

PIANO DI MONITORAGGIO DELL'AMBIENTE MARINO

Autunno 2019 (A19), Inverno 2020 (I20)
Primavera 2020 (P20), Estate 2020 (E20)



FASE DI ESERCIZIO VII REPORT ANNUALE VOL. 2

Rev. 3	20.07.21	Emissione definitiva	AMDB/FF	GBP	CP
Rev. 2	15.06.21	Emissione per revisione Misura del rumore	AMDB/FF	GBP	CP
Rev. 1	26.05.21	Emissione definitiva	AMDB	GBP	CP
Rev. 0	05.05.21	Emissione per commenti committente	AMDB	GBP	CP
Rev	Data	Descrizione della revisione	Preparato da	Verificato da	Approvato da

VOLUME I	12
1 INTRODUZIONE	12
1.1 Richiami ai contenuti principali del progetto	12
1.2 Obiettivi fase di esercizio	12
2 MATERIALI E METODI	12
2.1 Attività e tempistiche	12
2.2 Area di indagine	12
2.3 Colonna d'acqua	12
2.3.1 <i>Profili idrologici</i>	12
2.3.2 <i>Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche</i>	12
2.3.3 <i>Plancton</i>	12
2.3.4 <i>Saggi ecotossicologici</i>	12
<i>Vibrio fischeri (sistema Microtox®) - fase liquida</i>	12
<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	12
<i>Dicentrarchus labrax</i>	12
<i>Paracentrotus lividus</i>	12
2.4 Sedimenti	12
2.4.1 <i>Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche</i>	12
<i>Analisi granulometriche</i>	12
<i>Analisi chimiche</i>	12
<i>Analisi microbiologiche</i>	12
2.4.2 <i>Saggi ecotossicologici</i>	12
<i>Paracentrotus lividus</i>	12
<i>Corophium orientale</i>	12
<i>Vibrio fischeri (sistema Microtox®) - fase solida</i>	12
2.5 Biota	12
2.5.1 <i>Macrozoobenthos</i>	12
2.5.2 <i>Meiozoobenthos</i>	12
2.5.3 <i>Bioaccumulo</i>	12
2.5.4 <i>Biomarkers</i>	12
2.5.5 <i>Fauna ittica bentonectonica</i>	12
2.5.6 <i>Fauna ittica pelagica</i>	12
2.5.7 <i>Cetacei e tartarughe marine</i>	12
2.6 Indagini generali	12
2.6.1 <i>Misura del rumore</i>	12
2.6.2 <i>Bioacustica</i>	12
3 RISULTATI SURVEY AUTUNNO 2019	12
3.1 Colonna d'acqua	12
3.1.1 <i>Profili idrologici</i>	12
3.1.2 <i>Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche</i>	12
3.1.3 <i>Plancton</i>	12
3.2 Biota	12
3.2.1 <i>Macrozoobenthos</i>	12
3.2.2 <i>Cetacei e tartarughe marine</i>	12
3.3 Indagini generali	12
3.3.1 <i>Misura del rumore</i>	12

3.3.2	Bioacustica.....	12
4	RISULTATI SURVEY INVERNO 2020.....	13
4.1	Colonna d'acqua.....	13
4.1.1	<i>Profili idrologici</i>	13
4.1.2	<i>Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche</i>	13
4.1.3	<i>Saggi eco tossicologici</i>	13
	<i>Vibrio fischeri</i>	13
	<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	13
	<i>Dicentrarchus labrax</i>	13
	<i>Paracentrotus lividus</i>	13
4.2	Biota.....	13
4.2.1	<i>Macrozoobenthos</i>	13
4.2.2	<i>Meiozoobenthos</i>	13
4.2.3	<i>Fauna ittica bentonectonica</i>	13
4.2.4	<i>Cetacei e tartarughe marine</i>	13
4.3	Indagini generali.....	13
4.3.1	<i>Misura del rumore</i>	13
4.3.2	<i>Bioacustica</i>	13
	VOLUME II.....	14
5	RISULTATI SURVEY PRIMAVERA 2020.....	15
5.1	Colonna d'acqua.....	15
5.1.1	<i>Profili idrologici</i>	15
5.1.2	<i>Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche</i>	18
	<i>Tensioattivi</i>	25
	<i>Analisi microbiologiche</i>	26
5.1.3	<i>Plancton</i>	27
	<i>Analisi quantitativa e qualitativa del fitoplancton da bottiglia</i>	27
5.2	Biota.....	36
5.2.1	<i>Macrozoobenthos</i>	36
5.2.2	<i>Bioaccumulo</i>	40
	<i>Metalli</i>	40
	<i>Idrocarburi totali</i>	41
	<i>Cloroderivati</i>	41
	<i>Analisi microbiologiche</i>	42
5.2.3	<i>Biomarkers</i>	42
	<i>Neutral Red Retention Time (NRRT)</i>	42
5.2.4	<i>Cetacei e tartarughe marine</i>	44
5.3	Indagini generali.....	44
5.3.1	<i>Misura del rumore</i>	48
5.3.2	<i>Bioacustica</i>	55
6	RISULTATI SURVEY ESTATE 2020.....	56
6.1	Colonna d'acqua.....	56
6.1.1	<i>Profili idrologici</i>	56
	<i>Misure di irradianza e irradianza spettrale</i>	57
6.1.1	<i>Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche</i>	59
	<i>Nutrienti inorganici disciolti</i>	59
	<i>Tensioattivi</i>	66
	<i>Cloroderivati</i>	66

	Idrocarburi totali.....	67
	Analisi microbiologiche.....	67
6.1.2	Saggi eco tossicologici su campioni di acqua.....	68
	<i>Vibrio fischeri</i>	68
	<i>Pheodactylum tricorutum</i>	68
	<i>Dicentrarchus labrax</i>	69
	<i>Paracentrotus lividus</i>	70
6.1.3	Plancton	72
6.2	Sedimenti.....	83
6.2.1	Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche.....	83
	Analisi granulometrica	83
	Metalli.....	84
	Composti organici	84
	Cloroderivati.....	85
	Analisi microbiologiche	85
6.2.2	Saggi eco tossicologici su campioni di sedimento	86
	<i>Paracentrotus lividus</i>	86
	<i>Corophium orientale</i>	86
	<i>Vibrio fischeri</i>	87
6.3	Biota.....	87
6.3.1	Macrozoobenthos.....	87
6.3.2	Meiobenthos	92
6.3.3	Bioaccumulo.....	100
	Metalli.....	100
	Idrocarburi totali	101
	Cloroderivati.....	101
	Analisi microbiologiche	102
6.3.4	Biomarkers.....	102
	Neutral Red Retention Time (NRRT).....	102
6.3.5	Fauna ittica bentonectonica.....	104
6.3.6	Fauna ittica pelagica	114
6.3.7	Cetacei e tartarughe marine	115
6.4	Indagini generali	115
6.4.1	Misura del rumore	119
6.4.2	Bioacustica	126
7	CONFRONTO INTERSTAGIONALE E CON LA CAMPAGNA DI BIANCO	127
7.1	Colonna d'acqua.....	127
7.1.1	Profili idrologici	127
	Metodi di elaborazione dati.....	127
	Risultati.....	127
7.1.2	Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche.....	128
	Risultati.....	129
	Misure di irradianza e irradianza spettrale	129
	Clorofilla e diversità pigmentaria	130
	Tensioattivi, cloroderivati, Idrocarburi totali e analisi microbiologiche.....	131
7.1.3	Saggi ecotossicologici su campioni di acqua.....	132
7.1.4	Plancton	133
	Metodi di elaborazione dati.....	133
	Risultati.....	133
	Metodi di elaborazione dati.....	135
	Risultati.....	135
7.2	Sedimenti.....	137
7.2.1	Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche.....	137
	Metodi di elaborazione dati.....	137
	Risultati.....	137

7.2.2	<i>Saggi ecotossicologici su campioni di sedimento</i>	139
7.3	<i>Biota</i>	140
7.3.1	<i>Macrozoobenthos</i>	140
	<i>Metodi di elaborazione dati</i>	140
	<i>Risultati</i>	141
7.3.2	<i>Meiobenthos</i>	146
	<i>Metodi di elaborazione dati</i>	146
	<i>Risultati</i>	146
7.3.3	<i>Bioaccumulo</i>	148
7.3.4	<i>Biomarkers</i>	148
	<i>Metodi di elaborazione dati</i>	148
	<i>Risultati</i>	149
7.3.5	<i>Fauna ittica bentonectonica</i>	150
	<i>Metodi di elaborazione dati</i>	150
	<i>Risultati</i>	151
7.3.6	<i>Fauna ittica pelagica</i>	157
7.3.7	<i>Cetacei e tartarughe marine</i>	157
7.4	<i>Indagini generali</i>	159
7.4.1	<i>Misura del rumore</i>	159
8	CONCLUSIONI	163
9	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	165

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 – Profili di temperatura (°C), salinità (ppt), pH e torbidità (NTU); survey primavera 2020.	15
Figura 2 – Profili di ossigeno disciolto (% saturazione), clorofilla (µg/l), e potenziale di ossidoriduzione (mV); survey primavera 2020.	16
Figura 3 - Profilo del rapporto fra l'irradianza quantica PAR (Photosynthetic Available Radiation) disponibile alle varie profondità con quella contemporanea in superficie, PAR (0 m), nelle stazioni P20 MG7 e P20 MG10.	17
Figura 4 - Irradianza spettrale discendente superficiale e subacquea alle profondità indicate. E' inoltre riportata la irradianza spettrale ascendente a 5 m (5m up). Ogni spettro è stato normalizzato per il proprio massimo ($E_{max}(\lambda)$) riportato nella legenda insieme con la lunghezza d'onda dove si colloca (λ_{max}).	17
Figura 5 - Profili delle concentrazioni (µM) dei nutrienti inorganici disciolti: NO ₂ (nitriti), NO ₃ (nitrati), PO ₄ (fosfati), SiO ₂ (silicati)	19
Figura 6 - Profili delle concentrazioni (mg/l) dei solidi sospesi (TSM) e delle concentrazioni di particolato organico (POM)	20
Figura 7 - Profili degli assorbimenti (m ⁻¹) della CDOM a 325 nm ($a_{CDOM}(325)$)	21
Figura 8 - Profili delle concentrazioni (mg/m ³) di clorofilla <i>a</i> tot.	22
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 <i>b</i> +DVA+Zea).	24
Figura 10 - Profili delle densità fitoplanctoniche totali (cell/ml)	28
Figura 11 – Abbondanza relativa delle classi fitoplanctoniche indicate in legenda in rapporto all'abbondanza totale.	28
Figura 12 - Ripartizione dell'abbondanza totale e del numero di specie tra i principali taxa rinvenuti nella primavera 2020. Altro= cnidari, nemertini, poriferi, platelminti.	38
Figura 13 - Abbondanza totale e contributo percentuale cumulativo delle specie dominanti (P20).	39
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.	39
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.	42
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.	43
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.	43
Figura 18 - Rotte effettuate per il monitoraggio visivo, acustico e bioacustico condotto in primavera 2020 (P20).	44
Figura 19 - PSDf del rumore subacqueo misurato nel punto E100 a 55m di profondità. Misure del 9 luglio 2020, dalle ore 13:15 alle ore 13:18.	48
Figura 20 - PSDf del rumore subacqueo misurato nel punto N100 a 55m di profondità. Misure del 9 luglio 2020, dalle ore 13:38 alle ore 13:42.	48
Figura 21 - PSDf del rumore subacqueo misurato nel punto S100 a 55m di profondità. Misure del 9 luglio 2020, dalle ore 14:16 alle ore 14:20.	49
Figura 22 - PSDf del rumore subacqueo misurato nel punto W100 a 55m di profondità. Misure del 9 luglio 2020, dalle ore 14:00 alle ore 14:03.	49
Figura 23 - Confronto dei livelli in terzi d'ottava misurati a distanza di 100m e profondità 55m.	50
Figura 24 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N1k a 55m di profondità. Misure del 2 luglio 2020, dalle ore 13:59 alle ore 14:03.	50
Figura 25 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N10k a 55m di profondità. Misure del 9 luglio 2020, dalle ore 11:36 alle ore 11:41.	51
Figura 26 - Confronto dei livelli in terzi d'ottava misurati lungo la direzione Nord, a distanza di 100m, 1km e 10km, a profondità 55m.	51
Figura 27 - Grafici della dipendenza $c_s(z)$ rilevata nelle quattro stazioni N100, S100, E100 e W100 più prossime al terminale.	52

Figura 28 - Dipendenza della TL a 55m di profondità ottenuta mediante i dati $c_s(z)$ della stazione N100; approssimativamente il calcolo di TL(12500 Hz) per N100 risulta di circa 37 dB re μPa , vedi Tabella 27.	53
Figura 29 - Dipendenza della TL a 55m di profondità ottenuta mediante i dati $c_s(z)$ della stazione E100; approssimativamente il calcolo di TL(12500 Hz) per E100 risulta di circa 37 dB re μPa , vedi Tabella 27.	53
Figura 30 - Dipendenza della TL a 55m di profondità ottenuta mediante i dati $c_s(z)$ della stazione S100; approssimativamente il calcolo di TL (12500 Hz) per S100 risulta di circa 40 dB re μPa , vedi Tabella 27.	54
Figura 31 - Dipendenza della TL a 55m di profondità ottenuta mediante i dati $c_s(z)$ della stazione W100; approssimativamente il calcolo di TL(12500 Hz) per W100 risulta di circa 37 dB re μPa , vedi Tabella 27.	54
Figura 32 - Campo di <i>transmission loss</i> (TL) a 12,5 kHz lungo il piano verticale contenente la sorgente e la stazione N100, calcolato usando nel modello BELLHOP il profilo $c_s(z)$ misurato in quella stazione.	55
Figura 33 – Profili di temperatura ($^{\circ}C$), salinità (ppt), pH e torbidità (NTU); survey estate 2020.	56
Figura 34 – Profili di ossigeno disciolto (% saturazione), clorofilla ($\mu g/l$), e potenziale di ossidoriduzione (mV); survey estate 2020.	57
Figura 35 - Profilo del rapporto fra l'irradianza quantica PAR (Photosynthetic Available Radiation) disponibile alle varie profondità con quella contemporanea in superficie, PAR (0 m), nelle stazioni E20 MG7 e E20 MG10.	58
Figura 36 - Irradianza spettrale discendente superficiale e subacquea alle profondità indicate. E' inoltre riportata la irradianza spettrale ascendente a 5 m (5m up). Ogni spettro è stato normalizzato per il proprio massimo ($E_{max}(\lambda)$) riportato nella legenda insieme con la lunghezza d'onda dove si colloca (λ_{max}).	58
Figura 37 - Profili delle concentrazioni (μM) dei nutrienti inorganici disciolti: NO ₂ (nitriti), NO ₃ (nitrati), PO ₄ (fosfati), SiO ₂ (silicati).	60
Figura 38 - Profili delle concentrazioni (mg/l) dei solidi sospesi (TSM) e delle concentrazioni di particolato organico (POM).	61
Figura 39 - Profili degli assorbimenti (m^{-1}) della CDOM a 325 nm ($a_{CDOM}(325)$).	62
Figura 40- Profili delle concentrazioni (mg/m^3) di clorofilla <i>a</i> tot.	63
Figura 41 – 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 <i>b</i> +DVA+Zea).	65
Figura 42 - Profili delle densità fitoplanctoniche totali (cell/ml).	73
Figura 43 – Abbondanza relativa delle classi fitoplanctoniche indicate in legenda in rapporto all'abbondanza totale.	74
Figura 44 - Ripartizione dell'abbondanza totale e del numero di specie tra i principali taxa rinvenuti nella estate 2020. Altro= nemertini, platelminti.	90
Figura 45 - Abbondanza totale e contributo percentuale cumulativo delle specie dominanti (E20).	90
Figura 46 - 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.	91
Figura 47 - Stazione E20 MG1. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	92
Figura 48 - Stazione E20 MG2. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	93
Figura 49 - Stazione E20 MG4. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	93
Figura 50 - Stazione E20 MG6. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	94
Figura 51 - Stazione E20 MG7. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	94
Figura 52 - Stazione E20 MG8. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	95
Figura 53 - Stazione E20 MG9. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	95
Figura 54 - Stazione E20 MG10. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	96
Figura 55 - Stazione E20 MG11. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	97
Figura 56 - Stazione E20 MG12. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	97
Figura 57 - Stazione E20 MG13. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	98
Figura 58 - Stazione E20 MG14. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	98
Figura 59 - A sinistra: dendrogramma per il raggruppamento gerarchico delle stazioni basato sul valore delle abbondanze medie dei taxa principali e similarità di Bray-Curtis, previa trasformazione logaritmica dei dati. A destra: piano di ordinamento ottenuto dal non-metric Multi Dimensional Scaling (nMDS), basato sul valore delle abbondanze medie dei taxa principali e similarità di Bray-Curtis, previa trasformazione logaritmica dei dati.	100
Figura 60 - Valutazione del danno cellulare mediante la misura del tempo di ritenzione del colorante vitale Rosso Neutro (NRRT) nei lisosomi degli emociti di mitilo. Valori alti del tempo di ritenzione corrispondono ad una maggiore integrità.	103
Figura 61 - Valutazione del grado di integrità del DNA mediante Comet assay. Valori elevati della percentuale di DNA migrato corrispondono ad una maggiore entità del danno.	103
Figura 62 - Analisi istologica delle branchie di mitilo. Il parametro rappresentato nel grafico è il punteggio medio (score) per ciascuna delle stazioni indagate. La scala va da 1 a 5; il punteggio 1 indica una condizione di integrità mentre il punteggio 5 indica una forte compromissione della struttura dei filamenti branchiali.	104
Figura 63 - Reti da posta: composizione percentuale delle catture, espressa come n° individui/1000m/24h e kg/1000m/24h, dei principali gruppi tassonomici campionati nelle stazioni E20 P1-P4 e E20 PC.	106
Figura 64 - Rete a strascico: composizione percentuale delle catture, espressa come n°. individui/km ² e kg/km ² , dei principali gruppi tassonomici campionati nelle stazioni E20 S1-S4 e E20 SC.	106

Figura 65 - Reti da posta: indici di densità e biomassa, stimati per le stazioni E20 P1-P4 e per la stazione E20 PC, per specie. Sono riportati i valori medi + la deviazione standard. In blu n° individui/1000m/24h, in azzurro kg/1000m/24h.	110
Figura 66 – Rete a strascico: indici di densità e biomassa, stimati per le stazioni E20 S1-S4 e per la stazione E20 SC, per specie. Sono riportati i valori medi + la deviazione standard. In blu n° individui/km ² , in azzurro chiaro kg/km ²	111
Figura 67 - Rete da posta: distribuzione taglia-frequenza del gattuccio (<i>Scylliorhinus canicula</i>). N° individui: 298 (E20 S1-S4), 92 (E20 SC).....	112
Figura 68 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza della triglia di fango (<i>Mullus barbatus</i>). N° individui: 351 (E20 S1-S4).....	112
Figura 69 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del nasello (<i>Merluccius merluccius</i>). N° individui: 108 (E20 S1-S4).	113
Figura 70 - Reti a strascico: distribuzione taglia-frequenza del pagello fragolino (<i>Pagellus erythrinus</i>). N° individui: 56 (E20 S1-S4).	113
Figura 71 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del gattuccio (<i>Scylliorhinus canicula</i>). N° individui: 113 (E20 S1-S4).	114
Figura 72 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del gambero bianco (<i>Parapenaeus longirostris</i>). N° individui: 2202 (E20 S1-S4); 447 (E20 SC).	114
Figura 73 – Rotte effettuate per il monitoraggio visivo, acustico e bioacustico condotto in estate 2020 (E20).	115
Figura 74 - PSDf del rumore subacqueo misurato nel punto E100 a 55m di profondità.	119
Figura 75 - PSDf del rumore subacqueo misurato nel punto N100 a 55m di profondità.	119
Figura 76 - PSDf del rumore subacqueo misurato nel punto S100 a 55m di profondità.	120
Figura 77 - PSDf del rumore subacqueo misurato nel punto W100 a 55m di profondità.	120
Figura 78 - Confronto dei livelli in terzi d'ottava misurati alla distanza di 100m e 55m di profondità.	121
Figura 79 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N1k a 55m di profondità.	121
Figura 80 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N10k a 55m di profondità.	122
Figura 81 - Confronto dei livelli in terzi d'ottava misurati lungo la direzione Nord, a distanza di 100m, 1km e 10km, a 55m di profondità.	122
Figura 82 - Grafici della dipendenza $c_s(z)$ rilevata nelle quattro stazioni N100, S100, E100 e W100.	123
Figura 83 - Dipendenza della TL a 55m di profondità ottenuta mediante i dati $c_s(z)$ della stazione N100; approssimativamente il calcolo di TL(12.5kHz) per N100 risulta di circa 38 dB re μ Pa, vedi Tabella 76.	124
Figura 84 - Dipendenza della TL a 55m di profondità ottenuta mediante i dati $c_s(z)$ della stazione E100; approssimativamente il calcolo di TL(12.5kHz) per E100 risulta di circa 39 dB re μ Pa, vedi Tabella 76.	124
Figura 85 Dipendenza della TL a 55m di profondità ottenuta mediante i dati $c_s(z)$ della stazione S100; approssimativamente il calcolo di TL(12.5kHz) per S100 risulta di circa 40 dB re μ Pa, vedi Tabella 76.	125
Figura 86 Dipendenza della TL a 55m di profondità ottenuta mediante i dati $c_s(z)$ della stazione W100; approssimativamente il calcolo di TL(12.5kHz) per W100 risulta di circa 37 dB re μ Pa, vedi Tabella 76.	125
Figura 87 Campo di TL a 12.5kHz lungo il piano verticale contenente la sorgente e la stazione N100, calcolato usando nel modello BELLHOP il profilo $c_s(z)$ misurato in quella stazione.	126
Figura 95 – Variazione della profondità (m) della zona eufotica (Z_{eu}) nelle due stazioni rappresentative, per tutte le campagne effettuate.	129
Figura 96 - 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.	130
Figura 97 - 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.	131
Figura 98 - Variazione stagionale delle densità cellulari medie totali per campagna e dei diversi gruppi fitoplanctonici.	133
Figura 99 – Confronto dei valori di R dei <i>pairwise tests</i> nel confronto tra fase di bianco (B) e fase di esercizio estivo (E).	136
Figura 100 – Principali classi granulometriche nei sedimenti campionati durante la campagna di Bianco (E12) e nelle successive campagne estive (da E14, a E20).	138
Figura 101 – Risultati dell'Analisi delle Componenti Principali (PCA) relativa ai dati acquisiti durante i periodi estivi (dal Bianco all'estate 2020). Prima dell'analisi i dati sono stati normalizzati.	139
Figura 102 – Piano di ordinamento ottenuto dal n-MultiDimensional Scaling applicato alla matrice specie x stazioni (dati dal Bianco all'Estate 2020, tutte le stagioni) dopo aver mediato le repliche. La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Bray-Curtis.	141
Figura 103 – Piano di ordinamento ottenuto dal n-MultiDimensional Scaling applicato alla matrice specie x stazioni (limitatamente ai campionamenti estivi). La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Bray-Curtis. Nel plot sono stati superimposte le label (C, FSRU, I) che indicano la posizione delle stazioni rispetto al Terminale.	142
Figura 104 - Analisi grafica dei residui per valutare le assunzioni di omogeneità e normalità dei residui nella analisi di regressione lineare multipla sull'indice di biodiversità di Shannon.	144
Figura 105 – Analisi grafica dei residui per valutare le assunzioni di omogeneità e normalità dei residui nella analisi di regressione lineare multipla sulla ricchezza specifica (S).	145
Figura 106 – 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 15 campagne di prelievo, dal Bianco (B) all'Estate 2020 (E20).	147
Figura 107 – 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 otto campagne estive, dal Bianco (B) all'Estate 2020 (E20). Nel plot sono sovrapposti i label in base alle distanze delle stazioni dal Terminale (FSRU: vicine al Terminale, I: distanza intermedia, C: controlli).	147
Figura 108 - Variazione temporale del grado di danno del DNA nelle cellule branchiali di mitilo (non significativa).	149
Figura 109 - 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.	150
Figura 110 - Dati storici sulla presenza di cetacei risalenti agli anni 2000.	157
Figura 111 - Avvistamenti a partire dalla campagna di Bianco (B12) fino al 7° anno (A19-I20-P20-E20).	158
Figura 105 Confronto fra i livelli PSDf in terze d'ottava dei valori minimi, medi e massimi calcolati tra le campagne P15 ed E20 e le singole campagne I20, P20 ed E20 (escluso A15 ed E18). In ciano è, infine, rappresentato il PSDf della campagna B12.	161

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 - Concentrazioni (μM) dei nutrienti inorganici disciolti.....	18
Tabella 2 - Concentrazioni (mg/l) dei solidi sospesi (TSM).....	20
Tabella 3 - Assorbimento (m^{-1}) della CDOM alla lunghezza d'onda di 325 nm.....	21
Tabella 4 - Concentrazioni (mg/m^3) della Clorofilla <i>a</i> totale (Chl <i>a</i> tot = Clorofilla <i>a</i> + Divinil Clorofilla <i>a</i> + Alloclorofilla <i>a</i> , se presenti).....	22
Tabella 5 - Concentrazioni (mg/m^3) dei principali pigmenti diagnostici fitoplanctonici (acronimi in Tabella 7).....	23
Tabella 6 - Concentrazione tensiotattivi anionici e tensioattivi non ionici presenti nei campioni di acqua di mare lungo il profilo batimetrico. Le profondità sono espresse in metri. I dati sono espressi in milligrammi/litro.....	25
Tabella 7 - Concentrazione dei cloroderivati nelle acque. I livelli indicano la profondità di prelievo del campione.....	25
Tabella 8 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di acqua di mare lungo il profilo batimetrico. I dati sono espressi in microgrammi/litro. In neretto (0,5 - 12,5 - 50 - 70) sono indicate le profondità di prelievo in metri.....	26
Tabella 9 - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di acqua superficiale. I dati sono espressi in ufc/100 ml.....	26
Tabella 10 - Densità fitoplanctonica totale (cell/ml) e delle classi o gruppi identificati.....	27
Tabella 11 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni osservati (prelievo con Niskin).....	29
Tabella 12 - Lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative microscopiche.....	29
Tabella 13 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni osservati (prelievo con retino).....	30
Tabella 14 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni P20 MG6, P20 MG7, P20 MG10, P20 MG12 e P20 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13).....	31
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>	34
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.....	34
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.....	35
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>	36
Tabella 19 - Lista delle specie macrobentoniche rinvenute nella primavera 2020 (I20).....	36
Tabella 20 - Indici strutturali ($\pm\text{DS}$) relativi al popolamento macrobentonico. Numero di taxa (S), Numero di individui (N), Diversità specifica di Shannon-Weaver (H'), Ricchezza specifica di Margalef (d), Equitabilità di Pielou (J). In rosso le stazioni poste a 100 m dal Terminale.....	40
Tabella 21 - Concentrazione dei metalli nei mitili. Dati relativi alla campagna P20 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.....	40
Tabella 22 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna P20, sono espressi in mg/kg.....	41
Tabella 23 - Concentrazione degli IPA e dei composti organostannici presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna P20, sono espressi in mg/kg.....	41
Tabella 24 - Concentrazione degli cloroderivati presenti nei campioni di mitili. I dati relativi alla campagna P20 sono espressi in $\mu\text{g/kg}$. 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.....	41
Tabella 25 - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna P20, sono espressi in ufc/g.....	42
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.....	43
Tabella 27 - Dati meteorologici, orari e dati di traffico marittimo e Modalità operative del Terminale al momento dell'acquisizione delle misure (P20).....	45
Tabella 28 - Source Level calcolati a partire dal valore della TL via Bellhop a 12,5 kHz e dagli SPL misurati con l'idrofono nelle quattro stazioni a 100m dalla sorgente. Trattando come uscite statistiche della stessa grandezza le SL calcolati come TL+SPL, otteniamo come media una SL = 84,1 \pm 10,3 dB re μPa	52
Tabella 29 - Concentrazioni (μM) dei nutrienti inorganici disciolti.....	59
Tabella 30 - Concentrazioni (mg/l) dei solidi sospesi (TSM).....	61
Tabella 31 - Assorbimento (m^{-1}) della CDOM alla lunghezza d'onda di 325 nm.....	62
Tabella 32 - Concentrazioni (mg/m^3) della Clorofilla <i>a</i> totale (Chl <i>a</i> tot = Clorofilla <i>a</i> + Divinil Clorofilla <i>a</i> + Alloclorofilla <i>a</i> , se presenti).....	63
Tabella 33 - Concentrazioni (mg/m^3) dei principali pigmenti diagnostici fitoplanctonici (acronimi in Tabella 7).....	64
Tabella 34 - Concentrazione tensiotattivi 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.....	66
Tabella 35 - Concentrazione dei cloroderivati nelle acque. I livelli indicano la profondità di prelievo del campione.....	66
Tabella 36 - 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.....	67
Tabella 37 - Risultati delle analisi microbiologiche condotte nelle acque superficiali durante la stagione estiva. I dati sono espressi in ufc/100ml.....	67
Tabella 38 - 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).....	68
Tabella 39 - 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 %.....	68
Tabella 40 - Risultati del test con <i>Phaeodactylum tricorutum</i> condotti su campioni di acqua (incubazione 72 h) prelevati a diverse profondità (espressi in metri). EC 20, EC 50 (L.C. 95%) espressa in %.....	69
Tabella 41 - 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 8,06-8,12, salinità 38 ‰, temperatura 20,5 \pm 1 °C.....	69
Tabella 42 - Risultati del test di embriotossicità (72 ore) con <i>P.lividus</i> e successiva stima della tossicità cronica.....	70

