,3 $\pm$ 110,7	22,71 $\pm$ 19,5	67,7	14,62
<b>CROSTACEI DECAPODI</b>				
<i>Goneplax rhomboides</i>	0,2 $\pm$ 0,9	<0,01*		
<i>Parapenaeus longirostris</i>	8,9 $\pm$ 8,6	0,09 $\pm$ 0,1	11,9	0,14
<i>Squilla mantis</i>			1,3	0,04
<b>MOLLUSCHI CEFALOPODI</b>				
<i>Illex coindetii</i>	0,4 $\pm$ 1,2	0,04 $\pm$ 0,1		
<i>Todaropsis eblanae</i>	0,4 $\pm$ 1,3	0,10 $\pm$ 0,4		
<b>ALTRO</b>				
<i>Alcyonium palmatum</i>	0,2 $\pm$ 0,9	<0,01*		
<i>Cidaris cidaris</i>	0,4 $\pm$ 1,3	0,01*		
<i>Ostrea</i> sp.	3,6 $\pm$ 12,4	0,29 $\pm$ 1,0		
<i>Ophiura</i> spp.	0,4 $\pm$ 1,5	<0,01*		
<i>Polychaeta</i> indet.	0,2 $\pm$ 0,9	<0,01*		
<i>Pontobdella muricata</i>	0,2 $\pm$ 0,9	<0,01*		
<i>Sticopus regalis</i>	0,4 $\pm$ 1,2	0,06 $\pm$ 0,2		

**Reti a strascico - Indici di densità e biomassa per specie**

Nella **Tabella 74** sono riportati gli indici di densità in n° individui/km<sup>2</sup> (di seguito n° ind./km<sup>2</sup>) e di biomassa in kg/km<sup>2</sup> per le specie catturate con la rete a strascico. Tra gli Osteitti campionati nelle stazioni in prossimità del terminale (E19 S1-S4) la specie più abbondante è la triglia di fango, *Mullus barbatus*, con un indice di densità di 4223 ind./km<sup>2</sup> ed un indice di biomassa di 137,9 kg/km<sup>2</sup>. Sempre tra gli Osteitti, altre specie che mostrano indici elevati sono l'acciuga, *Engraulis encrasicolus*, con un indice di densità pari a 1491 ind./km<sup>2</sup> e un indice in biomassa di 9,9 kg/km<sup>2</sup>, il nasello, *Merluccius merluccius*, con indici di densità e biomassa di 1422 ind./km<sup>2</sup> e 44,3 kg/km<sup>2</sup> rispettivamente, il sugarello, *Trachurus trachurus*, (1050 ind./km<sup>2</sup> e 12,7 kg/km<sup>2</sup>), il sacchetto, *Serranus hepatus*, (983 ind./km<sup>2</sup> e 11 kg/km<sup>2</sup>) ed il caviglione, *Lepidotrigla cavillone*, con un indice di densità di 887 ind./km<sup>2</sup> ed un indice di biomassa di 16,1 kg/km<sup>2</sup>. Tra i Condroitti il gattuccio, *S.*

*canicula*, è la specie più abbondante, con indici di densità e biomassa rispettivamente di 606 ind./km<sup>2</sup> e di 84,5 kg/km<sup>2</sup>. Nel gruppo dei Crostacei Decapodi la specie più abbondante è il gambero bianco, *P. longirostris*, con un indice di densità pari a 6771 ind./km<sup>2</sup> e un indice di biomassa pari a 38,2 kg/km<sup>2</sup>. Tra i Molluschi Cefalopodi la specie con gli indici di densità e biomassa più elevati è il totano, *Illex coindetii*, con valori di 577 ind./km<sup>2</sup> e 29,4 kg/km<sup>2</sup> rispettivamente, seguito dal moscardino, *Eledone cirrhosa*, con un indice di densità di 64 ind./km<sup>2</sup> e un indice di biomassa di 2,2 kg/km<sup>2</sup> e dalla seppietta, *Sepia elegans* (53 ind./km<sup>2</sup> e 0,7 kg/km<sup>2</sup>). Nel gruppo indicato come "Altro" la specie più abbondante è l'echinoderma *Stichopus regalis* con un indice di densità pari a 191 ind./km<sup>2</sup> e un indice di biomassa pari a 35,2 kg/km<sup>2</sup>, seguito da un altro echinoderma, *Ophiura texturata*, con indici di densità e biomassa pari a 83 ind./km<sup>2</sup> e 0,3 kg/km<sup>2</sup> rispettivamente. In questo gruppo è da segnalare anche il crinoide *Leptometra phalangium*, con un indice di biomassa pari a 97 kg/km<sup>2</sup>.

Nella stazione di controllo E19 SC, per quanto riguarda il gruppo degli Osteitti, la specie più abbondante è il sugarello, *T. trachurus*, con un indice di densità di 2875 ind./km<sup>2</sup> e un indice in biomassa di 24 kg/km<sup>2</sup>. Tra gli Osteitti altre specie particolarmente abbondanti sono il caviglione, *L. cavillone*, con una densità di 1896 ind./km<sup>2</sup> e una biomassa di 23,2 kg/km<sup>2</sup>, il nasello, *M. merluccius*, con indici di densità e biomassa pari a 1583 ind./km<sup>2</sup> e 43 kg/km<sup>2</sup> rispettivamente, la triglia di fango, *M. barbatus* (1458 ind./km<sup>2</sup> e 54,1 kg/km<sup>2</sup>), il sugarello maggiore, *Trachurus mediterraneus*, con indici di densità e biomassa pari a 750 ind./km<sup>2</sup> e 26 kg/km<sup>2</sup> rispettivamente ed il pagello fragolino, *Pagellus erythrinus* (500 ind./km<sup>2</sup> e 28,7 kg/km<sup>2</sup>). Il gruppo dei Condroitti è rappresentato esclusivamente dal gattuccio, *S. canicula*, con un indice di densità di 250 ind./km<sup>2</sup> e un indice di biomassa di 51,4 kg/km<sup>2</sup>. Anche nella stazione di controllo E19 SC la specie più abbondante appartenente al gruppo dei Crostacei Decapodi è il gambero bianco, *P. longirostris* con un indice in densità di 6646 ind./km<sup>2</sup> e un indice in biomassa di 23,7 kg/km<sup>2</sup>. Nel gruppo dei Molluschi Cefalopodi la specie più abbondante è il totano *I. coindetii*, con indici di densità e biomassa pari 563 ind./km<sup>2</sup> e di 27,6 kg/km<sup>2</sup>, seguito dal moscardino, *E. cirrhosa* (104 ind./km<sup>2</sup> e 2,3 kg/km<sup>2</sup>) e dalla seppia pizzuta, *Sepia orbignyana* (104 ind./km<sup>2</sup> e 1,9 kg/km<sup>2</sup>). Nel gruppo indicato come "Altro" le specie più abbondanti sono gli echinodermi *Astropecten irregularis pentacanthus*, con un indice di densità di 1688 ind./km<sup>2</sup> e un indice di biomassa di 1,9 kg/km<sup>2</sup> e *O. texturata* (854 ind./km<sup>2</sup> e 3,1 kg/km<sup>2</sup>). Particolarmente abbondante è risultato il porifero *Suberites domuncula* con un indice di densità pari a 271 ind./km<sup>2</sup> e un indice di biomassa di 2,9 kg/km<sup>2</sup>. Anche in questo caso è da segnalare il crinoide *L. phalangium* con un indice di biomassa molto alto (83,3 kg/km<sup>2</sup>).

**Tabella 74** - Rete a strascico: indici di densità e biomassa ( $\pm$  DS), espressi in n° individui/km<sup>2</sup> e kg/km<sup>2</sup>, stimati per le specie catturate nelle stazioni E19 S1-S4 e nella stazione di controllo E19 SC. \* = DS<0,05.

	E19 S1-S4		E19 SC	
	n° ind./km <sup>2</sup>	kg/km <sup>2</sup>	n° ind./km <sup>2</sup>	kg/km <sup>2</sup>
<b>OSTEITTI</b>				
<i>Argentina sphyraena</i>	21,5±52,7	0,26±0,6		
<i>Arnoglossus laterna</i>	26,9±93,2	0,08±0,3	41,7	0,17
<i>Aspitrigla cuculus</i>	16,1±55,9	0,6±2,1	20,8	0,65
<i>Blennius ocellaris</i>	5,4±18,6	0,03±0,1	20,8	0,75
<i>Boops boops</i>	10,8±21,5	0,65±1,3	20,8	0,90
<i>Callanthias ruber</i>	5,4±18,6	0,09±0,3		
<i>Citharus linguatula</i>	16,1±35,7	0,68±1,4		
<i>Conger conger</i>	5,4±18,6	7,97±27,6		
<i>Capros aper</i>	64,6±129,2	0,18±0,4		
<i>Carapus acus</i>	5,2±18,0	0,01*		
<i>Deltentosteus quadrimaculatus</i>	5,4±18,6	0,02±0,1		
<i>Engraulis encrasicolus</i>	1490,9±5139,8	9,93±34,3	166,7	1,04
<i>Eutrigla gurnardus</i>	21,0±51,0	0,21±0,5	83,3	0,50
<i>Lepidorhombus boscii</i>	240,8±179,2	11,44±3,1	166,7	8,00
<i>Lepidotrigla cavillone</i>	887,0±1650,0	16,14±31,9	1896,0	23,15
<i>Lophius budegassa</i>	42,4±66,3	10,84±24,4	83,3	36,75
<i>Macroramphosus scolopax</i>	775,1±1585,9	5,86±12,1		
<i>Merluccius merluccius</i>	1422,2±880,4	44,25±24,5	1583,5	42,98
<i>Mullus barbatus</i>	4223,4±2855,4	137,90±76,4	1458,4	54,09
<i>Pagellus acarne</i>	5,4±18,6	0,29±1,0	20,8	1,21
<i>Pagellus bogaraveo</i>	10,8±21,5	0,45±0,9	41,7	1,63
<i>Pagellus erythrinus</i>	74,5±161,9	5,52±13,2	500,0	28,73
<i>Phycis blennoides</i>	16,1±55,9	2,06±7,1		

**Tabella 74** - Rete a strascico: indici di densità e biomassa ( $\pm$  DS), espressi in n° individui/km<sup>2</sup> e kg/km<sup>2</sup>, stimati per le specie catturate nelle stazioni E19 S1-S4 e nella stazione di controllo E19 SC. \* = DS<0,05.

	E19 S1-S4		E19 SC	
	n° ind./km <sup>2</sup>	kg/km <sup>2</sup>	n° ind./km <sup>2</sup>	kg/km <sup>2</sup>
<i>Scomber colias</i>	48,4±167,8	0,52±1,8		
<i>Scomber scombrus</i>	547,6±1798,1	10,09±28,7	83,3	2,19
<i>Scorpaena elongata</i>			20,8	8,23
<i>Scorpaena notata</i>			41,7	1,38
<i>Scorpaena scrofa</i>	5,4±18,6	1,05±3,6		
<i>Serranus cabrilla</i>	32,1±48,3	1,06±1,7	83,3	4,23
<i>Serranus hepatus</i>	983,1±1795,8	11,01±19,4	229,2	3,00
<i>Spicara flexuosa</i>			62,5	2,79
<i>Symphurus nigrescens</i>	5,4±18,6	0,05±0,2		
<i>Trachinus draco</i>	5,2±18,0	0,45±1,6	41,7	2,46
<i>Trachurus mediterraneus</i>	91,5±228,6	5,74±16,6	750,1	26,04
<i>Trachurus picturatus</i>	5,2±18,0	0,08±0,3		
<i>Trachurus trachurus</i>	1050,4±1819,2	12,70±21,2	2875,2	23,98
<i>Trisopterus capelanus</i>	831,7±1395,9	8,90±14,6	541,7	5,60
<i>Uranoscopus scaber</i>	5,4±18,6	1,86±6,5		
<i>Zeus faber</i>	75,4±150,7	13,75±40,3	41,7	0,63
<b>CONDROITTI</b>				
<i>Oxynotus centrina</i>	5,4±18,6	18,21±63,1		
<i>Raja clavata</i>	5,4±18,6	10,41±36,1		
<i>Scyliorhinus canicula</i>	605,9±827,0	84,53±110,6	250,0	51,38
<b>CROSTACEI DECAPODI</b>				
<i>Macropipus tuberculatus</i>	5,4±18,6	0,06±0,2		
<i>Parapenaeus longirostris</i>	6770,8±4852,8	38,20±30,8	6646,3	23,73
<i>Squilla mantis</i>			41,7	0,85
<b>MOLLUSCHI CEFALOPODI</b>				
<i>Eledone cirrhosa</i>	64,4±105,8	2,19±4,1	104,2	2,27
<i>Illex coindetii</i>	577,3±282,6	29,36±19,8	562,5	27,59
<i>Loligo (Alloteuthis) spp.</i>	21,0±51,0	0,08±0,2	41,7	0,13
<i>Loligo vulgaris</i>	26,4±45,3	1,54±3,7		
<i>Octopus vulgaris</i>	26,9±35,7	16,36±24,6	62,5	55,00
<i>Pteroctopus tetracirrhus</i>	5,4±18,6	0,09±0,3		
<i>Sepia elegans</i>	53,3±98,4	0,70±1,2	83,3	1,10
<i>Sepia orbignyana</i>	5,2±18,0	0,06±0,2	104,2	1,94
<i>Sepietta oweniana</i>	16,1±35,7	0,12±0,3		
<b>ALTRO</b>				
<i>Alcyonium palmatum</i>			166,7	3,06
<i>Antedon mediterranea</i>			333,4	0,42
<i>Aporrhais pespelecani</i>			62,5	3,06
<i>Ascidia mentula</i>	37,5±107,2	1,40±3,2	125,0	1,96
Ascidacea indet.			83,3	1,54
<i>Astropecten aranciacus</i>	5,2±18,0	1,565,4		
<i>Astropecten irregularis pentacanthus</i>	26,0±90,2	0,02±0,1	1687,6	1,88

**Tabella 74** - Rete a strascico: indici di densità e biomassa ( $\pm$  DS), espressi in n° individui/km<sup>2</sup> e kg/km<sup>2</sup>, stimati per le specie catturate nelle stazioni E19 S1-S4 e nella stazione di controllo E19 SC. \* = DS<0,05.

	E19 S1-S4		E19 SC	
	n° ind./km <sup>2</sup>	kg/km <sup>2</sup>	n° ind./km <sup>2</sup>	kg/km <sup>2</sup>
<i>Cidaris cidaris</i>	10,8 $\pm$ 37,3	0,35 $\pm$ 1,2		
<i>Echinus melo</i>	37,7 $\pm$ 107,1	7,49 $\pm$ 22,2		
<i>Galeodea echinofora</i>	42,9 $\pm$ 80,7	0,78 $\pm$ 1,8	83,3	1,83
<i>Holoturia tubulosa</i>	5,4 $\pm$ 18,6	0,20 $\pm$ 0,7		
<i>Leptometra phalangium</i>		96,88 $\pm$ 335,6		83,34
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	20,8 $\pm$ 72,2	0,15 $\pm$ 0,5		
<i>Nudibranchia</i> indet.	5,2 $\pm$ 18,0	0,03 $\pm$ 0,1	41,7	0,29
<i>Ophiura texturata</i>	83,3 $\pm$ 288,7	0,30 $\pm$ 1,0	854,2	3,08
<i>Ostrea</i> sp.			458,4	3,67
<i>pennatula rubra</i>			20,8	0,10
<i>Poriphera</i> indet.	5,2 $\pm$ 18,0	2,60 $\pm$ 9,0	41,7	0,60
<i>Rizostoma pulmo</i>	5,2 $\pm$ 18,0	10,42 $\pm$ 36,1		
<i>Sabella spallanzanii</i>			20,8	0,13
<i>Stichopus regalis</i>	190,8 $\pm$ 297,9	35,22 $\pm$ 52,9	41,7	9,08
<i>Suberites domuncula</i>			270,9	2,88

#### 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

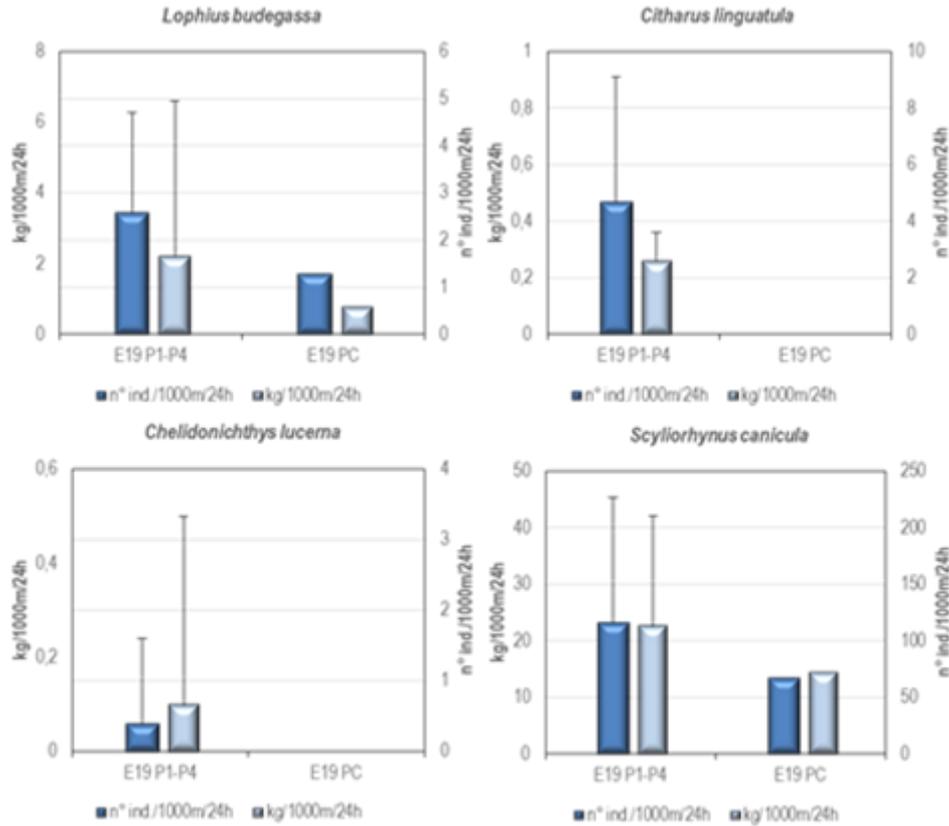
Nella **Figura 62** sono riportati gli indici di densità e biomassa per alcune specie catturate con le reti da posta. I grafici mostrano i valori medi e la deviazione standard degli indici, sia per specie, sia per sito (E19 P1-P4: stazioni in prossimità del terminale; E19 PC: stazione di controllo).

L'indice di densità e biomassa della rana pescatrice, *Lophius budegassa*, risultano essere più elevati nelle stazioni in prossimità del terminale (E19 P1-P4) rispetto a quanto osservato nella stazione di controllo E19 PC. Lo stesso può essere detto per il gattuccio, *S. canicula*. Sia la linguattola, *C. linguatula*, che la gallinella, *Chelidonichthys lucerna*, sono state catturate esclusivamente nel gruppo di stazioni E19 P1-P4. Gli indici stimati per le tre specie di Osteitti sono molto bassi.

#### Rete a strascico

Nella **Figura 64** sono riportati gli indici di densità e biomassa per alcune specie catturate con la rete a strascico. I grafici mostrano i valori medi e la deviazione standard degli indici, sia per specie, sia per sito (E19 S1-S4: stazioni in prossimità del terminale; E19 SC: stazione di controllo).

La triglia di fango, *M. barbatus*, il sacchetto, *S. hepatus*, il merluzzetto, *Trisopterus capelanus* e il gattuccio, *S. canicula*, mostrano indici di densità e biomassa più elevati nel gruppo di stazioni in prossimità del terminale (E19 S1-S4), mentre per il nasello, *M. merluccius*, il pagello fragolino, *P. erythrinus*, e il moscardino, *E. cirrhosa*, questi indici sono più elevati nella stazione di controllo (E19 SC); in particolare per il pagello fragolino, *P. erythrinus*, gli indici stimati per la stazione E19SC sono fino a cinque volte superiori a quelli delle stazioni E19 S1-S4. Nel caso del gambero bianco, *P. longirostris*, non si osservano sostanziali variazioni negli indici stimati per le due aree campionate.

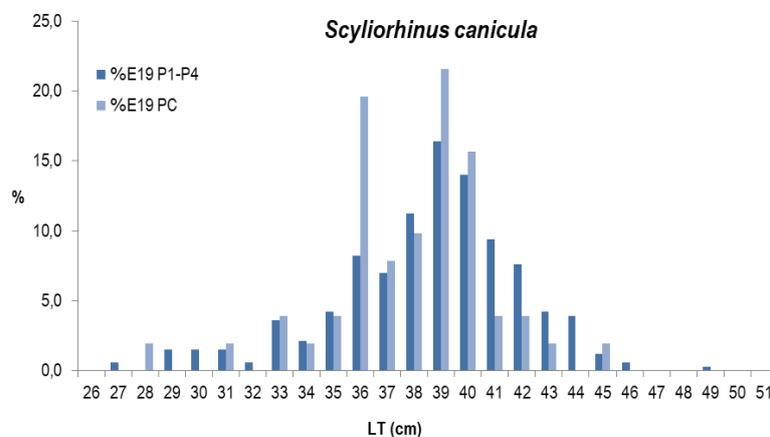


**Figura 62** - Reti da posta: indici di densità e biomassa, stimati per le stazioni E19 P1-P4 e per la stazione E19 PC, per specie. Sono riportati i valori medi + la deviazione standard. In blu n° individui/1000m<sup>2</sup>24h, in azzurro kg/1000m<sup>2</sup>24h.

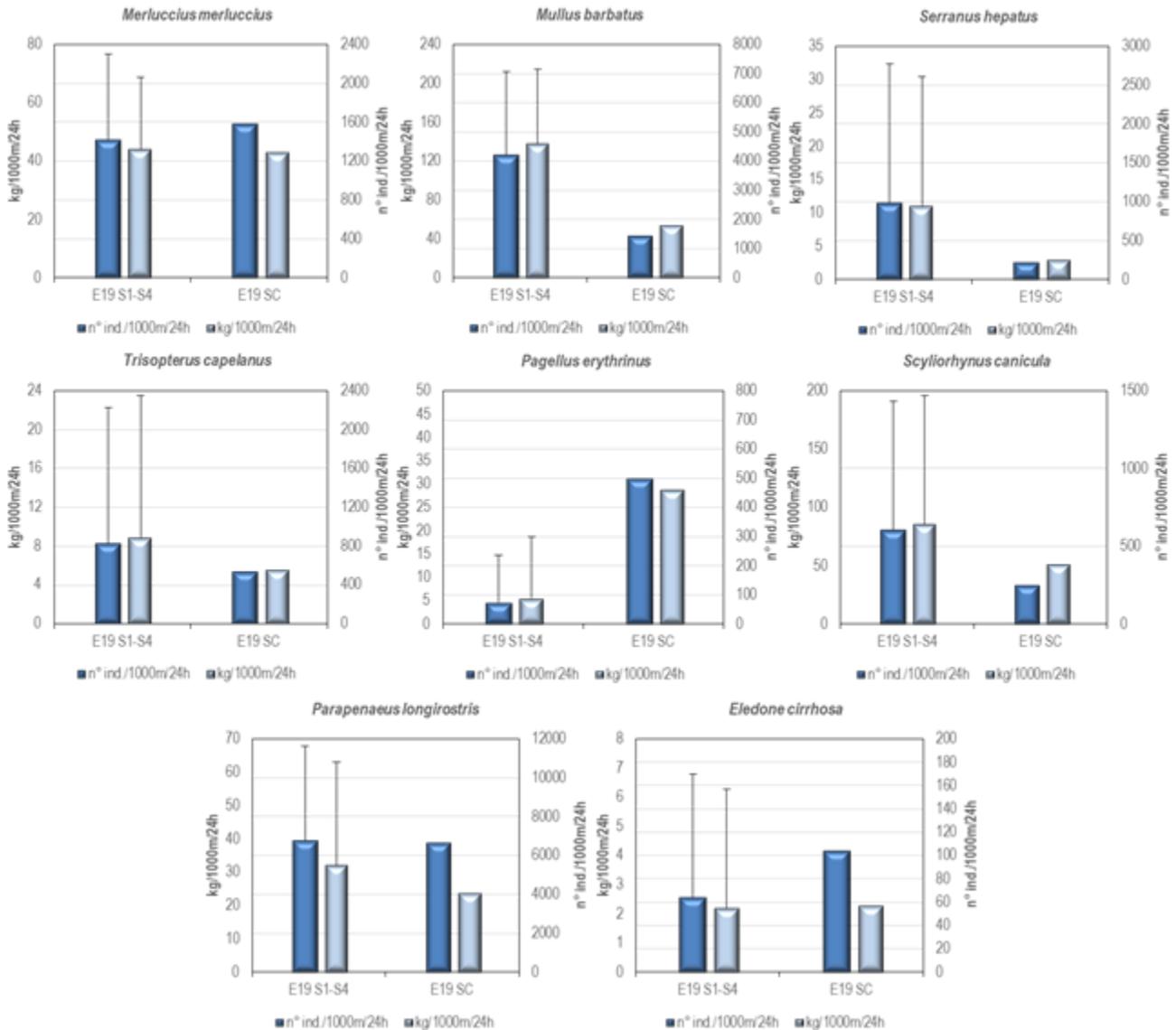
### Distribuzioni taglia-frequenza per specie

#### Reti da posta

Nella **Figura 63** è illustrata la distribuzione di taglia-frequenza del gattuccio *S. canicula* catturato con le reti da posta. Nel gruppo di stazioni E19 P1-P4 sono stati campionati 329 individui aventi taglia compresa tra 27 e 49 cm LT. Nella stazione E19 PC sono stati campionati 51 animali con taglia tra i 28 e 45 cm LT. Nella distribuzione taglia-frequenza degli individui campionati nelle stazioni in prossimità del terminale (E19 P1-P4) è possibile osservare una moda a 39 cm LT. La distribuzione taglia-frequenza degli esemplari campionati nella stazione E19 PC non mostra delle mode evidenti; possiamo però osservare che la maggior parte degli individui sono concentrati nell'intervallo di taglia 36-40 cm LT.



**Figura 63** - Rete da posta: distribuzione taglia-frequenza del gattuccio (*Scyllorhynchus canicula*). N° individui: 329 (E19 P1-P4), 51 (E19 PC).

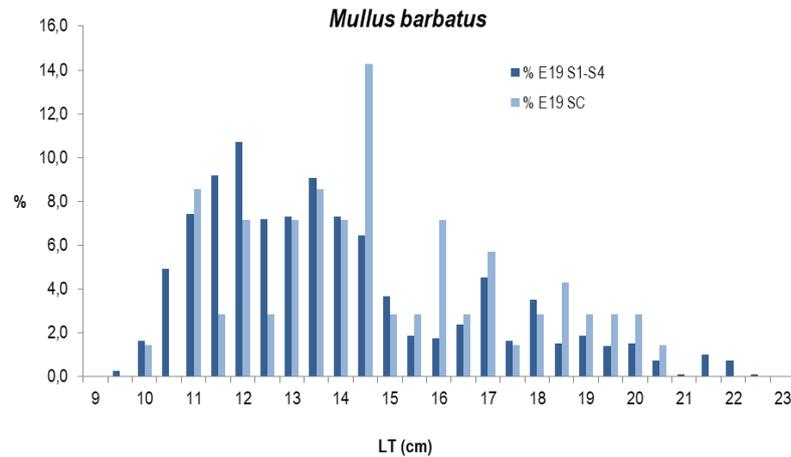


**Figura 64** – Rete a strascico: indici di densità e biomassa, stimati per le stazioni E19 S1-S4 e per la stazione E19 SC, per specie. Sono riportati i valori medi + la deviazione standard. In blu n° individui/km<sup>2</sup>, in azzurro chiaro kg/km<sup>2</sup>.

Lo scarso numero di individui campionati per le altre specie indicatrici scelte per le reti da posta non ha permesso di elaborare le loro distribuzioni taglia-frequenza. Nello specifico, la linguatola *C. linguatula* è stata campionata esclusivamente nel gruppo di stazioni E19 P1-P4, per un totale di 15 esemplari di taglia compresa tra 17 e 22 cm LT. Anche la gallinella, *C. lucerna*, rappresentata da un solo esemplare di 31,5 cm LT, è stata campionata in una delle stazioni in prossimità del terminale. Sono stati invece catturati 9 esemplari di rana pescatrice, *L. budegassa*: 8 esemplari campionati nelle stazioni in prossimità del terminale (E19 P1-P4) con taglia compresa tra 20 e 60 cm LT, e 1 esemplare della lunghezza di 30 cm LT campionato nella stazione di controllo (E19 PC).

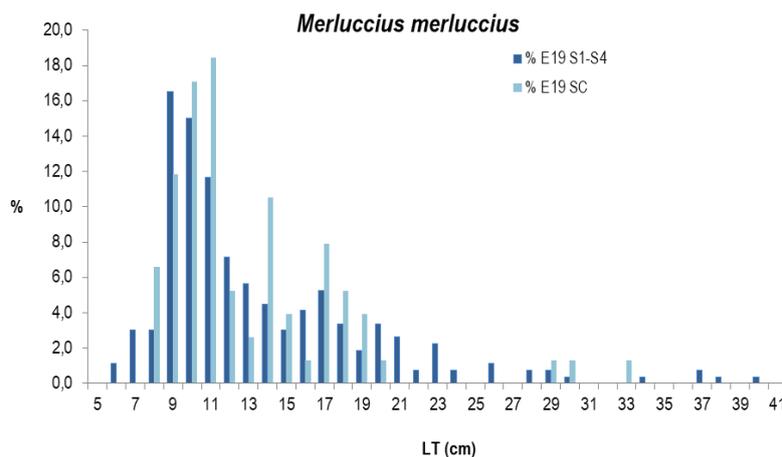
#### Rete a strascico

Nella **Figura 65** sono riportate le distribuzioni taglia-frequenza della triglia di fango *M. barbatus*. In totale sono stati campionati 863 individui, 793 nel gruppo di stazioni E19 S1-S4, con taglia compresa tra 9,5 e 22,5 cm LT e 70 nella stazione E19 SC, con taglia compresa tra 10 e 20,5 cm LT. La distribuzione taglia-frequenza degli individui catturati nelle stazioni in prossimità del terminale mostra due mode, una a 12 e l'altra a 13,5 cm LT. Non è invece possibile identificare delle mode nella distribuzione taglia-frequenza degli individui catturati nella stazione di controllo.



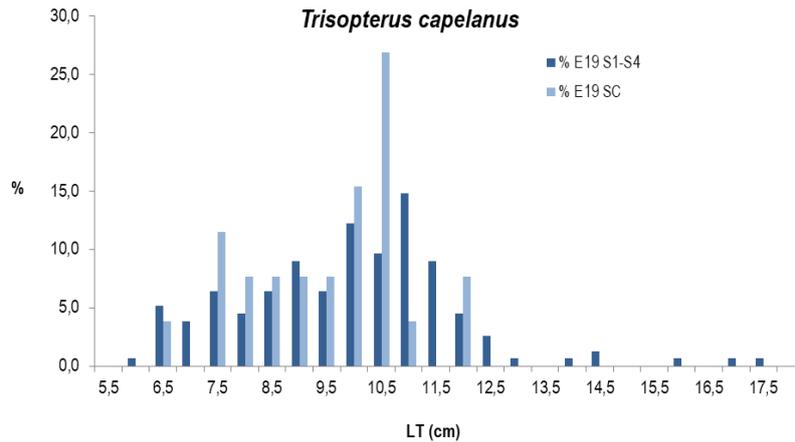
**Figura 65** - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza della triglia di fango (*Mullus barbatus*). N° individui: 793 (E19 S1-S4), 70 (E19 SC).

Per il nasello, *M. merluccius*, sono stati campionati 266 esemplari nel gruppo di stazioni in prossimità del terminale (E19 S1-S4), con un intervallo di taglia tra 6 e 40 cm LT, e 76 esemplari nella stazione di controllo (E19 SC), con taglia compresa tra 8 e 33 cm LT (**Figura 66**). La distribuzione taglia-frequenza degli animali campionati nelle stazioni in prossimità del terminale mostra due mode, a 9 e a 17 cm LT, mentre per la distribuzione taglia-frequenza degli animali provenienti dalla stazione di controllo le mode sono a 11 e 17 cm LT.



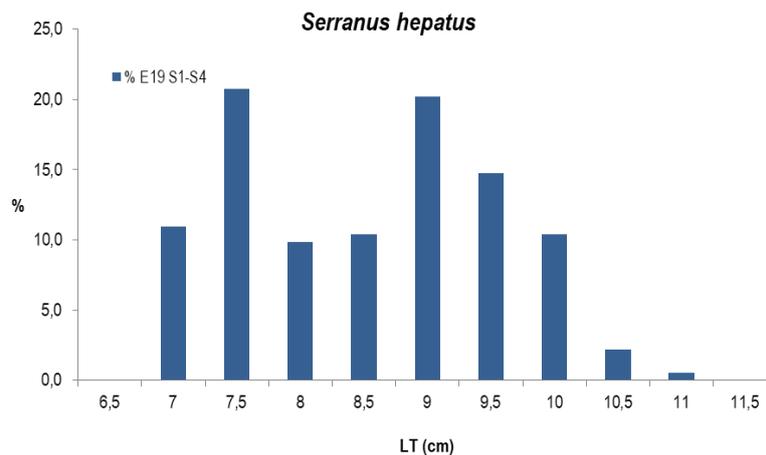
**Figura 66** - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del nasello (*Merluccius merluccius*). N° individui: 266 (E19 S1-S4), 76 (E19 SC).

Il merluzzetto, *T. capelanus*, è stato campionato sia nel gruppo di stazioni E19 S1-S4 (155 esemplari con taglia tra 6 e 17,5 cm LT) che nella stazione E19 SC (26 esemplari con taglia tra 6,5 e 12 cm LT) (**Figura 67**). Nella distribuzione taglia-frequenza degli animali catturati nel gruppo di stazioni in prossimità del terminale è evidente una moda a 11 cm LT. Non è invece possibile identificare delle mode nella distribuzione taglia-frequenza degli individui catturati nella stazione di controllo.



**Figura 67** - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del merluzzetto (*Trisopterus capelanus*). N° individui: 155 (E19 S1-S4), 26 (E19 SC).

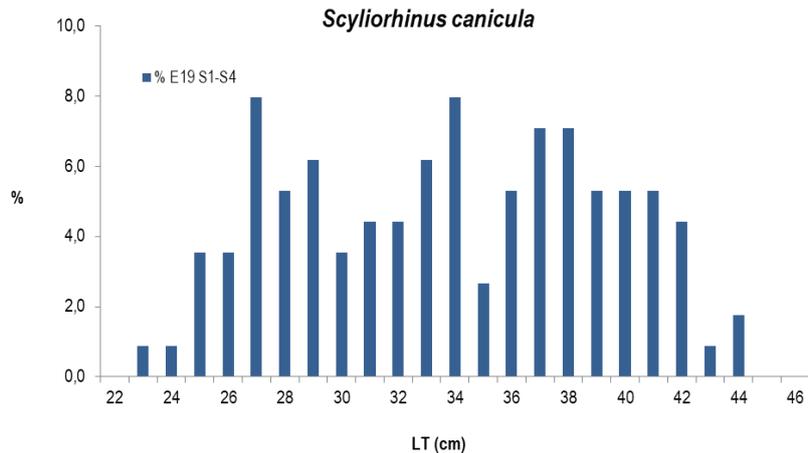
Per il sacchetto, *S. hepatus*, viene mostrata solamente la distribuzione taglia-frequenza degli individui catturati nel gruppo di stazioni in prossimità del terminale (E19 S1-S4) dato che nella stazione E19 SC il numero di animali campionati per queste specie è stato molto basso. La distribuzione taglia-frequenza del sacchetto, *S. hepatus*, costituita da 183 animali con taglia compresa tra 7 e 11 cm LT, mostra due mode, una a 7,5 cm LT ed una a 9 cm LT (**Figura 68**). Nella stazione E19 SC sono stati campionati 11 esemplari di questa specie, con taglia compresa tra 7 e 11 cm LT.



**Figura 68** - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del sacchetto (*Serranus hepatus*). N° individui: 183 (E19 S1-S4).

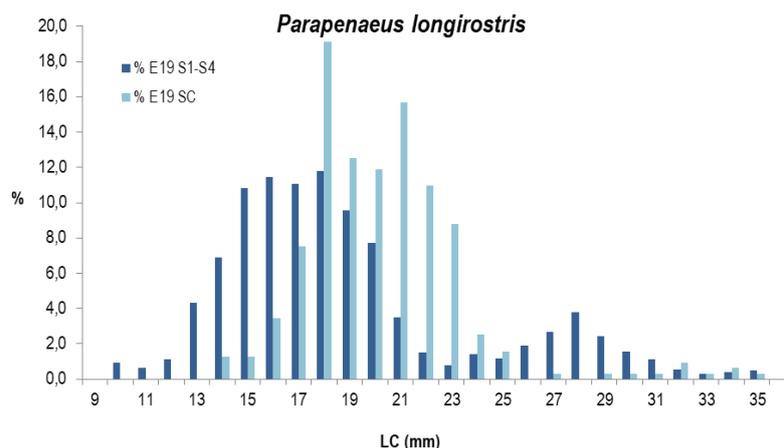
Per il pagello fragolino, *P. erythrinus*, e lo scorfanotto, *Scorpaena notata*, dato il basso numero di esemplari campionati, non vengono fornite le distribuzioni taglia-frequenza. Per il pagello fragolino, *P. erythrinus*, sono stati catturati in totale 38 individui, 24 nel gruppo di stazioni in prossimità del terminale (E19 S1-S4), con taglia compresa tra 14,5 e 21 cm LT, e 14 nella stazione di controllo (E19 SC), con taglia compresa tra 15 e 21 cm LT. Lo scorfanotto *S. notata*, è stato campionato solo nella stazione E19 SC; sono stati catturati 2 esemplari con taglia di 10 e 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 (E19 S1-S4) visto lo scarso numero di individui campionati nella stazione E19 SC (12 esemplari con taglia compresa tra 29 e 45 cm LT). Nelle stazioni in prossimità del terminale sono stati campionati 113 esemplari con un intervallo di taglia compreso tra 23 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 (*Scylliorhinus canicula*). N° individui: 113 (E19 S1-S4).

Nel caso del gambero bianco, *P. longirostris*, sono stati catturati 1265 individui nel gruppo di stazioni E19 S1-S4, con taglia compresa tra 10 e 35 mm LC, mentre nella stazione E19 SC sono stati campionati 319 esemplari, con taglia compresa tra 14 e 35 mm LC (**Figura 70**). La distribuzione di taglia-frequenza degli animali catturati nelle stazioni in prossimità del terminale mostra due mode, una a 18 e una a 28 mm LC. La struttura della distribuzione di taglia-frequenza degli esemplari catturati nella stazione di controllo non permette di identificare delle mode.



**Figura 70** - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del gambero bianco (*Parapenaeus longirostris*). N° individui: 1265 (E19 S1-S4), 319 (E19 SC).

Passando al moscardino, *E. cirrhosa*, in totale sono stati campionati 27 esemplari: 20 nelle stazioni E19 S1-S4, con taglia compresa tra 3,5 e 6 cm LM, e 7 esemplari nella stazione E19 SC con un intervallo di taglia tra 3 e 5,5 cm LM.

### 6.3.6 Fauna ittica pelagica

Nella campagna estiva E19 le catture delle reti da posta pelagiche sono state registrate solo nella stazione di controllo, E19 PDC. In questa stazione è stato campionato un unico esemplare di tombarello, *Auxis rochei rochei*, con un indice di densità di 9 ind./1000m/24h ed un indice di biomassa di 12,6 kg/1000m/24h. L'esemplare aveva una taglia di 46,5 cm LT.

Lo scarso numero di individui catturati e la completa assenza di cattura nel campionamento effettuato nella stazione in prossimità del terminale E19 PD 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 295 nm per un totale di 56h di navigazione. Nella **Figura 71** sono riportate le rotte percorse per il monitoraggio visivo condotto a partire da estate 2019 (E19). Non sono stati effettuati avvistamenti di cetacei o tartarughe.

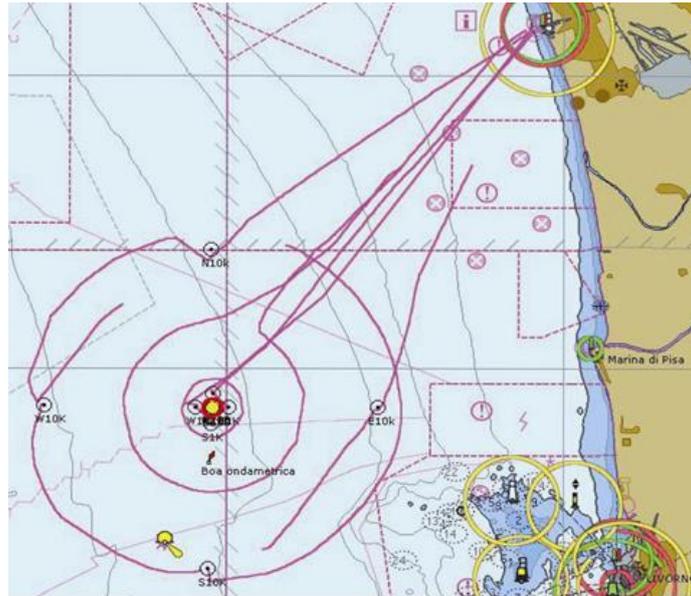


Figura 71 – Rotte effettuate per il monitoraggio visivo, acustico e bioacustico condotto in estate 2019 (E19).

## 6.4 INDAGINI GENERALI

### 6.4.1 Misura del rumore

#### 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 – 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 Nord (quella di maggior interesse per la presente campagna).

Le quattro figure seguenti (da **Figura 72** a **Figura 75**) riportano i livelli PSDf misurati rispettivamente alle stazioni Nord, Est, Sud e Ovest. I livelli sono attorno a 110-120 dB re 1uPa<sup>2</sup>/Hz per frequenze sotto i 250 Hz alle stazioni N100 ed E100, mentre alle stazioni S100 e W100 i livelli sono attorno ai 100 dB re 1uPa<sup>2</sup>/Hz. In tutti i casi i livelli scendono fino ai 40-60 dB re 1uPa<sup>2</sup>/Hz alle alte frequenze.

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

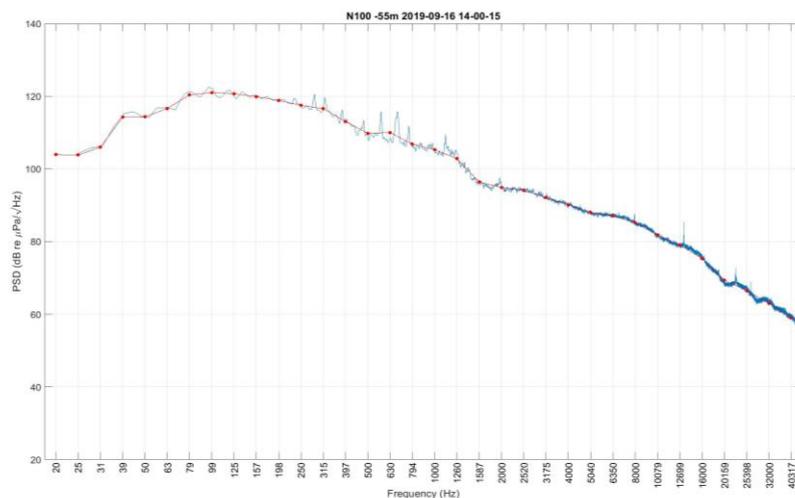


Figura 72 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N100 a 55 m di profondità.

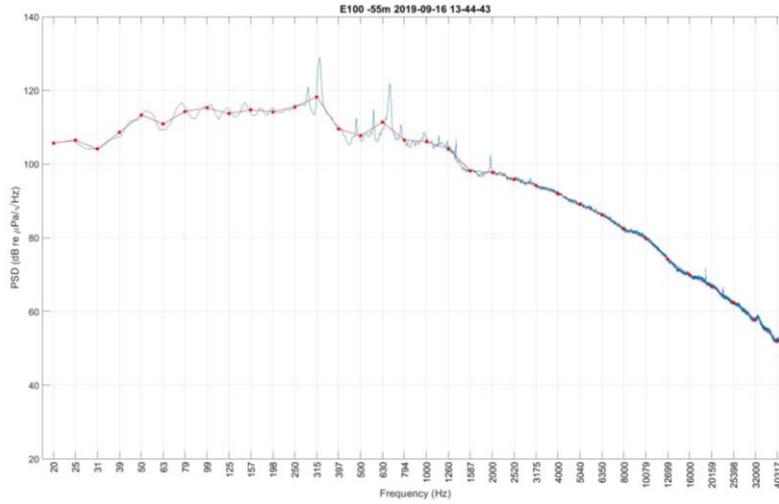


Figura 73- PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto E100 a 55 m di profondità.

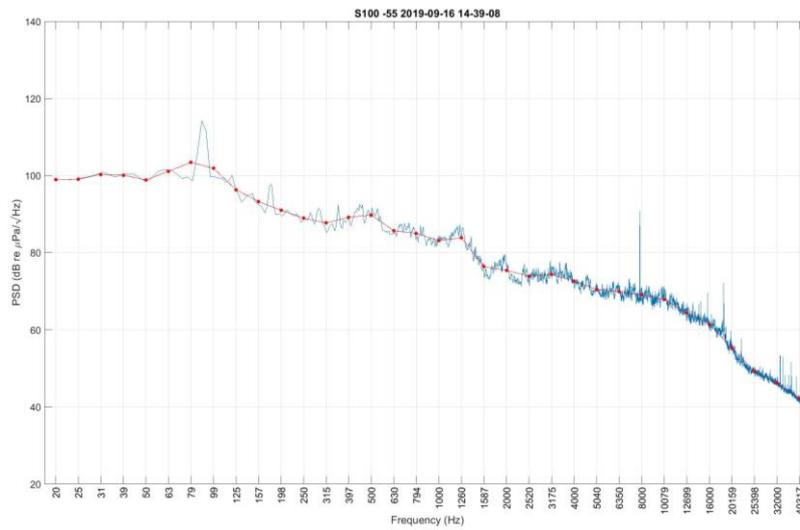
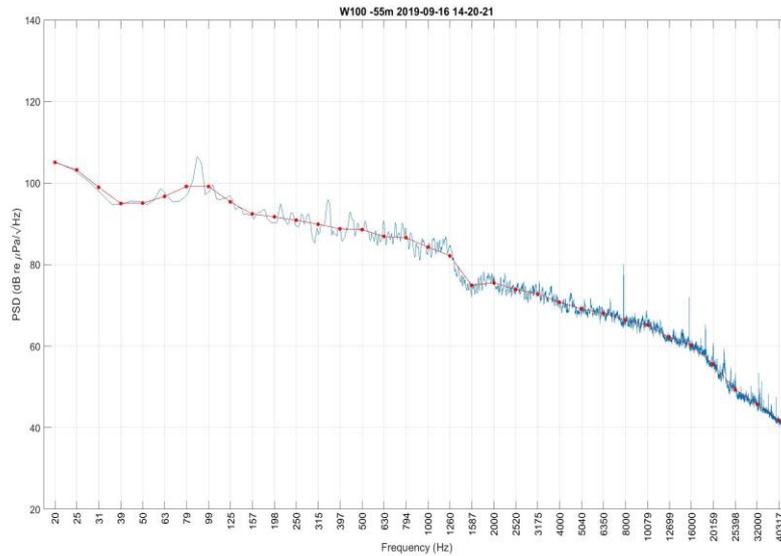
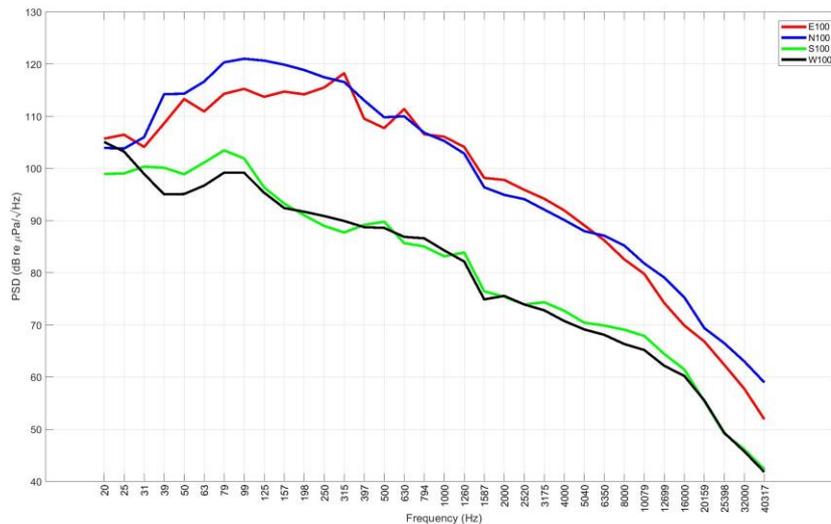


Figura 74- PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S100 a 55 m di profondità



**Figura 75-** PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto W100 a 55 m 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. I valori sono molto più alti nelle stazioni E100 e N100.