Tabella 43 - Densità fitoplanctonica totale (cell/ml) e delle classi o gruppi identificati.....	72
Tabella 44 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni osservati (prelievo con Niskin).....	75
Tabella 45- Lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative microscopiche.....	75
Tabella 46 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni osservati (prelievo con retino).....	76
Tabella 47 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni E20 MG6, E20 MG7, E20 MG10, E20 MG12 e E20 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13).....	77
Tabella 48 – 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>	80
Tabella 49 - 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.....	81
Tabella 50 – 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.....	82
Tabella 51 – Iltioplancton. O.le = orizzontale, 50-0 = campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100-50 = campionamento verticale da 100 a 50 metri. * presente in almeno un sub-campione, ** presente solo nell'osservazione <i>in toto</i>	83
Tabella 52 – Ripartizione delle principali classi granulometriche e relativa classificazione dei sedimenti. I dati sono espressi in percentuale.....	84
Tabella 53 – Concentrazione dei metalli. I dati sono espressi in mg/kg, tranne Al e Fe espressi in %. Sono riportati gli Standard di Qualità (SQ) e i Livelli Chimici di Riferimento Nazionale (L1, L2) tratti dal DM 173/16. In neretto sono indicati i valori maggiori di SQ o di L1, in rosso quelli maggiori di L2.....	84
Tabella 54 – Concentrazione dei contaminanti organici nei sedimenti campionati nell'estate 2020. Standard di Qualità (SQ D.M. 260/2010), e Limite Chimico di Riferimento Nazionale L1 e L2 (DM 173/2016) sono tutti espressi in mg/kg. In neretto i valori >SQ e L1, in rosso >L2.....	84
Tabella 55 – Concentrazione dei composti cloro derivati nei sedimenti campionati nell'Estate 2020.....	85
Tabella 56 – Risultati delle analisi microbiologiche condotte nei sedimenti durante la stagione estiva 2020. I dati sono espressi in MPN/g.....	86
Tabella 57 - Parametri registrati negli elutriati da utilizzare per il saggio con <i>P. lividus</i>	86
Tabella 58 - Risultati del saggio biologico di embriotossicità (72ore) e successiva stima della tossicità cronica.....	86
Tabella 59 - 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>	87
Tabella 60 - Percentuali di mortalità degli organismi di <i>C. orientale</i> osservate nei sedimenti testati e successiva stima della tossicità cronica.....	87
Tabella 61 - Risultati del test con il <i>V. fischeri</i> su sedimento tal quale. R ² (%)=coeff. di determinazione; TU=unità tossiche; STI - sediment toxicity index. Pelite espressa in %.....	87
Tabella 62 - Lista delle specie macrobentoniche rinvenute nella Estate 2020 (E20).....	88
Tabella 63 – Indici strutturali (±DS) relativi al popolamento macrobentonico. Numero di taxa (S), Numero di individui (N), Diversità specifica di Shannon-Weaver (H'), Ricchezza specifica di Margalef (d), Equitabilità di Pielou (J). In rosso le stazioni poste a 100 m dal Terminale.....	91
Tabella 64 - Struttura della comunità meiobentonica nelle stazioni E20 MG1, E20 MG2, E20 MG4, E20 MG6, E20 MG7, E20 MG8. Densità media (±DS) (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. L'abbondanza relativa (%) dei singoli taxa è stata calcolata in relazione alla densità totale.....	92
Tabella 65 - Struttura della comunità meiobentonica nelle stazioni E20 MG9, E20 MG10, E20 MG11, E20 MG12, E20 MG13, E20 MG14. Densità media (±DS) (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. L'abbondanza relativa (%) dei singoli taxa è stata calcolata in relazione alla densità totale.....	95
Tabella 66 - 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).....	99
Tabella 67 - Struttura della comunità meiobentonica dell'area interessata dal posizionamento del terminale rigassificatore, incluse le stazioni di controllo. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo rinvenuto. L'abbondanza relativa (%) dei singoli taxa è stata calcolata in relazione alla densità totale.....	100
Tabella 68 - Concentrazione dei metalli nei mitili. Dati relativi alla campagna E20 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.....	100
Tabella 69 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna E20, sono espressi in mg/kg.....	101
Tabella 70 - Concentrazione degli IPA e dei composti organostannici presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna E20, sono espressi in mg/kg.....	101
Tabella 71 - Concentrazione degli cloroderivati presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna E20, sono espressi in µg/kg.....	102
Tabella 72 - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna E20, sono espressi in ufc/g.....	102
Tabella 73 - 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 delle ciglia; 5, destrutturazione dei filamenti con estesa erosione dell'epitelio branchiale ed assenza delle ciglia.....	104
Tabella 74 - Lista delle specie catturate con la rete a strascico e le reti da posta. Strascico: E20 S1-S4 = stazioni campionate in prossimità del terminale; E20 SC = stazione di controllo. Reti da posta: E20 P1-P4 = stazioni campionate in prossimità del terminale; E20 PC = stazione di controllo.....	105
Tabella 75 - Reti da posta: indici di densità e biomassa (± DS), espressi in n° individui/1000m/24h e kg/1000m/24h, stimati per le specie catturate nelle stazioni E20 P1-P4 e nella stazione di controllo E20 PC. * = DS<0,05.....	107
Tabella 76 - Rete a strascico: indici di densità e biomassa (± DS), espressi in n° individui/km ² e kg/km ² , stimati per le specie catturate nelle stazioni....	108
Tabella 77 - Dati meteorologici, orari e dati di traffico marittimo e Modalità operative del Terminale al momento dell'acquisizione delle misure (E20).....	116
Tabella 78 - Source Level calcolati a partire dal valore della TL via Bellhop a 12.5kHz e dagli SPL misurati con l'idrofono nelle quattro stazioni a 100m dalla sorgente. Trattando come uscite statistiche della stessa grandezza le SL calcolate come TL+SPL, otteniamo una SL media = 86,3 ± 5,6 dB re µPa.....	123
Tabella 79 - Valori di p value in funzione della variabile (1a colonna), della stagione (2a colonna) e del fattore (ultime tre colonne). In grassetto i valori statisticamente significativi. Legenda: I = Inverno, P = Primavera, E = Estate, A = Autunno.....	128
Tabella 80 - 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, E20). * 0,01<p<0,05; ** p<0,01.....	130

Tabella 81 - 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, E20). * 0,01<p<0,05; ** p<0,01	131
Tabella 82 – Output del modello GLM (Generalized Linear Model) applicato ai risultati delle analisi ecotossicologiche trattati come dati di Presenza-Assenza (0-1).	132
Tabella 83 - 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, E20). * 0,01<p<0,05; ** p<0,01	134
Tabella 84 – PAIRWISE test tra Bianco (B) e le campagne estive. R (globale) = 0,5789, p = 0,0001. Sono indicati gli R (**p<0,0001)	134
Tabella 85 – PAIRWISE test tra le stazioni a 100m e la stazione a 2000m (MG10). R (globale) = -0.003018, p = 0,5825. Sono indicati gli R (**p<0,0001)	134
Tabella 86 - Pairwise test di confronto tra fase di Bianco (B) e stagioni estive (E) dal 2014 al 2020. Valore di R del <i>global test</i> = 0,550. P = 0,001.	135
Tabella 87- Pairwise test di confronto tra le stagioni estive 2014-2019 con l'ultima del 2020. Valore di R del	136
Tabella 88 – 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.	138
Tabella 89 - Coefficienti delle combinazioni lineari degli assi. Matrice sedimenti con dati abiotici (normalizzati). Dati dal Bianco all'E20.	139
Tabella 90 - Risultati complessivi dei test ecotossicologici condotti dal Bianco all'Estate 2020. A = tossicità Assente; B = tossicità Bassa; M = tossicità Media.	140
Tabella 91 – 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.	142
Tabella 92 – Risultati della analisi di regressione lineare multipla sull'indice di biodiversità di Shannon.	143
Tabella 93 – Risultati della analisi di regressione lineare multipla sulla ricchezza specifica (S).	144
Tabella 94 – Risultati della PERMANOVA (Permutational Multivariate Analysis of Variance). T: Tempo, D: Distanza, S: Sito. I dati significativi sono indicati in neretto.	148
Tabella 95 – <i>Mullus barbatus</i> : coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla. EDF = Gradi di libertà della funzione di smooting; Ref.DF = gradi di libertà di riferimento; F = Test F	151
Tabella 96 – <i>Merluccius merluccius</i> : coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla. EDF = Gradi di libertà della funzione di smooting; Ref.DF = gradi di libertà di riferimento; F = Test F	152
Tabella 97 – <i>Parapenaeus longirostris</i> : coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla. EDF = Gradi di libertà della funzione di smooting; Ref.DF = gradi di libertà di riferimento; F = Test F	152
Tabella 98 – <i>Scylliorhinus canicula</i> : coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla. EDF = Gradi di libertà della funzione di smooting; Ref.DF = gradi di libertà di riferimento; F = Test F	153
Tabella 99 – Pesci Ossei: coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla. EDF = Gradi di libertà della funzione di smooting; Ref.DF = gradi di libertà di riferimento; F = Test F	153
Tabella 100 – Pesci Cartilaginei: coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla.	154
Tabella 101 – Molluschi Cefalopodi: coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla.	154
Tabella 102 – Crostacei Decapodi: coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla.	154
Tabella 103 – Indice di diversità di Shannon H': coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla. EDF = Gradi di libertà della funzione di smooting; Ref.DF = gradi di libertà di riferimento; F = Test F	155
Tabella 104 – Ricchezza specifica S: coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla.	155
Tabella 105 – <i>Scylliorhinus canicula</i> : coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla. EDF = Gradi di libertà della funzione di smooting; Ref.DF = gradi di libertà di riferimento; F = Test F	156
Tabella 106 – <i>Raja clavata</i> : coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla. EDF = Gradi di libertà della funzione di smooting; Ref.DF = gradi di libertà di riferimento; F = Test F	156
Tabella 107 – Tabella riassuntiva dei risultati con approccio "Traffic light"	156
Tabella 108 - Riepilogo dei livelli alla sorgente (frequenza 12 kHz) delle emissioni acustiche del Terminale. I valori di E18 non sono riportati come indicato nel testo.	160

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 VII 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: Matrice popolamento ittico reti da posta.

Allegato 6: Matrice popolamento ittico reti da fondo.

Allegato 7: Condizioni meteo-marine.

Allegato 8: Dati grezzi profili CTD.

Allegato 9: Irofano digitale omnidirezionale Aguattech Smid Technology e sonda CTD.

Allegato 10: Spettri in terzi d'ottava del rumore ambientale per tutti i punti e tutte le quote campionate (A19, I20, P20, E20).

Allegato 11: Calcolo del SL alla sorgente applicato alla propagazione di onde a 63, 125 e 12500 Hz per le campagne P20 ed E20 presso la stazione E100.

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 2019

- 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 2020

4.1 COLONNA D'ACQUA

- 4.1.1 Profili idrologici
- 4.1.2 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche
- 4.1.3 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 2020

5.1 COLONNA D'ACQUA

5.1.1 Profili idrologici

Nel survey condotto in primavera 2020, i profili di **temperatura** (Figura 1) mostrano, nello strato superficiale, un sensibile aumento dei valori rispetto al periodo invernale. I valori più elevati, pari a 24 °C in superficie, tendono a diminuire gradualmente fino ad arrivare a 14 °C sul fondo.

La **salinità** presenta valori intorno a 38 ppt in superficie e tende a diminuire a 37,7 ppt nello strato d'acqua compreso fra 40 e 60 m per poi aumentare leggermente per arrivare a 38,2 ppt sul fondo. Il **pH** ha valori costanti intorno a 8,2 su tutta la colonna d'acqua.

La **torbidità** presenta valori intorno a 0,4 NTU dalla superficie a 110 m ed aumenta leggermente fino ad arrivare a 2 NTU sul fondo.

I profili di **ossigeno disciolto** (Figura 2) mostrano percentuali decrescenti dalla superficie al fondo con valori intorno al 110-120% di saturazione in superficie che arrivano a 87-94% sul fondo. I profili di **clorofilla** presentano valori che aumentano da 0,1 µg/l in superficie a 1 µg/l a 85-90 m per poi diminuire ed arrivare a 0,5 µg/l sul fondo. I profili di **ORP** risultano omogenei dalla superficie al fondo con valori di 210-220mV.

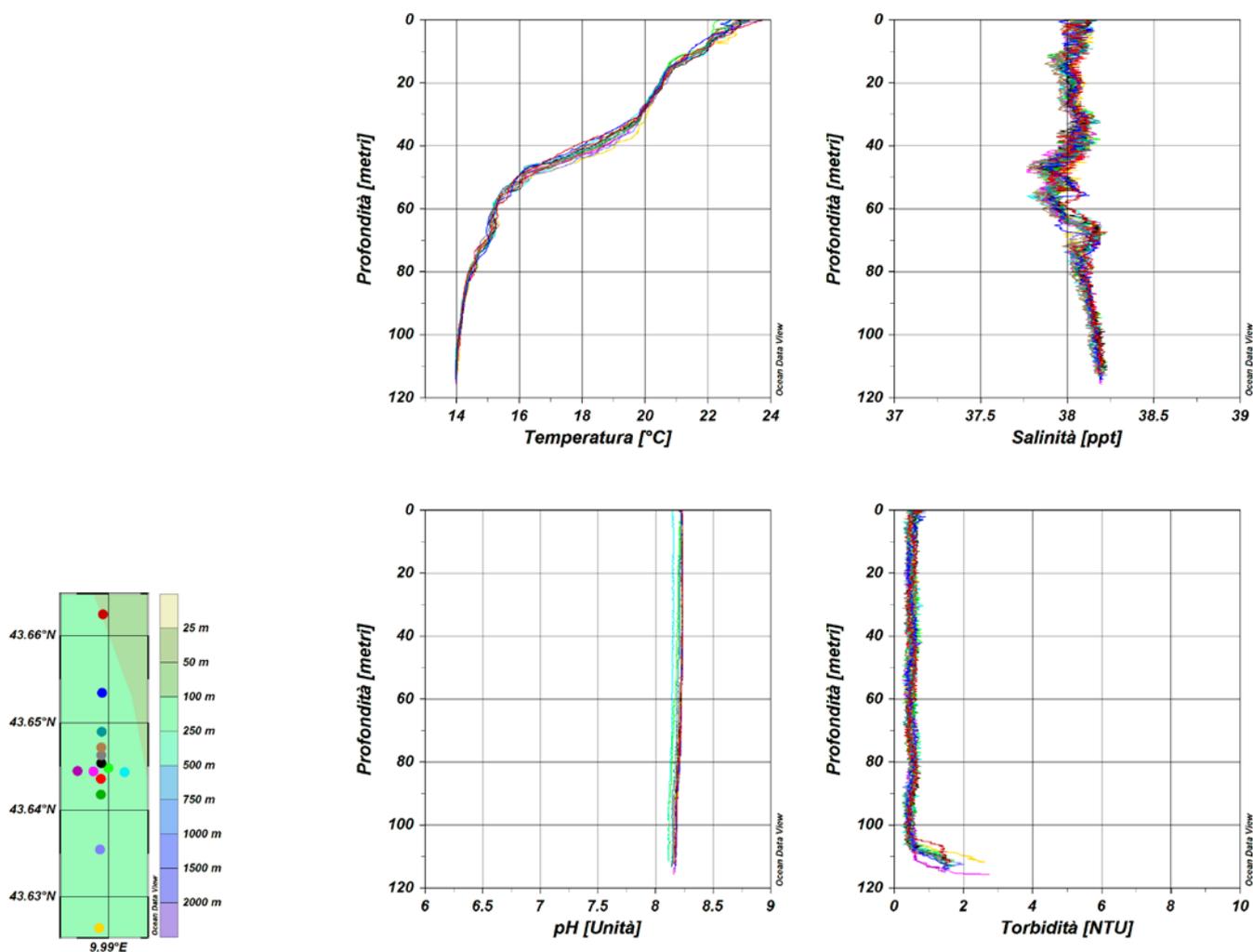


Figura 1 – Profili di temperatura (°C), salinità (ppt), pH e torbidità (NTU); survey primavera 2020.

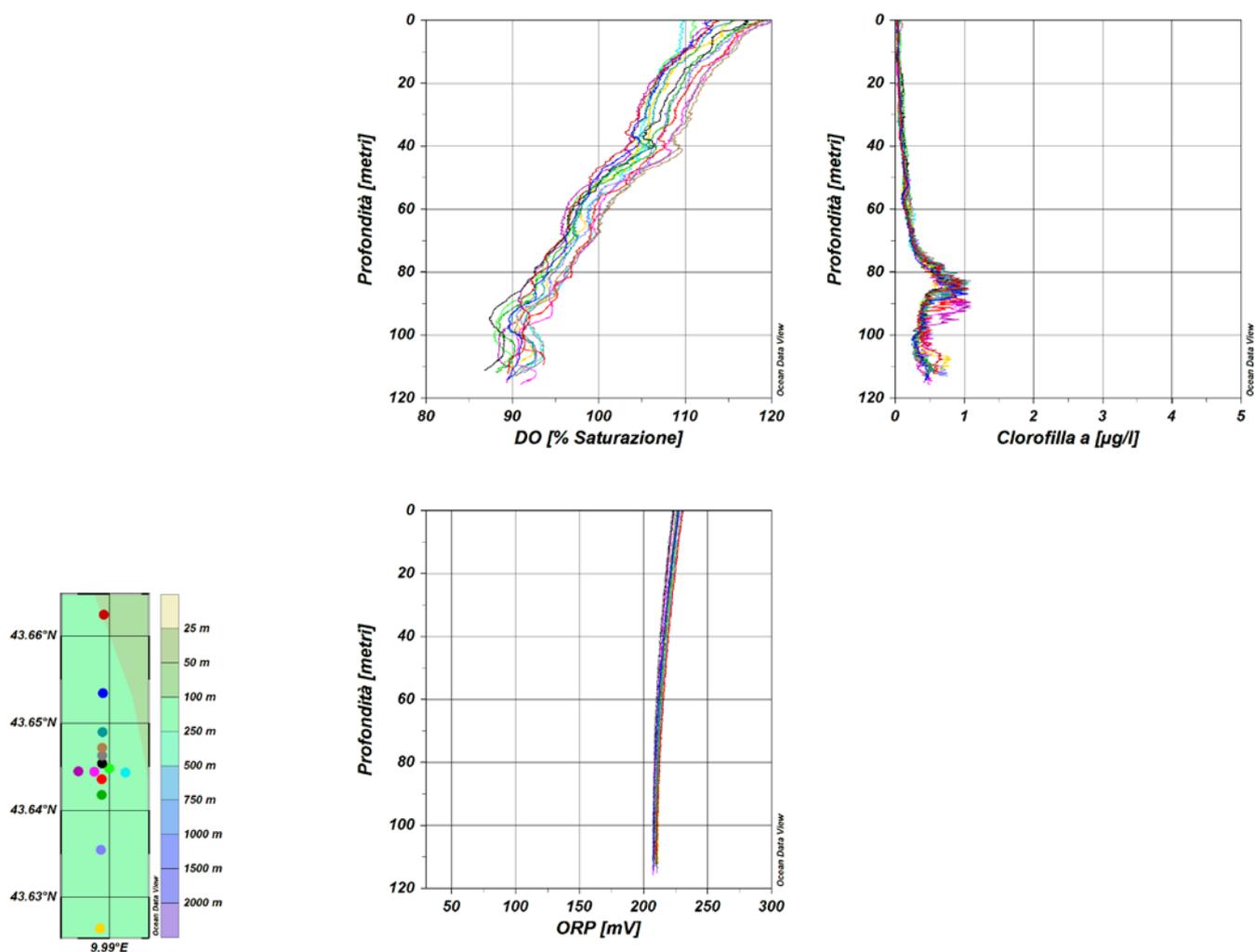


Figura 2 – Profili di ossigeno disciolto (% saturazione), clorofilla ($\mu\text{g/l}$), e potenziale di ossidoriduzione (mV); survey primavera 2020.

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 P20 MG7 e P20 MG10. La profondità della zona eufotica (Z_{eu}) è rispettivamente 77 e 78,5 m e, in generale, la Z_{eu} ha mostrato una lieve variazione compresa tra un minimo di 73 m (P20 MG3 e P20 MG6) ed un massimo di 78,5 m (P20 MG10).

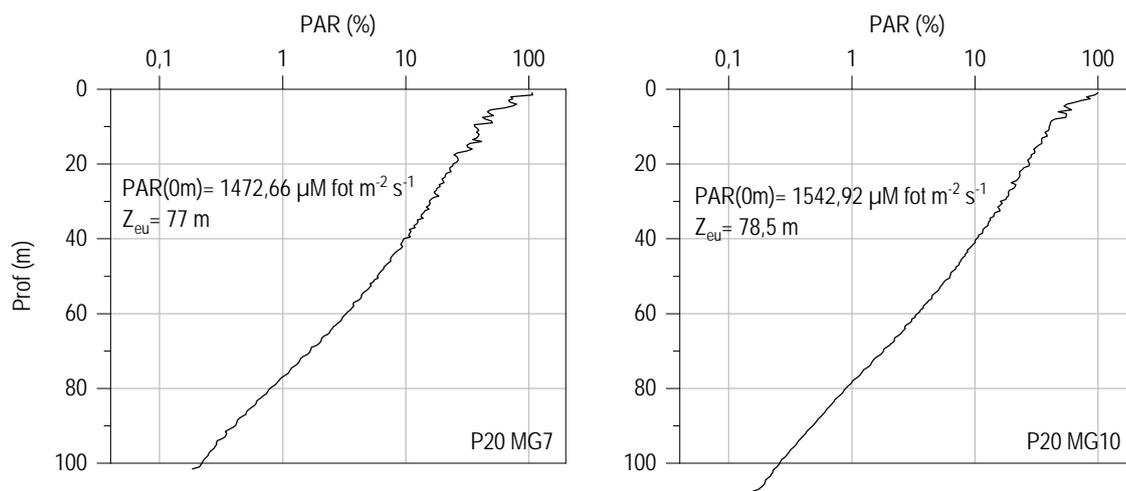


Figura 3 - Profilo del rapporto fra l'irradianza quantica PAR (Photosynthetic Available Radiation) disponibile alle varie profondità con quella contemporanea in superficie, PAR (0 m), nelle stazioni P20 MG7 e P20 MG10.

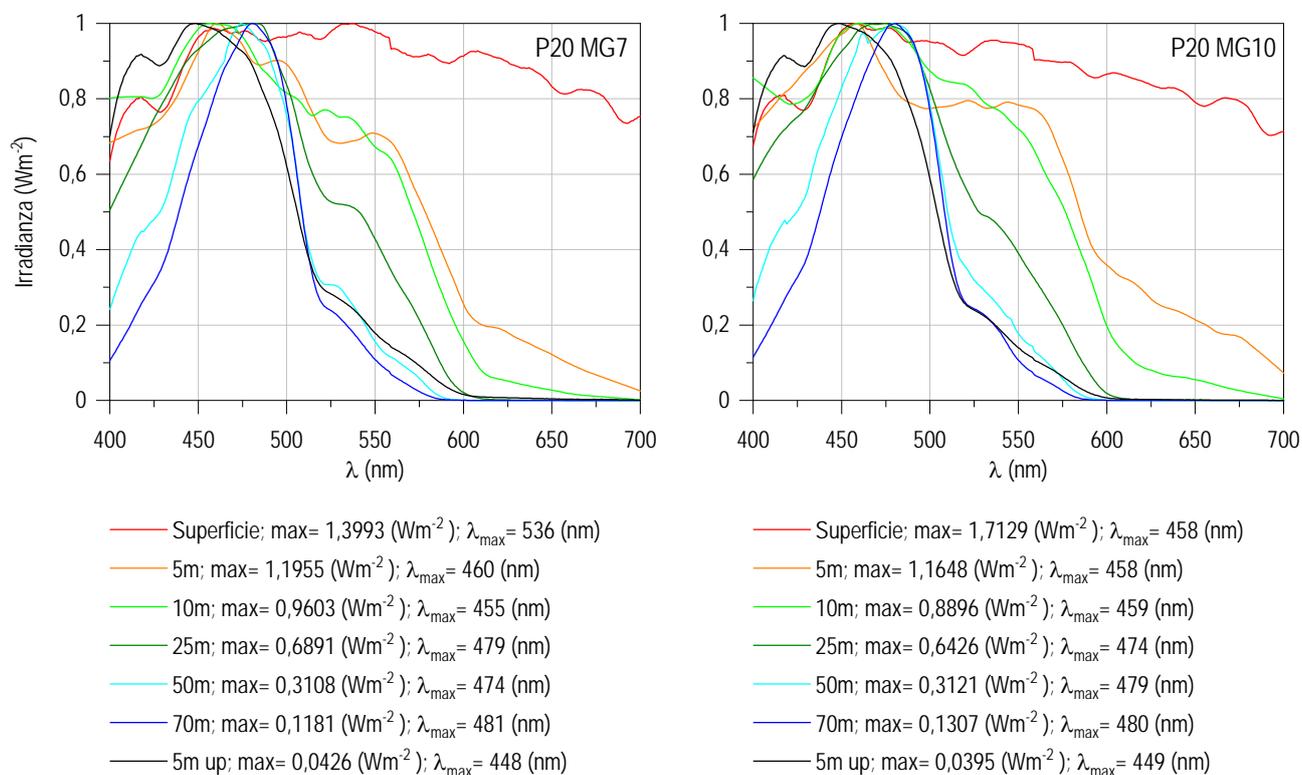


Figura 4 - Irradianza spettrale discendente superficiale e subacquea alle profondità indicate. E' inoltre riportata la irradianza spettrale ascendente a 5 m (5m up). Ogni spettro è stato normalizzato per il proprio massimo, in P20 MG7 e P20 MG10. I massimi (λ_{max}) degli spettri dell'irradianza discendente si collocano nel range di lunghezze d'onda comprese fra 455 e 481 nm. La radiazione che raggiunge la maggior profondità, ovvero quella più penetrante (λ_{max} a 70 m), si trova a 481 nm alla P20 MG7e a 480 nm alla P20 MG10. Nelle misure di irradianza non si riscontrano quindi differenze anomale tra le stazioni imputabili all'attività del Terminale.