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

Le **Figura 77**, **Figura 78** riportano i livelli PDSf misurati alle stazioni Nord alla distanza rispettivamente di 1.000 e 10.000 metri dal Terminale. Nella **Figura 77** i livelli sono attorno ai circa 100 dB re 1 $\mu$ Pa<sup>2</sup>/Hz a frequenze basse (20 - 200 Hz) e scendono fino ai 40-60 dB re 1 $\mu$ Pa<sup>2</sup>/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 78** i livelli scendono dai 110 dB re 1 $\mu$ Pa<sup>2</sup>/Hz fino a circa 90 dB re 1 $\mu$ Pa<sup>2</sup>/Hz a frequenze basse (da 20 a 200 Hz) e scendono fino ai 40-60 dB re 1 $\mu$ Pa<sup>2</sup>/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.

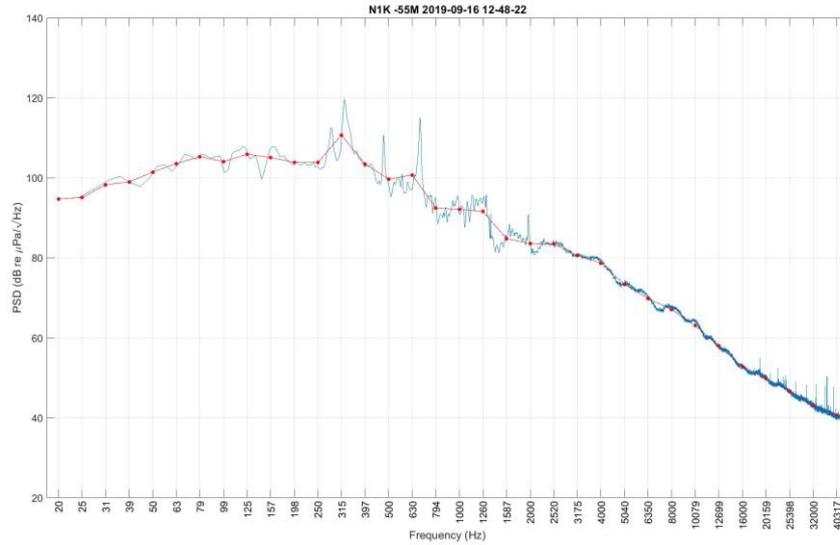


Figura 77 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N1K a 55 m di profondità.

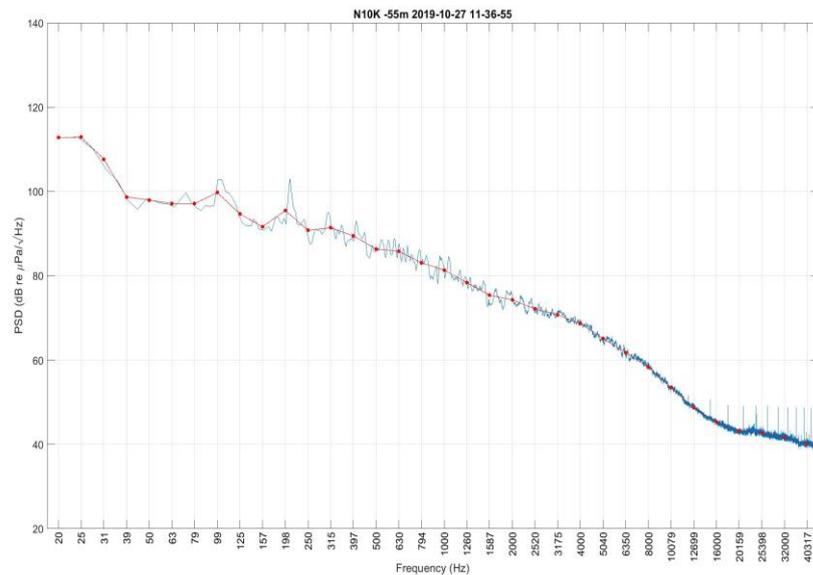


Figura 78- PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N10K a 45 m di profondità.

Nella **Figura 79** **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** sono riportati i confronti dei valori PDSf in terzi d'ottava lungo la direttrice Nord a diverse distanze (100m, 1 kilometro, 10 kilometri). Si può notare che i livelli sono più alti a 100 metri dal Terminale, mentre i livelli a frequenze > 39 Hz decrescono in funzione della distanza.

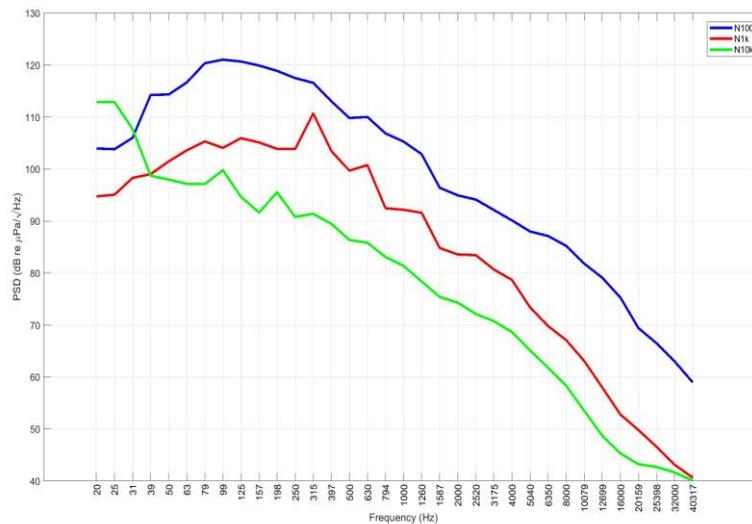


Figura 79 - Confronto dei livelli in terzi d'ottava misurati a 55 m di profondità lungo la direzione Nord.

### Verifica simulazione

Tutte le ipotesi e assunzioni proposte nei lavori precedenti rimangono valide, pertanto 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 da 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 80) sono tutti molto simili nella forma. Si nota la presenza di un termoclino a 20 metri di profondità.

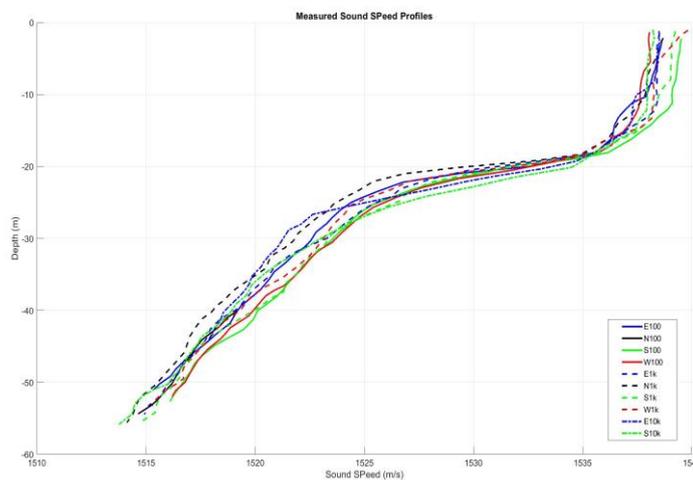
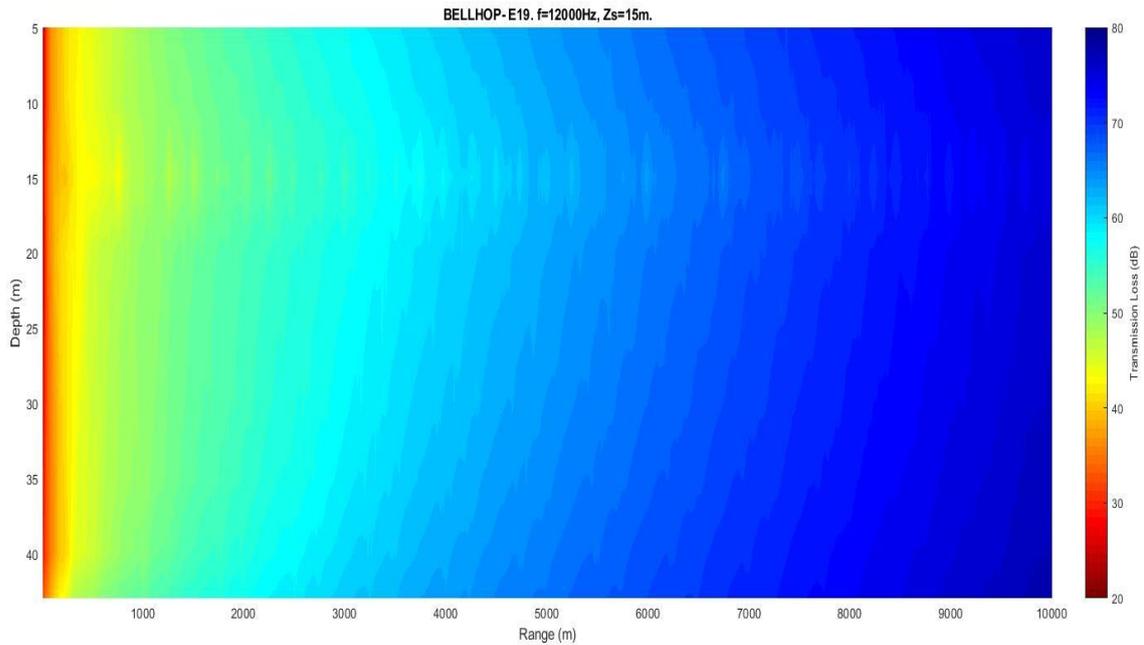


Figura 80 - Profili di velocità del suono misurati con CTD a differenti stazioni durante la campagna E19.

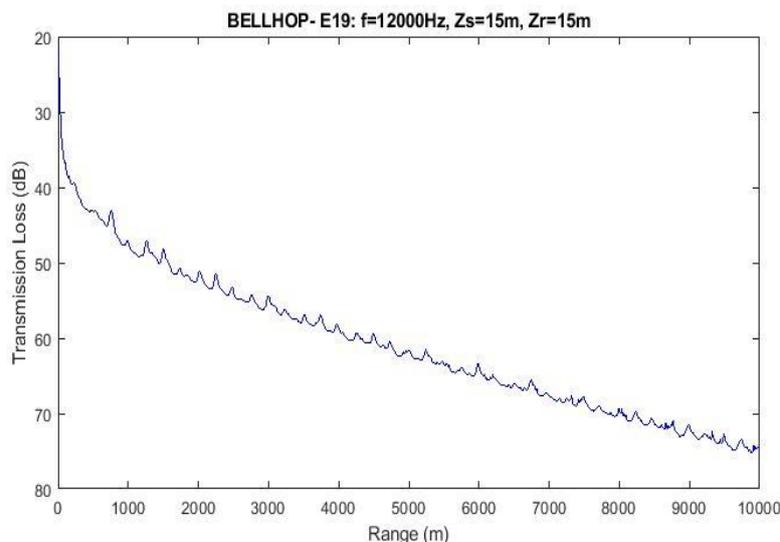
### Selezione di simulazioni significative e confronto con i dati reali

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 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.

Oltre i 5000 metri di distanza dal Terminale l'attenuazione del suono modellata è di circa 60 dB.



**Figura 82** - Trasmission Loss prevista dal modello in funzione della distanza alla profondità di 15 m.

La caduta di livello del rumore predetta dal modello alle stazioni N100 e N1K a 15 metri di profondità è di circa 36 e 47 dB rispettivamente. Quindi in modello prevede una caduta di livello di circa 11 dB tra queste due stazioni. Nel confronto con i livelli misurati fra le stazioni N100 e N1K abbiamo una differenza di circa 18 dB (alla frequenza di 12 kHz). La non ottimale rispondenza del modello ai dati sperimentali può essere dovuta al fatto che le misure nelle due stazioni non sono contemporanee, oltre che alle assunzioni del modello. La caduta di livello predetta dal modello a 100 metri dalla sorgente e a 55 metri di profondità per una frequenza di 12kHz, è di circa 36 dB. Considerando quindi il valore misurato sperimentalmente in N100 di circa 79 dB è possibile stimare un Source Level della sorgente (Terminale) di circa 115 dB re uPa @ 1m.

#### 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 confronti tra il Bianco e le successive campagne di esercizio con particolare riferimento alle campagne estive poiché il Bianco è stato condotto in questa stagione.

Son, inoltre, per facilitare la lettura, 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 rapporto annuale.

### 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 graficati limitandosi alla stagione estiva, essendo questa la stessa in cui è stato effettuato il Bianco.

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

##### Risultati

**Temperatura:** nelle campagne estive (B, E14, E15, E16, E17, E18, E19) 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.

In autunno il profilo di temperatura risulta più omogeneo variando tra 14,36 e 19,05°C, con una differenza tra i valori minimo e massimo piuttosto variabile nelle sei campagne ( $\Delta$  A13: 1,4°C,  $\Delta$  A14: 3,65°C,  $\Delta$  A15: 3,31°C,  $\Delta$  A16: 3,8°C,  $\Delta$  A17: 3,0°C,  $\Delta$  A18: 1,6°C). La temperatura nella campagna invernale varia in un *range* molto ristretto tra 12,7 e 14,75°C con differenze ridotte tra minimo e massimo nelle singole campagne ( $\Delta$  I14: 0,66°C,  $\Delta$  I15: 1,31°C,  $\Delta$  I16: 0,37°C,  $\Delta$  I17: 0,1°C,  $\Delta$  I18: 0,90°C,  $\Delta$  I19: 0,25 °C). Come di consueto le masse d'acqua risultano più omogenee rispetto alle altre stagioni a causa della dinamica invernale nell'area di indagine.

Analogamente a quanto osservato in estate, la temperatura primaverile lungo il profilo batimetrico risulta eterogenea variando tra 14,1 e 25,61°C e la differenza tra i valori minimo e massimo nelle singole campagne è elevata ( $\Delta$  P14: 11,09°C,  $\Delta$  P15: 9,45°C,  $\Delta$  P16: 5,51°C,  $\Delta$  P17: 7,9°C,  $\Delta$  P18: 5,8°C,  $\Delta$  P19: 7,5°C). Dai profili si evince che in questa stagione le masse d'acqua presentano un elevato grado di rimescolamento.

In generale gli andamenti della temperatura dipendono, come atteso, dalla stagione e non risultano alterati dalla presenza del Terminale. Infatti, gli andamenti osservati nelle stazioni vicine e lontane da questo, sono del tutto confrontabili.

**Salinità:** nelle sette campagne estive (B, E14, E15, E16, E17, E18 ed E19) questo parametro varia tra 37,2 e 38,5. Il profilo verticale delle diverse stazioni è molto simile nelle campagne B, E14, E16, E17, E18 ed E19. In questi periodi le stazioni non mostrano differenze significative, evidenziando l'omogeneità dell'area indagata durante il campionamento. Alla profondità corrispondente al termoclino compresa tra i 20 ed i 40 metri, si osserva anche un aloclino. Tra i diversi anni sono state registrate differenze nel profilo verticale, dovute probabilmente, come già per il termoclino, al differente periodo d'indagine tra un'estate e l'altra. La campagna effettuata nel 2015 (E15) presenta delle peculiarità rispetto ai campionamenti precedenti e successivi, tuttavia non riconducibili in alcun modo alla presenza dell'FSRU.

In generale nel periodo autunnale la salinità mostra deboli variazioni. Tale andamento è tipico di questa stagione in cui avviene un rimescolamento importante delle masse d'acqua con valori che oscillano tra 37,09 e 38,2 ppt e con scarse differenze tra minimo e massimo nelle singole campagne ( $\Delta$  A13: 0,3 ppt;  $\Delta$  A14: 0,45 ppt;  $\Delta$  A15: 0,61 ppt,  $\Delta$  A16: 0,5 ppt,  $\Delta$  A17: 0,2 ppt,  $\Delta$  A18: 0,2 ppt).

Analogamente a quanto osservato nelle stagioni autunnali, in inverno la salinità mostra variazioni minime, comprese tra 37,19 e 38,2 ppt. Tale andamento riflette un marcato rimescolamento delle masse d'acqua che si verifica tipicamente anche in questa stagione. Di conseguenza le differenze misurate tra minimo e massimo nelle singole campagne sono basse ( $\Delta$  I14: 0,6 ppt;  $\Delta$  I15: 0,67 ppt;  $\Delta$  I16: 0,11 ppt;  $\Delta$  I17: 0,2 ppt;  $\Delta$  I18: 0,5 ppt;  $\Delta$  I19: 0,1 ppt).

In primavera questo parametro varia tipicamente in un *range* decisamente più ampio rispetto a quello invernale compreso tra 35,73 e 38,23 ppt a testimonianza di un fenomeno di stratificazione delle acque e la differenza tra minimo e massimo nelle singole campagne è bassa ( $\Delta$  P14: 1,85 ppt;  $\Delta$  P15: 1,32 ppt;  $\Delta$  P16: 2,5 ppt;  $\Delta$  P17: 0,4 ppt;  $\Delta$  P18: 0,2 ppt;  $\Delta$  P19: 0,2 ppt).

Anche per la salinità, come per la temperatura, non si individuano anomale alterazioni degli andamenti stagionali riconducibili alla presenza del Terminale e le variazioni da una stagione all'altra osservate nelle stazioni in prossimità del Terminale non risultano alterate rispetto alle stazioni lontane.

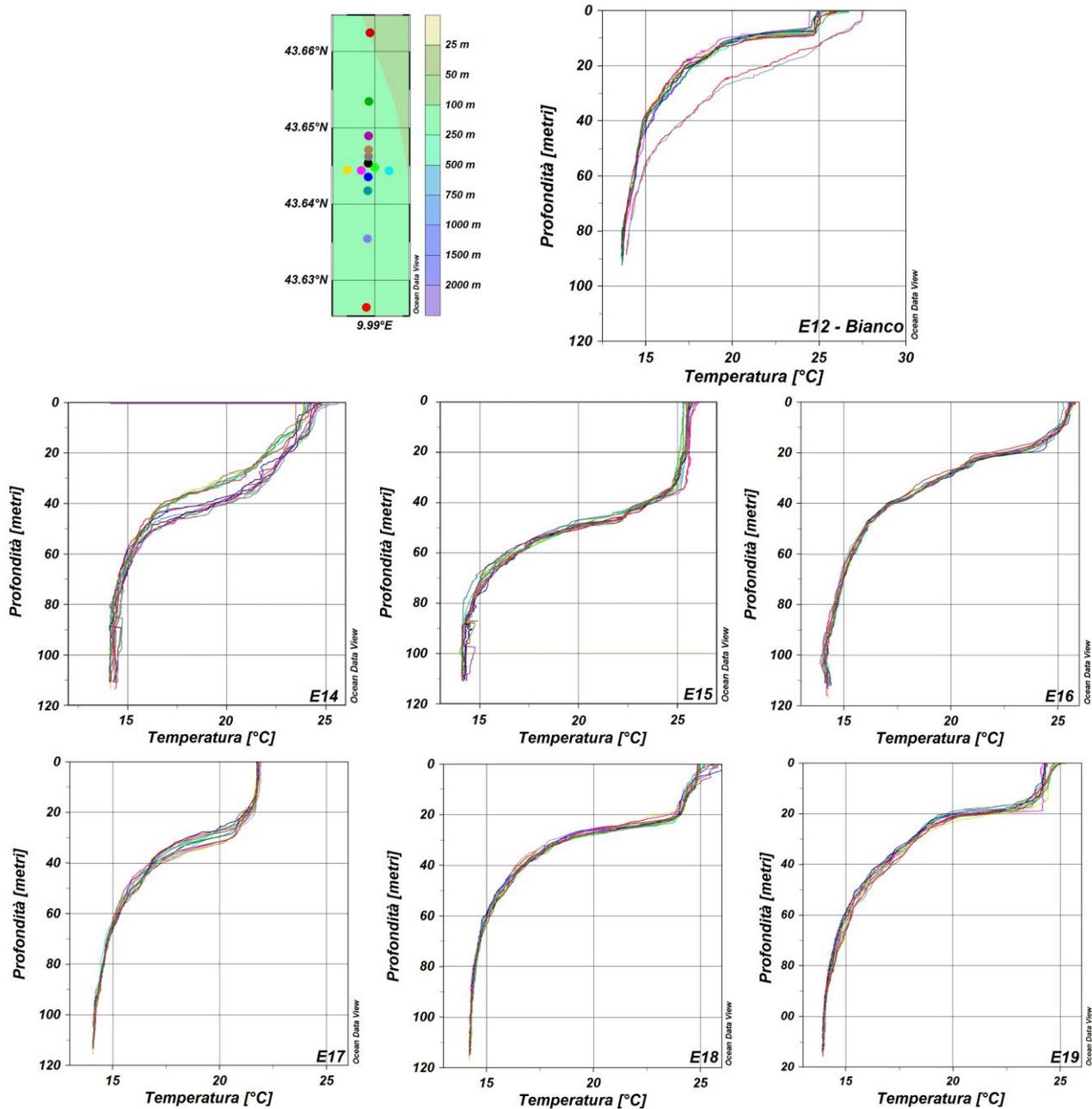


Figura 83 – Confronto tra i dati di Temperatura del Bianco e delle campagne estive 2014-2019.

**pH:** i profili di pH, fatta eccezione per la campagna E14 i cui valori variano fra 6,5 e 9, mostrano tutti andamenti e valori omogenei su tutta la colonna d'acqua e intorno a 8 leggermente superiori 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. Non risultano variazioni nei valori di torbidità fra una stagione e l'altra. Non sono state osservate anomalie riconducibili alla presenza dell'FSRU nel tempo e nelle stazioni prossime al Terminale rispetto alle stazioni lontane.

**DO% (percentuale di ossigeno disciolto):** nella quasi totalità delle campagne estive (B, E14, E15, E17, E18 ed E19) 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, E18 ed E19 si registrano valori di clorofilla inferiori nell'intera area, indipendentemente dalla distanza dal Terminale.