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 P20 MG7 e P20 MG10. I massimi (λ_{max}) degli spettri dell'irradianza discendente si collocano nel range di lunghezze d'onda comprese fra 455 e 481 nm. La radiazione che raggiunge la maggior profondità, ovvero quella più penetrante (λ_{max} a 70 m), si trova a 481 nm alla P20 MG7e a 480 nm alla P20 MG10. Nelle misure di irradianza non si riscontrano quindi differenze anomale tra le stazioni imputabili all'attività del Terminale.

5.1.2 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche

Nutrienti inorganici disciolti

In **Tabella 1** sono riportate le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ortofosfati (PO_4), silicati (SiO_2), rilevate nelle 8 stazioni campionate. La campagna P20 presenta concentrazioni generalmente basse, con molti valori, particolarmente per nitriti e fosfati, al limite della rilevabilità, confrontabili con quanto rilevato nella stessa stagione degli anni precedenti e più basse di quelle rilevate nella campagna A19.

Le medie di tutta la campagna sono: SiO_2 0,882 μM , PO_4 0,032 μM , NO_2 0,040 μM e NO_3 0,285 μM

Come si evince dalla **Figura 5**, i valori sono simili lungo tutta la colonna d'acqua, solo a 70 m si evidenziano modesti aumenti non degni di nota (**Figura 5**).

I nitriti variano dalla soglia di rilevabilità (0,03) a 0,099 μM , massimo a 70 m di P20 MG5.

I nitrati presentano una maggiore variabilità superficiale e sono compresi tra 0,048 μM e 0,874 μM , rispettivamente a 0 m di P20 MG10 e 70 m di P20 MG5.

Le concentrazioni dei fosfati sono quelle che presentano la maggior parte dei valori al limite della rilevabilità (**Tabella 1**) e esibiscono una scarse differenze tra le profondità. P20 MG6 e P20 MG12 presentano concentrazioni elevate a 12,5 e 70 m, dove si raggiunge il massimo stagionale pari a 0,091 μM (MG12 70m).

Anche i silicati presentano scarse variazioni tra le stazioni e le diverse profondità, con una tendenza all'aumento verso i 70 m dove si raggiunge il massimo di 1,430 μM in P20 MG5. La stazione P20 MG12 in generale è quella che presenta le concentrazioni minori.

In generale le concentrazioni confermano la oligo-mesotrofia di queste acque senza presentare anomalie imputabili alla presenza del Terminale.

Tabella 1 - Concentrazioni (μM) dei nutrienti inorganici disciolti.											
Stazione	Prof. m	SiO_2	PO_4	NO_2	NO_3	Stazione	Prof. m	SiO_2	PO_4	NO_2	NO_3
P20 MG3	0,5	0,848	<0,03	0,033	0,591	P20 MG9	0,5	0,779	<0,03	0,045	0,269
	12,5	0,816	0,038	<0,03	0,319		12,5	0,747	<0,03	<0,03	0,155
	50	0,815	<0,03	0,030	0,186		50	0,882	<0,03	0,036	0,170
	70	1,016	<0,03	<0,03	0,144		70	1,116	<0,03	<0,03	0,086
P20 MG5	0,5	1,019	<0,03	0,060	0,237	P20 MG10	0,5	0,831	<0,03	0,031	0,048
	12,5	0,807	<0,03	0,082	0,367		12,5	0,807	0,031	0,059	0,182
	50	0,842	<0,03	0,053	0,116		50	0,927	0,048	0,033	0,081
	70	1,430	<0,03	0,099	0,874		70	0,942	<0,03	<0,03	0,180
P20 MG6	0,5	0,837	0,031	<0,03	0,437	P20 MG12	0,5	0,674	<0,03	<0,03	0,115
	12,5	0,790	0,054	<0,03	0,659		12,5	0,637	0,032	<0,03	0,151
	50	0,891	0,033	<0,03	0,244		50	0,741	<0,03	0,065	0,157
	70	1,072	0,038	<0,03	0,315		70	0,973	0,091	0,048	0,181
P20 MG7	0,5	0,927	<0,03	0,037	0,136	P20 MG13	0,5	0,803	0,039	0,074	0,809
	12,5	0,753	0,042	0,049	0,317		12,5	0,766	<0,03	0,050	0,426
	50	0,831	0,031	0,033	0,349		50	0,943	<0,03	0,062	0,443
	70	0,934	0,032	<0,03	0,081		70	1,033	0,035	0,037	0,297

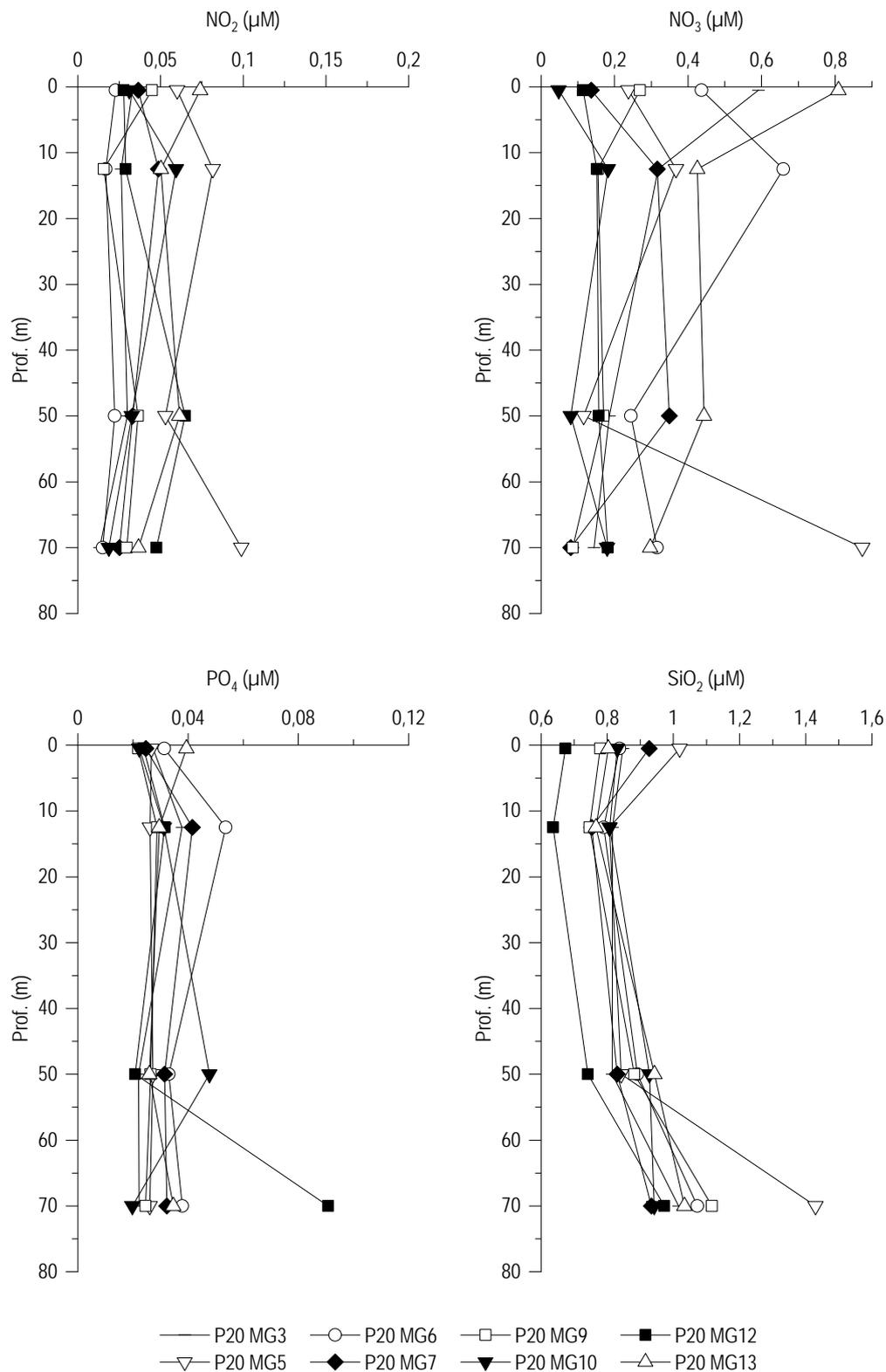


Figura 5 - Profili delle concentrazioni (μM) dei nutrienti inorganici disciolti: NO_2 (nitriti), NO_3 (nitrati), PO_4 (fosfati), SiO_2 (silicati).

Solidi sospesi (Total Suspended Matter)

Le concentrazioni di TSM in tutte le stazioni sono riportate in Tabella 2. Il valore medio generale è $1,12 \text{ mg/l}$ ($\pm 0,836$), il minimo è $0,446 \text{ mg/l}$ in P20 MG5 in superficie ed il massimo è $4,46 \text{ mg/l}$ in P20 MG10 12,5 m, valori confrontabili con le precedenti campagne primaverili.

Tabella 2 - Concentrazioni (mg/l) dei solidi sospesi (TSM).				
Prof. m	Stazione	TSM (mg/l)	Stazione	TSM (mg/l)
0,5	P20 MG3	0,6787	P20 MG9	0,9307
12,5		0,9877		0,7657
50		0,6999		0,5709
70		0,8597		0,8577
0,5	P20 MG5	0,4463	P20 MG10	0,7371
12,5		2,0668		4,4614
50		0,6926		1,1662
70		3,2413		0,6796
0,5	P20 MG6	0,5281	P20 MG12	0,8748
12,5		0,8911		0,8808
50		1,0578		0,7573
70		1,1523		0,8303
0,5	P20 MG7	0,6857	P20 MG13	1,0926
12,5		2,5067		1,2458
50		0,7849		0,7988
70		0,9857		0,9571

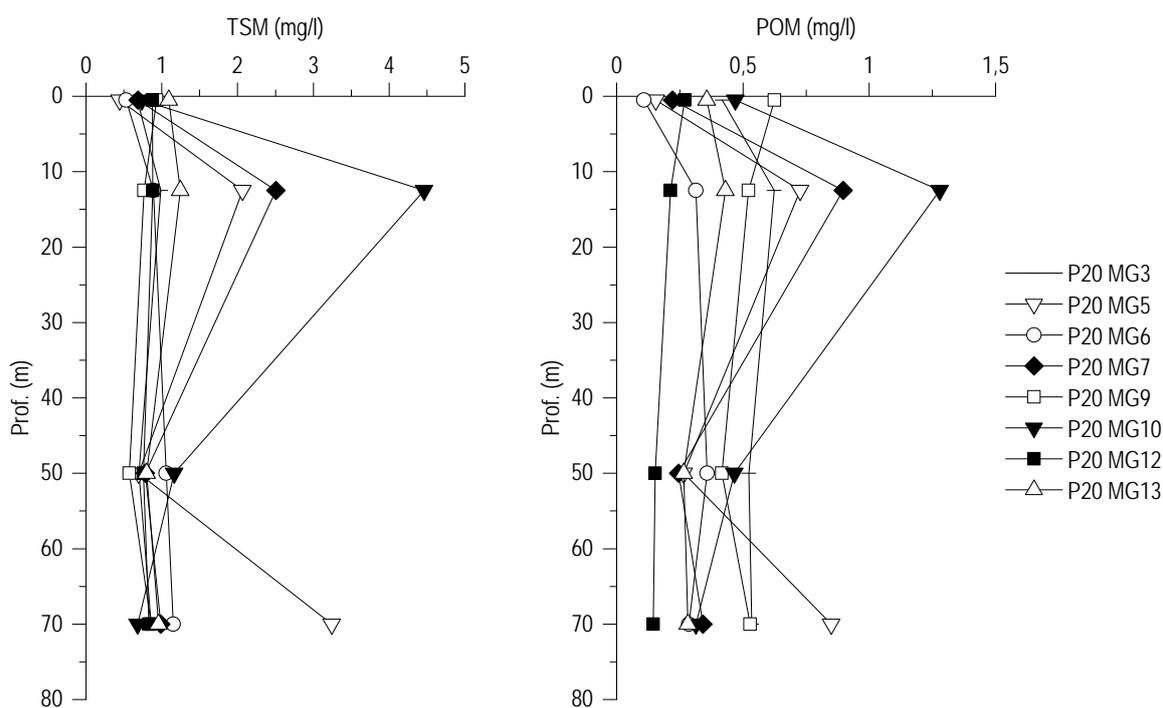


Figura 6 - Profili delle concentrazioni (mg/l) dei solidi sospesi (TSM) e delle concentrazioni di particolato organico (POM).

I profili batimetrici di TSM (Figura 6) mostrano massimi prevalentemente tra 0,5 e 12,5 m; si evidenzia, come per i nutrienti, un massimo a 70 m di P20 MG5.

La concentrazione della frazione organica del TSM (POM) è in media 0,422 mg/l ($\pm 0,247$) con minimo di 0,109 mg/l in P20 MG6 in superficie e massimo di 1,28 mg/l in P20 MG10 a 12,5 m. I profili batimetrici del POM (Figura 6) seguono l'andamento del TSM. La frazione organica particellata rappresenta in media il 41,11% del TSM, tra 17,47% in P20 MG12 70 m e 74,68 % in P20 MG3 50 m. Non si rilevano anomalie dovute a particolari aumenti di concentrazione.

Sostanza Organica Disciolta Cromoforica (CDOM)

Gli assorbimenti della CDOM a 325 nm $a_{CDOM}(325)$ variano intorno ad una media di $0,275 \text{ m}^{-1} (\pm 0,007)$, da un minimo di $0,162 \text{ m}^{-1}$ in P20 MG6 70 m ad un massimo di $0,425 \text{ m}^{-1}$ in P20 MG7 in superficie (Tabella 3). I profili batimetrici (Figura 7) presentano una certa variabilità nello strato 0,5-12,5 m, come atteso, dove si hanno generalmente i massimi, mentre a 70 m si registrano i valori minimi. Anche in questo caso i valori non si discostano da quelli rilevati nelle primavere precedenti e non si presentano particolari aumenti.

Tabella 3 - Assorbimento (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	P20 MG3	0,3556	P20 MG9	0,1962
12,5		0,3326		0,3031
50		0,3130		0,3062
70		0,1966		0,1824
0,5	P20 MG5	0,2798	P20 MG10	0,2228
12,5		0,2290		0,2077
50		0,3402		0,3054
70		0,2351		0,1927
0,5	P20 MG6	0,3258	P20 MG12	0,2030
12,5		0,3528		0,4058
50		0,3901		0,3094
70		0,1617		0,1816
0,5	P20 MG7	0,4248	P20 MG13	0,1966
12,5		0,1953		0,2988
50		0,3502		0,2893
70		0,2289		0,2748

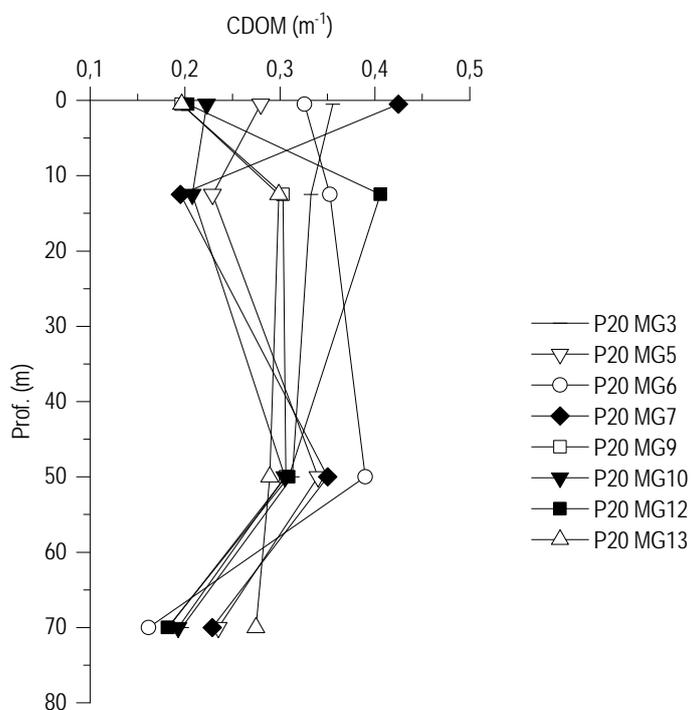


Figura 7 - Profili degli assorbimenti (m^{-1}) della CDOM a 325 nm ($a_{CDOM}(325)$).

Clorofilla *a* e diversità pigmentaria

La concentrazione di clorofilla *a* è in media 0,0688 mg/m³ (dev. st. = ± 0,06) e mostra un range di variazione compreso tra un minimo di 0,0126 mg/m³ in P20 MG7 12,5 m ed un massimo di 0,2232 mg/m³ in P20 MG5 70 m (Tabella 4). I profili batimetrici (Figura 8) mostrano tutti la stessa configurazione con minimi superficiali e massimi profondi a 70 m, come atteso in relazione alla fase stagionale già praticamente estiva (fine giugno). Non si evidenziano anomalie né nelle concentrazioni né nella distribuzione verticale.

Tabella 4 - Concentrazioni (mg/m ³) della Clorofilla <i>a</i> totale (Chl <i>a</i> tot = Clorofilla <i>a</i> + Divinil Clorofilla <i>a</i> + Alloclorofilla <i>a</i> , se presenti).				
Prof. m	Stazione	Chl <i>a</i> mg/m ³	Stazione	Chl <i>a</i> mg/m ³
0,5	P20 MG3	0,0463	P20 MG9	0,0457
12,5		0,0401		0,0301
50		0,0436		0,0580
70		0,1513		0,1645
0,5	P20 MG5	0,0237	P20 MG10	0,0440
12,5		0,0306		0,0276
50		0,0724		0,0547
70		0,2232		0,1881
0,5	P20 MG6	0,0488	P20 MG12	0,0501
12,5		0,0446		0,0382
50		0,0289		0,0365
70		0,1070		0,1046
0,5	P20 MG7	0,0162	P20 MG13	0,0363
12,5		0,0126		0,0298
50		0,0318		0,0440
70		0,1455		0,1816

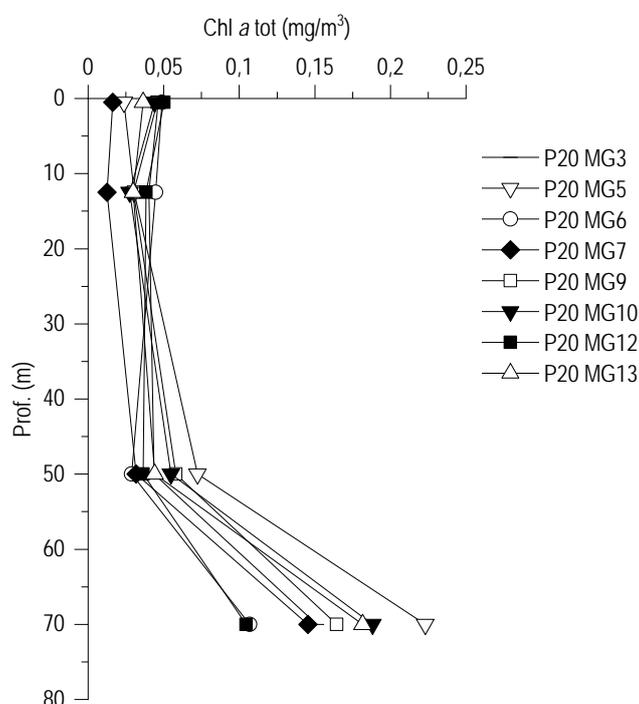


Figura 8 - Profili delle concentrazioni (mg/m³) di clorofilla *a* tot.

Le concentrazioni dei nove principali pigmenti diagnostici sono riportate in **Tabella 5**. Il pigmento a maggiore concentrazione media (mg/m^3) è Chl *b*, (media 0,037, dev. st. = $\pm 0,026$), seguono Zea (media 0,0313, dev. st. = $\pm 0,0204$), Perid (media 0,019, dev. st. = $\pm 0,015$), Hex-Fuco (media 0,0166, dev. st. = $\pm 0,015$), DVA (media 0,011, dev. st. = $\pm 0,016$), But-Fuco (media 0,0062, dev. st. = $\pm 0,006$), Fuco (media 0,0020, dev. st. = $\pm 0,001$), le concentrazioni di Prasino e Allo sono spesso prossime allo zero.

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 9**).

Tabella 5 - Concentrazioni (mg/m^3) dei principali pigmenti diagnostici fitoplanctonici (acronimi in Tabella 7).										
Stazione	Prof.m	Fuco	Perid	Hex-Fuco	But-Fuco	Prasino	Allo	Zea	DVA	Chl b
P20 MG3	0,5	0,0017	0,0156	0,0102	0,0039	0,0004	0,0000	0,0105	0,0000	0,0238
	12,5	0,0020	0,0165	0,0123	0,0058	0,0002	0,0002	0,0260	0,0000	0,0276
	50	0,0014	0,0154	0,0115	0,0043	0,0002	0,0002	0,0313	0,0040	0,0273
	70	0,0034	0,0163	0,0305	0,0143	0,0014	0,0007	0,0643	0,0337	0,0465
P20 MG5	0,5	0,0009	0,0148	0,0047	0,0006	0,0005	0,0003	0,0105	0,0000	0,0207
	12,5	0,0017	0,0158	0,0081	0,0050	0,0004	0,0003	0,0269	0,0000	0,0183
	50	0,0011	0,0177	0,0098	0,0044	0,0007	0,0004	0,0286	0,0329	0,0282
	70	0,0052	0,0165	0,0630	0,0240	0,0020	0,0009	0,0747	0,0461	0,0608
P20 MG6	0,5	0,0004	0,0161	0,0028	0,0010	0,0000	0,0002	0,0072	0,0000	0,0244
	12,5	0,0005	0,0174	0,0072	0,0007	0,0000	0,0003	0,0100	0,0000	0,0094
	50	0,0021	0,0158	0,0087	0,0021	0,0004	0,0005	0,0077	0,0030	0,0155
	70	0,0022	0,0169	0,0276	0,0127	0,0013	0,0007	0,0249	0,0183	0,0391
P20 MG7	0,5	0,0003	0,0164	0,0041	0,0009	0,0002	0,0011	0,0067	0,0000	0,0229
	12,5	0,0009	0,0162	0,0063	0,0039	0,0000	0,0008	0,0088	0,0000	0,0193
	50	0,0010	0,0158	0,0086	0,0032	0,0004	0,0003	0,0204	0,0061	0,0238
	70	0,0044	0,0159	0,0487	0,0173	0,0016	0,0013	0,0436	0,0290	0,0464
P20 MG9	0,5	0,0024	0,0163	0,0088	0,0041	0,0002	0,0003	0,0139	0,0000	0,0236
	12,5	0,0012	0,0160	0,0072	0,0021	0,0002	0,0006	0,0265	0,0000	0,0230
	50	0,0018	0,0176	0,0143	0,0048	0,0010	0,0003	0,0393	0,0082	0,0332
	70	0,0031	0,0164	0,0352	0,0141	0,0027	0,0009	0,0548	0,0373	0,0581
P20 MG10	0,5	0,0025	0,0156	0,0108	0,0034	0,0005	0,0002	0,0188	0,0000	0,0317
	12,5	0,0008	0,0165	0,0061	0,0015	0,0001	0,0007	0,0298	0,0021	0,0280
	50	0,0019	0,0165	0,0123	0,0039	0,0011	0,0005	0,0358	0,0075	0,0244
	70	0,0037	0,0156	0,0387	0,0177	0,0026	0,0009	0,0794	0,0518	0,0734
P20 MG12	0,5	0,0021	0,0154	0,0086	0,0034	0,0005	0,0003	0,0180	0,0000	0,0272
	12,5	0,0016	0,0159	0,0086	0,0022	0,0003	0,0004	0,0270	0,0027	0,0326
	50	0,0014	0,0154	0,0083	0,0024	0,0003	0,0003	0,0294	0,0037	0,0323
	70	0,0030	0,0177	0,0258	0,0112	0,0010	0,0006	0,0541	0,0252	0,0350
P20 MG13	0,5	0,0037	0,1003	0,0160	0,0027	0,0076	0,0000	0,0613	0,0000	0,1510
	12,5	0,0017	0,0162	0,0075	0,0016	0,0001	0,0006	0,0175	0,0000	0,0612
	50	0,0018	0,0178	0,0128	0,0041	0,0004	0,0004	0,0340	0,0046	0,0284
	70	0,0037	0,0205	0,0456	0,0157	0,0024	0,0009	0,0591	0,0371	0,0660

Chl *b* (Chlorophyta) costituisce in media circa il 31,09% della diversità pigmentaria, prevalendo soprattutto nello strato 50-70 m piuttosto che a 0,5-12,5 m. Seguono poi Zea (Cyanobatteri *Synechococcus*-like) con in media il 24,72% e Perid (dinoflagellati) con 18,46%, confermando la situazione stagionale già estiva che prevede un aumento dei dinoflagellati e della componente picoplanctonica. Gli altri pigmenti variano nel loro contributo tra circa il 12,4% di Hex-Fuco (Haptophyta) e circa il 2% per Fuco (diatomee), rappresentando comunque la sempre notevole diversità tassonomica fitoplanctonica. La somma dei due pigmenti diagnostici della componente dei Cyanobatteri picoplanctonici Zea e DVA fa aumentare il loro contributo a circa il 31%, maggiormente in profondità, come atteso in un popolamento già estivo.