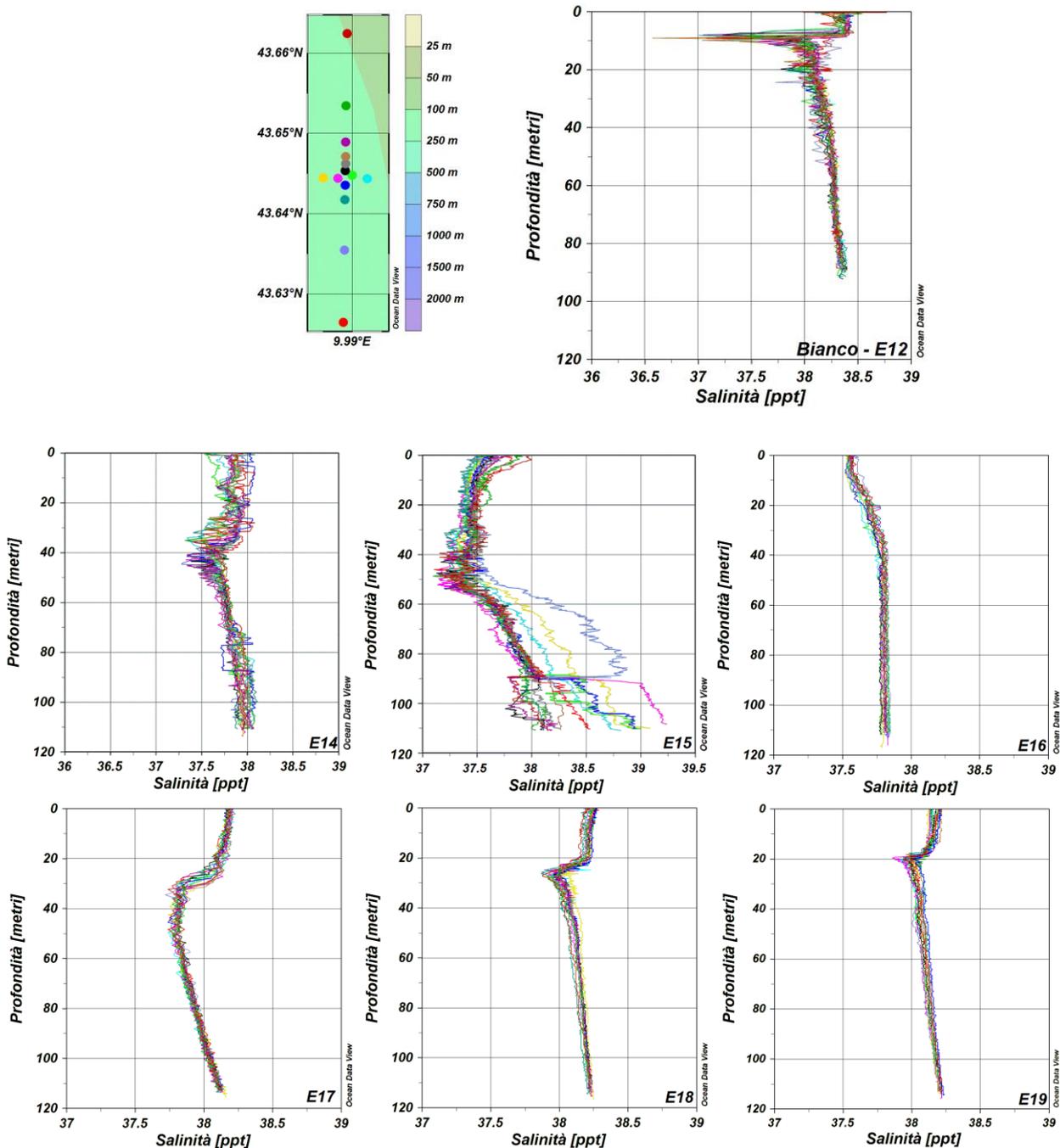


Figura 84 – Confronto tra i dati di Salinità del Bianco e delle campagne estive 2014-2019.

**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 6 campagne successive, con valori compresi fra 80 e 210 mV. Questi valori non variano tanto nel singolo profilo, ma piuttosto da stazione a stazione. 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. Nella campagna E19 i valori sono compresi tra 190-210 mV.

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

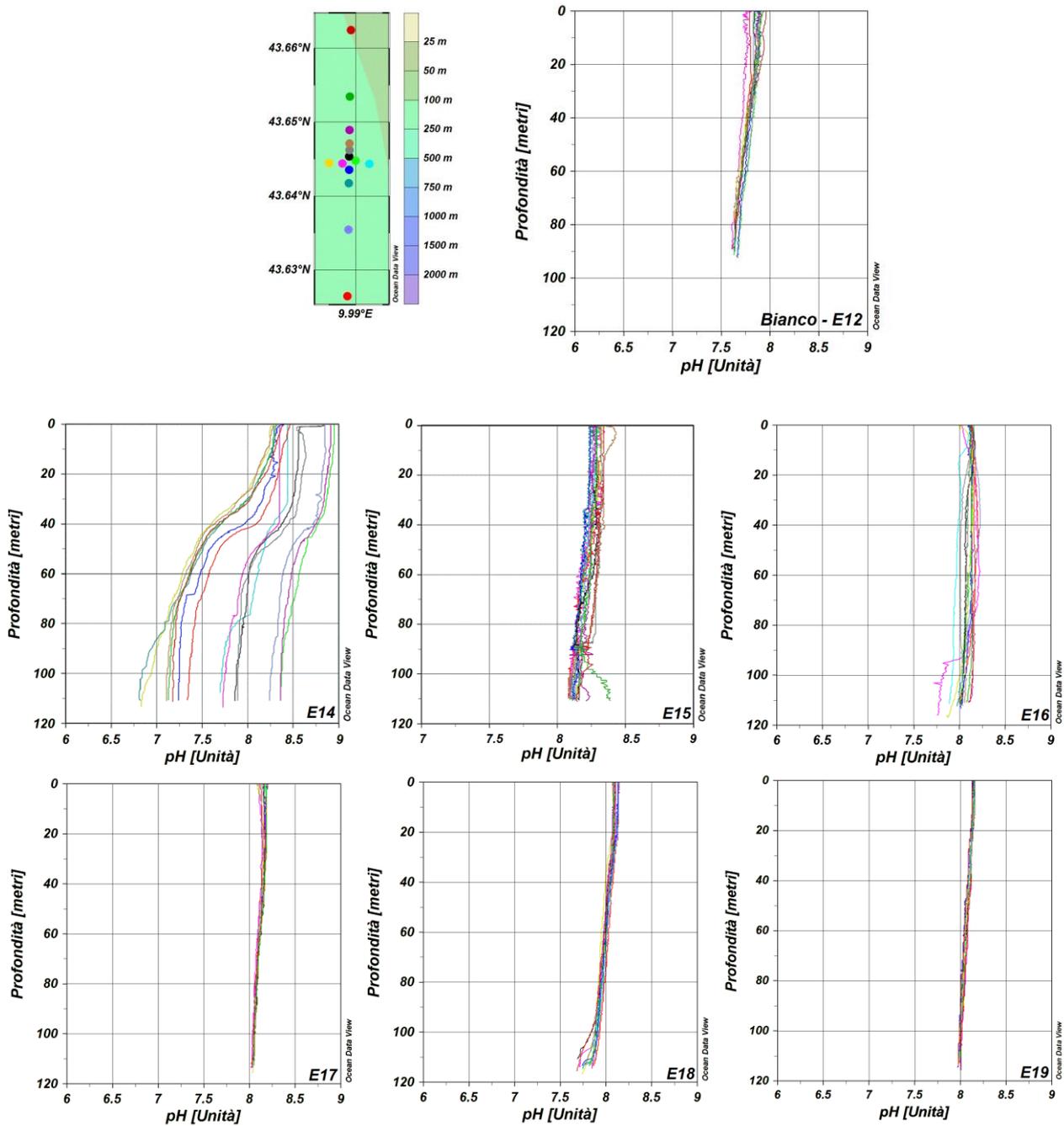


Figura 85 – Confronto tra i dati di pH del Bianco e delle campagne estive 2014-2019.

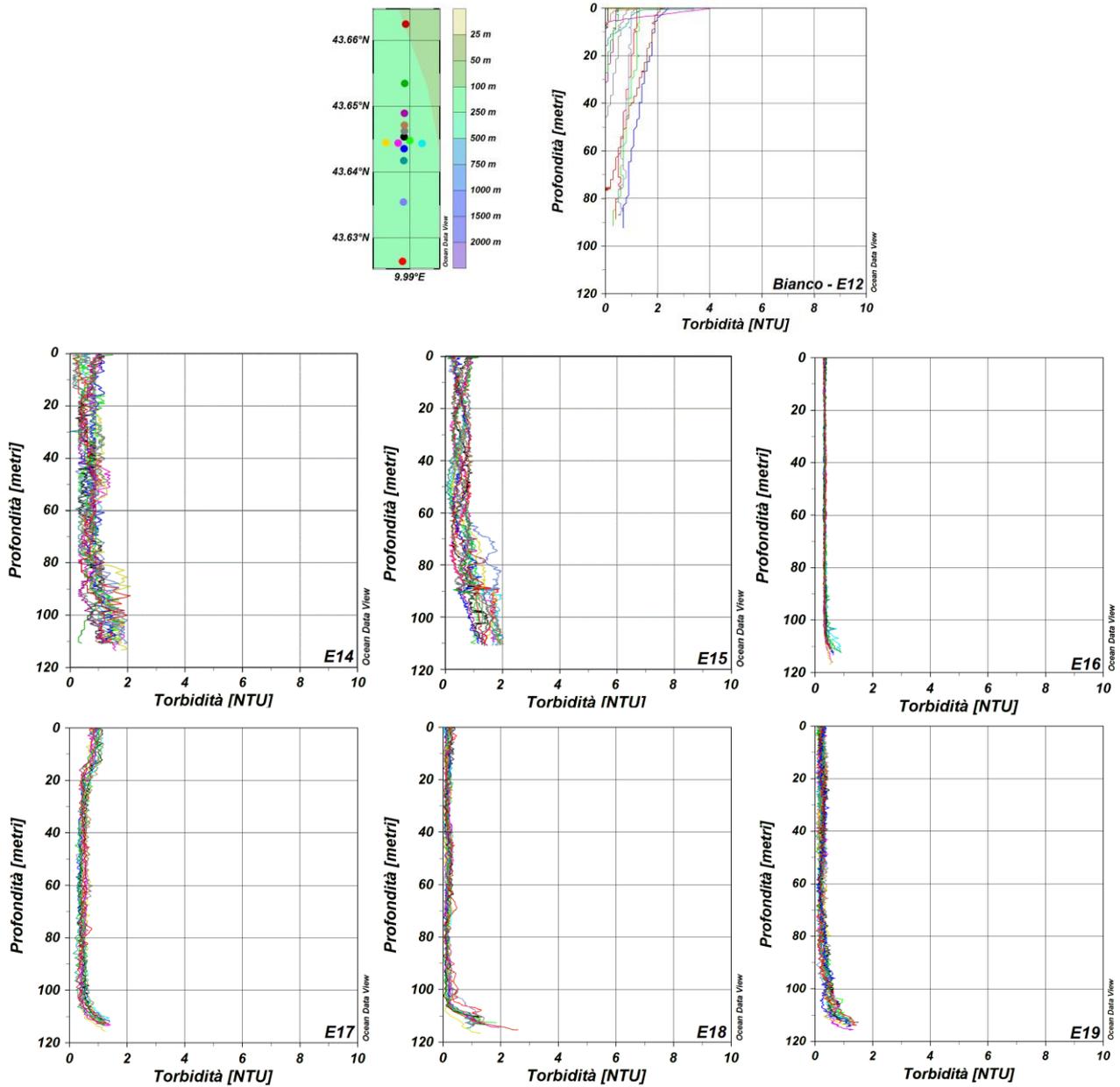


Figura 86 – Confronto tra i dati di Torbidità del Bianco e delle campagne estive 2014-2019.

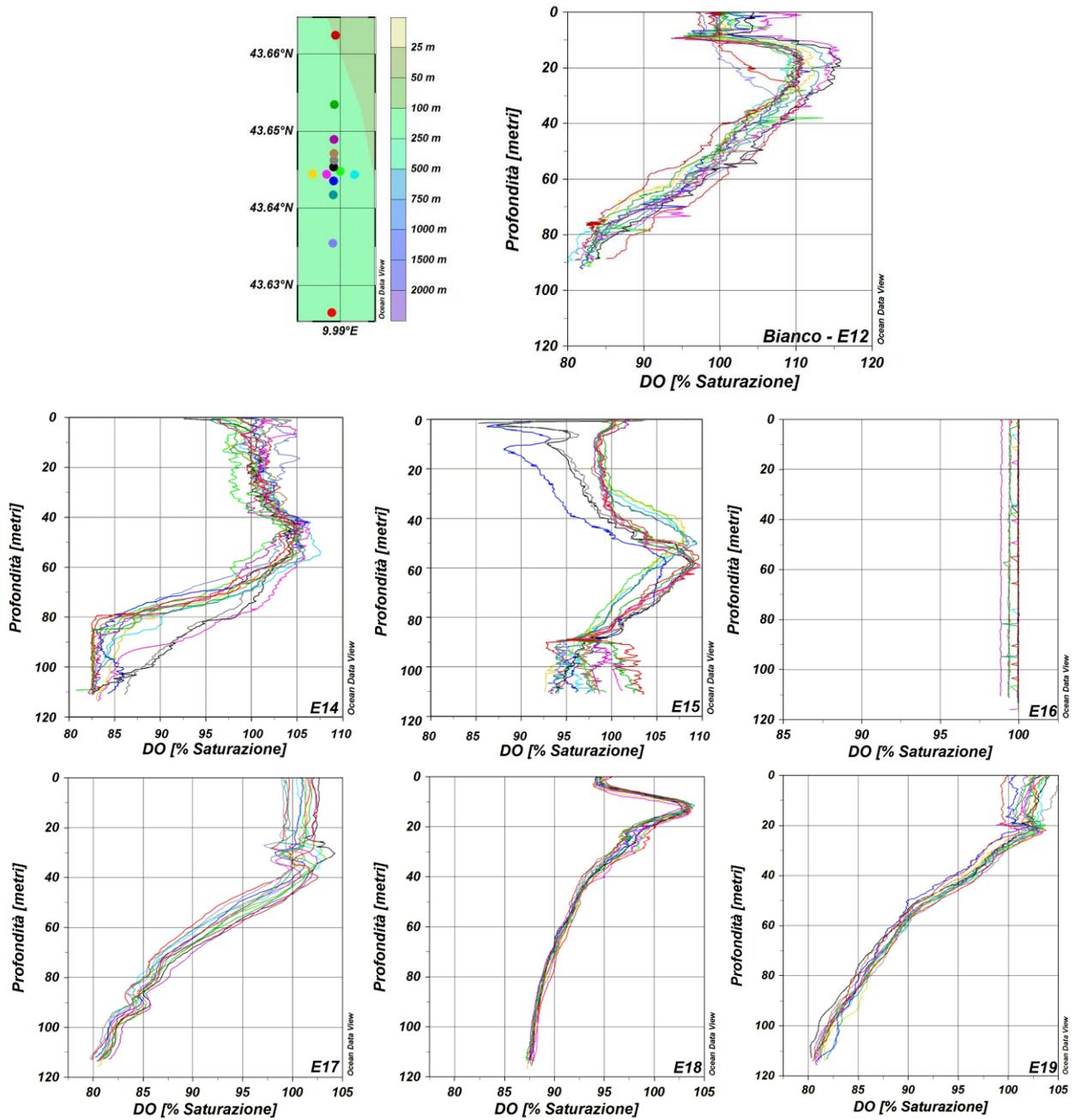


Figura 87 – Confronto tra i dati di Ossigeno Disciolto del Bianco e delle campagne estive 2014-2019.

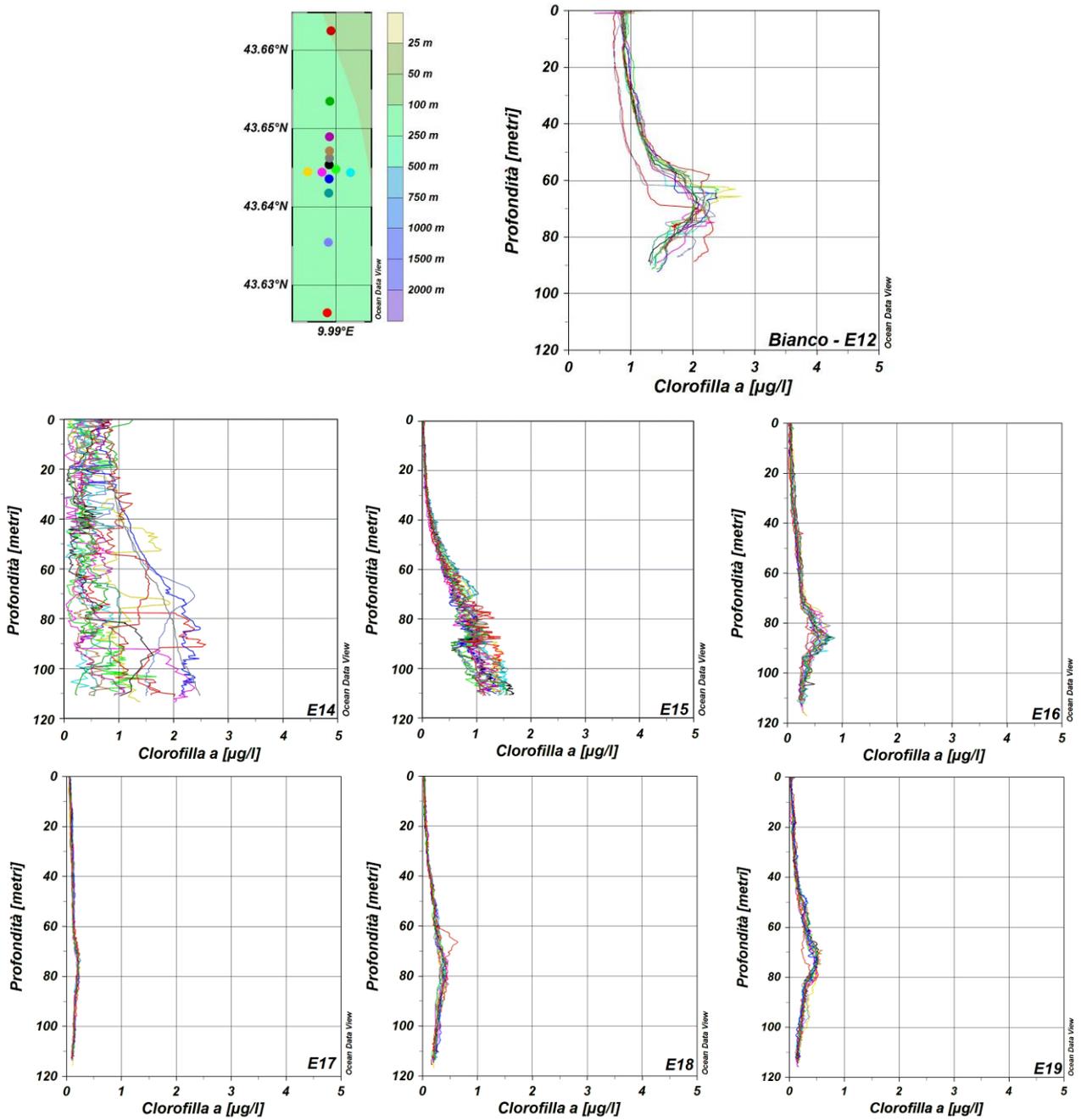


Figura 88 – Confronto tra i dati di Clorofilla a del Bianco e delle campagne estive 2014-2019.

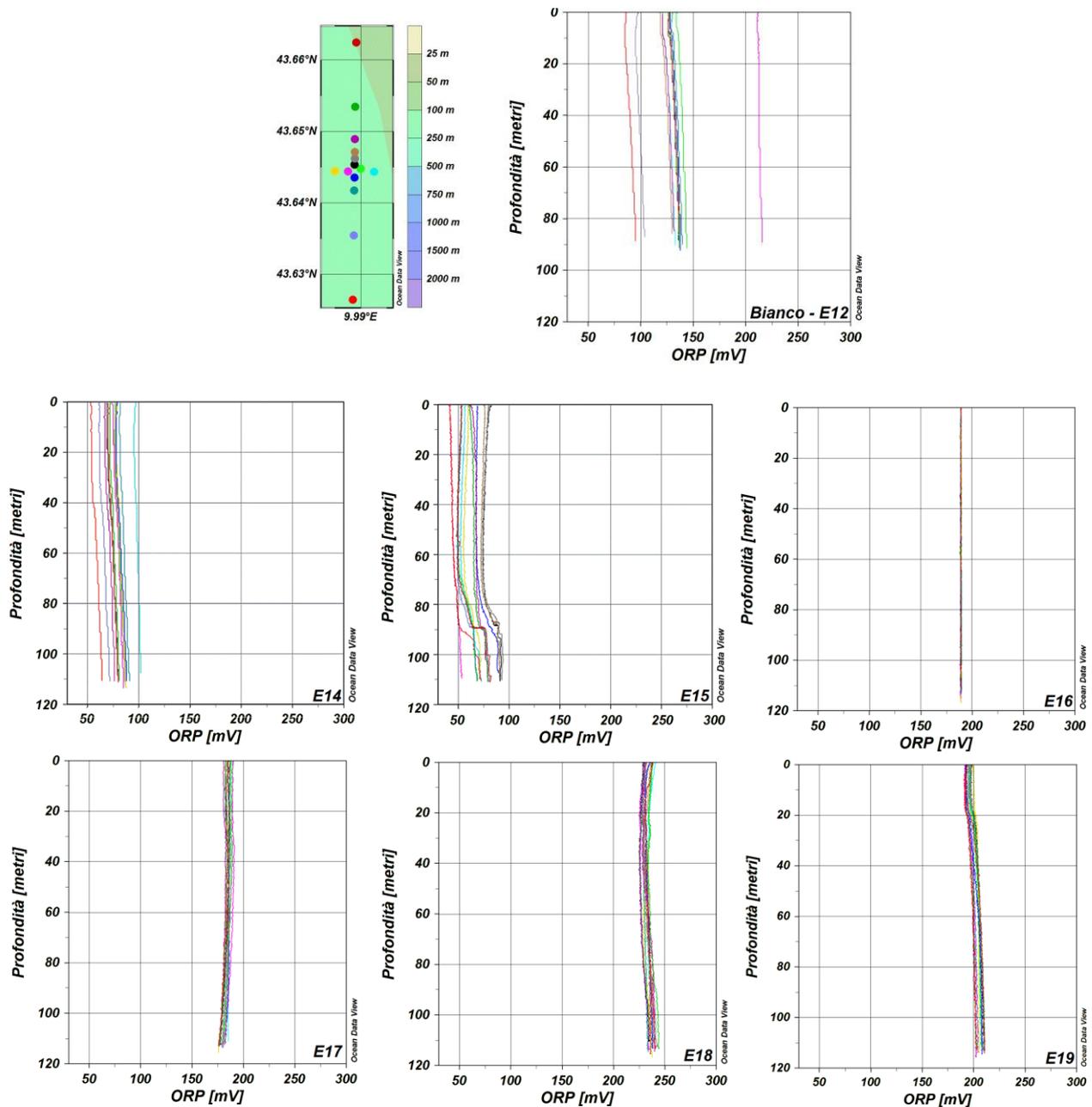


Figura 89 – Confronto tra i dati di ORP del Bianco e delle campagne estive 2014-2019.

### 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,  $PO_4$ ; silicati,  $SiO_2$ ), solidi sospesi (TSM), sostanza organica particellata (POM) e sostanza organica disciolta cromofora (CDOM), clorofilla *a* (chl-*a*), diversità pigmentaria, dal Bianco a E19. Per gli stessi parametri sono stati eseguiti i confronti tra le campagne estive (E14, E15, E16, E17, E18, E19) con la campagna di Bianco (estate 2012).