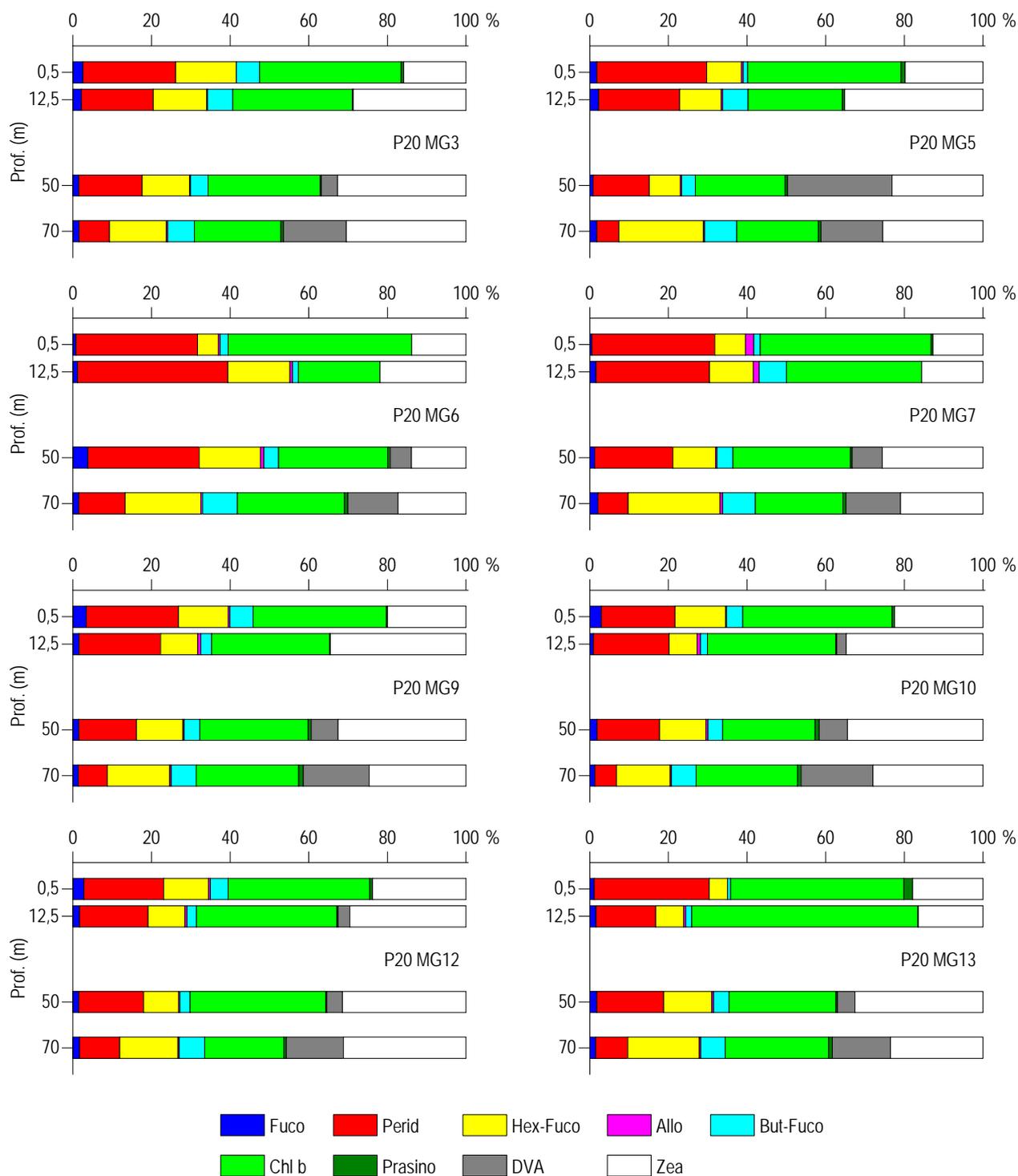


Figura 9 – Concentrazione relativa dei singoli pigmenti diagnostici in rapporto al totale delle concentrazioni dei nove Pigmenti Diagnostici (PD= Fuco+Perid+Hex-Fuco+But-Fuco+Allo+Prasino+Chlb+DVA+Zea).

Tensioattivi

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

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

	P20 MG3				P20 MG5				P20 MG6				P20 MG7			
Profondità	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70
tensioattivi anionici	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
tensioattivi non ionici	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03

	P20 MG9				P20 MG10				P20 MG12				P20 MG13			
Profondità	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70
tensioattivi anionici	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
tensioattivi non ionici	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03

Cloroderivati

Questi composti non sono stati rilevati (Tabella 7).

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

	P20 MG3				P20 MG5				P20 MG6				P20 MG7			
Profondità (m)	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70
Acidi aloacetici (µg/l)																
Dalapon	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Dibromoacetico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Tribromoacetico	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<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
Aloacetoniitrili (µg/l)																
Dibromoacetoniitrile	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Dicloroacetoniitrile	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Tricloroacetoniitrile	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
1,1,1-Tricloro-2-Propanone	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
1,1-Dicloro-2-Propanone	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Cloropicrina	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Alometani e VOC (µg/l)																
Cloroformio	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Carbonio Tetracloruro	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Tricloro Etilene	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Dicloro Bromo Metano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Tetracloro Etilene	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Dibromo Cloro Metano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Bromoformio	0,07	0,05	0,07	0,03	<0,01	0,04	0,03	0,04	0,03	0,05	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03
1,2-Dibromo Etano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,1,1-Tricloro Etano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,1,2-Tricloro Etano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Alofenoli (µg/l)																
2,4-Diclorofenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
4-Cloro-3-Metilfenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
2,4,6-Triclorofenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Pentaclorofenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2

	P20 MG9				P20 MG10				P20 MG12				P20 MG13			
Profondità (m)	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70
Acidi aloacetici (µg/l)																
Dalapon	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Dibromoacetico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Tribromoacetico	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<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

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

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
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
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
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
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
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
Aloacetoniirili (µg/l)															
Dibromoacetoniirile	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Dicloroacetoniirile	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Tricloroacetoniirile	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 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
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
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
Alometani e VOC (µg/l)															
Cloroformio	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
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
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
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
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
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
Bromoformio	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03	0,37	0,04	0,04
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
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
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
Alofenoli (µg/l)															
2,4-Diclorofenolo	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
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
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
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

Idrocarburi totali

Nella seguente tabella sono riportati i risultati ottenuti dalla ricerca degli idrocarburi totali (Tabella 8). Questi composti sono stati rilevati ovunque con un leggero, diffuso aumento rispetto alla precedente campagna.

Dal calcolo dei valori medi dei corrispondenti livelli effettuato tra stazioni poste alla medesima distanza (MG6, MG7, MG12, MG13 vs MG9, MG10 vs MG3, MG5) non si ottengono differenze rilevanti da testimoniare un effetto dell'FSRU su questi contaminanti.

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.

P20 MG3				P20 MG5				P20 MG6				P20 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
386,6	463,7	460,8	434,1	370,7	372,3	467,8	403,7	384,0	397,9	356,3	347,4	669,1	475,8	483,7	454,3
P20 MG9				P20 MG10				P20 MG12				P20 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
346,7	348,2	424,0	357,2	412,5	346,1	364,8	446,9	390,3	555,6	520,5	449,5	408,6	382,7	418,7	341,6

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.

	P20 MG3	P20 MG5	P20 MG6	P20 MG7	P20 MG9	P20 MG10	P20 MG12	P20 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 39 cell/ml variando tra circa 13 cell/ml in P20 MG6 0,5 m a circa 65 cell/ml in P20 MG13 70 m (**Tabella 10**), valori generalmente bassi come atteso dalla stagione in queste acque.

L'andamento delle densità lungo la colonna d'acqua mostra minimi tra 0,5 e 12,5 m e massimi a 70 m (**Figura 10**). Mediamente le maggiori abbondanze sono date (**Tabella 10**) dal gruppo denominato "Altro plancton" costituito dalle classi di nanoflagellati (Cryptophyceae, Chrysophyceae, Dictyochophyceae, Chlorophyceae, Euglenoidea, Prasinophyceae, Prymnesiophyceae non Coccolitofori, Cyanophyceae più i flagellati non identificati) che varia circa tra 2 (P20 MG6 0,5 m) e 36 cell/ml (P20 MG13 70 m). Il gruppo "Altro plancton" rappresenta in media il 36,5% e contribuisce maggiormente in profondità (**Figura 11**), soprattutto per la presenza di *Phaeocystis* sp. (sia in forma flagellata che in forma coloniale), *Telonema* sp., *Leucocryptos marina* e *Pyramimonas* spp. (Chlorophyta)

La classe più abbondante (**Tabella 10**) è quella dei dinoflagellati che varia tra circa 3 (P20 MG6 50 m) e 17 cell/ml (P20 MG10 50 m), confermando la presenza del pigmento Peridinina (**Figura 9**). I dinoflagellati, in media il 29% (**Figura 11**), sono rappresentati da Gymnodiniaceae e da abbondanti forme tectate come *Heterocapsa minima*, *Heterocapsa rotundata* ed *Oxytoxum variabile*.

Il gruppo dei coccolitofori varia tra circa 3 (P20 MG6 0,5 m) e 18 cell/ml (P20 MG10 70 m) rappresentando circa un 24% del popolamento (**Figura 11**) con la dominanza di *Emiliania huxleyi* e la presenza di altre specie (*Helladosphaera cornifera*, *Calyptrosphaera oblonga*, *Zygosphaera hellenica*).

Le diatomee infine, sono la classe meno abbondante (**Tabella 10**) variando tra circa 2 (P20 MG6 70 m) e 7 cell/ml (P20 MG750 m) e contribuiscono mediamente per un 11% (**Figura 11**) con maggiore presenza in superficie. Le specie più presenti sono note per una maggiore presenza estiva, come *Thalassionema frauenfeldii*, *Proboscia alata*, *Pseudonitzschia galaxiae*, e *Fragilariopsis* spp.

Tabella 10 - Densità fitoplanctonica totale (cell/ml) e delle classi o gruppi identificati.						
Stazione	prof. (m)	Diatomee	Dinoflagellati	Coccolitofori	Altro	Totale
P20 MG6	0,5	2,61	4,79	3,40	1,88	12,67
	12,5	3,42	3,15	10,64	2,69	19,90
	50	3,71	2,89	4,34	1,95	12,89
	70	1,86	5,93	6,71	7,79	22,29
P20 MG7	0,5	4,09	14,54	6,65	8,72	34,00
	12,5	4,99	6,23	12,74	5,96	29,91
	50	7,37	9,95	6,69	8,41	32,42
	70	2,58	10,37	15,59	13,85	42,40
P20 MG10	0,5	4,78	16,34	4,99	15,65	41,75
	12,5	1,87	16,55	12,95	13,50	44,87
	50	5,03	17,44	7,58	23,07	53,11
	70	2,57	17,03	18,38	23,33	61,32
P20 MG12	0,5	5,26	15,21	4,81	23,46	48,74
	12,5	6,37	13,21	11,55	15,36	46,49
	50	5,25	14,12	6,96	20,16	46,50
	70	3,69	11,47	13,28	18,24	46,68
P20 MG13	0,5	3,85	6,40	6,34	7,21	23,80
	12,5	4,43	12,26	11,01	16,27	43,97
	50	6,54	12,13	5,15	17,60	41,42
	70	2,59	13,74	12,41	35,84	64,58

Sono stati identificati in totale, a diverso livello tassonomico, 211 taxa (più la categoria Flagellati indeterminati) (**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 85 specie e 5 forme identificate a livello di genere. Le diatomee sono rappresentate da 47 specie e 8 forme identificate a livello di genere. I coccolitofori, infine, risultano meno diversificati con 28 specie insieme a 4 forme individuate a livello di genere. Il popolamento fitoplanctonico della primavera 2020 presenta valori di diversità specifica (Shannon) e valori di equitabilità (Pielou) che variano, rispettivamente tra 3,77 e 4,99 bit/cell e tra 0,63 e 0,91. Si evidenziano quindi popolamenti con alta diversità ed equitabilità, come è da aspettarsi nella normale assenza di fioriture della stagione indagata.

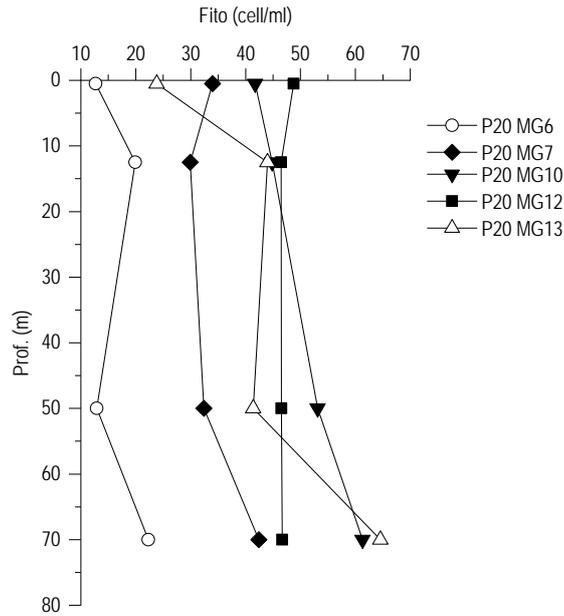


Figura 10 - Profili delle densità fitoplanctoniche totali (cell/ml).

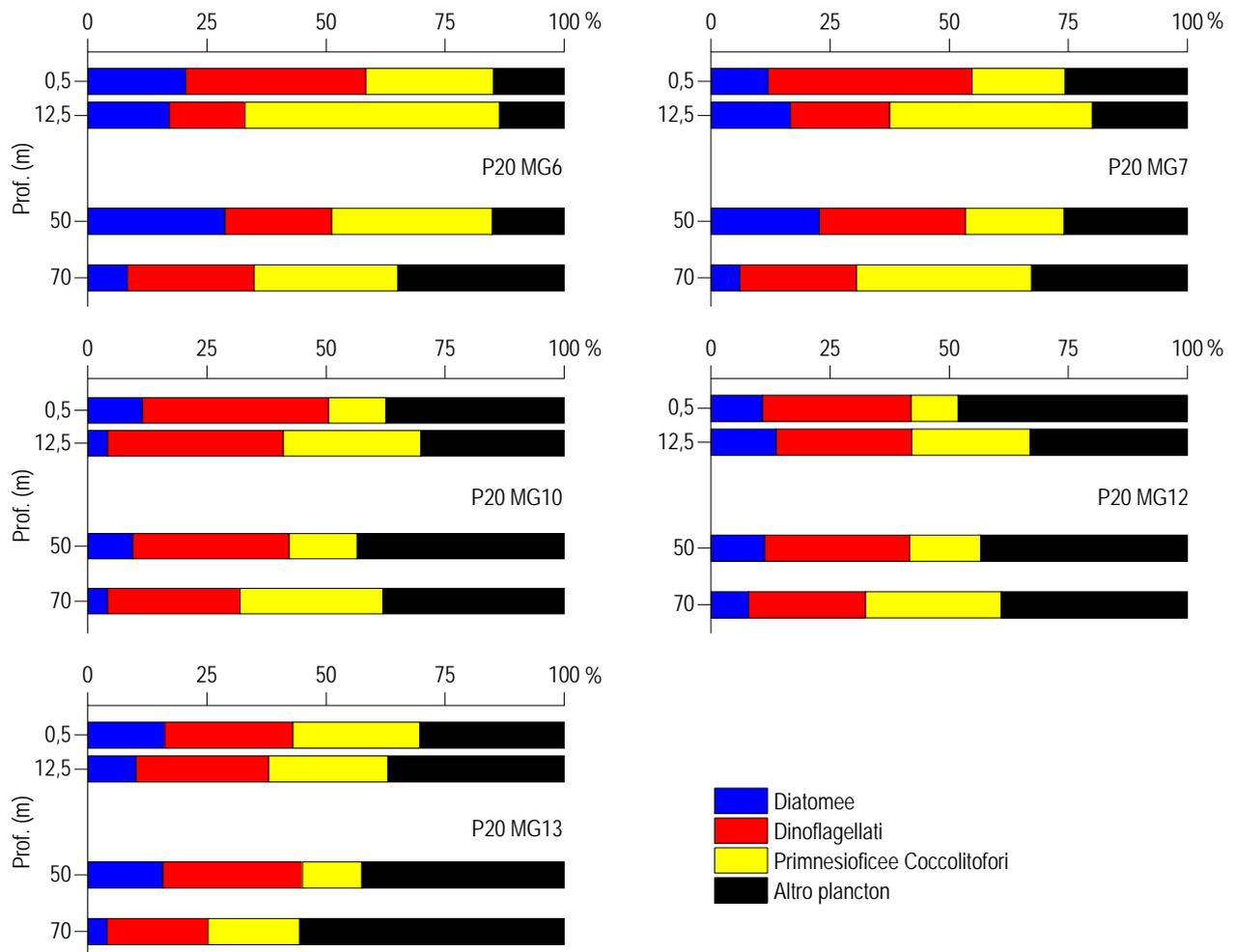


Figura 11 – Abbondanza relativa delle classi fitoplanctoniche indicate in legenda in rapporto all'abbondanza totale.

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

Classe	Specie	Generi	Categorie superiori*
Diatomee	47	8	4
Dinoflagellati	85	5	4
Prymnesiophyceae coccolitofori	28	4	1
Cryptophyceae	1		1
Chrysophyceae/Dictyochophyceae	4		1
Chlorophyta/Euglenoidea	2		1
Prasinophyceae	3	2	
Prymnesiophyceae non coccolitofori		1	
Cyanophyceae	1	2	
Raphidophyceae	3		
Altro	2	1	
Totale	176	23	12

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

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

DIATOMEE		
<i>Amphora crassa</i> Gregory 1857	Diatomee centriche $\leq 20 \mu\text{m n.i.}$	<i>Nitzschia</i> spp.
<i>Amphora dubia</i> Gregory 1857	Diatomee pennate $\leq 20 \mu\text{m n.i.}$	<i>Plagiotropis</i> sp.
<i>Bacteriastrium delicatulum</i> Cleve 1897	Diatomee pennate $> 20 \mu\text{m n.i.}$	<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström 1986
<i>Bacteriastrium hyalinum</i> Lauder 1864	<i>Diploneis crabro</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1854	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cleve) Heiden 1928
<i>Chaetoceros atlanticus</i> Cleve 1873	<i>Diploneis</i> spp.	<i>Pseudo-nitzschia galaxiae</i> Lundholm & Moestrup 2002
<i>Chaetoceros compressus</i> Lauder 1864	<i>Fragilariopsis doliulus</i> (Wallich) Medlin & Sims 1993	<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle 1993
<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve 1889	<i>Fragilariopsis</i> spp.	<i>Pseudo-nitzschia subfraudulenta</i> (Hasle) Hasle 1993
<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve 1873	<i>Guinardia flaccida</i> (Castracane) Peragallo 1892	<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultze) Sundström 1986
<i>Chaetoceros lacinosus</i> Schütt 1895	<i>Haslea wawriake</i> (Hustedt) Simonsen 1974	<i>Rhizosolenia decipiens</i> Sundström 1986
<i>Chaetoceros lauderi</i> Ralfs 1864	<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow ex Van Heurck 1882	<i>Rhizosolenia hebetata</i> f. <i>semispina</i> (Hensen) Gran 1905
<i>Chaetoceros pendulus</i> Karsten 1905	<i>Hemidiscus cuneiformis</i> Wallich 1860	<i>Rhizosolenia</i> sp.
<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell 1856	<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve 1889	<i>Synedra</i> cf. <i>affinis</i> Kützing 1844
<i>Chaetoceros simplex</i> Ostenfeld 1901	<i>Leptocylindrus mediterraneus</i> (Peragallo) Hasle 1975	<i>Thalassionema</i> cf. <i>bacillare</i> (Heiden) Kolbe 1955
<i>Chaetoceros</i> spp.	<i>Lithodesmium undulatum</i> Ehrenberg 1839	<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Hallegraeff 1986
<i>Chaetoceros viviparvus</i> Schiller	<i>Mastogloia dansei</i> (Thwaites) Thwaites ex Smith 1856	<i>Thalassiosira angulata</i> (Gregory) Hasle 1978
<i>Coscinodiscus lineatus</i> Ehrenberg 1841	<i>Navicula</i> cf. <i>transitans</i> Heimdal 1970	<i>Thalassiosira anguste-lineata</i> (Schmidt) Fryxell & Hasle 1977
<i>Ctenophora pulchella</i> (Ralfs ex Kützing) Williams & Round 1986	<i>Navicula</i> spp.	<i>Thalassiosira delicatula</i> Ostenfeld 1908
<i>Dactyliosolen fragillissimus</i> (Bergon) Hasle 1996	<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs 1861	<i>Thalassiosira</i> spp.
<i>Dactyliosolen phuketensis</i> (Sundstrom) Hasle 1996	<i>Nitzschia recta</i> Hantzsch ex Rabenhors 1862	<i>Thalassiothrix longissima</i> Cleve & Grunow 1880
<i>Diatomea pennata</i> n.i. (forma p)	<i>Nitzschia sicula</i> (Castracane) Hustedt	
DINOFLAGELLATI		
<i>Achrada pulchra</i> Lohmann 1903	<i>Gonyaulax monospina</i> Rampi 1952	<i>Oxytoxum globosum</i> Schiller
<i>Akashiwo sanguinea</i> (Hirasaka) Hansen & Moestrup 2000	<i>Gonyaulax sphaeroidea</i> Kofoid 1911	<i>Oxytoxum longum</i> Schiller 1937
<i>Alexandrium</i> cf. <i>minutum</i> Halim 1960	<i>Gonyaulax spinifera</i> (Claparède & Lachmann) Diesing 1866	<i>Oxytoxum mediterraneum</i> Schiller
<i>Alexandrium ostenfeldii</i> (Paulsen) Balech & Tangen 1985	Gymnodiniaceae $\leq 20 \mu\text{m n.i.}$	<i>Oxytoxum scolopax</i> Stein 1883
<i>Alexandrium tamarense</i> (Lebour) Balech 1995	Gymnodiniaceae $> 20 \mu\text{m n.i.}$	<i>Oxytoxum sphaeroideum</i> Stein 1883
<i>Alexandrium tamutum</i> Montesor, Beran & John 2004	<i>Gyrodinium aciculatum</i> Hansen & Larsen 1992	<i>Oxytoxum strophalatum</i> Dodge & Saunders 1985
<i>Amphidinium</i> cf. <i>globosum</i> Schröder 1911	<i>Gyrodinium fusiforme</i> Kofoid & Swezy 1921	<i>Oxytoxum variabile</i> Schiller 1937
<i>Amphidinium</i> cf. <i>sphenoides</i> Wulff 1916	<i>Gyrodinium</i> spp.	<i>Oxytoxum gladiolus</i> Stein 1883
<i>Amphidinium</i> spp.	<i>Heterocapsa circularisquama</i> Horiguchi 1995	<i>Oxytoxum viride</i> Schiller 1937
<i>Azadinium caudatum</i> var. <i>margalefii</i> Nézan & Chomérat 2012	<i>Heterocapsa illdefina</i> (Herman & Sweeney) Morrill & Loeblich III 1981	<i>Phalacroma rotundatum</i> (Claparède & Lachmann) Kofoid & Michener 1911
<i>Azadinium dalianense</i> Zhaohe Luo, Haifeng Gu & Tillmann 2013	<i>Heterocapsa lanceolata</i> Iwataki & Fukuyo 2002	<i>Pronoctiluca pelagica</i> Fabre-Domergue 1889
<i>Azadinium spinosum</i> Elbrächter & Tillmann 2009	<i>Heterocapsa minima</i> Pomroy 1989	<i>Prorocentrum balticum</i> (Lohmann) Loeblich 1970
<i>Azadinium cuneatum</i> Tillmann & Nézan 2014	<i>Heterocapsa niei</i> (Loeblich III) Morrill & Loeblich III 1981	<i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) Abé ex Dodge 1975
<i>Ceratocorys horrida</i> Stein 1883	<i>Heterocapsa orientalis</i> Iwataki Botes & Fukuyo 2003	<i>Prorocentrum gracile</i> Schütt 1895
<i>Cladopyxis brachiolata</i> Stein 1883	<i>Heterocapsa rotundata</i> (Lohmann) Hansen 1995	<i>Prorocentrum lima</i> (Ehrenberg) Stein 1878
<i>Cochlodinium pulchellum</i> Lebour 1917	<i>Heterocapsa triquetra</i> (Ehrenberg) Stein 1883	<i>Prorocentrum maximum</i> (Gourret) Schiller 1937
<i>Cochlodinium pupa</i> Lebour 1925	<i>Histioneis hyalina</i> Kofoid & Michener 1911	<i>Prorocentrum rathymum</i> Loeblich, Sherley & Schmidt 1979
<i>Cochlodinium</i> sp.	<i>Karenia brevis</i> (Davis) Hansen & Moestrup 2000	<i>Prorocentrum vaginula</i> (Stein) Dodge 1975
<i>Corythodinium tessellatum</i> (Stein) Loeblich Jr. & Loeblich III 1966	<i>Karenia mikimotoi</i> (Miyake & Kominami ex Oda) Hansen & Moestrup 2000	<i>Protoperidinium crassipes</i> (Kofoid) Balech 1974
<i>Dicroerisma psilonereia</i> Taylor & Cattell 1969	<i>Karenia</i> spp.	<i>Protoperidinium divergens</i> (Ehrenberg) Balech 1974
Dinoflagellati tectati $\leq 20 \mu\text{m n.i.}$	<i>Lessardia elongata</i> Saldarriaga & Taylor 2003	<i>Protoperidinium ovum</i> (Schiller) Balech 1974
Dinoflagellati tectati $> 20 \mu\text{m n.i.}$	<i>Mesoporos adriaticus</i> (Schiller) Lillick	<i>Protoperidinium pentagonum</i> (Gran 1902) Balech 1974
<i>Dinophysis operculoides</i> (Schütt) Balech 1967	<i>Mesoporos perforatus</i> (Gran) Lillick 1937	<i>Protoperidinium pyriforme</i> (Paulsen) Balech 1974
<i>Dinophysis parvula</i> (Schütt) Balech 1967	<i>Micracanthodinium setiferum</i> (Lohmann) Deflandre 1937	<i>Protoperidinium steinii</i> (Jørgensen) Balech 1974
<i>Dinophysis planiceps</i> (Schiller) Balech 1967	<i>Neoceratium concilians</i> (Jørgensen) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Protoperidinium tuba</i> (Schiller) Balech 1974
<i>Dinophysis schroederi</i> Pavillard 1909	<i>Neoceratium fusus</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Pyrocystis lunula</i> (Schütt) Schütt 1896
<i>Dinophysis sphaerica</i> Stein 1883	<i>Neoceratium massiliense</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Scrippsiella spinifera</i> Honsell & Cabrini 1991

Tabella 12 - Lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative microscopiche.		
<i>Gonyaulax digitale</i> (Pouchet) Kofoid 1911	<i>Oxytoxum areolatum</i> Rampi 1941	<i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Balech ex Loeblich III 1965
<i>Gonyaulax elegans</i> Rampi 1951	<i>Oxytoxum caudatum</i> Schiller 1937	<i>Torodinium robustum</i> Kofoid & Swezy 1921
<i>Gonyaulax ligustica</i> Rampi 1951	<i>Oxytoxum coronatum</i> Schiller 1937	<i>Warnovia</i> sp.
<i>Gonyaulax minima</i> Matzenauer	<i>Oxytoxum crassum</i> Schiller 1937	
<i>Gonyaulax monacantha</i> Pavillard 1916	<i>Oxytoxum curvatum</i> (Kofoid) Kofoid 1911	
PRYMNESIOPHYCEAE COCCOLITOFORI		
<i>Acanthoica quattrosina</i> Lohmann 1903	<i>Coronosphaera</i> sp.	<i>Pontosphaera</i> sp.
<i>Algirosphaera robusta</i> (Lohmann) Norris 1984	<i>Coronosphaera maxima</i> (Halldal & Markali) Gaarder 1977	<i>Pontosphaera syracusana</i> Lohmann 1902
<i>Alisphaera ordinata</i> (Kamptner) Heimdal 1973	<i>Cyrtosphaera aculeata</i> (Kamptner) Kleijne 1992	<i>Rhabdosphaera clavigera</i> Murray & Blackman 1898
<i>Anacanthoica acanthos</i> (Schiller) Deflandre 1952	<i>Daktylethra pirus</i> (Kamptner) Norris 1985	<i>Sphaerocalyptra quadridentata</i> (Schiller) Deflandre 1952
<i>Anthosphaera fragaria</i> Kamptner 1937	<i>Discosphaera tubifer</i> (Murray & Blackman) Ostenfeld 1900	<i>Syracosphaera anthos</i> (Lohman) Janin 1987
<i>Calcidiscus leptoporus</i> (Murray & Blackman) Loeblich & Tappan 1978	<i>Emiliana huxleyi</i> (Lohmann) Hay & Mohler 1967	<i>Syracosphaera</i> cf. <i>molischii</i> Schiller 1925
<i>Calyptosphaera oblonga</i> Lohmann 1902	<i>Florisphaera profunda</i> Okada & Honjo 1973	<i>Syracosphaera histrica</i> Kamptner 1941
<i>Calyptosphaera sphaeroidea</i> Schiller 1913	<i>Helicosphaera carterii</i> (Wallich) Kamptner 1954	<i>Syracosphaera prolongata</i> Gran ex Lohmann 1913
Coccolitofori $\leq 10 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Helladosphaera cornifera</i> (Schiller) Kamptner 1937	<i>Syracosphaera pulchra</i> Lohmann 1902
<i>Corisphaera</i> spp.	<i>Ophiaster hydroideus</i> (Lohmann) Lohmann 1913	<i>Zygospaera hellenica</i> Kamptner 1937
<i>Coronosphaera mediterranea</i> (Lohmann) Gaarder 1977	<i>Periphylophora mirabilis</i> (Schiller) Kamptner 1937	<i>Zygospaera</i> sp.
CRYPTOPHYCEAE		
Cryptophyceae n.i.	<i>Plagioselmis prolunga</i> Butcher ex Novarino, Lucas & Morrall 1994	
CHRYSTOPHYCEAE/DICTYOCOPHYCEAE		
Chrysophyceae spp. <10	<i>Meringosphaera mediterranea</i> Lohmann 1902	<i>Ollicola vangoorii</i> (Conrad) Vørs 1992
<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg 1839	<i>Meringosphaera tenerima</i> Schiller 1925	
PRASINOPHYCEAE		
<i>Halosphaera viridis</i> Schmitz 1878	<i>Pseudoscourfieldia marina</i> (Thronsdens) Manton 1975	<i>Tetraselmis</i> sp.
<i>Pachysphaera pelagica</i> Ostenfeld 1899	<i>Pyramimonas</i> spp.	
PRYMNESIOPHYCEAE NON COCCOLITOFORI		
<i>Phaeocystis</i> sp.	<i>Phaeocystis</i> forma coloniale	
CHLORO/EUGLENO		
<i>Ankistrodesmus falcatus</i> (Corda) Ralfs 1848	<i>Euglenoidea</i> n.i.	<i>Monoraphidium griffithii</i> (Berkeley) Komárková-Legnerová 1969
CYANOPHYCEAE		
<i>Raphidiopsis mediterranea</i> Skuja 1937	<i>Spirulina</i> sp.	<i>Trichodesmium</i> sp.
RAPIDOPYCEAE		
<i>Chattonella subsalsa</i> Biecheler 1936	<i>Commaton cryoporum</i> Thomsen & Larsen 1993	<i>Fibrocapsa japonica</i> Toriumi & Takano 1973
ALTRO		
Flagellati indeterminati < 10 μm	<i>Mesodinium rubrum</i>	
<i>Leucocryptos marina</i> (Braarud) Butcher 1967	<i>Telonema</i> sp.	