Per una rappresentazione sintetica della caratterizzazione ottica delle acque indagate comprendente tutte le campagne effettuate, 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 sui parametri analizzati dovuti all'attività del Terminale è stata eseguita una ANOVA ad un fattore (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 sei campagne estive in fase di esercizio (E14, E15, E16, E17, E18, E19). 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. L'analisi dei parametri precedentemente citati ha quindi incluso il valore medio delle quattro stazioni a 100 m (MG6, MG7, MG12, MG13), e i valori rispettivamente di MG5 (200 m), MG3 (500 m), MG9 (1000 m), MG10 (2000 m). Le elaborazioni sono state effettuate utilizzando il software OriginPro 2017.

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

L'andamento delle profondità della  $Z_{eu}$  lungo i sei anni di campionamento (Figura 3) in MG7, esemplificativa delle stazioni a 100 m dal Terminale, e in MG10, posizionata a 2000 m, mostra la generale regolarità delle variazioni stagionali evidenziata anche negli anni precedenti: le profondità massime si collocano nello strato compreso tra i 70 e gli 80 m nelle campagne primaverili-estive, le minime appaiono maggiormente variabili in autunno-inverno tra circa 20 e 50 m. Nell'ultimo anno di esercizio si conferma l'andamento previsto, con le minori profondità in A18 e I19, dove si registrano le maggiori concentrazioni superficiali di Chl-a (Figura 92). 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, evidenziando quindi la variabilità interannuale del ciclo stagionale.

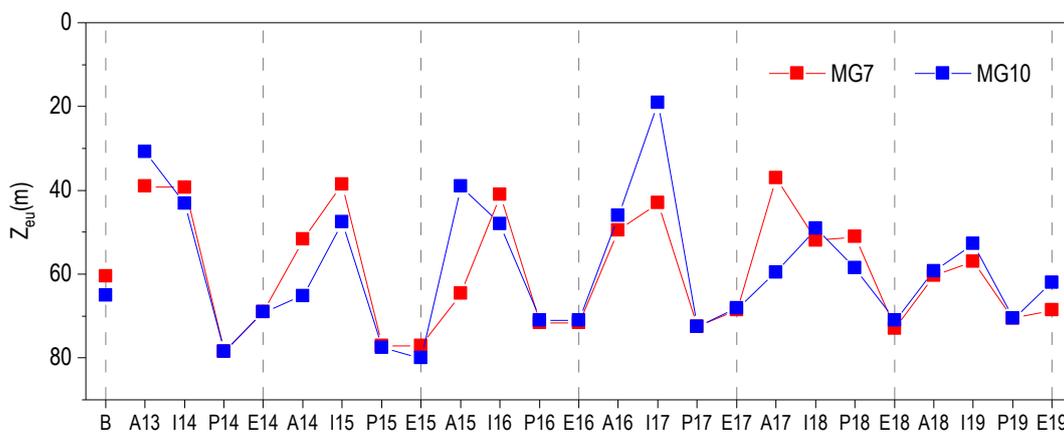


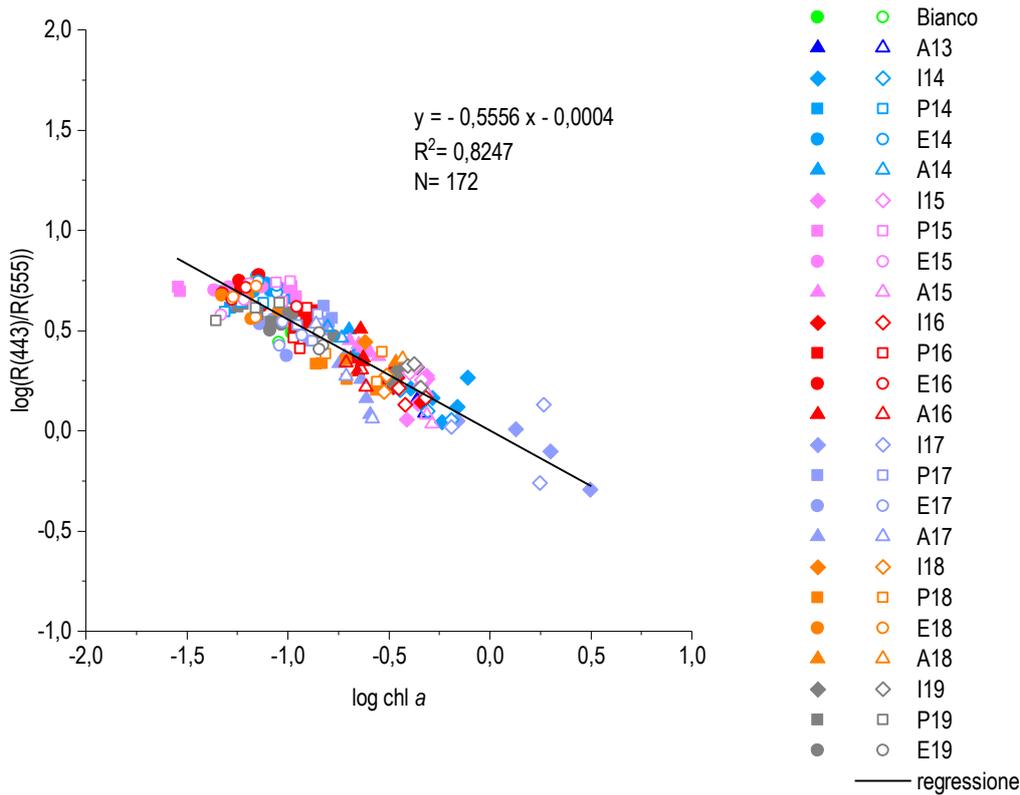
Figura 90 – Variazione della profondità (m) della zona eufotica ( $Z_{eu}$ ) nelle due stazioni rappresentative, per tutte le campagne effettuate

In Figura 91 è riportata la regressione fra i rapporti di riflettanza nel blu (R443) e nel verde (R555) 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 del particolato sospeso (TSM) e della sostanza organica cromofora (CDOM). Tutti i punti del VI anno di esercizio si collocano all'interno dell'ambito occupato dalla maggior parte dei campioni precedenti, la cui distribuzione lungo la retta conferma che la stagionalità è il principale fattore di variabilità per tutte le stazioni, indipendentemente dalla distanza dal Terminale (Figura 91).

L'analisi delle proprietà bio-ottiche (profondità della zona eufotica e rapporti tra riflettanza e chl-a esaminate per il VI 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.

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

Gli andamenti di azoto e fosforo inorganici disciolti (nitriti, nitrati, fosfati) nel VI anno di campionamento seguono in parte l'andamento atteso con i massimi in I19, come in prevalenza negli anni precedenti (massimi in I15, A15, I16, I17, I18), e successivamente con diminuzione in P19 e riaumento in E19, variazione da ritenere dovuta al periodo di campionamento estremamente ritardato in E19 (01-04/10/2019) in cui le condizioni appaiono già in fase autunnale. I silicati non presentano ciclicità evidente, associati prevalentemente al consumo delle diatomee soprattutto in A18. Le concentrazioni si mantengono comunque di carattere oligo-mesotrofico, nell'ambito dei valori attesi.



**Figura 91** - 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<sup>2</sup>. I simboli pieni rappresentano le stazioni più vicine al Terminale e quelli vuoti le stazioni lontane.

Si conferma l'alta variabilità di CDOM, TSM, POM, 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 91**).

Dai risultati dell'analisi ANOVA per DIN, PO<sub>4</sub>, SiO<sub>2</sub>, 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, riconducibile alla climatologia annuale ed al momento specifico del campionamento. La profondità risulta un fattore altamente significativo per DIN e CDOM (\*\*p<0,01). Per DIN e CDOM infatti le tre profondità 0,5, 12,5, 50 m, sono diverse dai 70 m dove si collocano le maggiori concentrazioni in estate. Le concentrazioni si mantengono nell'ordine dell'atteso senza variazioni da sottolineare.

**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, E19). \* 0,01<p<0,05; \*\* p<0,01

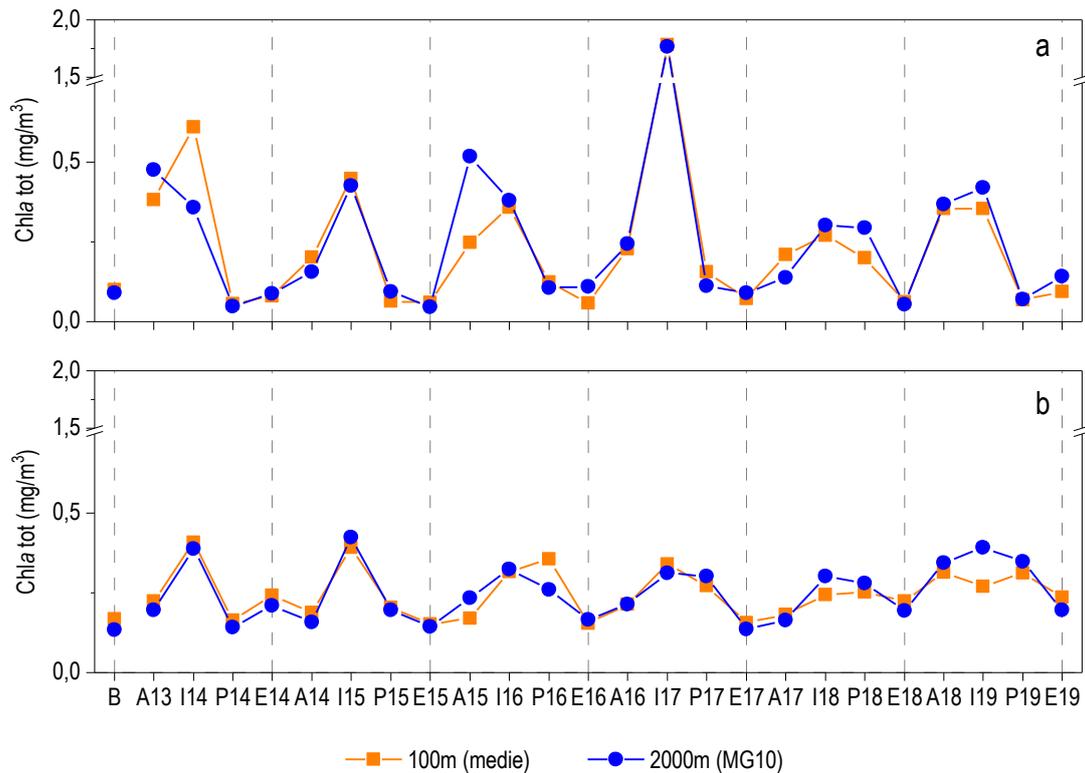
Fattori	DIN (µM)	PO <sub>4</sub> (µM)	SiO <sub>2</sub> (µM)	TSM (mg/l)	POM (mg/l)	CDOM <sub>acDOM(325) m<sup>-1</sup></sub>
anno	**	**	**	**	**	n.s.
distanza	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.
prof	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**

**Clorofilla e diversità pigmentaria**

Le concentrazioni della chl-a, proxy della biomassa fitoplanctonica, hanno presentato negli anni precedenti variazioni stagionali attese con massimi invernali (massimo assoluto in I17) e minimi primaverili ed estivi che si mantengono anche nelle acque più profonde (**Figura 92**). A 50 e 70m gli aumenti autunno-invernali sono di minore entità mentre sono minori le diminuzioni estive in relazione ai tipici massimi profondi dei periodi estivi e tardo-estivi. Durante il VI anno di esercizio si assiste ad una simile ciclicità, con aumento in A18 e I19 e diminuzione in P19 e E19 (**Figura 92**).

Anche in questo caso la stagionalità è il principale fattore di variabilità e la variabilità interannuale dipende dalla climatologia dell'anno campionato e dai periodi di campionamento, tutti notevolmente posticipati nel VI anno rispetto agli anni precedenti, particolarmente nel

caso di A18 e E19. Anche la composizione pigmentaria varia stagionalmente, come negli anni precedenti e con contributi relativi variabili lungo le profondità riconducibili proprio alle caratteristiche della successione stagionale delle comunità fitoplanctoniche.



**Figura 92** - 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 (pigmenti diagnostici delle classi fitoplanctoniche), il fattore distanza dal Terminale non determina variazioni significative. La significatività della variabilità risulta alta per il fattore anno, a causa dell'entità dei contributi delle diverse classi fitoplanctoniche che possono variare anche a parità di stagione e tanto più in relazione alla non costante cadenza temporale dei campionamenti. Anche per il fattore profondità risultano generalmente differenze significative per i contributi dei diversi pigmenti lungo la colonna d'acqua, particolarmente tra lo strato superficiale (0,5 – 12,5m) e il profondo (50 – 70m) dove dominano classi fitoplanctoniche diverse.

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, E19). * 0,01<p<0,05; ** p<0,01.										
Fattori	Chl-a tot	Chl-b	DVA	Period	But-Fuco	Fuco	Hex-Fuco	Prasino	Allo	Zea
Anno	**	n.s.	n.s.	**	**	**	**	**	n.s.	**
Distanza	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Prof	**	**	**	n.s.	**	**	**	**	**	**

### 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 stazione 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 primaverile del 2018. Tuttavia, i valori risultano paragonabili tra stazioni, indipendentemente dalla loro distanza dall'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. Inoltre, già dall'estate 2018 questi composti avevano esibito un deciso calo protrattosi nell'autunno del medesimo anno. Nell'inverno 2019, invece, essi hanno esibito una recrudescenza senza, tuttavia, raggiungere le concentrazioni osservate in P18. In soli due casi (I19 MG5 70m e I19 MG10 50m) i tenori risultano paragonabili a quelli della primavera precedente. Si tratta in entrambi i casi di stazioni lontane dell'FSRU.

### 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),  $\alpha$  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 3.6.1), utilizzando i pacchetti associati *mgcv* e *nlme* (R Core Team, 2019).

#### 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
Intercetta	-1.95	0.62	-3.15	<0.05
fAnno(2014)	2.58	0.70	3.69	<0.05
fAnno(2015)	0.66	0.74	0.90	NS
fAnno(2016)	2.94	0.71	4.17	<0.05
fAnno(2017)	4.14	0.76	5.43	<0.05
fAnno(2018)	3.13	0.71	4.41	<0.05
fAnno(2019)	1.88	0.70	2.70	<0.05
fStagione(Inverno)	-0.75	0.27	-2.75	<0.05

La diagnostica del modello indica che i risultati non sono caratterizzati da *overdispersion*. Il valore di dispersione associato al modello, infatti, è 1.01, quindi molto vicino a 1, che indica l'assenza di *overdispersion*.

Anche l'analisi dei residui non riscontra la presenza di trend nei residui, il che sta ad indicare che le assunzioni di omogeneità della varianza, di indipendenza e normalità sono rispettate.

## 7.1.4 Plancton

### 7.1.4.1 Fitoplancton

#### Metodi di elaborazione dati

Sono stati valutati gli andamenti stagionali del fitoplancton dal Bianco a E19 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 sei campagne estive in fase di esercizio (E14, E15, E16, E17, E18, E19). 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 96% 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 tra le campagne estive (Bianco, E14, E15, E16, E17, E18, E19). Sempre tramite routine SIMPER, è stato fatto un confronto dei popolamenti estivi delle stazioni vicine al Terminale (MG6, MG7, MG12 e MG13, considerati repliche e quindi mediate) con quelli dell'unico punto a distanza 2000m (MG10) per ciascun anno di campionamento a partire da una matrice taxa/campioni con dati di abbondanza cellulare ridotta ai taxa rappresentanti circa il 93% dell'abbondanza totale.

#### Risultati

L'osservazione del ciclo stagionale delle densità fitoplanctoniche totali e dei quattro raggruppamenti tassonomici principali durante i sei anni indagati (**Figura 93**) mostra un andamento stagionale sostanzialmente coerente con quanto atteso dalle variazioni temporali del fitoplancton nelle acque liguri-tirreniche con massimi di abbondanza prevalentemente invernali e minimi nei mesi estivi. Nel VI anno di campionamento si evidenzia un netto massimo autunnale (A18) per la fioritura di diatomee, in particolare *Chaetoceros socialis*, *Cylindroteca closterium*, *Chaetoceros curvisetus* e *Leptocylindrus danicus*. In inverno (I19) le densità totali si abbassano e prevale il gruppo "Altro plancton" (in media circa il 54%) con *Phaeocystis* sp., Cryptophyceae n.i., *Plagioselmis prolonga*, insieme ai coccolitofori (in media circa il 32 %) con *Emiliania huxleyi*. In primavera (P19) le abbondanze si mantengono su livelli simili, con aumenti soprattutto negli strati profondi. Il popolamento mostra una copresenza del gruppo "Altro plancton" (in media circa il 52%) con *Phaeocystis* sp., diatomee (in media circa il 20%), rappresentate soprattutto da *Pseudo-nitzschia galaxiae*, ed *Emiliania huxleyi* (coccolitofori). Come atteso, in E19 si raggiungono le densità minime dell'anno 2018/2019 e il popolamento diventa caratterizzato quasi esclusivamente dal gruppo "Altro plancton" (in media circa il 63%) sempre con *Phaeocystis* sp. e piccole forme flagellate di difficile collocazione tassonomica. Gli altri raggruppamenti tassonomici rappresentano in media il 10-12%.

L'annualità 2019 presenta quindi una ciclicità diversa per il massimo in A18 e le densità fitoplanctoniche totali estive in E19 più alte mai registrate nei sei anni di campionamento. Anche in questo caso, la ciclicità appare in relazione alla climatologia e probabilmente in relazione ai campionamenti stagionalmente più ritardati soprattutto in E19.

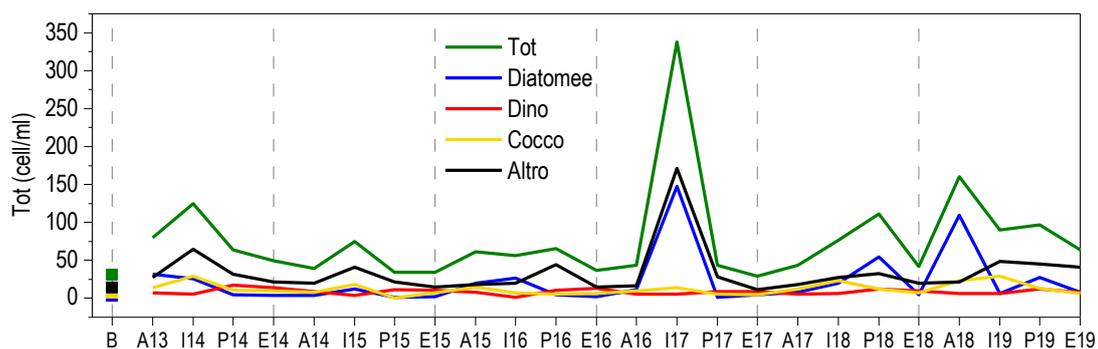


Figura 93 - Variazione stagionale delle densità cellulari medie totali per campagna e dei diversi gruppi fitoplanctonici.

Dall'analisi ANOVA condotta sulle campagne estive (**Tabella 78**), la variabilità interannuale determina differenze significative per le abbondanze totali e per tutti i raggruppamenti fitoplanctonici che, infatti, presentano evidenti oscillazioni quantitative tra un anno e l'altro. Il fattore distanza non determina variazioni significative per nessuno dei parametri considerati mentre il fattore profondità risulta significativo per quanto riguarda tutti i raggruppamenti tassonomici tranne il gruppo "Altro". Le differenze relative agli altri gruppi riguardano i diversi contributi quantitativi alle diverse profondità, come a titolo esemplificativo il caso delle diatomee, più abbondanti negli strati profondi estivi, come particolarmente evidente in E19.

**Tabella 78** - 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, E19). \* 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	**	**	**	**	**	**	**
distanza	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
prof	n.s.	**	**	*	n.s.	n.s.	n.s.

Tramite ANOSIM, a partire dalla matrice taxa/campioni, è stata valutata la variabilità della composizione tassonomica delle comunità fitoplanctoniche per la campagna di Bianco e le sei campagne estive e dal PAIRWISE test (**Tabella 79**) effettuato tra tutte le coppie, si evidenziano differenze significative. 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 E19. Il maggiore grado di differenza si ha tra il Bianco e le successive campagne estive, in particolare con E19. Inoltre, la stessa analisi effettuata confrontando la composizione di ogni stazione in tutte le campagne estive (es. la composizione di MG6 dal B a E19 in confronto alla composizione tassonomica di MG10 da B a E19), non dà differenze significative tra nessuna coppia di stazioni ( $R = -0,00611$ ,  $p = 0,686$ ).

**Tabella 79** – PAIRWISE test tra Bianco (B) e le campagne estive. R (globale) = 0,546, p = 0,0001. Sono indicati gli R (\*\*p<0,0001)

	B	E14	E15	E16	E17	E18
B						
E14	0,855**					
E15	0,885**	0,337**				
E16	0,877**	0,428**	0,492**			
E17	0,712**	0,528**	0,500**	0,357**		
E18	0,822**	0,454**	0,339**	0,250**	0,372**	
E19	0,889**	0,622**	0,608**	0,577**	0,429**	0,458**

La dissimilarità tassonomica delle comunità estive nei diversi anni (routine SIMPER) si mantiene sempre superiore al 44% (E16-E17) ed è sempre imputabile ad un diverso contributo quantitativo dei taxa presenti piuttosto che ad una sostituzione

Sempre tramite routine SIMPER, è stato fatto un confronto dei popolamenti estivi delle stazioni vicine al Terminale (MG6, MG7, MG12 e MG13, considerati repliche) con quelli dell' unico punto a distanza 2000m (MG10) per ciascun anno di campionamento: la dissimilarità tra i popolamenti è generalmente bassa (solo in E18 si arriva al 38%) e comunque nettamente inferiore a quella tra gli anni, presentando i popolamenti sostanzialmente gli stessi raggruppamenti tassonomici, sia nei diversi anni che nelle diverse stazioni, ma con importanti variazioni quantitative.

Concludendo, dalle analisi effettuate durante il VI anno di campionamento nella fase di esercizio, si confermano le considerazioni effettuate nell'anno precedente: la distanza dal Terminale FSRU non produce variazioni significative al contrario del fattore temporale che determina le variazioni dei parametri ambientali (idrodinamismo, profondità della zona eufotica, concentrazioni nutritive), della biomassa fitoplanctonica (concentrazioni di chl-a, densità cellulari), della composizione delle comunità. L'analisi delle proprietà bio-ottiche conferma questa valutazione in quanto sulla loro variabilità non agiscono elementi di alterazione dovuti alla presenza del Terminale.

Si conferma una significativa variabilità interannuale con ciclicità diversificate tra i sei anni indagati, riconducibili alla specifica climatologia annuale e alle condizioni meteorologiche del momento del campionamento.

Le comunità fitoplanctoniche hanno di per sé una natura di alta variabilità sia spaziale (trasportate passivamente dai movimenti dei corpi d'acqua) che temporale (successione stagionale e velocità di accrescimento differenziate) e questo produce oscillazioni quali-quantitative che differenziano altamente i popolamenti naturali. Si hanno quindi, oltre alle attese differenze di composizione tassonomica al variare della stagione, significative differenze anche a parità di stagione (confronti estivi) che sono a carico di oscillazioni quantitative dei taxa presenti e non di avvenuti cambiamenti nella struttura tassonomica delle comunità.

La maggioranza delle differenze significative emerse per le variabili analizzate sono derivate dal confronto con E19 e comunque dalla diversa ciclicità stagionale rilevata durante il 2019.

#### 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

Come noto e confermato dai risultati dell'indagine, la dinamica e la composizione della comunità mesozooplanctonica sono significativamente influenzati dalla stagionalità dalla quale dipendono correnti, temperatura dell'acqua superficiale, fotoperiodo, termocline

che operano selettivamente sul comparto zooplanctonico.

L'altro fattore che influenza i popolamenti è quello spaziale, in questo caso la profondità. È ormai noto, infatti, che alcune specie prediligono gli strati profondi della colonna d'acqua, mentre altre colonizzano l'interfaccia acqua-aria.

I cambiamenti ad oggi osservati risultano imputabili a tali variabili.