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 P20 MG6, P20 MG7, P20 MG10, P20 MG12 e P20 MG13.

Dall'analisi qualitativa dei campioni sono stati individuati 219 taxa, di cui 204 identificati a livello di specie, 11 come genere e 4 attribuibili a categorie soprageneriche (Tabella 13).

Tabella 13 - 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	47	3	2
Dinoflagellati	139	4	2
Prymnesiophyceae coccolitofori	14	2	
Dictyochophyceae	2		
Prymnesiophyceae non coccolitofori		1	
Cyanophyceae		1	
Altro	2		
Totale	204	11	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, 52 taxa appartengono alle diatomee, 145 alla classe dei dinoflagellati e 16 ai coccolitofori; sono stati, inoltre, individuati 2 taxa attribuibili alla classe delle Dictyochophyceae, 1 taxon attribuibile alla classe Prymnesiophyceae non coccolitofori ed 1 alle Cyanophyceae. Per la categoria Altro, invece, sono stati individuati 2 taxa.

La numerosità dei taxa presenti nelle diverse stazioni va da un minimo di 92 in P20 MG10 ad un massimo di 129 in P20 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 56 taxa in P20 MG6, 70 in P20 MG7, 57 in P20 MG10, 82 in P20 MG12 e 81 in P20 MG13) ed in secondo luogo alla classe delle diatomee (con 31 taxa in P20 MG6 e in P20 MG7, 25 in P20 MG10, 34 in P20 MG12 e 27 in P20

MG13). Anche la classe dei coccolitofori risulta piuttosto differenziata (con rispettivamente 11 taxa in P20 MG6, 8 in P20 MG7, in P20 MG10 e in P20 MG12 e con 13 taxa in P20 MG13). La frazione più piccola del popolamento è, invece, rappresentata dalle Dictyochophyceae, dalle Prymnesiophyceae non coccolitofori, dalle Cyanophyceae e dalla categoria Altro, che presentano un numero esiguo di taxa in tutte le stazioni. Sono stati, inoltre, identificati ed aggiunti 27 nuovi taxa, che non erano stati rilevati nei campionamenti dei precedenti anni; di questi 2 taxa risultano appartenenti alla classe delle diatomee (*Thalassiosira aestivalis*, *Coscinodiscus nodulifer*), 21 ai dinoflagellati (*Alexandrium insuetum*, *Alexandrium tamutum*, *Amphidoma languida*, *Amphidoma steinii*, *Amphisolenia brevicauda*, *Azadinium cuneatum*, *Azadinium spinosum*, *Gonyaulax digitale*, *Heterocapsa horiguchii*, *Heterocapsa orientalis*, *Heterocapsa pseudotriquetra*, *Heterodinium milneri*, *Karenia selliformis*, *Oxytoxum gladiolus*, *Pentapharsodinium dalei*, *Pentapharsodinium tyrrenicum*, *Peridinium obesum*, *Phalacroma porodictyum*, *Phalacroma pulchrum*, *Prorocentrum concavum*, *Spiraulax jolliffe*), 2 alla classe dei coccolitofori (*Calyptrolithina wettsteinii* e *Zygosphaera* sp.), 1 taxon alle Cyanophyceae (*Trichodesmium* sp.) ed 1 alla classe delle Raphidophyceae (*Chattonella subsalsa*.) inserita nella categoria Altro

Tabella 14 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni P20 MG6, P20 MG7, P20 MG10, P20 MG12 e P20 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13)												
Specie	6	7	10	12	13	Specie	6	7	10	12	13	
DIATOMEE												
<i>Asteromphalus flabellatus</i> Ehrenberg 1844	x	x	x		x	<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow ex Van Heurck 1882	x	x	x	x	x	
<i>Bacteriastrium delicatulum</i> Cleve 1897	x	x	x	x	x	<i>Hemidiscus cuneiformis</i> Wallich 1860	x	x	x	x	x	
<i>Bacteriastrium jadrantum</i> Godrijan, Maric & Pfannkuchen 2012					x	<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve 1889		x	x	x	x	
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder 1864				x	x	<i>Leptocylindrus mediterraneus</i> (Peragallo) Hasle 1975	x	x		x	x	
<i>Chaetoceros</i> cf. <i>vixibilis</i> Schiller	x	x	x	x	x	<i>Leptocylindrus minimus</i> Gran 1915	x	x	x	x	x	
<i>Chaetoceros compressus</i> Lauder 1864					x	<i>Licmophora flabellata</i> (Grev.) Agardh 1831	x		x			
<i>Chaetoceros dadayi</i> Pavillard 1913					x	<i>Navicula</i> spp.		x	x	x		
<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve 1873	x	x		x	x	<i>Pleurosigma delicatulum</i> Smith 1852				x		
<i>Chaetoceros didymus</i> Ehrenberg 1845					x	<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström 1986	x	x	x	x	x	
<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell 1856	x	x	x	x	x	<i>Pseudo-nitzschia</i> cf. <i>galaxiae</i> Lundholm & Moestrup 2002			x		x	
<i>Chaetoceros pseudocurvisetus</i> Mangin 1910					x	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cleve) Heiden 1928	x					
<i>Chaetoceros socialis</i> Lauder 1864			x			<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle 1993	x	x	x	x	x	
<i>Chaetoceros</i> spp.	x	x	x	x	x	<i>Pseudo-nitzschia subfraudulenta</i> (Hasle) Hasle 1993	x	x	x	x	x	
<i>Chaetoceros tetrastrichon</i> Cleve 1897					x	<i>Pseudo-solenia calcar-avis</i> (Schultze) Sundström 1986		x		x	x	
<i>Chaetoceros wighamii</i> Brightwell 1856	x	x				<i>Rhizosolenia decipiens</i> Sundström 1986	x			x		
<i>Coscinodiscus</i> cf. <i>curvatulus</i> Grunow ex Schmidt 1878	x	x				<i>Rhizosolenia hebetata</i> f. <i>semispina</i> (Hensen) Gran 1908	x					
<i>Coscinodiscus granii</i> Gough 1905	x			x		<i>Rhizosolenia imbricata</i> Brightwell 1858	x					
<i>Coscinodiscus lineatus</i> Ehrenberg 1841	x	x			x	<i>Thalassionema bacillare</i> (Heiden) Kolbe 1955	x	x	x	x	x	
<i>Coscinodiscus nodulifer</i> Schmidt 1878					x	<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Hallegraeff 1986	x	x	x	x	x	
<i>Dactylosolen fragilissimus</i> (Bergon) Hasle 1996	x	x	x	x	x	<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky 1902	x	x	x	x	x	
Diatomee centriche > 20 µm n.i.			x	x	x	<i>Thalassiosira aestivalis</i> Gran 1931	x	x	x	x		
Diatomee pennate > 20 µm n.i.	x	x	x		x	<i>Thalassiosira angulata</i> (Gregory) Hasle 1978		x		x		
<i>Fragilaria</i> cf. <i>hyalina</i> (Kützing) Grunow ex Van Heurck 1880					x	<i>Thalassiosira anguste-lineata</i> (Schmidt) Fryxell & Hasle 1977	x	x	x	x	x	
<i>Guinardia flaccida</i> (Castracane) Peragallo 1892					x	<i>Thalassiosira gravida</i> Cleve 1896					x	
<i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle 1996					x	<i>Thalassiosira</i> spp.	x		x			
<i>Haslea wawriake</i> (Hustedt) Simonsen 1974	x	x				<i>Thalassiothrix longissima</i> Cleve & Grunow 1880		x				
DINOFLAGELLATI												
<i>Actiniscus pentasterias</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1844	x		x		x	<i>Neoceratium arietinum</i> (Cleve) Gómez, Moreira & López-García 2010				x		
<i>Alexandrium catenella</i> (Whedon & Kofoid) Balech 1985		x				<i>Neoceratium candelabrum</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010				x	x	
<i>Alexandrium</i> cf. <i>minutum</i> Halim 1960	x	x	x	x	x	<i>Neoceratium carriense</i> (Gouret) Gómez, Moreira & López-García 2011			x			
<i>Alexandrium insuetum</i> Balech 1985		x				<i>Neoceratium concilians</i> (Jørgensen) Gómez, Moreira & López-García 2010					x	
<i>Alexandrium tamarense</i> (Lebour) Balech 1995					x	<i>Neoceratium declinatum</i> (Karsten) Gómez, Moreira & López-García 2010	x					
<i>Alexandrium tamiyavanichii</i> Balech 1994					x	<i>Neoceratium falcatum</i> (Kofoid) Gómez, Moreira & López-García 2010	x					
<i>Alexandrium tamutum</i> Montresor, Beran & John 2004		x	x			<i>Neoceratium furca</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010			x	x	x	
<i>Amphidoma languida</i> Tillmann, Salas & Elbrächter 2012					x	<i>Neoceratium fusus</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	x		x	x	x	
<i>Amphidoma steinii</i> Schiller 1929					x	<i>Neoceratium macroceros</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	x			x	x	
<i>Amphisolenia bidentata</i> Schröder 1900	x					<i>Neoceratium massiliense</i> (Gouret) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x	x			
<i>Amphisolenia brevicauda</i> Kofoid 1907				x		<i>Neoceratium pentagonum</i> (Gouret) Gómez, Moreira & López-García 2010	x		x	x	x	
<i>Azadinium spinosum</i> Elbrächter & Tillmann 2009		x				<i>Ornithocercus magnificus</i> Stein 1883	x	x	x		x	
<i>Azadinium cuneatum</i> Tillmann & Nézan 2014					x	<i>Oxytoxum adriaticum</i> Schiller 1937				x	x	
<i>Ceratium gibberum</i> Gouret 1883	x	x		x	x	<i>Oxytoxum caudatum</i> Schiller 1937	x				x	
<i>Ceratium limulus</i> (Pouchet) Gouret 1883	x		x			<i>Oxytoxum constrictum</i> (Stein) Bütschli 1885		x				
<i>Ceratocorys goureii</i> Paulsen 1931		x		x	x	<i>Oxytoxum crassum</i> Schiller 1937				x	x	
<i>Ceratocorys horrida</i> Stein 1883	x	x	x	x	x	<i>Oxytoxum gladiolus</i> Stein 1883					x	
<i>Cladopyxis brachiolata</i> Stein 1883		x		x	x	<i>Oxytoxum globosum</i> Schiller		x	x	x	x	
<i>Cochlodinium</i> sp.					x	<i>Oxytoxum laticeps</i> Schiller 1937		x	x	x	x	
<i>Corythodinium tessellatum</i> (Stein) Loeblich Jr. & Loeblich III 1966		x			x	<i>Oxytoxum longiceps</i> Schiller	x			x		
Dinoflagellati tecali > 20 µm n.i.	x	x	x	x	x	<i>Oxytoxum mediterraneum</i> Schiller	x	x	x	x	x	
<i>Dinophysis amandula</i> (Balech) Sournia 1973				x		<i>Oxytoxum parvum</i> Schiller 1937		x	x			
<i>Dinophysis argus</i> (Stein) Abé	x				x	<i>Oxytoxum scolopax</i> Stein 1883	x	x	x	x	x	
<i>Dinophysis caudata</i> Saville-Kent 1881	x	x		x	x	<i>Oxytoxum sphaeroideum</i> Stein 1883					x	
<i>Dinophysis fortii</i> Pavillard 1923		x			x	<i>Oxytoxum spinosum</i> Rampi			x	x		

Tabella 14 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni P20 MG6, P20 MG7, P20 MG10, P20 MG12 e P20 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13)											
<i>Dinophysis infundibula</i> Schiller 1928	x	x							<i>Oxytoxum variabile</i> Schiller 1937	x	x
<i>Dinophysis operculoides</i> (Schütt) Balech 1967							x	<i>Oxytoxum viride</i> Schiller 1937		x	x
<i>Dinophysis ovata</i> Claparède & Lachmann 1859	x							<i>Parahistioneis paraformis</i> Kofoid & Skogsberg 1928			x
<i>Dinophysis parva</i> Schiller 1928	x	x	x	x	x			<i>Pentapharsodinium dalei</i> Indelicato & Loeblich III 1986			x
<i>Dinophysis parvula</i> (Schütt) Balech 1967	x	x						<i>Pentapharsodinium tyrrenicum</i> (Balech) Montresor, Zingone & Marino 1993		x	
<i>Dinophysis planiceps</i> (Schiller) Balech 1967						x		<i>Peridinium obesum</i> Matzenauer 1933			x
<i>Dinophysis pusilla</i> Jørgensen 1923							x	<i>Phalacroma porodictyum</i> Stein 1883			x
<i>Dinophysis recurva</i> Kofoid & Skogsberg 1928							x	<i>Phalacroma pulchrum</i> Kofoid & Michener 1911			x
<i>Dinophysis schuettii</i> Murray & Whitting 1899								<i>Phalacroma rotundatum</i> (Claparède & Lachmann) Kofoid & Michener 1911	x	x	x
<i>Dinophysis similis</i> Kofoid & Skogsberg 1928	x	x				x	x	<i>Podolampas bipes</i> Stein 1883	x	x	
<i>Dinophysis</i> spp.								<i>Podolampas elegans</i> Schütt 1895			x
<i>Diplopsalis lenticula</i> Bergh 1881						x		<i>Podolampas palmipes</i> Stein 1883			x
<i>Goniodoma polyedricum</i> (Pouchet) Jørgensen 1899						x	x	<i>Podolampas spinifer</i> Okamura 1912		x	x
<i>Gonyaulax</i> cf. <i>apiculata</i> Entz 1904						x		<i>Prorocentrum balticum</i> (Lohmann) Loeblich 1970		x	x
<i>Gonyaulax</i> cf. <i>cochlea</i> Meunier 1919							x	<i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) Abé ex Dodge 1975	x	x	x
<i>Gonyaulax</i> cf. <i>sphaeroidea</i> Kofoid 1911	x	x	x	x	x			<i>Prorocentrum concavum</i> Fukuyo 1981			x
<i>Gonyaulax digitale</i> (Pouchet) Kofoid 1911							x	<i>Prorocentrum dentatum</i> Stein 1883			x
<i>Gonyaulax ligustica</i> Rampi 1951							x	<i>Prorocentrum gracile</i> Schütt 1895	x	x	x
<i>Gonyaulax minima</i> Matzenauer							x	<i>Prorocentrum lima</i> (Ehrenberg) Stein 1878	x		x
<i>Gonyaulax monospina</i> Rampi 1951							x	<i>Prorocentrum maximum</i> (Gouret) Schiller 1937		x	x
<i>Gonyaulax polygramma</i> Stein 1883							x	<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg 1833	x		
<i>Gonyaulax spinifera</i> (Claparède & Lachmann) Diesing 1866	x					x		<i>Prorocentrum nux</i> Puigserver & Zingone 2002			x
<i>Gymnodiniaceae</i> > 20 µm n.i.	x	x	x	x	x			<i>Protoceratium</i> cf. <i>areolatum</i> Kofoid 1907		x	x
<i>Gymnodinium</i> spp.	x	x	x	x	x			<i>Protoceratium reticulatum</i> (Claparède & Lachmann) Bütschli 1885		x	x
<i>Gyrodinium aciculatum</i> Hansen & Larsen 1992	x	x	x				x	<i>Protoperidinium breve</i> Paulsen 1907			x
<i>Gyrodinium</i> spp.							x	<i>Protoperidinium brochii</i> (Kofoid & Swezy) Balech 1974	x	x	x
<i>Heterocapsa</i> cf. <i>illdefina</i> (Herman & Sweeney) Morrill & Loeblich III 1981							x	<i>Protoperidinium cerasus</i> (Paulsen) Balech 1973		x	
<i>Heterocapsa circularisquama</i> Horiguchi 1995							x	<i>Protoperidinium</i> cf. <i>brevipes</i> (Paulsen) Balech 1974		x	x
<i>Heterocapsa horiguchii</i> Iwataki, Takayama & Matsuoka 2002	x							<i>Protoperidinium crassipes</i> (Kofoid) Balech 1974	x	x	x
<i>Heterocapsa minima</i> Pomroy 1989							x	<i>Protoperidinium depressum</i> Bailey 1854		x	x
<i>Heterocapsa niei</i> (Loeblich III) Morrill & Loeblich III 1981	x	x	x	x	x			<i>Protoperidinium divergens</i> (Ehrenberg) Balech 1974	x	x	x
<i>Heterocapsa orientalis</i> Iwataki, Botes & Fukuyo 2003							x	<i>Protoperidinium globulus</i> (Stein) Balech 1974		x	x
<i>Heterocapsa pseudotriquetra</i> Iwataki, Hansen & Fukuyo 2002	x							<i>Protoperidinium granii</i> (Ostenfeld) Balech 1974	x		x
<i>Heterocapsa rotundata</i> (Lohmann) Hansen 1995							x	<i>Protoperidinium mediterraneum</i> (Kofoid) Balech 1974		x	x
<i>Heterocapsa triquetra</i> (Ehrenberg) F. Stein 1883							x	<i>Protoperidinium mite</i> (Pavillard) Balech 1974			x
<i>Heterodinium</i> cf. <i>dispar</i> Kofoid & Adamson 1933							x	<i>Protoperidinium ovum</i> (Schiller) Balech 1974		x	x
<i>Heterodinium milneri</i> (Murray & Whitting) Kofoid 1906	x						x	<i>Protoperidinium pallidum</i> (Ostenfeld) Balech 1973			x
<i>Histioneis depressa</i> Schiller 1928							x	<i>Protoperidinium pellucidum</i> Bergh ex Loeblich Jr. & Loeblich III 1881	x	x	x
<i>Histioneis joergensenii</i> Schiller 1928							x	<i>Protoperidinium pyriforme</i> (Paulsen) Balech 1974		x	
<i>Histioneis longicollis</i> Kofoid 1907	x							<i>Protoperidinium quarnerense</i> (Schröder) Balech 1974		x	x
<i>Karenia brevis</i> (Davis) Gert Hansen & Moestrup 2000							x	<i>Protoperidinium solidicorne</i> (Mangin) Balech 1974			x
<i>Karenia selliformis</i> Haywood, Steidinger & MacKenzie 2004							x	<i>Protoperidinium steinii</i> (Jørgensen) Balech 1974		x	x
<i>Karenia mikimotoi</i> (Miyake & Kominami ex Oda) Gert Hansen & Moestrup	x						x	<i>Protoperidinium tuba</i> (Schiller) Balech 1974	x	x	x
<i>Lessardia elongata</i> Saldarriaga & Taylor 2003	x	x	x	x	x			<i>Pyrocystis lunula</i> (Schütt) Schütt 1896	x	x	x
<i>Lingulodinium polyedrum</i> (Stein) Dodge 1989							x	<i>Pyrophacus horologicum</i> Stein 1883		x	
<i>Mesoporos adriaticus</i> (Schiller) Lillick	x	x	x	x	x			<i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Balech ex Loeblich III 1965	x	x	x
<i>Mesoporos perforatus</i> (Gran) Lillick 1937	x	x	x	x	x			<i>Spiraulax jolliffei</i> (Murray & Whitting) Kofoid 1911		x	x
<i>Micranthodinium setiferum</i> (Lohmann) Deflandre 1937	x	x	x	x	x						
PRYMNESIOPHYCEAE COCCOLITOFORI											
<i>Calcidiscus leptoporus</i> (Murray & Blackman) Loeblich & Tappan 1978	x	x	x	x	x			<i>Pontosphaera</i> sp.			x
<i>Calyptrothina wettsteinii</i> (Kamptner) Norris 1985							x	<i>Pontosphaera syracusana</i> Lohmann 1902			x
<i>Calyptrosphaera oblonga</i> Lohmann 1902	x	x	x	x	x			<i>Rhabdosphaera clavigera</i> Murray & Blackman 1898	x	x	x
<i>Corisphaera arethusae</i>	x							<i>Scyphosphaera apsteinii</i> Lohmann 1902	x	x	x
<i>Coronosphaera mediterranea</i> (Lohmann) Gaarder 1977							x	<i>Syracosphaera histrica</i> Kamptner 1941			x
<i>Daktylethra pirus</i> (Kamptner) R.E. Norris 1985	x	x	x	x	x			<i>Syracosphaera pulchra</i> Lohmann 1902	x	x	x
<i>Discosphaera tubifer</i> (Murray & Blackman) Ostenfeld 1900	x	x	x	x	x			<i>Zygosphaera hellenica</i> Kamptner 1937			x
<i>Helicosphaera carterii</i> (Wallich) Kamptner 1954	x	x	x	x	x			<i>Zygosphaera</i> spp.		x	
CHRISOPHYCEAE/DICTYOCOPHYCEAE											
<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg 1839	x	x	x	x	x			<i>Octactis octonaria</i> (Ehrenberg) Hovasse 1946		x	
PRYMNESIOPHYCEAE NON COCCOLITOFORI											
<i>Phaeocystis</i> sp. (forma coloniale)	x	x	x	x	x						
CYANOPHYCEAE											
<i>Trichodesmium</i> sp.							x				
ALTRO											
<i>Chattonella subsalsa</i> Biecheler 1936							x	<i>Ebria tripartita</i> (Schumann) Lemmermann 1899			x

Ad un confronto della lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative (Tabella 12) con l'elenco dei taxa ottenuti dalle analisi qualitative (Tabella 14), vediamo che il numero di taxa presenti differisce di poco tra retino e bottiglia (rispettivamente con 219 e 213 taxa individuati); il numero di taxa appartenenti alle classi Diatomee, coccolitofori, Cryptophyceae, Dictyocophyceae, Chrysophyceae, Chlorophyceae Prasinophyceae, Prymnesiophyceae non coccolitofori, Cyanophyceae ed Altro 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*, *Prorocentrum* e *Protoperidinium* insieme a taxa come *Actiniscus pentasterias*, *Diplopsalis lenticula*, *Goniodoma polyedricum*, *Lingulodinium polyedrum*, *Pyrocystis lunula*, *Pyrophacus horologicum*, *Scrippsiella trochoidea* e *Spiraulax jolliffei*.

5.1.3.2 Zooplancton

Oloplancton

La campagna primaverile (P20), conferma la significativa dominanza della componente a crostacei Copepodi all'interno del comparto oloplanctonico, lungo tutta la colonna d'acqua investigata (0-100 m). Tale dato è in linea con quanto ottenuto nelle precedenti campagne primaverili oggetto di monitoraggio.

L'analisi dei dati quali-quantitativi (ind. per m³) evidenzia che la frazione a Copepodi è distribuita lungo il gradiente batimetrico con andamento direttamente proporzionale alla profondità. Le stazioni di campionamento, comprese tra la batimetrica di 50 e 100 m, mostrano infatti i massimi valori di abbondanza, in media 211,60 ind/m³ (max: 306,74 ind/m³ MG6; min: 144,27 ind/m³ MG12). Le peschate verticali intermedie, comprese tra la superficie e la batimetrica di 50 m, esibiscono valori medi inferiori pari a 148,43 ind/m³ (max: 237,86 ind/m³ MG13; min: 81,88 ind/m³ MG6), mentre le peschate orizzontali superficiali registrano in media i dati di abbondanza più bassi con 75,34 ind/m³ (max: 152,78 ind/m³ MG12; min: 37,85 ind/m³ MG10).

Dallo studio emerge anche che i campioni superficiali (orizzontali) sono caratterizzati da un'elevatissima concentrazione di stadi adulti di *Pelagia noctiluca* (Scyphozoa), mai rilevata in precedenza. Nelle precedenti campagne primaverili era stata riscontrata un'alta variabilità nella presenza di stadi giovanili, dominanti nelle campagne P15 e P17 e pressoché assenti nei survey P14, P16 e P19.

La presenza di importanti quantità di tale specie nei primi 50 m, soprattutto se in fase adulta, determina una forte pressione predatoria sulla comunità a copepodi abitante la colonna d'acqua.

In generale, l'abbondanza dei copepodi identificati risulta molto più bassa rispetto a tutte le precedenti stagioni primaverili.

Tale diminuzione dell'abbondanza, unitamente ad un differente *species pool* rappresentante la copepodofauna, è principalmente imputabile al fatto che la campagna P20 è stata effettuata circa un mese dopo rispetto agli anni precedenti.

I taxa di Copepodi identificati sono 98 (Tabella 15) in rappresentanza di 25 famiglie.

La famiglia più rappresentata, a differenza di quanto registrato in tutte le precedenti campagne, è quella dei Cyclopoida Corycaeidae, presente con 10 taxa. Tale famiglia colonizza gli strati più superficiali della colla d'acqua, con valori di abbondanza che dimezzano già al di sotto dei primi 5 m. Complessivamente la distribuzione dei Corycaeidae è la seguente: superficiale: 55,95 ind./m³; 0 – 50 m: 31,58 ind./m³; 50 – 100 m: 32,23 ind./m³. La dominanza di tale famiglia è principalmente dovuta alla notevole abbondanza di *Onychocorycaeus* (*Corycaeus*) *giesbrechti* (identificati entrambi i sessi), per la prima volta dall'inizio delle attività di monitoraggio individuata come specie dominante della stagione primaverile (P20): superficiale 49,43 ind./m³; 0 – 50 m: 16,18 ind./m³; 50 – 100 m: 11,70 ind./m³. La famiglia Clausocalanidae, che fino alla precedente campagna era la più rappresentativa del campione, ha subito una chiara riduzione. I dati ottenuti indicano una distribuzione verticale opposta alla famiglia Corycaeidae, ovvero direttamente proporzionale alla profondità: 2,48 ind./m³; 0 – 50 m: 40,88 ind./m³; 50 – 100 m: 68,37 ind./m³.

All'interno di tale famiglia si osservano principalmente: *Clausocalanus pergens* (superficiale: 0,56 ind./m³; 0 – 50 m: 12,22 ind./m³; 50 – 100 m: 18,46 ind./m³), *C. arcuicornis* (superficiale: 0,64 ind./m³; 0 – 50 m: 8,90 ind./m³; 50 – 100 m: 17,16 ind./m³) e *C. lividus* (superficiale: 0,44 ind./m³; 0 – 50 m: 7,80 ind./m³; 50 – 100 m: 10,40 ind./m³). A conferma di quanto il parametro stagionalità influenzi la composizione specifica e i rapporti di abbondanza all'interno della comunità zooplanctonica, si evidenzia la presenza di sporadici individui appartenenti alla specie *Ctenocalanus vanus*, solitamente abbondante nelle precedenti campagne primaverili. Come specificato in precedenti report trimestrali, tale specie, unica rappresentante del suo genere, viene identificata in letteratura come primaverile all'interno del bacino Mediterraneo, quando la temperatura dell'acqua non supera i 21 °C. Il ritrovamento di *C. vanus* esclusivamente nel campione P20 MG12 OR (0,07 ind./m³) è pertanto motivabile con l'elevata temperatura superficiale dell'acqua nella campagna P20 (22,4 - 24,5 °C), superiore di circa 5 °C rispetto al valore solitamente registrato nei precedenti monitoraggi primaverili. Cambiamenti sono stati osservati anche a carico di *C. typicus* abbondante nelle precedenti campagne (es. P17, P18 e P19) e presente in numero ridotto in P20. I dati di abbondanza sono i seguenti: superficiale 7,35 ind./m³; 0 – 50 m: 8,71 ind./m³; 50 – 100 m: 8,84 ind./m³.

La famiglia Paracalanidae, rappresentata da 12 taxa (generi *Calocalanus* e *Paracalanus*) è scarsamente abbondante: *Calocalanus* spp superficiale: 0,54 ind./m³; 0 – 50 m: 3,90 ind./m³; 50 – 100 m: 2,86 ind./m³; *Paracalanus* spp superficiale: 1,00 ind./m³; 0 – 50 m: 7,28 ind./m³; 50 – 100 m: 2,86 ind./m³).

La componente iponeustonica, è rappresentata esclusivamente da 5 taxa, anch'essa con abbondanze molto contenute. Regolarmente poco rappresentate le comuni specie neritiche *Nannocalanus minor* (superficiale: 1,02 ind./m³; 0 – 50 m: 6,82 ind./m³; 50 – 100 m: 15,86 ind./m³ - tipicamente con picco di abbondanza estivo) e *Temora stylifera* (superficiale: 0,71 ind./m³; 0 – 50 m: 2,34 ind./m³; 50 – 100 m: 2,08 ind./m³) - picco in autunno). Tra le specie rare appartenenti ai copepodi Calanoida, merita di essere menzionata la sporadica presenza delle specie *Phaenna spinifera*, *Scolecithricella dentata* e *S. vittata*.

La famiglia Oithonidae (superficiale: 0,57 ind./m³; 0 – 50 m: 5,91 ind./m³; 50 – 100 m: 8,06 ind./m³), occupa la parte più profonda della colonna d'acqua ed è rappresentata per lo più da *O. similis*, presente comunque in numero nettamente inferiore rispetto alle precedenti campagne primaverili. Oncaeidae (superficiale: 0,76 ind./m³; 0 – 50 m: 7,47 ind./m³; 50 – 100 m: 6,50 ind./m³) e Sapphirinidae (superficiale: 0,64 ind./m³; 0 – 50 m: 5,85 ind./m³; 50 – 100 m: 8,84 ind./m³) sono poco abbondanti.

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

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

	O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50
Famiglia Acartiidae				Famiglia Mecynoceridae				<i>Corycaeus typicus</i>	*	*	*
<i>Acartia negligens</i>	*	*	*	<i>Mecynocera clausi</i>		*	*	<i>Corycaeus spp</i>	*	*	*
<i>Acartia sp</i>	*	*	*	Famiglia Metridinidae				<i>Farranula rostrata</i>	*	*	
Famiglia Augaptilidae				<i>Pleuromamma abdominalis</i>		*	*	Famiglia Oithonidae			
<i>Haloptilus longicornis</i>			*	<i>Pleuromamma gracilis</i>	*	*	*	<i>Oithona decipiens</i>	*	*	*
Famiglia Calanidae				Famiglia Paracalanidae				<i>Oithona longispina</i>	*		
<i>Calanus helgolandicus</i>	*		*	<i>Calocalanus contractus</i>	*			<i>Oithona plumifera</i>	*	*	
<i>Mesocalanus tenuicornis</i>		*	*	<i>Calocalanus longisetosus</i>		*		<i>Oithona setigera</i>		*	*
<i>Nannocalanus minor</i>	*	*	*	<i>Calocalanus neptunus</i>	*		*	<i>Oithona similis</i>	*	*	*
<i>Neocalanus gracilis</i>	*	*	*	<i>Calocalanus ovalis</i>		*	*	<i>Oithona tenuis</i>		*	*
Famiglia Candaciidae				<i>Calocalanus pavo</i>	*	*		<i>Oithona spp</i>	*	*	*
<i>Candacia ethiopica</i>	*			<i>Calocalanus plumulosus</i>	*	*		Famiglia Oncaeidae			
<i>Candacia giesbrechti</i>	*	*	*	<i>Calocalanus styliremis</i>	*	*	*	<i>Oncaea curta</i>	*	*	
<i>Candacia simplex</i>	*	*	*	<i>Calocalanus spp</i>	*	*	*	<i>Oncaea media</i>	*	*	*
<i>Candacia juv</i>	*	*	*	<i>Paracalanus denudatus</i>		*		<i>Oncaea mediterranea</i>	*	*	*
Famiglia Centropagidae				<i>Paracalanus nanus</i>	*		*	<i>Oncaea scottodicarloi</i>	**		*
<i>Centropages kroyeri</i>	*	*	*	<i>Paracalanus parvus</i>	*	*	*	<i>Oncaea venusta</i>	*	*	*
<i>Centropages typicus</i>	*	*	*	<i>Paracalanus spp</i>	*	*	*	<i>Oncaea spp</i>	*	*	*
<i>Isias clavipes</i>	*	*	*	Famiglia Phaennidae				<i>Triconia conifera</i>	*		
Famiglia Clausocalanidae				<i>Phaenna spinifera</i>	*		*	Famiglia Sapphirinidae			
<i>Clausocalanus arcuicornis</i>	*	*	*	Famiglia Pontellidae				<i>Copilia mediterranea</i>	*	*	*
<i>Clausocalanus furcatus</i>	*	*	*	<i>Pontella mediterranea</i>	*			<i>Copilia quadrata</i>	*	*	*
<i>Clausocalanus jobei</i>	*	*	*	<i>Pontella juv</i>	*	*		<i>Sapphirina angusta</i>	*	*	
<i>Clausocalanus lividus</i>	*	*	*	<i>Pontellina plumata</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>	*	*	*	Famiglia Scolecitrichidae				<i>Sapphirina sali</i>	*	*	*
<i>Clausocalanus pergens</i>	*	*	*	<i>Scolecithricella dentata</i>	*		*	<i>Sapphirina sp</i>	*	*	*
<i>Clausocalanus spp</i>	*	*	*	<i>Scolecithricella vittata</i>		*		Famiglia Ectinosomatidae			
<i>Ctenocalanus vanus</i>	*			<i>Scolecithrix bradyi</i>	*	*	*	<i>Microsetella rosea</i>		*	*
Famiglia Eucalanidae				<i>Scolecithrix danaei</i>	*		*	Famiglia Euterpinidae			
<i>Eucalanus elongatus</i>			*	Famiglia Temoridae				<i>Euterpina acutifrons</i>		*	
<i>Subeucalanus crassus</i>			*	<i>Temora stylifera</i>	*	*	*	Famiglia Miraciidae			
Famiglia Euchaetidae				Famiglia Corycaeidae				<i>Distiocolus minor</i>	*	*	
<i>Euchaeta acuta</i>			*	<i>Corycaeus brehmi</i>	*	*	*	<i>Macrosetella gracilis</i>	**		
<i>Euchaeta marina</i>	*	*	*	<i>Corycaeus clausi</i>	*	*	*	Famiglia Peltidiidae			
<i>Euchaeta juv</i>	*	*	*	<i>Corycaeus flaccus</i>	*	*	*	<i>Clytemnestra scutellata</i>	*		
Famiglia Heterorhabdidae				<i>Corycaeus furcifer</i>		*	*	<i>Goniopsyllus rostratus</i>	*	*	*
<i>Heterorhabdus papilliger</i>		*	*	<i>Corycaeus giesbrechti</i>	*	*	*				
Famiglia Lucicutiidae				<i>Corycaeus limbatus</i>	*	*	*				
<i>Lucicutia flavicornis</i>	*		*	<i>Corycaeus ovalis</i>	*	*	*				

Nella tabella seguente (**Tabella 16**) sono indicati i volumi di sedimentazione (dopo 24 h), espressi in ml, della componente oloplanctonica raccolta nella campagna primaverile 2020. I valori, così come esplicitato e commentato nella sezione relativa alla componente oloplanctonica, sono significativamente inferiori a quelli ottenuti nel medesimo periodo stagionale nei precedenti anni di biomonitoraggio. I fattori che possono essere associati a tale dato, in ordine di importanza, sono: anomala permanenza di condizioni meteo-marine avverse nel tratto di mare investigato nelle settimane precedenti al campionamento; conseguente ritardo di una mensilità rispetto alla tempistica canonica del campione primaverile; elevata pressione predatoria causata dall'alto numero di adulti di *Pelagia noctiluca*, soprattutto nei primi 5 metri della colonna d'acqua. Tenuto conto di tali variabili, la generale riduzione di organismi planctonici osservata nella campagna in oggetto, non può essere riconducibile all'intervento di una perturbazione di natura antropica.

Tabella 16 - Biomassa: volumi di sedimentazione dell'oloplancton (espressi in ml). OR = campionamento orizzontale; 50-0 = campionamento verticale da 0 a 50 metri; 100-50: campionamento verticale da 100 a 50 metri.					
(ml)	P20 MG6	P20 MG7	P20 MG10	P20 MG12	P20 MG13
OR	38	22	20	23	48
50-0	9	20	13	21	2,5
100-50	21	19	16	5	10,5

Meroplancton

Anche per questo survey vale quanto già espresso nel monitoraggio condotto nella stagionale autunnale 2019. Purtroppo le condizioni meteo e le esigenze legate alla presenza di navi metaniere presso il rigassificatore off-shore hanno ritardato di alcune settimane il periodo consueto di campionamento che in genere si svolge tra la fine di maggio e la metà di giugno. Trattandosi di larve planctoniche anche differenze di poche settimane nella raccolta dei campioni possono essere in grado di produrre effetti molto significativi dal punto di vista quali-quantitativo. Nella campagna primaverile P20, (Tabella 17), sono stati determinati complessivamente 35 *taxa* meroplanctonici appartenenti a 5 *phyla* di invertebrati marini (Mollusca, Annelida, Nemertea, Arthropoda, Echinodermata).

Le larve di crostacei decapodi, raccogliendo complessivamente 21 *taxa* (60%) risultano il gruppo più rappresentato, seguono gli echinodermi con 4 (11,4%) e molluschi e anellidi policheti con 2 *taxa* (5,7%).

Il dato quantitativo più significativo è quello che riguarda la presenza di un cospicuo numero di larve di cirripedi, crostacei sessili durante la fase adulta, sia nei campioni orizzontali, sia in quelli verticali, soprattutto nella fascia compresa tra 50 m di profondità e la superficie (valori max in MG13 OR con 2,7 ind. m³ e in MG6 0-50 con 5,94 ind. m³).

Tra i crostacei decapodi non si rileva alcuna specie dominante, *Alpheus glaber*, *Lysmata seticaudata* ed *Ebalia tuberosa* sono le specie che assommano il maggior numero di esemplari per metro cubo di acqua filtrata, sebbene di poco superiore al dato registrato per altri *taxa*. Tutte e tre sono specie largamente presenti in tutte le stagioni di campionamento e rappresentano una frazione dello stock specifico consolidato che assomma una decina di *taxa* che nel corso dei survey, dal momento dell'inizio del monitoraggio, sono stati sempre individuati e identificati. La distribuzione del rimanente stock specifico è piuttosto omogenea e non vi sono settori della colonna d'acqua, all'interno delle tre fasce investigate, che mostrano maggiore concentrazione di larve di decapodi, pur rilevando la maggiore densità di organismi nello spazio intermedio tra 50 m e la superficie. Possiamo citare come esempi il caso di MG6 con 5,1 crostacei decapodi per m³ nella fascia intermedia, MG12 con 2,55 ind m³ tra 100 e 50 m e MG10 con 2,26 ind m³ raccolti durante il campionamento orizzontale.

Dal punto di vista esclusivamente qualitativo i crostacei decapodi tendono a concentrarsi prevalentemente nei settori più superficiali della colonna d'acqua. La migrazione nictemerale compiuta dalle larve durante le ore notturne tende a concentrare molte specie in superficie dove maggiore è la possibilità di foraggiamento. Ciò è dimostrato dal fatto che 20 dei 21 *taxa* identificati tra i crostacei decapodi sono presenti nei campioni superficiali, tra la superficie e 50 m se ne contano 15 e nella fascia profonda il numero si riduce a 12. La larva della specie *Acanthephyra pelagica*, un carideo, è la sola a essere stata raccolta esclusivamente nel settore profondo oltre a segnalare che questa specie può caratterizzarsi per l'area di studio come rara in quanto mai segnalata prima d'ora.

Differente la situazione relativa alla distribuzione delle larve di echinodermi che mostrano invece una concentrazione di organismi nelle fasce intermedia e profonda. In particolare a registrare i valori più alti di individui per metro cubo di acqua filtrata la stazione MG7 con 7,93 ind. m³ nella fascia compresa tra – 50 m e la superficie e 2,83 ind. m³. Questa condizione è tipicamente associabile ad una condizione nella quale la colonna d'acqua presenta condizioni di parziale eterotermia, determinando la formazione di termoclini e picnoclini che le larve di echinodermi non sono in grado di oltrepassare rimanendo relegate nelle fasce più profonde della colonna d'acqua.

Nel complesso, anche per la stagione P20 è possibile affermare che per quanto riguarda la componente meroplanctonica dello zooplancton non risultano alterazioni nella composizione della comunità imputabili all'esercizio del rigassificatore FSRU Toscana, bensì confermare che le differenze potrebbero invece essere imputabili al differente periodo di campionamento.

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
MOLLUSCA				<i>Calcinus tubularis</i>	*	*		<i>Philocheras bispinosus</i>	*	*	
Gastropoda larvae ind	*	*	*	<i>Clibanarius erithropus</i>	*	*		<i>Processa edulis edulis</i>	*		*
Bivalvia larvae ind	*		*	<i>Ebalia tuberosa</i>	*	*	*	<i>Sergia robusta</i>	*		*
POLYCHAETA				<i>Ebalia tumefacta</i>	*	*		<i>Xantho granulicarpus</i>	*	*	*
Hesionidae ind	*			<i>Deosergestes henseni</i>	*	*	*	Megalopa ind	*		
Spionidae ind	*	*	*	<i>Ilia nucleus</i>	*			Stomatopoda			
Trocofora ind	*	*	*	<i>Liocarcinus</i> sp	*	*	*	<i>Rissooides desmaresti</i>	*		
NEMERTEA				<i>Lysmata seticaudata</i>	*	*	*	ECHINODERMATA			
Pilidium larvae ind		*		<i>Monadaeus couchi</i>	*			Auricularia larvae ind		*	*
CRUSTACEA				<i>Pachigrapsus marmoratus</i>	*	*	*	Bipinnaria larvae ind		*	*
Cirripedia larvae ind	*	*	*	<i>Palinurus elephas</i>	*	*		<i>Echinocardium</i> sp		*	
Decapoda				<i>Parasergestes vigilax</i>	*	*	*	<i>Ophiotrix fragilis</i>		*	*
<i>Acanthephyra pelagica</i>			*	<i>Parthenopoides massena</i>	*	*		<i>Ophiura</i> sp		*	*
<i>Alpheus glaber</i>	*	*	*	<i>Periclimenes</i> sp	*			<i>Paracentrotus lividus</i>		*	
<i>Athanas nitescens</i>	*	*	*								

Ittioplancton

Il survey della primavera 2020 (P20) effettuato sulle fasi larvali dell'ittiofauna ha registrato in totale la presenza di 11 *taxa* (Tabella 18). Così come indicato per la componente meroplanctonica, anche il survey destinato all'ittioplancton ha subito l'effetto determinato dallo scostamento del periodo di monitoraggio che per ragioni tecniche e legate al meteo è stato condotto qualche settimana dopo quello consueto. Si rileva

quindi, rispetto ai survey precedenti dello stesso periodo, una riduzione nel numero dei taxa. Solo nel campione di primavera del 2019 i taxa raccolti e identificati erano stati infatti 23.

In questa fase della stagione, ormai tardo primaverile, inizio estiva la specie dominante è rappresentata dalle larve di acciuga, *Engraulis encrasicolus*, sebbene siano ancora presenti molte uova ancora non schiuse. Quantitativamente la stazione MG7 nella fascia tra 50 m di profondità e la superficie è quella che concentra il maggior numero di individui, 3,25 per m³ di acqua filtrata. Le uova invece raggiungono concentrazioni maggiori nelle stazioni MG13 (26,04 uova m³ in MG13 OR e 22,1 m³ nel 50F della stessa stazione, mentre per la stazione intermedia il valore più alto è in MG12 con 25,67 uova m³). Valori comunque omogenei e confrontabili, senza alcun picco di densità.

Da segnalare, come sempre per quest'area del basso Mar Ligure in prossimità del termine della piattaforma continentale la presenza di larve appartenenti alla fauna ittica abissale. In particolare sono stati raccolti e identificati 3 taxa appartenenti alla famiglia Myctophidae e il sempre presente Gonostomatidae, *Cyclothone braueri*.

Infine alla checklist complessiva si aggiunge la larva di una nuova specie per l'area in esame, è quella del Pomacentride *Chromys chromys* (castagnola) della quale si segnala la contemporanea presenza in tre delle cinque stazioni di campionamento e che presenta maggiore concentrazione nella stazione di controllo nel campione orizzontale (0,66 ind m³).

La presenza di tale specie è compatibile con il periodo riproduttivo e conferma come anche le larve di un pesce notoriamente neritico possano disperdersi a lunga distanza dal luogo di origine ed emissione delle uova.

Così come espresso riguardo la componente meroplantonica, anche per l'ittiofiton, per la stagione P20 è possibile affermare che non risultano alterazioni nella composizione della comunità imputabili all'esercizio del rigassificatore FSRU Toscana.

Si segnala tuttavia che eventuali differenze che potrebbero emergere dal confronto con le altre campagne primaverili potrebbero essere imputabili al differente periodo di campionamento.

Tabella 18 – Ittioplanton. 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> .											
	O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50
ENGRAULIDAE				MULLIDAE				SERRANIDAE			
<i>Engraulis encrasicolus</i>	*	*	*	<i>Mullus barbatus</i>	*	*		<i>Serranus cabrilla</i>	*		
GONOSTOMATIDAE				PARALEPIDIDAE				SPARIDAE			
<i>Cyclothone braueri</i>	*	*	*	<i>Lestidiops sphyrenoides</i>	*			SPARIDAE ind	*	*	
MYCTOPHIDAE				POMACENTRIDAE				Larvae ittio ind	*	*	*
<i>Benthosema glaciale</i>	*	*	*	<i>Chromys chromys</i>	*	*		Uova di <i>E. encrasicolus</i>	*	*	*
<i>Ceratoscopelus maderensis</i>	*	*	*	SCORPAENIDAE				Uova ind	*	*	*
<i>Myctophum punctatum</i>	*	*	*	<i>Scorpaena scrofa</i>	*						

5.2 BIOTA

5.2.1 Macrozoobenthos

Lo studio ha portato alla raccolta e determinazione di 7722 individui appartenenti a 196 specie (Tabella 19) comprendenti anellidi (policheti), molluschi, artropodi (crostacei), sipunculidi, echinodermi, plattelminti, nemertini, cnidari.

Tabella 19 - Lista delle specie macrobentoniche rinvenute nella primavera 2020 (120).		
Annelida		
<i>Abyssoninoe hibernica</i> (McIntosh, 1903)	<i>Eupanthalis kinbergi</i> McIntosh, 1876	<i>Notomastus latericeus profundus</i> Eisig, 1887
<i>Ampharete acutifrons</i> (Grube, 1860)	<i>Gallardoneris iberica</i> Martins, Carrera-Parra, Quintino & Rodrigues, 2012	<i>Ophelia abbranchiata</i> Støp-Bowitz, 1948
<i>Amphicteis gunneri</i> (M. Sars, 1835)	<i>Glycera tessellata</i> Grube, 1863	<i>Ophiodromus flexuosus</i> (Delle Chiaje, 1825)
<i>Ancistrosyllis groenlandica</i> McIntosh, 1879	<i>Glycera tridactyla</i> Schmarck, 1861	<i>Paradiopatra leptota</i> (Chamberlin, 1919)
<i>Anobothrus gracilis</i> (Malmgren, 1866)	<i>Glycera unicornis</i> Lamarck, 1818	<i>Paradoneis lyra</i> (Southern, 1914)
<i>Aphelochaeta filiformis</i> (Kieferstein, 1862)	<i>Goniada</i> sp	<i>Paralacydonia paradoxa</i> Fauvel, 1913
<i>Aphelochaeta marioni</i> (Saint-Joseph, 1894)	<i>Gyptis</i> sp	<i>Parapronospio pinnata</i> (Ehlers, 1901)
<i>Apistobrancheus tullbergi</i> (Théel, 1879)	<i>Harmothoe antilopes</i> McIntosh, 1876	<i>Pectinaria koreni</i> (Malmgren, 1866)
<i>Aponuphis bilineata</i> (Baird, 1870)	<i>Harmothoe</i> sp	<i>Phyllodoce lineata</i> (Claparède, 1870)
<i>Aponuphis brementi</i> (Fauvel, 1916)	<i>Heteromastus filiformis</i> (Claparède, 1864)	<i>Phyllodoce</i> sp
<i>Aricidea</i> (Acmira) <i>assimilis</i> Tebble, 1959	<i>Heterospio mediterranea</i> Laubier, Picard & Ramos, 1972	<i>Pilargis verrucosa</i> (Saint-Joseph, 1899)
<i>Aricidea</i> (Acmira) <i>simonae</i> Laubier & Ramos, 1974	<i>Hyalinoecia tubicola</i> (O. F. Müller, 1776)	<i>Poecilochaetus fauchaldi</i> Pilato & Cantone, 1976
<i>Aricidea</i> (Strelzovia) <i>claudiae</i> Laubier, 1967	<i>Kirkegaardia heterochaeta</i> (Laubier, 1961)	<i>Polycirrus</i> sp Grube, 1850
<i>Aricidea</i> (Strelzovia) <i>marianae</i> Katzmann & Laubier, 1975	<i>Laonice cirrata</i> (M. Sars, 1851)	<i>Polygordius</i> sp
<i>Aricidea</i> (Strelzovia) <i>monicae</i> Laubier, 1967	<i>Leiocapitella dollfusi</i> (Fauvel, 1936)	<i>Praxillella affinis</i> (M. Sars, 1872)