Per fare un esempio potremo confermare alcuni casi studio, peraltro già citati in passato, come quello del copepode calanoide *Nannocalanus minor* (picco di abbondanza estivo) e del copepode cyclopoide *Oithona plumifera* (picco di abbondanza invernale), o il caso del copepode calanoide *Centropages typicus* (picco di abbondanza primaverile) con l'altro calanoide *Temora stylifera* (dominante nella tarda estate-autunno). Per l'ittioplancton possiamo confermare l'ormai ciclica alternanza estivo - invernale tra *Engraulis encrasicolus* (acciuga) e *Sardina pilchardus* (sardina), la prima con picco di abbondanza larvale e uova in estate, la seconda largamente dominante in inverno.

Più complessa l'interpretazione degli effetti dei fattori temporali e spaziali sui risultati relativi alla frazione meroplanctonica dello zooplancton; categoria che include gruppi animali estremamente eterogenei, ciascuno dei quali caratterizzato da numerose fasi larvali, differente trofismo, permanenza meroplanctonica di differente durata.

Quello che si evince sono alcune caratteristiche ricorrenti, come la costante presenza massiccia di larve di crostacei decapodi brachiuri nelle fasce superficiali della colonna d'acqua o la preferenziale distribuzione intermedio-profonda della componente a crostacei decapodi caridei. Gli stessi echinodermi per esempio e in particolare le larve di echinoidi regolari e irregolari, sono presenti in estate sulle fasce più superficiali della colonna d'acqua, mentre diminuiscono nel periodo invernale concentrandosi a profondità maggiori per effetto del termocline che rappresenta una barriera fisica insuperabile.

Oltre alla stagionalità, anche la profondità influenza la composizione del popolamento e sebbene l'area di indagine sia situata ad una profondità massima di 120 m, presenta una distribuzione non uniforme dello zooplancton.

In particolare, la presenza di termoclini stagionali associati al sistema locale di correnti persistenti in questo settore del Mar Mediterraneo (ECC: *Eastern corsican current* e WCC: *Western corsican current* di direzione sud-nord) sembra essere il maggior forzante nel determinare la distribuzione degli organismi zooplanctonici nella colonna d'acqua. Durante le ore notturne le migrazioni nictemerali amplificano l'eterogeneità della distribuzione dello zooplancton lungo la colonna d'acqua. Pertanto, la scelta del campionamento notturno consente di selezionare efficacemente i taxa che trascorrono le fasi notturne in prossimità della superficie da quelli che invece prediligono trascorrere l'intero arco della giornata in settori più profondi della colonna d'acqua.

Nella seguente tabella sono riportati i risultati del *Pairwise test* effettuato per confrontare la fase di Bianco (B) con le stagioni estive dal 2014 al 2019.

Il valore R del test varia tra 0 e 1, con R = 0 che rappresenta la massima similarità tra campioni e R = 1 la massima dissimilarità.

Tabella 80 - <i>Pairwise test</i> di confronto tra fase di Bianco (B) e stagioni estive dal 2014 al 2019. Valore di R del <i>global test</i> = 0,567. <i>P</i> = 0,001			
Pairwise Tests	Oloplancton a copepodi	Meroplancton	Ittioplancton
B vs E14	R = 0,704 **	R = 0,990 **	R = 0,11 n.s.
B vs E15	R = 0,846 **	R = 0,961 **	R = 0,06 n.s.
B vs E16	R = 0,885 **	R = 0,987 **	R = 0,283 *
B vs E17	R = 0,870 **	R = 0,987 **	R = 0,284 *
B vs E18	R = 0,802 **	R = 0,956 **	R = 0,532 **
<b>B vs E19</b>	<b>R = 0,815 **</b>	<b>R = 0,998 **</b>	<b>R = 0,365 **</b>
E14 vs E15	R = 0,502 **	R = 0,387 **	R = 0,009 n.s.
E14 vs E16	R = 0,597 **	R = 0,252 *	R = 0,017 n.s.
E14 vs E17	R = 0,657 **	R = 0,288 *	R = 0,136 **
E14 vs E18	R = 0,615 **	R = 0,441 **	R = 0,32 **
E14 vs E19	R = 0,732 **	R = 0,780 **	R = 0,193 **
E15 vs E16	R = 0,285 **	R = 0,336 **	R = 0,045 n.s.
E15 vs E17	R = 0,424 **	R = 0,166 *	R = 0,126 *
E15 vs E18	R = 0,450 **	R = 0,241 *	R = 0,227 **
E15 vs E19	R = 0,612 **	R = 0,517 **	R = 0,192 **
E16 vs E17	R = 0,288 **	R = 0,163 *	R = 0,045 n.s.
E16 vs E18	R = 0,345 **	R = 0,278 **	R = 0,169 *
E16 vs E19	R = 0,456 **	R = 0,679 **	R = 0,155 *
E17 vs E18	R = 0,436 **	R = 0,177 *	R = 0,044 *
E17 vs E19	R = 0,567 **	R = 0,475 **	R = 0,122 *
E18 vs E19	R = 0,436 **	R = 0,413 **	R = 0,135 *

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

Dal *Pairwise test* si evince che la comunità zooplanctonica dell'E19 risulta significativamente diversa da quella rilevata durante la fase di Bianco (B), dato in linea con quanto emerso dai confronti con i precedenti periodi estivi.

Il risultato è evidente per l'oloplancton a copepodi e il meroplancton (che esprimono valori di R molto elevati, prossimi a 1), mentre per l'ittiplancton, le differenze sono minori, ma significativi (valori di R più bassi) e con tendenza ad aumentare ogni anno fatta eccezione per l'ultima stagione estiva.

I risultati ottenuti suggeriscono che nel corso degli anni la comunità zooplanctonica si è modificata tendendo ad una maggiore omogeneità sia dal punto di vista qualitativo, sia quantitativo.

La spiegazione del risultato raggiunto è interpretabile attraverso due osservazioni: la prima ecologica, la seconda legata al monitoraggio dell'area. La comunità zooplanctonica, trattandosi di organismi presenti nella colonna d'acqua e diffusi nell'ambiente marino secondo una distribuzione cosiddetta a mosaico, è maggiormente soggetta a oscillazioni quali-quantitative rispetto al benthos.

Questo significa che, nella stessa stagione, poche settimane di distanza tra un campione e l'altro e talvolta anche condizioni meteorologiche mutate che intervengono nella stessa campagna (es. moto ondoso) possono produrre risultati diversi; da qui la necessità di ripetere i *survey* nello stesso periodo e con medesime condizioni meteorologiche.

Questo spiega ragionevolmente il motivo per il quale la fase di Bianco condotta nel mese di agosto 2012 sia significativamente diversa rispetto ai monitoraggi estivi realizzati successivamente sempre a settembre.

La significativa dissimilarità tra Bianco (B) e *survey* estivi può anche essere legata, in minima parte, alla conoscenza dell'area di studio che, col ripetersi dei campionamenti, ha permesso agli operatori coinvolti il crescente dettaglio nella restituzione dei risultati.

Complessivamente sono 471 (+4 *taxa* rispetto al 2018) i *taxa* identificati tra oloplancton a copepodi, meroplancton e ittioplancton; si tratta di un contingente che progressivamente si sta avvicinando al massimo potenziale esprimibile per l'area oggetto del monitoraggio. A testimonianza l'incremento di soli 4 *taxa* tra l'anno 2018 e il 2019, rispetto a quello registrato (28 *taxa*) tra i *survey* del 2017 e del 2018. Questo fenomeno, nel caso degli studi zooplanctonici di comunità è piuttosto comune, come dimostrano i risultati delle serie storiche presenti in letteratura.

Si può concludere che le comunità mesozooplanctoniche non sono influenzate dalla presenza dell'FSRU.

## 7.2 SEDIMENTI

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

### 7.2.1 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche

#### Metodi di elaborazione dati

I risultati relativi ai dati acquisiti dal Bianco (B) all'Estate 2018 (E19) sono stati raccolti in una matrice e sottoposti ad analisi multivariata per identificare eventuali pattern riconducibili alla presenza del Terminale.

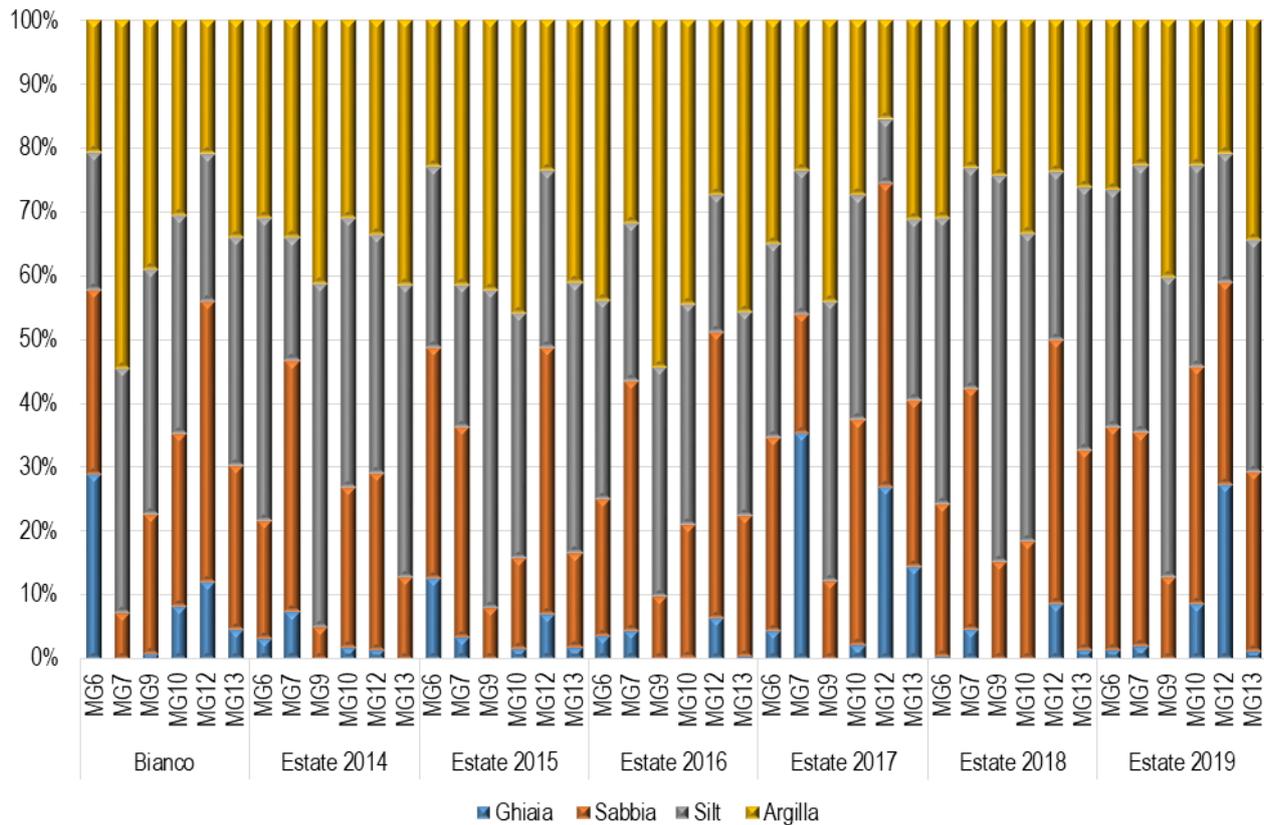
In particolare, i dati sono stati sottoposti all'Analisi delle Componenti Principali (PCA), ottenute come combinazioni lineari delle variabili scelte ordinate in base ad un criterio di rilevanza informativa, ossia sulla base della varianza spiegata. Nel caso in esame sono state selezionate le seguenti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

#### Risultati

I dati dell'estate 2019 confermano che i sedimenti indagati mostrano elevata variabilità spaziale (**Figura 94**) 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 che ha incrementato la variabilità tessiturale dell'area.

Per confrontare le singole stazioni con il Bianco i dati acquisiti sono stati mediati stazione per stazione e riportati nella **Tabella 81** dalla quale si evince che mediamente i sedimenti non sono variati rispetto al Bianco. I cambiamenti maggiori sono avvenuti in MG6 e MG7. Nel primo caso si è verificato un aumento delle frazioni fini, mentre nel secondo un aumento della frazione sabbiosa. Non evidenziandosi un unico trend non è possibile identificare un pattern univoco riconducibile alla presenza dell'FSRU.

Inoltre, confrontando le deviazioni standard delle stazioni prossime al Terminale con quelle distanti si osserva che sono del tutto confrontabili. Questo dato indica che nel periodo monitorato le oscillazioni delle principali frazioni granulometriche sono confrontabili in tutta l'area di studio indipendentemente dalla distanza dal Terminale.



**Figura 94** – Principali classi granulometriche nei sedimenti campionati durante la campagna di Bianco (E12) e nelle successive campagne estive (da E14, a E19).

**Tabella 81** – Valori medi delle frazioni principali calcolate sull'intero periodo di studio per singola stazione e confronto col Bianco. B = Bianco. In grigio le stazioni più vicine al Terminale.

	Ghiaia	Sabbia	Silt	Argilla
B MG12	12,19±0	43,93±0	23,06±0	20,83±0
MG12	12,99±11,2	39,105±7,73	23,81±9,16	24,06±6,08
B MG13	4,8±0	25,53±0	35,71±0	33,97±0
MG13	3,3±5,58	22,52±7,35	37,625±6,68	36,51±7,73
B MG6	28,99±0	28,88±0	21,37±0	20,75±0
MG6	4,38±4,39	27,56±7,35	36,43±8	31,68±7,26
B MG7	0,1±0	7,18±0	38,4±0	54,42±0
MG7	9,58±12,73	33,54±7,79	27,51±8,72	29,35±7,61
B MG9	0,86±0	21,88±0	38,39±0	38,87±0
MG9	0,02±0,04	10,6±3,7	48,44±8,42	40,935±9,64
B MG10	8,22±0	27,22±0	34,01±0	30,56±0
MG10	2,48±3,23	25,2±9,26	38,27±6,02	34,02±9,31

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 conferma quanto descritto nel sesto anno di monitoraggio.

Il primo asse spiega il 41,1% della varianza totale (**Tabella 82**), dovuta principalmente al contributo di molti metalli, che hanno esibito in B MG9 nella campagna di Bianco i valori più elevati (**Figura 95**). 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 il 16,3% 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.



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 era stato registrato un peggioramento della qualità dei sedimenti rispetto all'estate precedente. Rispetto al Bianco, però, il test con *C. orientale* forniva un livello di qualità comunque migliore. Solo il test con il riccio testimoniava un peggioramento delle condizioni unicamente nelle stazioni MG10 e MG12.

Nell'estate 2019 solo il *C. orientale* testimonia un peggioramento rispetto a E18 in quanto, tranne (tranne E19 MG7) il livello di tossicità passa da Bassa a Media (MG6, MG9) o da Bassa a Alta (MG10, MG12, MG13). Anche rispetto a Bianco si registra un peggioramento, tranne MG7 che esibisce un miglioramento.

Nel complesso, il monitoraggio, non evidenzia pattern temporali univoci, né nelle stazioni prossime all'FSRU, né in quelle lontane suggerendo che le variazioni non possono essere causalmente riferibili al Terminale.

La stazione MG12, risulta l'unica in cui, in più di un caso, ha mostrato tossicità alta. Va comunque ribadito che l'area su cui insiste il Terminale sono stati versati i fanghi provenienti dal porto di Livorno e pertanto il grado di tossicità dell'area risente di questa attività pregressa.

In nessun caso, per tutta la durata del monitoraggio, è stata rilevata tossicità con il test con *V. fischeri*.

**Tabella 83 - Risultati complessivi dei test ecotossicologici condotti dal Bianco all'Estate 2019. 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	E19	B	E14	E15	E16	E17	E18	E19	B	E14	E15	E16	E17	E18	E19			
MG6	B	A	A	B	A	A	B	M	M	A	M	B	B	M	A	A	A	A	A	A	A			
MG7	B	B	B	B	B	B	B	M	M	B	M	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A			
MG9	B	A	B	M	A	B	B	B	B	B	M	A	B	M	A	A	A	A	A	A	A			
MG10	B	B	B	M	B	M	B	M	B	B	M	A	B	Alta	A	A	A	A	A	A	A			
MG12	B	M	B	B	B	Alta	B	M	B	Alta	M	A	B	Alta	A	A	A	A	A	A	A			
MG13	B	A	B	B	A	B	B	B	B	M	M	A	B	Alta	A	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, E19). 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),  $\alpha$  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 del 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),  $\alpha$  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.

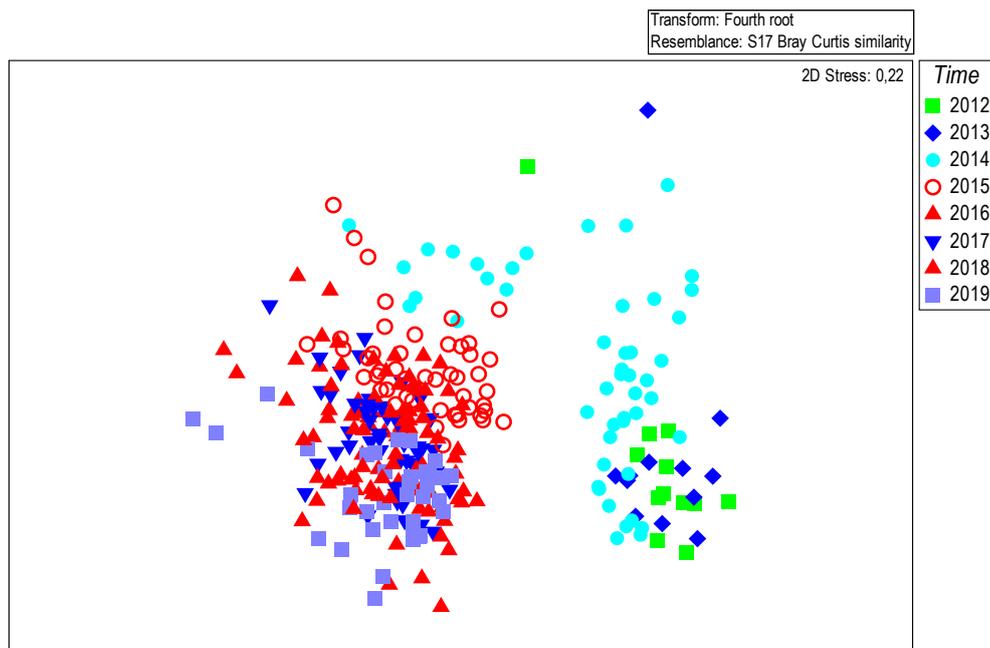
La *backward selection analysis* ha mostrato che l'interazione tra il fattore distanza dal terminale FSRU e il tempo non ha effetto significativo sulla variabile dipendente S, pertanto è stata rimossa del modello. Il modello migliore selezionato attraverso la *backward selection analysis* è pertanto 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 96**) 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 96** – Piano di ordinamento ottenuto dal n-MultiDimensional Scaling applicato alla matrice generi x stazioni dopo aver trasformato i dati secondo la radice quarta e aver mediato le repliche. 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.

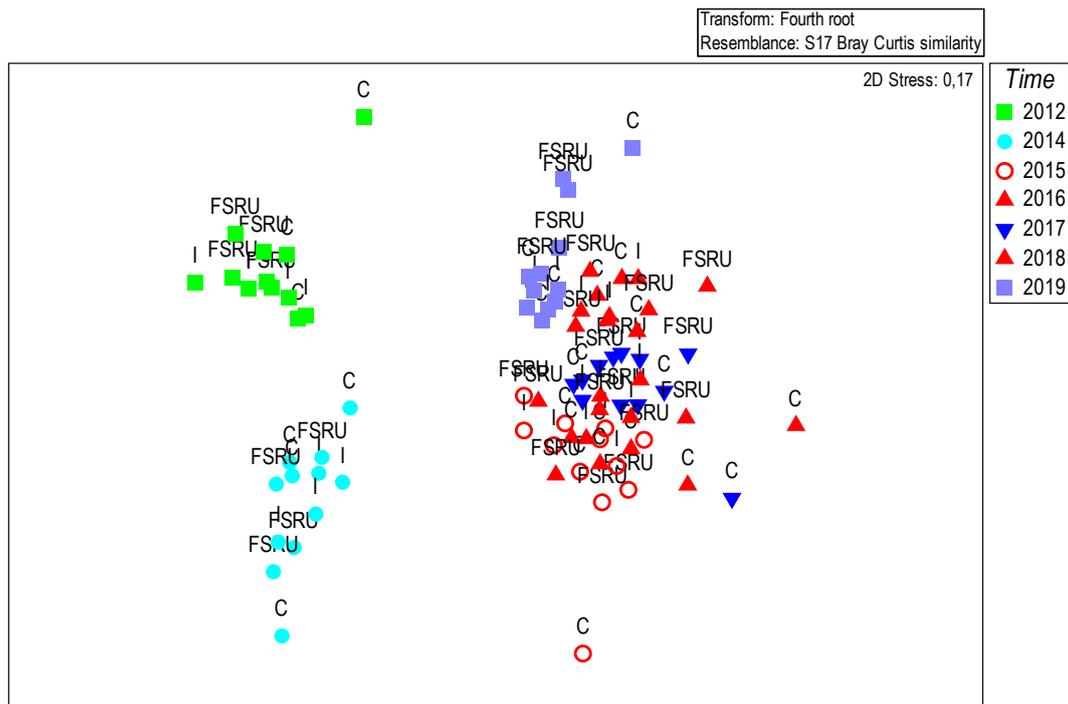
Pertanto, è stata testata l'ipotesi zero, secondo la quale la differenza tra le stazioni FSRU, I (stazioni intermedie) e C (stazioni di controllo), se esiste, rimane costante nel tempo, ossia l'interazione tra i fattori Tempo (T) e Distanza (D) risulti non significativa.

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 dell'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 97** – 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.

<b>Tabella 84</b> – Risultati della PERMANOVA. S (Sito) random 4 livelli gerarchizzato in D, T (Tempo) random 8 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)	7	<b>3,8327<sup>5</sup></b>	<b>54754</b>	<b>18,393</b>	<b>0,001</b>
Distanza (D)	2	<b>40825</b>	<b>20413</b>	<b>3,3562</b>	<b>0,001</b>

**Tabella 84** – Risultati della PERMANOVA. S (Sito) random 4 livelli gerarchizzato in D, T (Tempo) random 8 livelli; D (Distanza) 3 livelli fisso. I dati significativi sono indicati in neretto.

Sito (S)	<b>9</b>	<b>44354</b>	<b>4928,2</b>	<b>1,9254</b>	<b>0,001</b>
TxD	14	34496	2464	0,82771	0,97
TxS(D)	<b>63</b>	<b>1,8754<sup>5</sup></b>	<b>2976,9</b>	<b>2,0937</b>	<b>0,001</b>
Residuo	1104	1,5697 <sup>6</sup>	1421,8		
Totale	1199	2,274 <sup>6</sup>			

Gli aspetti strutturali dei popolamenti 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 non ha un effetto significativo sull'indice di biodiversità di Shannon, il che sta ad indicare che la tendenza generale della biodiversità è stabile. 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, non si riscontrano effetti significativi sulla biodiversità.

**Tabella 85** – Risultati della analisi di regressione lineare multipla sull'indice di biodiversità di Shannon.

Coefficienti:	Stima	Err.St.	valore test t	livello di significatività
Intercetta	29.20	15.72	1.86	NS
Anno	-0.01	0.01	-1.62	NS
fDistanza - FSRU	0.23	0.04	6.23	< 0.05
fDistanza - I	-0.19	0.04	-5.13	< 0.05
fStagione - E	-0.04	0.04	-0.89	NS
fStagione - I	0.07	0.04	1.46	NS
fStagione - P	0.07	0.04	1.53	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 non ha un effetto significativo sull'indice di ricchezza specifica, il che sta ad indicare che la tendenza generale della ricchezza specifica è stabile. Tuttavia, risulta che S è significativamente maggiore al 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 osserva una riduzione significativa di S.