Auchenoplax crinita Ehlers, 1887	Levinsenia demiri Çinar, Dagli & Acik, 2011	Praxillella gracilis (M. Sars, 1861)
Bispira sp	Levinsenia gracilis (Tauber, 1879)	Prionospio ehlersi Fauvel, 1928
Chaetozone carpenteri McIntosh, 1911	Levinsenia kosswigi Çinar, Dagli & Acik, 2011	Prionospio fallax Soderstrom, 1920
Chaetozone setosa Malmgren, 1867	Lumbrineris latreilli Audouin & Milne-Edwards, 1834	Prionospio sp
Chirimia biceps (M. Sars, 1861)	Lumbrineris luciliae Martins, Carrera-Parra, Quintino & Rodrigues, 2012	Prionospio steenstrupi Malmgren, 1867
Chloeia venusta Quatrefages, 1865	Lumbrineris sp	Scalibregma inflatum Rathke, 1843
Chone sp	Lysidice unicornis (Grube, 1840)	Scolelepis foliosa (Audouin & Milne-Edwards, 1833)
Cirrophorus branchiatus Ehlers, 1908	Magelona alleni Wilson, 1958	Sigambra tentaculata (Treadwell, 1941)
Dasybranchus caducus (Grube, 1846)	Maldane glebiflex Grube, 1860	Spio multioculata (Rioja, 1918)
Diplocirrus glaucus Haase, 1915	Malmgreniella lunulata (Delle Chiaje, 1841)	Spiochaetopterus costarum (Claparède, 1868)
Ditrupa arietina (O.F. Müller, 1776)	Marphysa bellii (Audouin & Milne-Edwards, 1833)	Spiophanes kroyeri Grube, 1860
Dorvillea rudolphii (Delle Chiaje, 1828)	Melinna palmata Grube, 1860	Sternaspis scutata (Renier, 1807)
Drilonereis filum (Claparède, 1868)	Metasychis gotoi (Izuka, 1902)	Syllis parapari San Martín & López, 2000
Eteone sp	Myriochele oculata Zachs, 1923	Syllis profunda Cognetti, 1955
Euchone sp	Nephtys hystericis Mc Intosh, 1900	Terebellides mediterranea Parapar, Mikac & Fiege, 2013
Euclymene lombricoides (Quatrefages, 1866)	Nephtys incisa Malmgren, 1865	Vermiliopsis infundibulum (Philippi, 1844)
Euclymene palermitana (Grube, 1840)	Ninoe armoricana Glémarec, 1968	
Artropoda		
Akanthophoreus gracilis (Krøyer, 1842)	Gnathia oxyurea (Lilljeborg, 1855)	Monodaesus couchii (Couch, 1851)
Alpheus glaber (Olivi, 1792)	Goneplax rhomboides (Linnaeus, 1758)	Orchomene massiliensis Ledoyer, 1977
Ampelisca brevicornis (Costa, 1853)	Halice walkeri (Ledoyer, 1973)	Paraphoxus oculatus (G.O. Sars, 1879)
Ampelisca sp	Haploops nirae Kaim Malka, 1976	Pardalisella boeckii (Malm, 1870)
Anapagurus sp	Harpinia antennaria Meinert, 1890	Periculodes longimanus longimanus (Bate & Westwood, 1868)
Araphura brevimanus (Lilljeborg, 1864)	Harpinia crenulata (Boeck, 1871)	Photis longicaudata (Bate & Westwood, 1862)
Calocaris macandreae Bell, 1846	Harpinia dellavallei Chevreux, 1910	Phthisica marina Slabber, 1769
Carangolopsis spinulosa Ledoyer, 1970	Hippomedon bidentatus Chevreux, 1903	Pilumnus spinifer H. Milne-Edwards, 1834
Chlorotocus crassicornis (A. Costa, 1871)	Hippomedon massiliensis bellan-Santini, 1965	Processa canaliculata Leach, 1815
Cirolana borealis Lilljeborg, 1852	Kupellonura mediterranea Barnard, 1925	Pseudotanais sp
Collettea cylindrata (Sars, 1882)	Leucon (Epileucon) longirostris Sars, 1871	Stenothoe sp
Desmosoma sp	Leucon sp 2	Synchelidium sp G.O. Sars, 1892
Diastylis sp Say, 1818	Leucothoe oboa G. Karaman, 1971	Tuberapseudes echinatus (G.O. Sars, 1882)
Ebalia cranchii Leach, 1817	Liljeborgia dellavallei Stebbing, 1906	Upogebia deltaura (Leach, 1815)
Eudorella nana Sars, 1879	Maera grossimana (Montagu, 1808)	Urothoe elegans (Costa, 1853)
Eurydice spinigera Hansen, 1890	Medicorophium rotundirostre (Stephensen, 1915)	
Gammaropsis maculata (Johnston, 1827)	Metaphoxus simplex Bate, 1857	
Echinodermata		
Amphipolis squamata (Chiaje, 1829)	Labidoplax digitata (Montagu, 1815)	Ophiura albida Forbes, 1839
Amphiura chiajei Forbes, 1843	Neocucumis marioni (Marenzeller, 1878)	Ophiura sp Lamark, 1816
Amphiura filiformis (O. F. Müller, 1776)	Ophiacantha setosa (Bruzellius, 1805)	Trachythone tergestina (Sars, 1857)
Astropecten irregularis pentacanthus (Delle Chiaje, 1825)	Ophiothrix quinquemaculata Müller-Troschel, 1842	
Mollusca		
Abra alba (W. Wood, 1802)	Ennucula aegeensis (Forbes, 1844)	Pandora pinna (Montagu, 1803)
Anomia ephippium Linnaeus, 1758	Euspira guilleminii (Payraudeau, 1826)	Parvicardium minimum (Philippi, 1836)
Antalis inaequicostata (Dautzenberg, 1891)	Falcidens gutturosus (Kowalevsky, 1901)	Poromya granulata (Nyst & Westendorp, 1839)
Antalis panorma (Chenu, 1843)	Hyala vitrea (Montagu, 1803)	Prochaetoderma raduliferum (Kowalevsky, 1901)
Batharca pectunculoides (Scacchi, 1834)	Kelliella abyssicola (Forbes, 1844)	Pseudamussium clavatum (Poli, 1795)
Cadulus jeffreysi (Monterosato, 1875)	Kurtiella bidentata (Montagu, 1803)	Saccella commutata (Philippi, 1844)
Calyptrea chinensis (Linnaeus, 1758)	Menticula ferruginosa (Forbes, 1844)	Theora lubrica Gould, 1861
Capulus ungaricus (Linnaeus, 1758)	Myrtea spinifera Contraine, 1835	Thyasira alleni Carozza, 1981
Cardiomya costellata (Deshayes, 1835)	Neopycnodonte cochlear (Poli, 1795)	Thyasira biplicata (Philippi, 1836)
Cuspidaria rostrata (Olivi, 1792)	Nucula nitidosa Winckworth, 1930	Thyasira granulosa (Monterosato, 1874)

Cylichna cylindracea (Pennant, 1777)	Nucula sulcata (Bronn, 1831)	Timoclea ovata (Pennant, 1777)
Sipuncula		
Golfingia (Golfingia) vulgaris vulgaris (Blainville, 1827)	Onchnesoma s. steenstrupii Koren & Danielssen, 1876	Phascalion strombus strombus (Montagu, 1804)
Nephasoma sp		
Nemertea		
Cnidaria		
Actinaria nd	Pennatula rubra (Ellis, 1761)	
Platyhelminthes		

Gli anellidi, rappresentati unicamente da policheti, risultano essere il gruppo dominante che con 6005 individui rappresentano quasi l'80% dell'abbondanza totale. I crostacei e i molluschi secondi e terzi in ordine di abbondanza, forniscono, rispettivamente, l'8,2 e il 10% di contributo, mentre i sipunculidi si fermano al 2,7%. Gli echinodermi (78 individui) rappresentano l'1% 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 confermino il taxon dominante fornendo il 48% delle specie rinvenute (95 specie). Un quarto del panorama faunistico è fornito dai crostacei (49 specie), mentre i molluschi, con 33 specie, rappresentano il 17% delle specie totali.

Gli echinodermi e i sipunculidi forniscono, rispettivamente, il 6% e il 2% di specie al panorama faunistico.

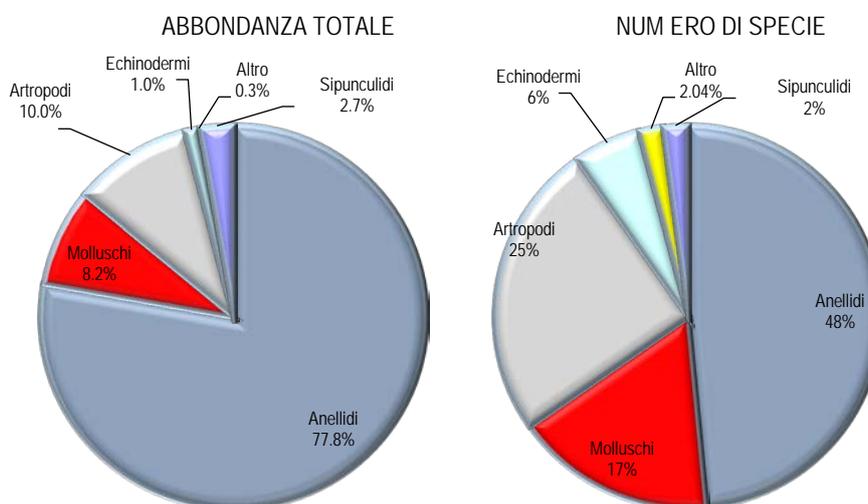


Figura 12 - Ripartizione dell'abbondanza totale e del numero di specie tra i principali taxa rinvenuti nella primavera 2020. Altro= cnidari, nemertini, poriferi, plateminti.

Ai policheti appartengono le specie rinvenute col maggior numero di individui. Le prime quattro specie dominanti, sono, infatti, policheti e rappresentano quasi il 50% dell'abbondanza totale.

Levinsenia demiri (2249 individui) è in assoluto il polichete più abbondante e da solo rappresenta un terzo dell'abbondanza totale.

Paradiopatra lepta (659 individui), seconda in ordine di abbondanza, rappresenta l'8,5%, apportando un contributo di poco superiore a *Kirkegaardia heterochaeta* (Figura 13). 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 176 specie (ossia 89,8% del totale) contribuiscono per meno dell'1% all'abbondanza totale. Inoltre il 17,35% circa delle specie è presente con un solo individuo.

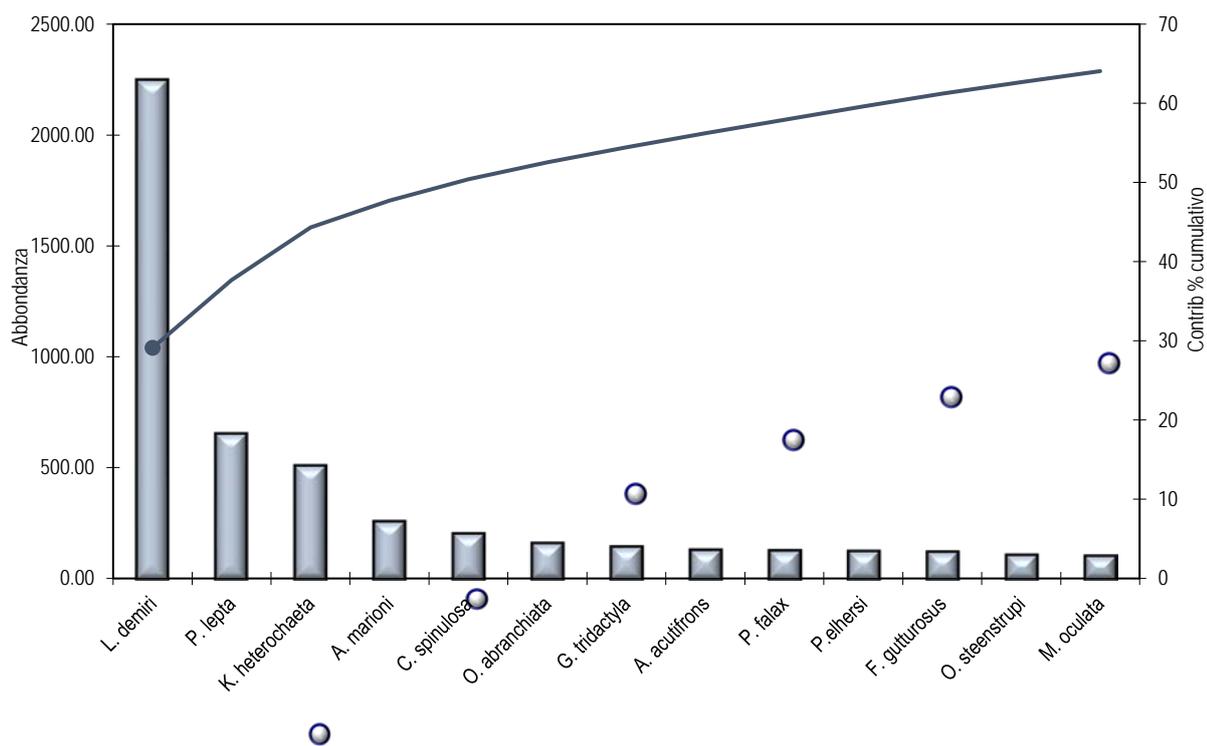


Figura 13 - Abbondanza totale e contributo percentuale cumulativo delle specie dominanti (P20).

Il dato più saliente di questa campagna è che la similarità tra repliche è di poco superiore a quella tra stazioni. Questo indica che la variabilità spaziale a piccola scala (ossia tra repliche), è paragonabile a quella a scala maggiore (ossia tra stazioni).

Questo risultato riflette la presenza di un numero modesto di specie con elevati valori di abbondanza. In particolare il polichete *Levinsenia demiri*, rappresenta la specie che maggiormente determina la similarità tra repliche in tutte le stazioni.

Dal punto di vista faunistico, le stazioni P20 MG9 e P20 MG2 sono quelle che esibiscono le differenze maggiori rispetto alle altre stazioni per essere caratterizzate da bassi valori di abbondanza di *Levinsenia demiri*.

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. La posizione delle stazioni situate nella parte destra del plot (P20 MG13, P20 MG14) è dovuta al comportamento di *Levinsenia demiri* che mostra, in queste stazioni abbondanze più elevate. A questo polichete di affiancano *Poromya granulosa*, *Kirkegaardia heterochaeta* e *Aricidea claudiae*.

Carangoliopsis spinulosa e *Scolelepis foliosa* spiegano la posizione di P20 MG1, P20 MG4 nella parte bassa del plot.

Neopycnodonte cochlear, *Bathyrca pectunculoides*, *Hippomedon massiliensis* e *Syllis parapari* sono le specie maggiormente responsabili della posizione della stazione P20 MG11.

Hyalinoecia tubicola e *Anthalis inaequicostata* definiscono la posizione di P20 MG8, mentre *Hippomedon bidentatus* spiega quella di P20 MG2.

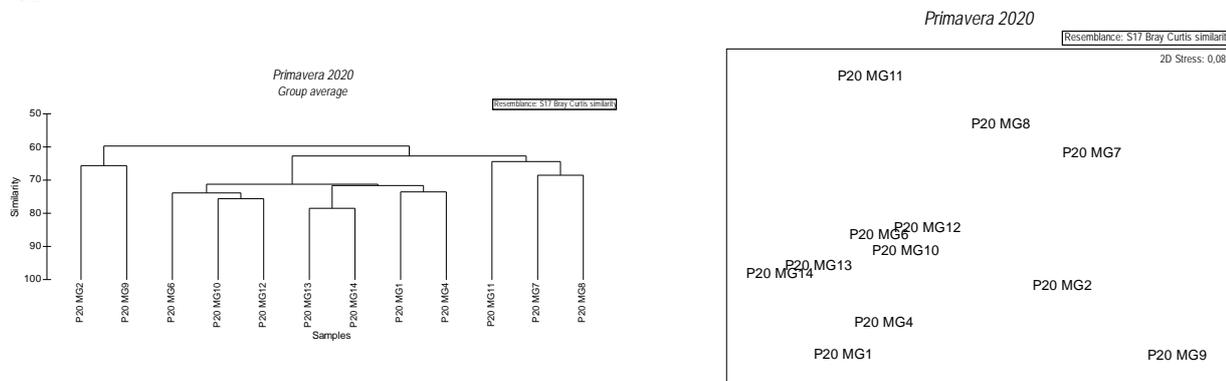


Figura 14 - Risultati della cluster analysis (group average) a sinistra, piano di ordinamento ottenuto dal n-MDS, a destra. La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Bray-Curtis.

Anche dal punto di vista strutturale (Tabella 20) i parametri indagati risultano variabili da stazione a stazione. Il numero di specie medio stazioni (ossia ottenuto dopo il calcolo della media tra repliche) varia tra 32,5, minimo rilevato in P20 MG8 e 55,7, massimo osservato presso il rigassificatore (P20 MG6).

Le stazioni P20 MG2, P20 MG7, P20 MG8, P20 MG9 hanno un numero di specie più basso rispetto alla media totale (45,6±7,78).

L'abbondanza totale media delle stazioni varia tra 109 (P20 MG9) e 211 (P20 MG14) esibendo una elevata variabilità tra stazioni, con una media generale pari a 160,9±34,4. Valori inferiori a tale media sono stati osservati in P20 MG2, P20 MG4, P20 MG7, P20 MG8, P20 MG9, P20 MG11. P20 MG7 è l'unica stazione posta presso il Terminale con un'abbondanza inferiore alla media generale.

La diversità di Shannon-Weaver mostra il suo minimo in P20 MG4 (3,47) ed il massimo in P20 MG6 (4,60) con una media complessiva di 4,35±0,31. Anche la Ricchezza specifica mostra un picco in P20 MG6 ed un valore del tutto confrontabile in P20 MG13. I valori più bassi sono stati osservati in P20 MG4 e P20 MG8. Infine l'equitabilità oscilla tra 0,85 (P20 MG9) e 0,69 (P20 MG4) con un valore medio di 0,79±0,05).

Nessun dato indica che presso il Terminale ci siano condizioni che comportano impoverimento del popolamento.

Stazioni	S		N		H'(log ₂)		d		J	
P20 MG1	52,75	± 5,80	196,50	± 24,26	4,42	± 0,10	9,80	± 0,93	0,77	± 0,04
P20 MG2	44,00	± 7,53	144,25	± 27,11	4,44	± 0,21	8,64	± 1,24	0,82	± 0,02
P20 MG4	33,00	± 3,46	141,00	± 57,90	3,47	± 0,52	6,47	± 0,76	0,69	± 0,09
P20 MG6	55,75	± 3,59	192,25	± 38,95	4,60	± 0,10	10,44	± 0,49	0,79	± 0,02
P20 MG7	43,00	± 3,65	126,50	± 22,75	4,56	± 0,16	8,71	± 0,86	0,84	± 0,03
P20 MG8	32,50	± 8,19	133,50	± 27,73	4,19	± 0,31	6,46	± 1,71	0,84	± 0,04
P20 MG9	38,50	± 3,87	109,00	± 26,65	4,48	± 0,30	8,03	± 0,76	0,85	± 0,05
P20 MG10	46,50	± 1,73	165,25	± 29,43	4,32	± 0,23	8,93	± 0,14	0,78	± 0,05
P20 MG11	47,00	± 2,58	137,75	± 34,76	4,51	± 0,17	9,39	± 0,56	0,81	± 0,03
P20 MG12	49,75	± 9,57	163,75	± 45,07	4,55	± 0,24	9,58	± 1,60	0,81	± 0,04
P20 MG13	54,50	± 4,80	209,25	± 62,59	4,48	± 0,32	10,06	± 0,51	0,78	± 0,07
P20 MG14	50,25	± 4,92	211,50	± 71,85	4,13	± 0,17	9,26	± 0,47	0,73	± 0,02

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.

Tabella 21 - Concentrazione dei metalli nei mitili. Dati relativi alla campagna P20 espressi in mg/kg. Sono riportati i dati riferiti sia alla sostanza secca (s.s.) sia al peso fresco (p.f.) in accordo alla prescrizione 13 delle Determinazioni 2990 DVA R.D.R 0000100.04-04-2017 e 3337 DVA R.D.R 0000277.28-09-2017.

	Tempo zero		Stazione A		Stazione B		Stazione C		Stazione D		Stazione E (Bianco Gorgona)	
	s.s.	p.f.	s.s.	p.f.								
Arsenico	7,71	1,54	8,56	1,71	7,64	1,53	7,93	1,59	9,15	1,83	7,88	1,58
Bario	< 1,20	-	< 1,20	-	< 1,20	-	< 1,20	-	< 1,20	-	< 1,20	-
Cadmio	0,16	0,03	0,47	0,09	0,33	0,07	0,32	0,06	0,77	0,15	0,47	0,09
Cromo totale	< 1,20	-	< 1,20	-	< 1,20	-	< 1,20	-	< 1,20	-	< 1,20	-
Rame	5,99	1,20	3,90	0,78	3,53	0,71	3,49	0,70	3,30	0,66	4,03	0,81
Ferro	145,04	29,01	60,03	12,01	57,66	11,53	60,58	12,12	61,83	12,37	63,23	12,65
Manganese	< 12,5	-	< 12,5	-	< 12,5	-	< 12,5	-	< 12,5	-	< 12,5	-
Mercurio	0,075	0,0151	0,077	0,0154	0,078	0,0155	0,070	0,0140	0,065	0,0129	0,074	0,0148
Nichel	< 1,20	-	< 1,20	-	< 1,20	-	< 1,20	-	< 1,20	-	< 1,20	-
Piombo	2,38	0,48	2,38	0,48	3,02	0,60	2,51	0,50	1,63	0,33	2,37	0,47
Vanadio	< 1,20	-	< 1,20	-	< 1,20	-	< 1,20	-	< 1,20	-	< 1,20	-
Zinco	146,28	29,26	198,09	39,62	235,58	47,12	193,54	38,71	168,70	33,74	203,98	40,80

Idrocarburi totali

Nella **Tabella 22** sono riportati i risultati ottenuti dalla ricerca degli idrocarburi (C<10 e C10-C40). Si rileva incremento di Idrocarburi C<10 in 2 siti su 4 (stazione B e C) mentre le concentrazioni degli idrocarburi C10-C40 sono confrontabili con quelle dei mitili al tempo "0" o al bianco.

Tabella 22 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna P20, 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)	690,9	542,5	905,0	859,7	673,7	634,0
Idrocarburi C10-C40 (mg/kg)	18,9	17,2	17,4	19,4	20,4	19,7

IPA e composti organo stannici

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

Tabella 23 - Concentrazione degli IPA e dei composti organostannici presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna P20, 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)
Acenafene	0,004	0,001	0,004	0,006	< 0,001	0,002
Acenaftilene	0,001	0,002	0,004	0,003	0,004	0,003
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	0,011	0,011	0,011	0,011	0,016	0,008
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	0,007	0,003	0,004	0,005	0,004	0,003
Fluorantene	0,004	0,002	0,005	0,003	0,002	0,002
Fluorene	0,013	0,011	0,011	0,013	0,008	0,012
Indeno (1,2,3 - c,d) pirene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Naftalene	0,007	0,006	0,003	0,005	0,007	0,005
Pirene	0,002	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Dibutilstagno	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Monobutilstagno	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Tributilstagno	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001

Cloroderivati

Questi composti sono generalmente assenti o trascurabili perché prossimi al limite di quantificazioni (**Tabella 24**).

Tabella 24 - Concentrazione degli cloroderivati presenti nei campioni di mitili. I dati relativi alla campagna P20 sono espressi in µg/kg. Per il calcolo delle medie, nel caso di valori al di sotto del limite di quantificazione, è stata usata una concentrazione pari alla metà di quest'ultimo.						
	Tempo zero	Stazione A Pos. 1	Stazione B Pos. 2	Stazione C Pos. 3	Stazione D Pos. 4	Stazione E (Bianco Gorgona)
Acidi Aloacetici						
Dalapon	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Acido Dibromoacetico	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Acido Tribromoacetico	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Acido Monobromoacetico	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Acido Bromodichloroacetico	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Acido 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
Fenoli						
2,4,6-tricloro fenolo	1,3	1,0	< 0,5	< 0,5	0,7	< 0,5
2,4-dicloro fenolo	0,9	0,6	< 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	3,2	2,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
V.O.C.						
1,1,1-Tricloroetano	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2

Tabella 24 - Concentrazione degli cloroderivati presenti nei campioni di mitili. I dati relativi alla campagna P20 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 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)
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	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Dibromoclorometano	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Dibromoacetoneitrile	< 0,8	< 0,8	< 0,8	< 0,8	< 0,8	< 0,8
Tetracloroetilene	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15
Tetracloruro di carbonio	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 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 P20, 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)

L'analisi del Neutral Red Retention Time, non ha evidenziato alcuna differenza significativa tra i mitili di controllo (Stazione E – Gorgona) e quelli posizionati lungo le 4 stazioni di monitoraggio del Terminale FSRU. Infatti, comparabilmente a quanto osservato negli emociti dei mitili provenienti dalla stazione di controllo e dall'impianto di acquacoltura (Tempo zero), il tempo di ritenzione del colorante, indicatore del livello di stabilità lisosomiale, è infatti superiore ai 100 minuti (Figura 15).

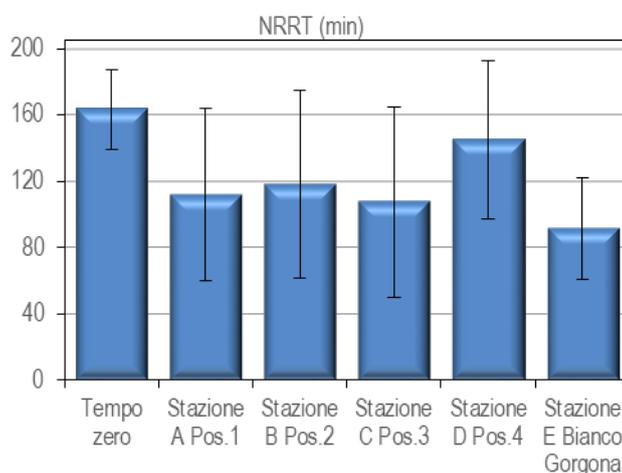


Figura 15 - Valutazione del danno cellulare mediante la misura del tempo di ritenzione del colorante vitale Rosso Neutro (NRRT) nei lisosomi degli emociti di mitilo. Valori alti del tempo di ritenzione corrispondono ad una maggiore integrità.

Comet Assay

I risultati relativi alla valutazione del grado di integrità della molecola di DNA nelle cellule branchiali di mitilo non mostrano alcun decremento significativo rispetto ai valori del controllo (Stazione E-Gorgona) in nessuna delle quattro stazioni di monitoraggio, suggerendo quindi una assenza di impatto da parte delle attività del Terminale FSRU, quanto meno in termini di danno genetico (Figura 16).

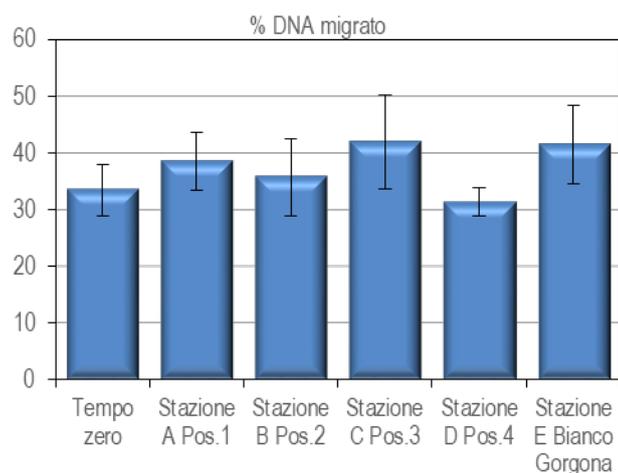


Figura 16 - Valutazione del grado di integrità del DNA mediante Comet assay. Valori elevati della percentuale di DNA migrato corrispondono ad una maggiore entità del danno.

Analisi istologia del tessuto branchiale

Comparabilmente con quanto osservato nel tessuto prelevato dagli esemplari della stazione di controllo (Stazione E-Gorgona) e quelli provenienti dall'Impianto di Acquacoltura (Tempo Zero), l'analisi istologica dell'epitelio branchiale dei mitili traslocati lungo il Terminale FSRU mostrano una normale morfologia (**Figura 17, Tabella 26**).

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.

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

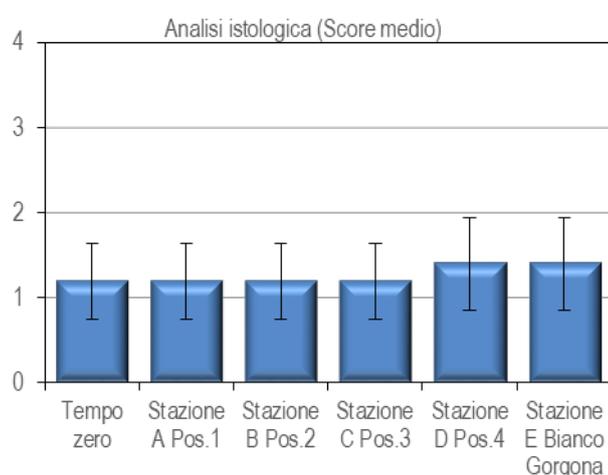


Figura 17 - Analisi istologica delle branchie di mitilo. Il parametro rappresentato nel grafico è il punteggio medio (score) per ciascuna delle stazioni indagate. La scala va da 1 a 5; il punteggio 1 indica una condizione di integrità mentre il punteggio 5 indica una forte compromissione della struttura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

Dai risultati complessivi relativi ai biomarker selezionati, per la campagna primaverile 2020 (P-20), non sono emerse sostanziali alterazioni a carico dei mitili trapiantati lungo il Terminale FSRU rispetto sia a quelli di controllo (Stazione E Gorgona) che del tempo zero. Quindi,

relativamente ai biomarker indagati (stabilità lisosmiale, integrità del DNA e valutazione istologica), è possibile dedurre una sostanziale assenza di impatto da parte del Terminale FSRU nel periodo di riferimento.