**Tabella 86** – Risultati della analisi di regressione lineare multipla sulla ricchezza specifica (S).

Coefficienti:	Stima	Err.St.	valore test t	livello di significatività
Intercetta	15.45	279.13	0.06	NS
Anno	0.01	0.14	0.05	NS
fDistanza - FSRU	5.55	0.65	8.59	< 0.05
fDistanza - I	0.80	0.65	1.23	NS
fStagione - E	-2.06	0.76	-2.72	< 0.05
fStagione - I	2.71	0.80	3.41	< 0.05
fStagione - P	1.42	0.80	1.78	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.

Per tutte le analisi sopra descritte è stato utilizzato R (versione 3.6.1), ed i pacchetti associati mgcv e nlme (R Core Team, 2019).

### 7.3.2 Meiobenthos

#### Metodi di elaborazione dati

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

Il piano di ordinamento è stato ottenuto tramite il 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). Poiché per la fase di Bianco è stata eseguita la sola campagna estiva i dati sono stati nuovamente elaborati utilizzando unicamente i survey estivi (B, E14, E15, E16, E17, E18, E19). 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

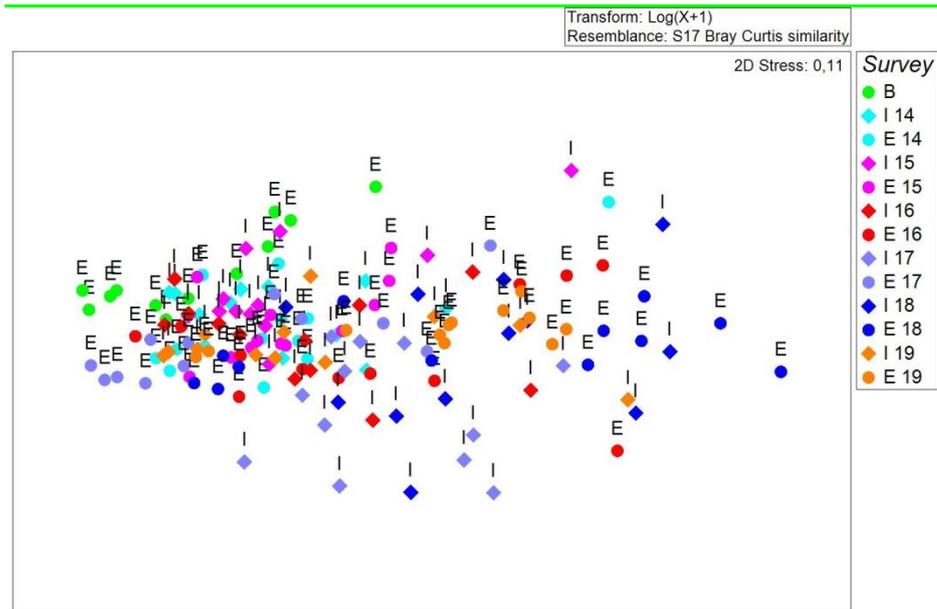
Dall'analisi congiunta dei dati delle 13 campagne di studio (dal Bianco all'estate 19) emerge una comunità meiobentonica costituita complessivamente da organismi appartenenti a 29 gruppi tassonomici, dei quali 11 presenti in tutte le campagne di monitoraggio. I Gastrotrichi risultano presenti unicamente nel Bianco, mentre Idrozoi, Rotiferi, Oligocheti, Sipunculidi, Briozoi, Solenogastri, Scafopodi, Loriciferi, Acari e Tunicati vengono rinvenuti in una (Scafopodi e Tunicati) 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 cm<sup>2</sup> durante il Bianco, variando, nelle fasi di Esercizio, da un minimo di  $69,3 \pm 84,3$  ind./10 cm<sup>2</sup> in I18 ad un massimo di  $360,7 \pm 271,4$  ind./10 cm<sup>2</sup> in E17. I Nematodi sono risultati sempre il taxon dominante (range: 55-290 ind./10 cm<sup>2</sup>), con percentuali variabili tra il 74,8% della fase E16 e l'85,8% di E19, seguiti nell'ordine da Copepodi (range: 3-34 ind./10 cm<sup>2</sup>; 3,9-10,1%), Policheti (range: 5-20 ind./10 cm<sup>2</sup>; 3,9-9,1%) e, infine, Nauplii (range: 3-18 ind./10 cm<sup>2</sup>; 1,8-5,3%). 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 l'1,5% (E19) 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 98**) 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 di nuovo elaborati considerando unicamente le campagne estive, dal momento che, come indicato in precedenza, quella di Bianco è stata condotta in questa stagione.

Nel piano di ordinamento bidimensionale ottenuto dal n-MDS (**Figura 99**) i punti stazioni prossimi al Terminale 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 fosse indipendente dalla presenza del Terminale allora le differenze tra siti vicini e siti lontani non dovrebbero cambiare nel tempo.

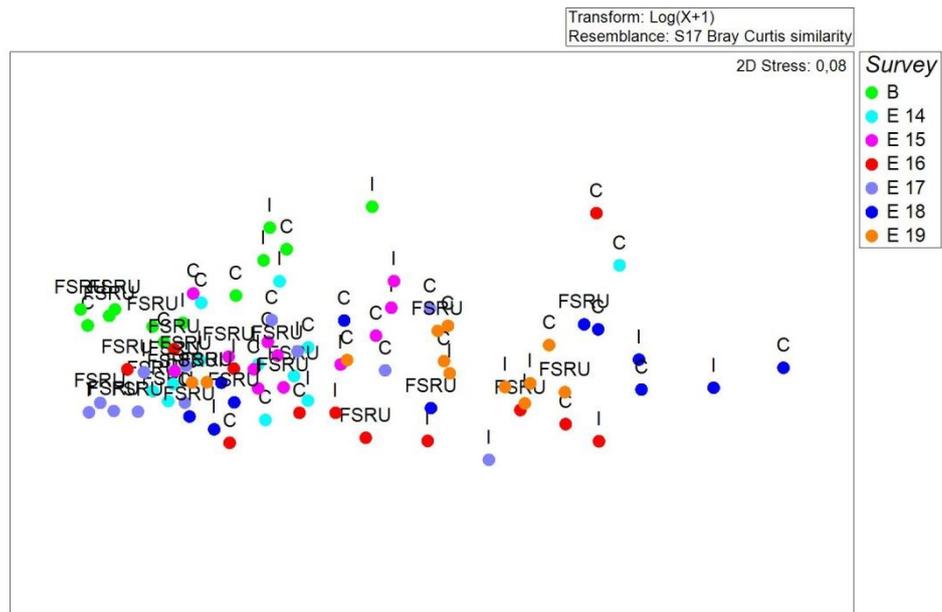


**Figura 98** – Piano di ordinamento delle 12 stazioni investigate ottenuto dal non-metric MultiDimensional Scaling (n-MDS), basato sul valore delle abbondanze medie dei taxa principali e similarità di Bray-Curtis, previa trasformazione logaritmica dei dati. Sono stati analizzati i dati acquisiti nel corso di 13 campagne di prelievo, dal Bianco (B) all'Estate 2019 (E19).

Per esaminare 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 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, indica che le differenze tra i popolamenti posti a diverse distanze dal Terminale non cambiano nel tempo. Tale condizione con cambia nel tempo, infatti l'interazione Tempo x Distanza risulta non significativa (Tabella 87).



**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 sette campagne estive, dal Bianco (B) all'Estate 2019 (E19). Nel plot sono sovrapposti i label in base alle distanze delle stazioni dal

Terminale (FSRU: vicine al Terminale, I: distanza intermedia, C: controlli).

<b>Tabella 87</b> – 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)	6	17313	2885,5	6,6746	<b>0,001</b>
Distanza (D)	2	5066,6	2533,3	2,9528	0,082
Sito [S(D)]	9	7721,5	857,95	1,9846	<b>0,011</b>
T x D	12	4074,8	339,56	0,78548	0,789
Residuo	54	23344	432,3		
Totale	83	57520			

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 SIMPER analysis emerge anche una significativa riduzione di Ciliati. In conclusione, le analisi effettuate rilevano alcune variazioni nel tempo a carico della comunità meiobentonica nell'area indagata; tuttavia, tali differenze non sono imputabili alla presenza e funzionamento del Terminale, ma sono riconducibili ad una generalizzata riduzione delle abbondanze avvenuta nel tempo, dovuta ad altre cause non necessariamente di origine antropica.

### 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 sono state confrontate le variazioni osservate tra le concentrazioni dei mitili posti lungo i terminale rispetto al T0 e quelle tra i mitili posti in Gorgona (Bianco) e T0. Nel complesso si osserva che le variazioni sono del tutto confrontabili, con poche eccezioni.

Un diffuso bioaccumulo di ferro all'interno dei mitili è stato osservato nell'Autunno 2016, ma si trattava di basse concentrazioni in valore assoluto. Un nuovo, maggiore incremento è stato osservato nell'inverno 2018. In questo survey anche Vanadio e Bario sono stati bioaccumulati nei mitili posti lungo il Terminale.

Il primo (Vanadio) ha raggiunto tenori tra 6 e 8 volte maggiori circa rispetto al Tempo 0, mentre 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.

Lo Zinco mostra segni di bioaccumulo che tuttavia risultano sporadici e, si volta in volta, limitati ad una singola stazione posta lungo il rigassificatore. Solo nell'estate 2016 esso risulta bioaccumulato in tutti i mitili analizzati. Nell'ultimo survey (E19) il fenomeno del bioaccumulo non è stato osservato.

Nel complesso, eventi descritti, risultano sporadici e insufficienti per testimoniare l'esistenza di una relazione di causalità con le attività del Terminale. Inoltre, l'andamento temporale 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

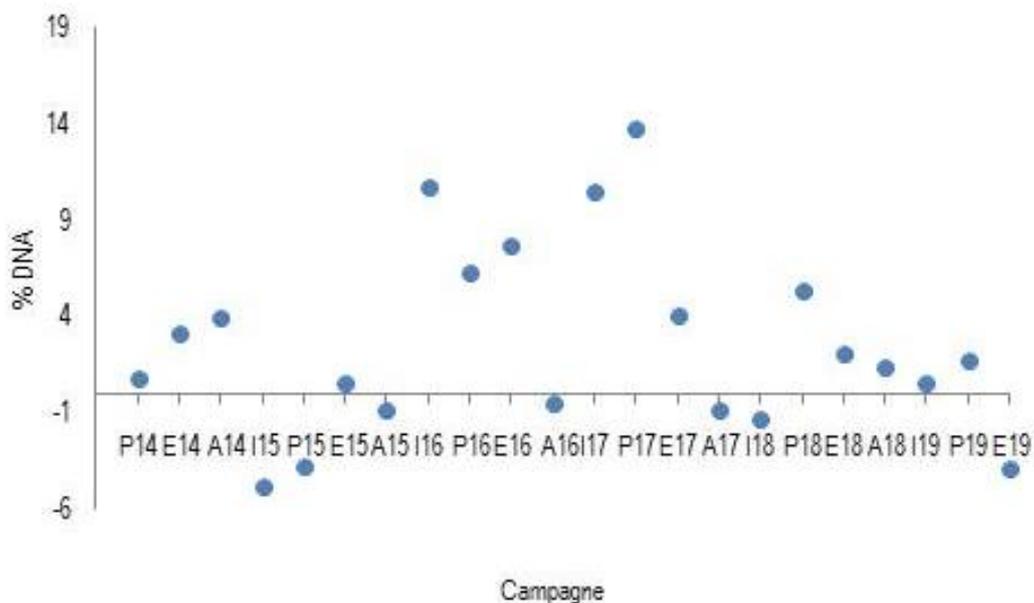
##### Metodi di elaborazione dati

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 E19) 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 tra i dati dei biomarker sottratti del controllo al trascorrere delle diverse campagne, aggiornata alla campagna E-19, non ha evidenziato alcun trend significativo in termini di alterazioni dell'integrità del DNA e dell'istologia delle cellule branchiali di mitilo, così come alcuna anomalia statisticamente significativa in termini di permeabilità di membrana in emociti di mitilo. Anche il danno primario 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, a conferma dei risultati ottenuti l'anno precedente (**Figura 100**). I risultati stanno dunque ad indicare come la permanenza/attività del terminale non sia responsabile delle minime variazioni registrate.



**Figura 100** - Variazione temporale del danno primario del DNA nelle cellule branchiali di mitilo (non significativa).

I risultati della elaborazione *Sediqua/soft*, che integra i dati relativi a tutti i biomarker indagati, sono illustrati graficamente nella **Figura 101**, nella quale è riportata la classe di rischio per ciascuna campagna di monitoraggio effettuate dall'inizio dell'attività.

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.

Sample	Class	Sample	Class	Sample	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
I 17	SLIGHT	I 18	ABSENT	I 19	SLIGHT
P 17	SLIGHT	P 18	SLIGHT	P 19	SLIGHT
E 17	SLIGHT	E 18	SLIGHT	E 19	ABSENT
A 17	ABSENT	A 18	SLIGHT		

**Figura 101** - 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 lo studio delle risposte della componente demersale, monitorata attraverso le campagne sperimentali di pesca con rete a traino di fondo (o a strascico), sono stati presi in considerazione gli indici di biomassa, espressi come kg/km<sup>2</sup>, delle principali specie demersali catturate nel corso dei campionamenti nell'area di indagine: triglia di fango, *Mullus barbatus*, nasello, *Merluccius merluccius*, gambero rosa, *Parapenaeus longirostris*, e gattuccio, *Scyllorhinus canicula*. Queste specie rappresentano anche i principali target della pesca professionale con rete a traino di fondo.

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),  $\alpha$  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.

Nel caso in cui l'analisi dei residui dei modelli investigati mettesse in evidenza la presenza di pattern non lineari, è stata usata l'analisi con Generalized Additive Model (GAM) (Hastie e Tibshirani, 1990), che sono una variante non lineare dell'analisi di regressione lineare.

Questo approccio 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<sup>2</sup>) 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 3.6.1), utilizzando i pacchetti associati *mgcv* e *nlme* (R Core Team, 2019).

## 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), del 2018 (I18 ed E18) e del 2019 (I19 ed E19) effettuate con rete a strascico mostra, dal punto di vista delle specie catturate, una tendenza alla diminuzione fino all'anno 2015, seguita da un incremento costante nelle successive campagne (**Tabella 88**). L'analisi degli ultimi due anni di campionamento (2018 e 2019) mostra un incremento nel numero di specie campionate nel 2019, sia per il campionamento estivo che per quello invernale. Per quanto riguarda le specie comuni, le specie esclusive delle stazioni S1-S4 e le specie esclusive della stazione SC le percentuali stimate per le campagne invernali I18 ed I19 sono costanti, mentre nelle campagne estive si registra, per la campagna E19, un incremento delle percentuali relative alle specie comuni e alle specie esclusive della stazione SC. In generale possiamo osservare che, a partire dalla campagna I16, le percentuali delle specie comuni e delle esclusive delle stazioni S1-S4 risultano abbastanza costanti, mentre il gruppo delle specie esclusive della stazione SC mostrano variabilità nel corso delle diverse campagne.

**Tabella 88** - Numero totale di specie catturate per campagna.

STRASCICO														
	B	BP	I14	E14	I15	E15	I16	E16	I17	E17	I18	E18	I19	E19
<b>Specie Totali (S1-S4+SC)</b>	<b>80</b>	<b>68</b>	<b>60</b>	<b>63</b>	<b>57</b>	<b>53</b>	<b>59</b>	<b>59</b>	<b>73</b>	<b>81</b>	<b>83</b>	<b>74</b>	<b>90</b>	<b>76</b>
Specie comuni	51%	41%	35%	45%	37%	27%	44%	46%	47%	44%	41%	43%	39%	50%
Specie esclusive delle stazioni S1-S4	41%	46%	55%	41%	53%	38%	51%	51%	45%	52%	51%	49%	52%	34%
Specie esclusive della stazione SC	8%	13%	10%	14%	11%	11%	5%	3%	8%	4%	8%	8%	9%	16%

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

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

Per la presenza di pattern non lineari nei residui, è stato utilizzato un modello GAM. 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 della triglia di fango *M. barbatus*, il che sta ad indicare che la tendenza generale della biomassa di questa specie è all'aumento (STECF, 2019). 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. La biomassa di questa specie risulta significativamente superiore nella zona interna. Di conseguenza, è possibile individuare un effetto positivo sulla biomassa della popolazione di triglia di fango legato alla presenza del terminale FSRU.

**Tabella 89** – *Mullus barbatus*: coefficienti stimati attraverso l'analisi GAM. EDF = Gradi di libertà della funzione di smoothing; Res.DF = Residui dei gradi di libertà; F = Test F

Coefficienti:	Stima	Dev.St.	valore test t	livello di significatività
Intercetta	3,2	0,33	9,97	<0,05
fAnno - 2013	-0,40	0,75	-0,54	NS
fAnno - 2014	0,56	0,35	1,61	NS
fAnno - 2015	0,77	0,34	2,28	<0,05

**Tabella 89** – *Mullus barbatus*: coefficienti stimati attraverso l'analisi GAM. EDF = Gradi di libertà della funzione di smoothing; Res.DF = Residui dei gradi di libertà; F = Test F

Coefficienti:	Stima	Dev.St.	valore test t	livello di significatività
fAnno - 2016	0,84	0,34	2,51	<0,05
fAnno - 2017	0,89	0,34	2,66	<0,05
fAnno - 2018	0,94	0,33	2,80	<0,05
fAnno - 2019	1,18	0,33	3,58	<0,05
fDistanza - I	0,54	0,12	4,63	<0,05
fStagione - I	0,56	0,08	6,65	<0,05
Coefficienti:	EDF	Res.DF	F	livello di significatività
Profondità	1,27	1,49	24,21	<0,05

L'analisi dei residui del modello GAM 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/km<sup>2</sup>) 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:

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

Per la presenza di pattern non lineari nei residui, è stato utilizzato un modello GAM. La **Tabella 90** mostra gli output del modello. Dalla stima dei coefficienti delle variabili incluse nel modello, si evince che il fattore temporale abbia un effetto significativo sulla biomassa del nasello *M. merluccius*. In particolare, risulta che in inverno la biomassa di questa specie sia inferiore a quella osservata in estate. Inoltre, negli ultimi anni la biomassa del nasello risulta inferiore rispetto all'inizio delle indagini. Questa tendenza è in linea con quanto si osserva in tutta l'area del Mar Tirreno e Mar Ligure (STECF, 2019). La biomassa del nasello risulta superiore nella zona interna. Di conseguenza, non è possibile individuare alcun effetto sulla popolazione di nasello legato alla presenza del Terminale FSRU.

**Tabella 90** – *Merluccius merluccius*: coefficienti stimati attraverso l'analisi GAM. EDF = Gradi di libertà della funzione di smoothing; Res.DF = Residui dei gradi di libertà; F = Test F

Coefficienti:	Stima	Dev.St.	valore test t	livello di significatività
Intercetta	3,44	0,22	15,94	<0,05
fAnno - 2013	-0,39	0,22	-1,77	NS
fAnno - 2014	-0,84	0,29	-2,85	<0,05
fAnno - 2015	0,09	0,15	0,56	NS
fAnno - 2016	-0,49	0,21	-2,27	<0,05
fAnno - 2017	-0,57	0,24	-2,43	<0,05
fAnno - 2018	-0,53	0,23	-2,36	<0,05
fAnno - 2019	-0,05	0,16	-0,31	NS
fDistanza - I	0,79	0,21	3,82	<0,05
fStagione - I	-0,83	0,18	-4,65	<0,05
Coefficienti:	EDF	Res.DF	F	livello di significatività
Profondità	1,48	1,83	4,44	<0,05

L'analisi dei residui del modello GAM 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/km<sup>2</sup>) di questa specie è quello contenente come variabili esplicative solo le variabili continue tempo, profondità ed il fattore stagione. Il modello migliore selezionato attraverso la *backward selection analysis* è pertanto risultato il seguente:

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

Per la presenza di pattern non lineari nei residui, è stato utilizzato un modello GAM. La **Tabella 91** mostra gli output del modello. Dalla stima dei coefficienti delle variabili incluse nel modello, si osserva un aumento generale della biomassa del gambero rosa, *P. longirostris*, nel tempo. Questo è in linea con le conoscenze sulla dinamica della specie lungo le coste italiane nord-occidentali (STECF, 2019). 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.

<b>Tabella 91</b> – <i>Parapenaeus longirostris</i> : coefficienti stimati attraverso l'analisi GAM. EDF = Gradi di libertà della funzione di smoothing; Res.DF = Residui dei gradi di libertà; F = Test F				
Coefficienti:	Stima	Dev.St.	valore test t	livello di significatività
Intercetta	2,48	0,38	6,52	<0,05
fAnno - 2013	-1,09	1,46	-0,74	NS
fAnno - 2014	0,23	0,49	0,47	NS
fAnno - 2015	0,62	0,44	1,41	NS
fAnno - 2016	0,44	0,46	0,95	NS
fAnno - 2017	1,19	0,40	2,99	<0,05
fAnno - 2018	0,86	0,42	2,04	<0,05
fAnno - 2019	0,99	0,41	2,39	<0,05
fStagione - I	-0,35	0,15	-2,32	<0,05
Coefficienti:	EDF	Res.DF	F	livello di significatività
Profondità	1,00	1,00	28,30	<0,05

L'analisi dei residui del modello GAM 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.

### ***Scyllorhinus canicula***

Per quanto riguarda il gattuccio, *S. canicula*, la *backward selection analysis* ha mostrato che il modello migliore nel fittare i dati relativi all'indice di biomassa (kg/km<sup>2</sup>) 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:

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

Per la presenza di pattern non lineari nei residui, è stato utilizzato un modello GAM. La **Tabella 92** mostra gli output del modello. Dalla stima dei coefficienti delle variabili incluse nel modello, 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 del gattuccio, *S. canicula*, 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.

<b>Tabella 92</b> – <i>Scyllorhinus canicula</i> : coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla.				
Coefficienti:	Stima	Dev.St.	valore test t	livello di significatività
Intercetta	3,65	0,42	8,72	<0,05
fAnno - 2013	-0,06	0,61	-0,09	NS
fAnno - 2014	0,32	0,39	0,83	NS
fAnno - 2015	0,39	0,39	1,02	NS
fAnno - 2016	0,88	0,37	2,41	<0,05
fAnno - 2017	0,55	0,38	1,45	NS
fAnno - 2018	0,65	0,37	1,75	NS
fAnno - 2019	0,07	0,42	0,17	NS
fDistanza - I	0,53	0,13	4,08	<0,05
fStagione - I	0,81	0,26	3,16	<0,05

L'analisi dei residui del modello GAM 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/km<sup>2</sup>) 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:

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

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, la 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.

<b>Tabella 93</b> – Pesci Ossei: coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla.				
Coefficienti:	Stima	Err.St.	valore test t	livello di significatività
Intercetta	-111,02	42,89	-2,59	<0,05
Anno	0,06	0,02	2,72	<0,05
fStagione - I	0,71	0,10	7,19	<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/km<sup>2</sup>) 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:

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

La **Tabella 94** mostra gli output del modello. Dalla stima dei coefficienti delle variabili incluse nel modello, si evince come 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.

<b>Tabella 94</b> – Pesci Cartilaginei: coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla.				
Coefficienti:	Stima	Err.St.	valore test t	livello di significatività
Intercetta	4,07	0,23	17,85	<0,05
fDistanza - I	0,63	0,24	2,59	<0,05
fStagione - I	1,21	0,21	5,97	<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.

### **Molluschi Cefalopodi**

Per quanto riguarda i Molluschi Cefalopodi, la *backward selection analysis* ha mostrato che il modello migliore nel fittare i dati relativi all'indice di biomassa (kg/km<sup>2</sup>) 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:

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

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 Molluschi 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.

<b>Tabella 95</b> – Molluschi Cefalopodi: coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla.				
Coefficienti:	Stima	Err.St.	valore test t	livello di significatività
Intercetta	3,49	0,11	31,86	<0,05
fStagione - I	0,65	0,17	3,74	<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/km<sup>2</sup>) 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:

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

La **Tabella 96** mostra gli output del modello. Dalla stima dei coefficienti delle variabili incluse nel modello, si evince come la biomassa dei Crostacei Decapodi aumenti con la profondità e con il tempo. L'aumento della biomassa in base al tempo è probabilmente legato al fatto che la specie più abbondante è il gambero rosa, *P. longirostris*, che, come ricordato in precedenza, sta mostrando un generale trend 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.

<b>Tabella 96</b> – Crostacei Decapodi: coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla.				
Coefficienti:	Stima	Err.St.	valore test t	livello di significatività
Intercetta	-451,80	135,10	-3,35	<0,05
Profondità	0,03	0,01	2,99	<0,05
Anno	0,22	0,07	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.

### **Indice di biodiversità di Shannon H'**

La *backward selection analysis* ha mostrato che il fattore distanza dal terminale FSRU e il tempo non hanno effetto significativo sulla variabile dipendente H', pertanto sono stati rimossi del modello. Il modello migliore selezionato attraverso la *backward selection analysis* è pertanto risultato il seguente:

$$H' = \alpha + s(Profondità) + fStagione + \varepsilon_i$$

Per la presenza di pattern non lineari nei residui, è stato utilizzato un modello GAM. La **Tabella 97** mostra gli output del modello. La biodiversità 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 l'analisi GAM. EDF = Gradi di libertà della funzione di smoothing; Res.DF = Residui dei gradi di libertà; F = Test F				
Coefficienti:	Stima	Dev.St.	valore test t	livello di significatività
Intercetta	2,37	0,04	57,41	<0,05
fStagione - I	-0,27	0,07	-4,19	<0,05
Coefficienti:	EDF	Res.DF	F	livello di significatività
Profondità	1,35	1,62	4,62	<0,05

L'analisi dei residui del modello GAM 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:

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

La **Tabella 98** mostra gli output del modello. Dalla stima dei coefficienti si evince che la ricchezza specifica risulta positivamente correlata solo con la profondità.

Tabella 98 – Ricchezza specifica S: coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla.				
Coefficienti:	Stima	Dev.St.	valore test t	livello di significatività
Intercetta	-28,56	16,83	-1,70	NS
Profondità	11,85	3,57	3,33	<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.

### 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), del 2018 (I18 ed E18) e del 2019 (I19 ed E19) mostra una ripresa nel numero delle specie totali catturate nell'anno 2019 rispetto a quanto osservato nell'anno precedente (**Tabella 99**). Il confronto delle campagne effettuate negli ultimi due anni (2018 e 2019) mostra un andamento delle percentuali abbastanza costante per le campagne estive E18 ed E19, mentre le campagne invernali I18 ed I19 mostrano una certa variabilità. 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	I19	E19
<b>Specie Totali (P1-P4+PC)</b>	<b>30</b>	<b>22</b>	<b>19</b>	<b>26</b>	<b>19</b>	<b>27</b>	<b>23</b>	<b>33</b>	<b>27</b>	<b>30</b>	<b>14</b>	<b>28</b>	<b>21</b>	<b>37</b>
Specie comuni	40%	36%	21%	34%	21%	19%	35%	21%	26%	17%	21%	32%	29%	30%
Specie esclusive delle stazioni P1-P4	50%	59%	79%	58%	74%	52%	57%	73%	67%	77%	71%	64%	62%	68%
Specie esclusive della stazione PC	10%	5%	0%	8%	5%	30%	9%	6%	7%	7%	7%	4%	10%	3%

Seguono le analisi statistiche per singolo taxon.

### *Scylliorhinus canicula*

Per quanto riguarda i dati di cattura (espressi in kg/h per le reti a imbrocco) del gattuccio, *S. canicula*, con reti a imbrocco, 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 8 livelli, dal 2012 al 2019).

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 temporale (ma non stagionale). In particolare, risulta che le catture di gattuccio siano state superiori nel 2015, 2017 e 2019 rispetto agli altri anni. In ogni caso, non è possibile individuare alcun effetto sulla popolazione di gattuccio legato alla presenza del terminale FSRU.

<b>Tabella 100</b> – <i>Scyliorhinus canicula</i> : coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla.				
Coefficienti:	Stima	Dev.St.	valore test t	livello di significatività
Intercetta	-1,32	0,33	-3,97	<0,05
fAnno - 2013	0,38	0,39	0,98	NS
fAnno - 2014	0,65	0,33	1,99	NS
fAnno - 2015	0,77	0,32	2,42	<0,05
fAnno - 2016	0,32	0,35	0,90	NS
fAnno - 2017	0,77	0,32	2,43	<0,05
fAnno - 2018	0,31	0,37	0,84	NS
fAnno - 2019	1,01	0,31	3,32	<0,05
fDistanza - I	0,34	0,19	1,75	NS
fStagione - I	-0,25	0,13	-1,90	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.

### **Raja clavata**

Anche per questa specie sono stati utilizzati dei Generalized Additive Model (GAM) (Hastie e Tibshirani, 1990). Per quanto riguarda i dati di cattura (espressi in kg/h per le reti a imbrocco) della razza chiodata, *R. clavata*, con reti a imbrocco, 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:

$$\text{kg/h} = \alpha + s(\text{Profondità}) + f\text{Stagione} + \epsilon_i$$

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 aumenti 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.

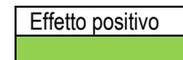
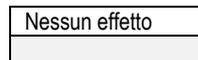
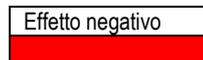
<b>Tabella 101</b> – <i>Raja clavata</i> : coefficienti stimati attraverso l'analisi GAM. EDF = Gradi di libertà della funzione di smoothing; Res.DF = Residui dei gradi di libertà; F = Test F				
Coefficienti:	Stima	Dev.St.	valore test t	livello di significatività
Intercetta	-1,89	0,28	-6,66	<0,05
fStagione - I	0,56	0,26	2,12	<0,05
Coefficienti:	EDF	Res.DF	F	livello di significatività
Profondità	3,21	3,94	3,43	<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 Decapodi	
Strascico	Molluschi 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. Il primo monitoraggio della presenza di cetacei e tartarughe risale agli anni 2000. Nella **Figura 102** sono riportati gli avvistamenti nell'area di monitoraggio antecedenti alla campagna di Bianco (B12).

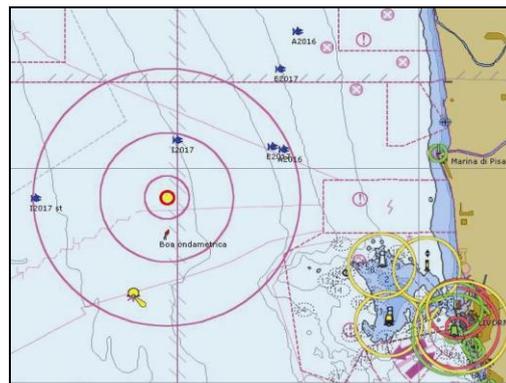
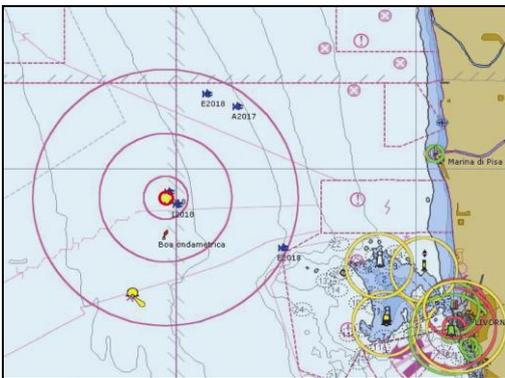
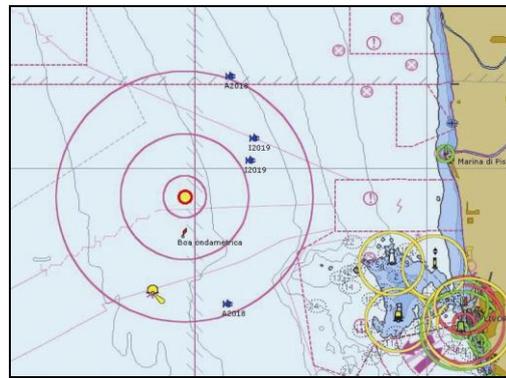


**Figura 102** - Dati storici sulla presenza di cetacei risalenti agli anni 2000

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 sesto anno di monitoraggio (A18-I19-P19-E19) all'interno dell'area di monitoraggio sono stati effettuati quattro avvistamenti di delfini tursiopi (*Tursiops truncatus*), uno a Nord, due a NordEst, ed uno a Sud. La distribuzione degli avvistamenti rispetta il comportamento caratteristico delle specie. Rispetto alle precedenti cinque campagne, questo è l'anno con il minor numero di avvistamenti, mentre il terzo anno rimane quello con il maggior numero. Si noti che l'avvistamento effettuato durante A18 rappresenta 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 Tursiope di fronte a Livorno. Da sottolineare la presenza di tursiopi nel 2018 a poche centinaia di metri dal Terminale unico evento registrato. Di seguito le mappe con gli avvistamenti per campagna annuale.


**Figura 103** - Avvistamenti nella campagna di Bianco B12.

**Figura 104** - Avvistamenti 3° anno (A15-I16-P16-E16).

**Figura 105** - Avvistamenti 4° anno (A16-I17-P17-E17).

**Figura 106** - Avvistamenti 5° anno (A17-I18-P18-E18).

**Figura 107** - Avvistamenti 6° anno (A18-I19-P19-E19).

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 infatti una delle attività principali. Caratteristica tipica dei tursiopi è l'apprendimento e trasmissione di comportamenti specifici madre-figlio. Tra questi la capacità di interagire con le attività antropiche, quali la pesca a strascico, imparando a nutrirsi dei pesci che sfuggono dalle reti e l'identificazione delle reti da posta dove i pesci vengono catturati direttamente dalle reti (alimentazione opportunistica – facilitazione nella ricerca di cibo). Il posizionamento del Terminale e la creazione della corrispondente area di interdizione potrebbe aver influenzato gli spostamenti dei Tursiopi andando a modificare le rotte dei pescherecci a strascico. Si osserva che gli avvistamenti, in linea con le altre annualità, si concentrano prevalentemente nei settori Nord ed Est, dove si concentrano anche le attività di strascico. Questa distribuzione non era stata osservata prima dell'arrivo del Terminale.

Fra le particolarità, occorre ricordare che nelle campagne P17, P18 e P19 non sono stati effettuati avvistamenti. La modifica degli spostamenti dei delfini nell'area più vicina all'FSRU sia in quella perimetrale esterna, si evince dal confronto tra i sei gli anni di campionamento e il Bianco. Una maggiore corrispondenza con i dati storici riguarda gli avvistamenti nelle zone Nord ed Est. Al contrario sono stati osservati dei cambiamenti verso il lato NordOvest per la assenza di pesca a strascico dopo il posizionamento del Terminale.

Anche l'avvistamento a poche centinaia di metri dal Terminale del 2018 non è indicativo di un'assenza di disturbo in quanto, dalla letteratura il comportamento opportunistico spinge il Tursiopo a ricercare il cibo anche in zone fortemente disturbate acusticamente e/o antropicamente. 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 Tursiopi anche se presenti temporaneamente nelle strette vicinanze della sorgente del rumore. L'assenza di rilevamento di tartarughe marine anche durante il sesto anno non risulta allarmante dovuto principalmente al loro

comportamento specifico: apnee di qualche ora, stazionamento in superficie solo per brevissimi periodi, rapida immersione in caso di disturbi esterni e scelta neritica di stazionamento e ricerca del cibo.

## 7.4 INDAGINI GENERALI

### 7.4.1 Misura del rumore

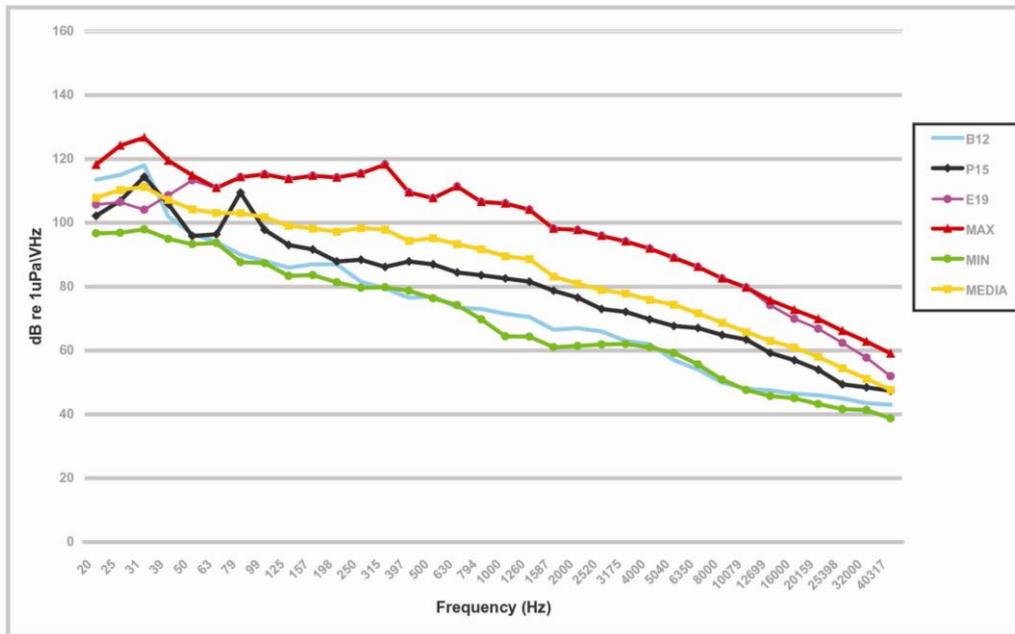
Attraverso i livelli misurati in campo e con la definizione di un adeguato modello di propagazione del suono, è stato possibile determinare, per ciascuna campagna, il livello di emissione alla sorgente, cioè dal Terminale, e individuare la banda di frequenze prevalente in cui il rumore prodotto altera in misura maggiore quello di fondo naturale.

La **Tabella 103** rappresenta la sintesi delle misure effettuate nelle singole campagne per la stazione E100 a 55 metri di profondità. 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 102,5 dB e risulta superiore di 55,5 dB rispetto al Bianco, mentre il valore massimo (115 dB) per quella stazione, risulta maggiore di 68 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 100 metri e 1000 metri dal Terminale hanno reso impossibile stimare i valori di emissione dello stesso.

È utile confrontare il valore di emissione del Terminale con i due valori di soglia. Il primo, contenuto nella Valutazione Previsionale redatta durante la fase di progetto, riporta nelle conclusioni un valore atteso di 185 dB re 1 uPa @ 1m. Il livello massimo finora registrato di 115 dB re 1 uPa @ 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 indicato dalle Linee Guida Ispra, che definisce in 110-120 dB re 1 uPa @ 1m il limite al di sopra del quale vengono provocate le prime risposte comportamentali nei cetacei. Anche in questo caso il livello di 115 dB si colloca entro tali 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.

<b>Tabella 103</b> -Riepilogo dei livelli alla sorgente delle emissioni acustiche del Terminale nella stazione E100 a 55 metri di profondità. I valori di E18 non sono riportati poiché la presenza del rimorchiatore Corrado Neri e della LNG Express durante tutte le misurazioni a 100 metri e 1000 metri dal Terminale hanno reso impossibile stimare i valori di emissione dello stesso.			
Campagna	Valore stimato alla sorgente [dB re 1 uPa @1m] (Frequenza 12 kHz)	Campagna	Valore stimato alla sorgente [dB re 1 uPa @1m] (Frequenza 12 kHz)
A13	107	A16	109
I14	99	I17	111
P14	102	P17	91
E14	99	E17	93
A14	98	A17	96
I15	107	I18	99
P15	98	P18	92
E15	113	E18	non calcolabili
A15	112	A18	98
I16	111	I19	100
P16	103	P19	98
E16	107	E19	115
Max	115	Min	91
Media	102,5	Dev St	7,1
Valori soglia di riferimento			
Valutazione Previsionale fase di progetto			115
Linee Guida Ispra (prime risposte comportamentali nei cetacei)			110-120

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 E100 a 55 metri 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 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 26** - Confronto fra i livelli PSDf in terze d'ottava del Bianco (B), i valori minimi, medi e massimi calcolati tra le campagne P15 e E19 e le singole campagne P15 ed E19 (escluso A15 ed E18).

E' utile precisare che disponiamo dei dati di una sola campagna di Bianco che rappresenta una base affidabile per qualità, ma non consistente per quantità di dati anche in considerazione del fatto che la presenza di sorgenti di rumore antropiche, lo stato del mare e le condizioni ambientali possono modificare il rumore presente sia in termini di frequenze sia di livelli. Dal confronto con i valori massimi e medi misurati in fase di esercizio (escludendo A15 ed E18 per i motivi suddetti) si evince che in quasi tutto lo spettro considerato, i livelli misurati a E100 in presenza del Terminale sono più elevati della curva di Bianco (B), confermando, come atteso, che il Terminale modifica l'ambiente acustico dell'area. Dall'analisi delle basse frequenze, al di sotto dei 50Hz, si ottiene 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, fatto che giustifica l'aver scelto tale frequenza come riferimento per le emissioni del Terminale.

Rispetto all'anno precedente, si evidenzia per l'E19 un aumento dei valori per frequenze da 70Hz ad oltre 16kHz.

Rimane, però, come dato complessivo che gli unici valori al di sopra della soglia dei 120 dB re 1uPa @ 1 (124,2 dB re 1uPa @ 1m e 126,7 dB re 1uPa @ 1m) indicato da ISPRA come valore del primo stadio di criticità per i mammiferi marini (Tab.7, Guida SPRA, Borsani e Falchi, 2011, parte seconda, riportata in Materiali e Metodi come Tabella 8) rimangono limitati alla campagna P16 nelle vicinanze del Terminale.

## 8 CONCLUSIONI

Il presente documento si riferisce allo studio dei potenziali impatti prodotti dal Terminale "FSRU Toscana" sull'ambiente marino circostante. Lo studio è stato condotto seguendo un approccio multidisciplinare, prendendo in considerazione sia il comparto biotico che quello abiotico relativi alla colonna d'acqua ed ai sedimenti, ed è stato redatto sulla base del Piano di Monitoraggio dell'Ambiente Marino predisposto da CIBM su incarico di OLT, in accordo con ISPRA, sulla base del quadro di riferimento progettuale e delle indicazioni contenute nelle prescrizioni n. 26 del Decreto VIA e n.7 del Provvedimento MATTM DVA-2010-0025280 del 20/10/10. In particolare, la Prescrizione n°7 del Provvedimento del MATTM integrava quanto previsto nel primo Decreto VIA, come di seguito riportato:

*"In accordo con ISPRA e con costi a carico del proponente, dovranno essere definiti ed attuati, prima dell'arrivo della nave-terminale (per definire l'ante operam) e durante tutto il periodo di funzionamento del terminale, i seguenti monitoraggi in mare con cadenza almeno trimestrale:*

- a. misura delle componenti chimico-fisiche-biotiche su 4 punti a distanza di 100 m da terminale ad intervalli regolari su tutta la colonna d'acqua;*
- b. verifica delle biocenosi esistenti sul fondo del mare lungo due transetti ortogonali fino ad una distanza di almeno 200 m dal terminale e monitoraggio della loro evoluzione nel tempo;*
- c. misura del rumore in acqua su due profili perpendicolari dalla distanza di 100 m fino a una distanza di 5 km dal terminale sia durante il funzionamento normale che durante i periodi di massima rumorosità al fine di verificare quanto affermato nello studio ambientale preliminare;*
- d. verifica visiva della presenza/passaggio di cetacei fino ad una distanza di almeno un miglio dal terminale; verifica della presenza di cetacei tramite idrofoni posti su due transetti ortogonali a 5 e 10 km dal terminale;*
- e. verifica dell'eventuale risospensione dei sedimenti di fondo nei periodi considerati critici a causa del getto di acqua di riscaldamento emesso dalla nave."*

*(omissis)*

Inoltre, questo documento è stato redatto tenendo conto delle ulteriori prescrizioni contenute nelle Determine di ottemperanza del primo e secondo anno di esercizio (2990 DVA R.D.R 0000100.04-04-2017 e 3337 DVA R.D.R 0000277.28-09-2017), 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 Determinine di cui sopra (2990 DVA R.D.R 0000100.04-04-2017 e 3337 DVA R.D.R 0000277.28-09-2017).

### **Risposte ai punti della Prescrizione 7**

Lo studio condotto ha consentito di rispondere puntualmente a quanto richiesto dalla suddetta Prescrizione, come esposto di seguito:

- 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 $\mu$ Pa@ 1m, ossia ampiamente inferiori al valore di 148 dB re 1 $\mu$ Pa@ 1m riportato nel documento di "Valutazione previsionale di impatto acustico subacqueo" redatto durante la fase progettuale.
- d. Nella fase di esercizio, complessivamente, gli avvistamenti si sono concentrati nel settore NE rispetto alla campagna di Bianco durante la quale avevano esibito una distribuzione più diffusa nell'area. E' noto che la presenza dei pescherecci rappresenta una forte attrazione per i delfini. Questo comportamento giustifica il maggior numero di avvistamenti nei settori NE ed E rispetto all'FSRU, dove a seguito dell'istituzione dell'area di interdizione, si concentra maggiormente la pesca a strascico.
- e. I dati di torbidità lungo il profilo di colonna d'acqua (0-120 metri) evidenziano l'assenza di cambiamenti relazionabili a fenomeni di risospensione dei sedimenti di fondo causati dal getto di acqua di rigassificazione dello scarico principale. In prossimità del fondo, infatti, non si verificano anomali incrementi di torbidità, come tipicamente accade, invece, nei casi in cui si verificano fenomeni di risospensione di sedimento.

### **Risposte alle Determinine 2990 DVA R.D.R 0000100.04-04-2017 e 3337 DVA R.D.R 0000277.28-09-2017**

Di seguito si riportano, relativamente all'anno di esercizio indagato le risposte alle prescrizioni delle Determinine 2990 DVA R.D.R 0000100.04-04-2017 e 3337 DVA R.D.R 0000277.28-09-2017 già ampiamente argomentate all'interno del presente documento e integralmente riportate all'interno della tabella di sintesi posta in Allegato 2.

1. La risposta al primo punto relativamente al sesto 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 (A18, 19, P19, E19) 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 sesto 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 sesto 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 sesto 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 sesto 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 sesto anno di esercizio in quanto superata; nella tabella di sintesi dell'Allegato 2 sono comunque riportati i dettagli delle attività implementate.
12. Nel sesto 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 sesto anno di esercizio oggetto della presente Relazione, permettono di asserire che non si sono verificate, durante i primi sei 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, 2<sup>nd</sup> 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 CO<sub>2</sub> 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.
- Piva F., Ciapriani F., Onorati F., Benedetti M., Fattorini D., Ausili A, Regoli F. 2011. Assessing sediment hazard through a weight of evidence approach with bioindicator organisms: A practical model to elaborate data from sediment chemistry, bioavailability, biomarkers and ecotoxicological bioassays. *Chemosphere*: 83(4):475-85.
- 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., Thébault J., Mea M., Allio N., Andro T., Arvigo A., Castrec J., Danielo M., Foulon V., Fumeron R., Hermabessiere L., Hulot V., James T., Langonne-Augen R., Le Bot T., Long M., Mahabror D., Morel Q., Pantalos M., Pouplard E., Raimondeau L., Rio-Cabello A., Seite S., Traisnel G., Urvoy K., Van Der Stegen T., Weyand M., Fernandes D. 2015. Is the meiofauna a good indicator for climate change and anthropogenic impacts? *Mar. Biodiv.* doi:10.1007/s12526-015-0359-z.
- 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.