5.2.4 Cetacei e tartarughe marine

Per questa indagine sono state percorse 304 nm per un totale di 66h di navigazione (Figura 18).

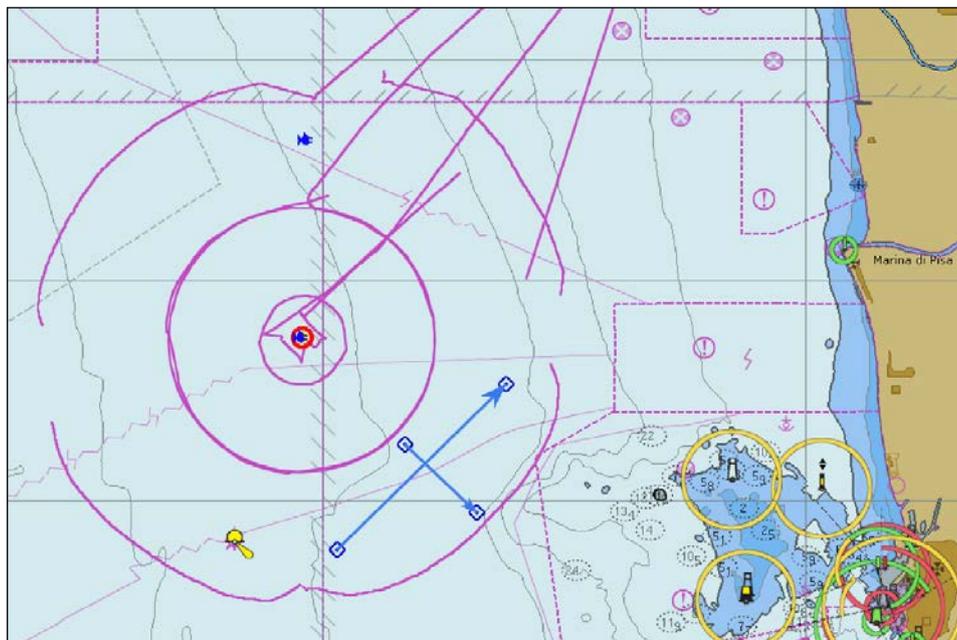


Figura 18 - Rotte effettuate per il monitoraggio visivo, acustico e bioacustico condotto in primavera 2020 (P20).

Nella campagna primaverile del 2020 sono stati effettuati due avvistamenti.

Il primo avvistamento in data 02.07.2020 in posizione 43° 43' 26.387" N e Lat e 009° 59' 36.850" E Long, in totale 2 delfini appartenenti alla specie tursiopo (*Tursiops truncatus*) dietro ad un peschereccio in alimentazione, a 4,5 nm in posizione N rispetto al Terminale (Foto 1).

Il secondo avvistamento in data 09.07.2020 in posizione 43° 38' 39.899" N e Lat e 009° 59' 19.979" E Long, in totale 1 individuo appartenente all' specie stenella striata (*Stenella coeruleoalba*) a 30m dal Terminale.

Nessun avvistamento di tartarughe.



Foto 1 - Coppia dei tursiopi



Foto 2 - Tursiopi dietro peschereccio

5.3 INDAGINI GENERALI

La tabella seguente sintetizza i dati meteorologici, orari e dati sul traffico marittimo raccolti durante la campagna (ivi compreso la presenza del guardian); inoltre, in una specifica colonna si riportano le attività in corso di svolgimento sul Terminale al momento di acquisizione delle misure.

Tabella 27 - Dati meteorologici, orari e dati di traffico marittimo e Modalità operative del Terminale al momento dell'acquisizione delle misure (P20).

Data	Stazione	WS (knt)	W dir(°N)	Hs onda (m)	CTD start	CTD end	Depth	HYD start	HYD end	Note	Modalità operative del Terminale	Presenza TUG**	Presenza Guardian*
28/06/2020	W10K	6,8	267	0,23	18:29	18:30	55	18:35	18:39	---	Holding	NO	SI
28/06/2020	W10K	7,3	268	0,23	---	---	8	18:46	18:50	---	Holding	NO	SI
2/07/2020	N10K	4,7	179	0,30	11:32	11:33	55	11:36	11:40	2 rim a 120 dist 2nm, dir N, yacht dir 330, vel 15knt, dist 2 nm	Holding	07.30 / 12.18 Corrado Neri	SI
2/07/2020	N10K	4,7	179	0,30	---	---	8	11:43	11:47	2 rim a 120 dist 2nm, dir N, yacht dir 330, vel 15knt, dist 2 nm	Holding	07.30 / 12.18 Corrado Neri	SI
02/07/2020	N1K	5,5	232	0,21	13:57	13:58	55	13:59	14:03	Pesch dir NW, dist 3nm	Holding	07.30 / 12.18 Corrado Neri	SI
02/07/2020	N1K	6,3	237	0,21	---	---	8	14:06	14:10	Rim a poppa FSRU, dist 2nm, vel 8 knt	Holding	07.30 / 12.18 Corrado Neri	SI

Tabella 27 - Dati meteorologici, orari e dati di traffico marittimo e Modalità operative del Terminale al momento dell'acquisizione delle misure (P20).

Data	Stazione	WS (knt)	W dir(°N)	Hs onda (m)	CTD start	CTD end	Depth	HYD start	HYD end	Note	Modalità operative del Terminale	Presenza TUG**	Presenza Guardian*
02/07/2020	W1K	6,1	238	0,20	14:30	14:31	55	14:31	14:35	---	Holding	07.30 / 12.18 Corrado Neri	SI
02/07/2020	W1K	5,8	242	0,20	---	---	8	14:38	14:42	---	Holding	07.30 / 12.18 Corrado Neri	SI
02/07/2020	S1K	5,7	245	0,19	14:57	14:58	55	14:59	15:03	---	Holding	07.30 / 12.18 Corrado Neri	SI
02/07/2020	S1K	4,5	246	0,19	---	---	8	15:06	15:10	---	Holding	07.30 / 12.18 Corrado Neri	SI
02/07/2020	E1K	6,5	249	0,20	15:26	15:27	55	15:28	15:32	---	Holding	07.30 / 12.18 Corrado Neri	SI
02/07/2020	E1K	5,7	252	0,20	---	---	8	15:38	15:42	---	Holding	07.30 / 12.18 Corrado Neri	SI
09/07/2020	N100	5,7	256	0,17	13:35	13:37	55	13:38	13:42	---	Holding	NO	00.00 / 24.00 Corrado Neri***
09/07/2020	N100	6,1	263	0,17	---	---	8	13:47	13:52	1 ST prua FSRU, 30mt	Holding	NO	00.00 / 24.00 Corrado Neri
09/07/2020	W100	6,1	269	0,19	13:59	14:00	55	14:00	14:04	---	Holding	NO	00.00 / 24.00 Corrado Neri
09/07/2020	W100	6,3	276	0,19	---	---	8	14:06	14:10	---	Holding	NO	00.00 / 24.00 Corrado Neri
09/07/2020	S100	6,1	268	0,19	14:14	14:15	55	14:16	14:20	---	Holding	NO	00.00 / 24.00 Corrado Neri

Tabella 27 - Dati meteorologici, orari e dati di traffico marittimo e Modalità operative del Terminale al momento dell'acquisizione delle misure (P20).

Data	Stazione	WS (knt)	W dir(°N)	Hs onda (m)	CTD start	CTD end	Depth	HYD start	HYD end	Note	Modalità operative del Terminale	Presenza TUG**	Presenza Guardian*
09/07/2020	S100	6,1	278	0,19	---	---	8	14:22	14:26	---	Holding	NO	00.00 / 24.00 Corrado Neri
09/07/2020	E100	5,7	248	0,20	13:08	13:09	55	13:15	13:19	---	Holding	NO	00.00 / 24.00 Corrado Neri
09/07/2020	S100	5,7	256	0,20	---	---	8	13:23	13:27	---	Holding	NO	00.00 / 24.00 Corrado Neri
10/07/2020	E10K	3,5	237	0,19	11:19	11:23	55	11:25	11:29	---	Holding	NO	00.00 / 21.18 Corrado Neri LNG Guardian 21.18 / 24.00
10/07/2020	E10K	2,7	246	0,19	---	---	8	11:31	11:35	---	Holding	NO	00.00 / 21.18 Corrado Neri LNG Guardian 21.18 / 24.00
14/07/2020	S10K	6,7	270	0,27	11:25	11:26	55	11:27	11:31	---	Holding	13.50 / 15.45 Costante Neri	SI
14/07/2020	S10K	6,5	88	0,27	---	---	8	11:35	11:39	---	Holding	13.50 / 15.45 Costante Neri	SI

* La nave di appoggio LNG Guardian o un suo sostituto (nave che effettua il pattugliamento intorno al Terminale è presente sempre tra le 2 mN e 4 mN dal Terminale)

**gli orari tengono conto dell'arrivo all'ingresso delle 4 mn e l'uscita alle 4mn. Per valutare eventuale impatto possiamo considerare 20 minuti dall'orario in ingresso per raggiungere il Terminale e successivo tempo di affiancamento ad esso con i motori accesi (per attività di scarico materiale, ecc) fino alla ripartenza, circa 20 minuti prima l'orario di uscita dalla 4 mn.

*** identifica la sostituzione del LNG guardian con un rimorchiatore.

5.3.1 Misura del rumore

In questo paragrafo sono riportati i risultati delle misure di rumore acustico subacqueo eseguite nei punti più vicini (a 100m dal Terminale) alla profondità di 55m, 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 per la direttrice Nord nelle stazioni N1K e N10K (quella di maggior interesse per la presente campagna). Le quattro figure seguenti (Figura 19, Figura 20, Figura 21 e Figura 22 riportano i livelli PSDf misurati a 100m rispettivamente alle stazioni Est, Nord, Sud e Ovest.

In tutti i casi, i livelli sono attorno agli 100-120 dB re 1 μ Pa per frequenze sotto ai 250 Hz e scendono fino ai 40-60 dB re 1 μ Pa a frequenze più alte. Sono presenti picchi di livello alle frequenze di ~50Hz, ~80 Hz, ~315 Hz, ~630 Hz, ~1000 Hz, 2.000 Hz e ~5.000 Hz.

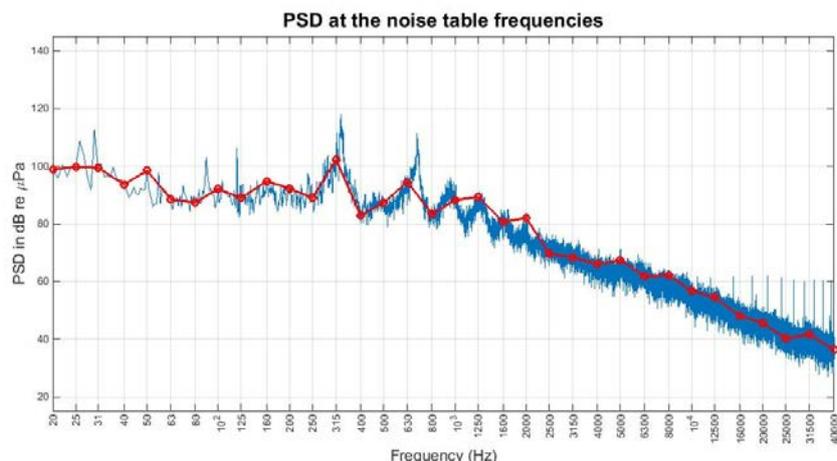


Figura 19 - PSDf del rumore subacqueo misurato nel punto E100 a 55m di profondità. Misure del 9 luglio 2020, dalle ore 13:15 alle ore 13:18.

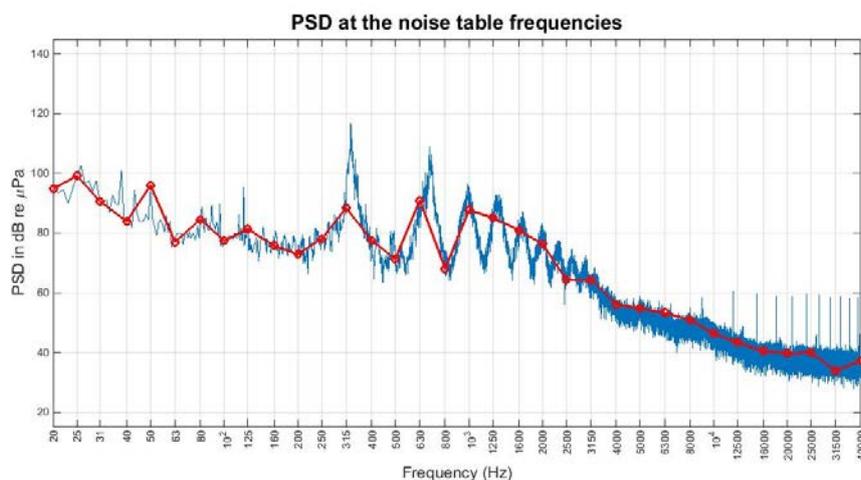


Figura 20 - PSDf del rumore subacqueo misurato nel punto N100 a 55m di profondità. Misure del 9 luglio 2020, dalle ore 13:38 alle ore 13:42.

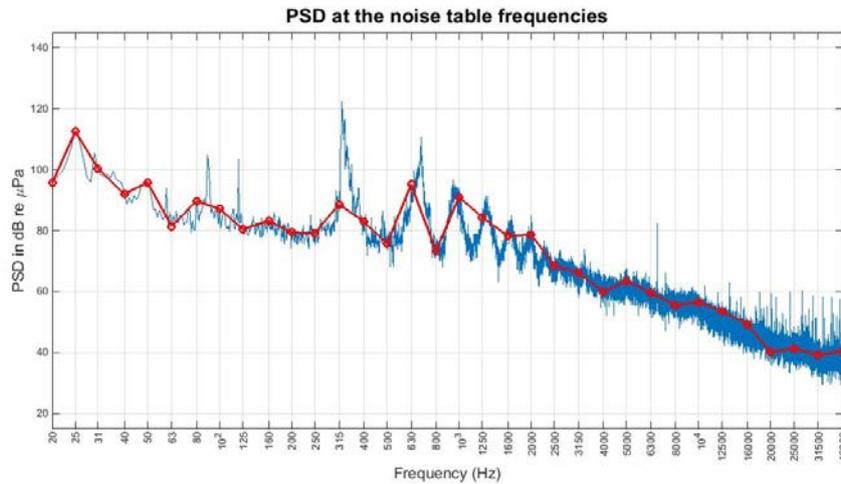


Figura 21 - PSDf del rumore subacqueo misurato nel punto S100 a 55m di profondità. Misure del 9 luglio 2020, dalle ore 14:16 alle ore 14:20.

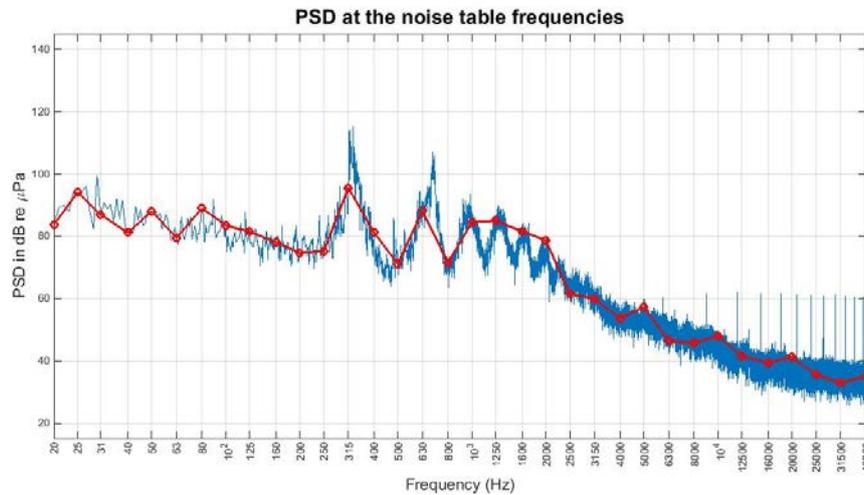


Figura 22 - PSDf del rumore subacqueo misurato nel punto W100 a 55m di profondità. Misure del 9 luglio 2020, dalle ore 14:00 alle ore 14:03.

Nella **Figura 23** è rappresentato il confronto dei livelli in terze d'ottava misurati a 100m per le quattro stazioni di riferimento. I valori sono molto simili. La stazione Est evidenziata dalla linea rossa presenta livelli più alti tra i 40 e i 12.500 Hz di frequenza.

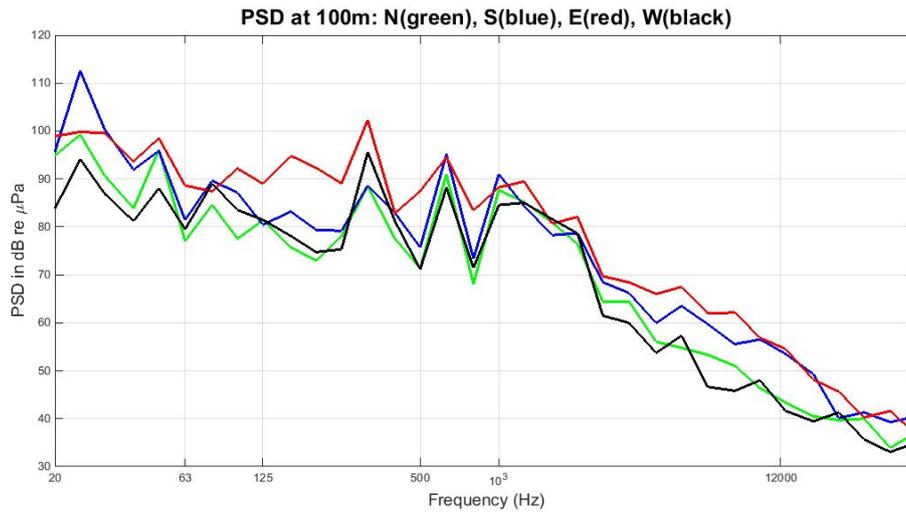


Figura 23 - Confronto dei livelli in terzi d'ottava misurati a distanza di 100m e profondità 55m.

La direzione più significativa per la presenza di cetacei sembra quella verso Nord, quindi è stata analizzata la propagazione e l'attenuazione del rumore del terminale in quella direzione. Le seguenti (Figura 24 e Figura 25) riportano i livelli PDSf misurati alle stazioni Nord alla distanza rispettivamente di 1.000 e 10.000 metri dal Terminale.

Nella Figura 24 i livelli restano fra i ~113 dB re 1µPa a 25 Hz, ed i ~73 dB re 1µPa a 200 Hz per le basse frequenze; e scendono fino ai ~45 dB re 1µPa (6,3kHz) alle alte frequenze. Una serie di picchi tra i 400 e i 2000 Hz sono ancora presenti. Anche qui si evidenziano righe spettrali che rappresentano interferenze elettromagnetiche derivanti da strumentazioni dell'imbarcazione di supporto. Esse non sono significative per l'analisi acustica.

Nella Figura 25, per le basse frequenze i livelli passano dai ~93 dB re 1µPa a 20 Hz, fino a circa 72 dB re 1µPa a 200 Hz; per le frequenze alte scendono dai ~44 dB re 1µPa a 6,3kHz, fino ai ~40 dB re 1µPa dei 16kHz. Si nota la presenza di diversi picchi intermedi fra i 400 Hz ed i 2.000 Hz e righe spettrali che rappresentano interferenze elettromagnetiche da strumentazione di supporto non significative per l'analisi acustica.

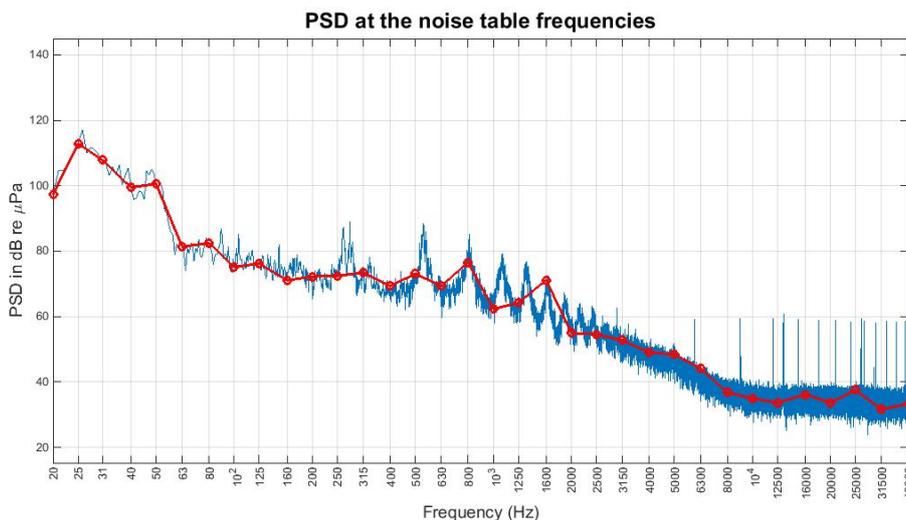


Figura 24 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N1k a 55m di profondità. Misure del 2 luglio 2020, dalle ore 13:59 alle ore 14:03.

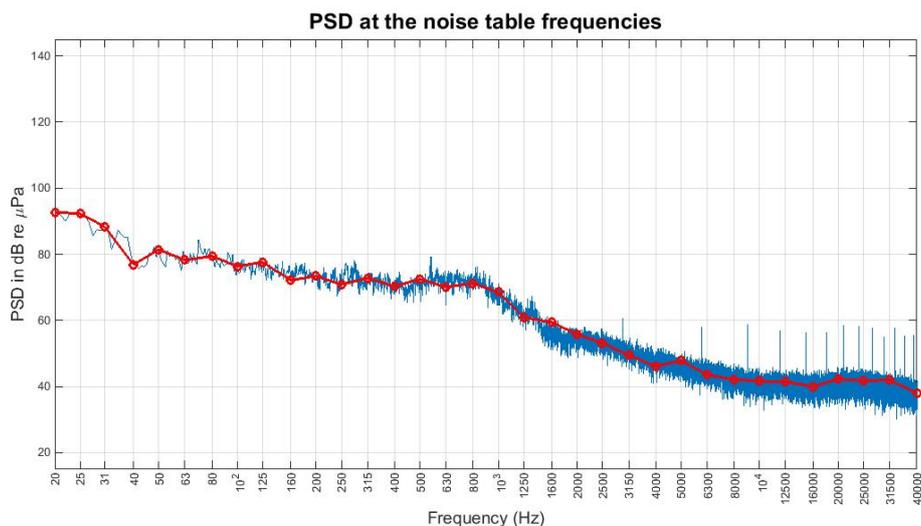


Figura 25 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N10k a 55m di profondità. Misure del 9 luglio 2020, dalle ore 11:36 alle ore 11:41.

Nella seguente **Figura 26** sono riportati i valori PDSf in terzi d'ottava lungo la direzione Nord, che illustrano l'attenuazione del suono con la distanza dal terminale. Tale attenuazione è maggiormente evidente in quelle bande di frequenza propriamente emesse dal terminale. Si può notare che i livelli a frequenze < 80 Hz sono più alti a 1000m dal terminale, mentre i livelli a frequenze > 80 Hz decrescono in funzione della distanza (la cosa è ben visibile confrontando N100 con N1k, mentre fra N1k e N10k i livelli sono molto simili, e vi sono frequenze in cui il livello di rumore a 10km è addirittura *debolmente* maggiore che a 1km dal terminale). La stazione N100 è la più rumorosa tra 80Hz e 16kHz.

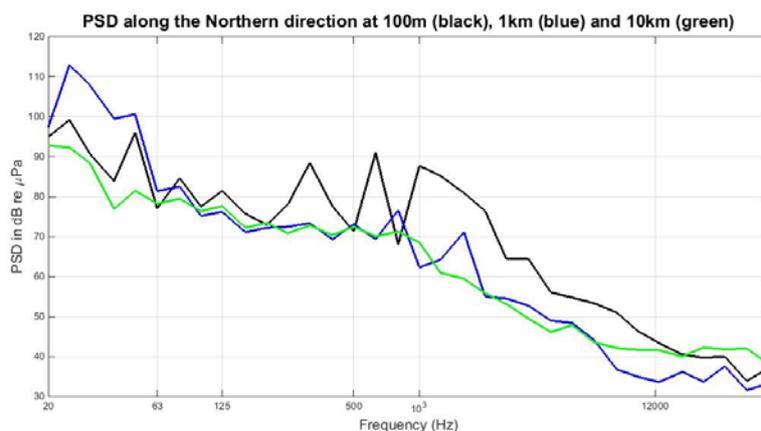


Figura 26 - Confronto dei livelli in terzi d'ottava misurati lungo la direzione Nord, a distanza di 100m, 1km e 10km, a profondità 55m.

Tutte le ipotesi e assunzioni proposte nelle precedenti campagne rimangono valide, perciò i parametri geometrici, geofisici relativi alla sorgente rimangono inalterati. Poiché anche nelle attuali misure e dal confronto con precedenti analisi 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 sono calcolati i risultati di Transmission Loss (TL). Tale frequenza viene utilizzata anche per uniformità con le precedenti relazioni, ed è in ogni caso rappresentativa di tutto l'insieme di frequenze interessate dalla correlazione con la distanza.

I risultati per i valori di PSD in terzi d'ottava per ciascun punto di monitoraggio e per ciascuna quota campionata sono riportati nell'Allegato 10.

Parametri oceanografici, ricostruzione di SL e verifica di simulazione

La campagna P20 è la prima campagna di monitoraggio in cui si utilizza un nuovo metodo, detto *metodo statistico a 100m* (MS100), per il calcolo della SL: il miglioramento introdotto, di cui godono i risultati della P20 e della E20 (si precisa che tale metodo verrà applicato anche nelle future campagne e futuri report), costa nel fatto che il valore della SL così calcolato si corredo di un intervallo di confidenza, che compendia la variabilità geografica e temporale del mezzo così come riscontrata durante la campagna di monitoraggio. Quello che si fa è fare un calcolo della SL per ciascuna stazione a 100 m dalla sorgente ad una profondità di 55m (per tener conto del termocline nelle stagioni calde), quindi un SL a partire dai dati di E100, N100, S100 e W100: il valore attribuito alla SL sarà *la media* di questi quattro valori calcolati a -55m di profondità con la TL alla medesima quota, mentre la loro deviazione standard sarà interpretata come l'intervallo di confidenza del *source level* stesso. La motivazione di questa scelta per la ricostruzione di SL si deve a due fattori: le condizioni del mare

durante le misure sono costanti, valutazione ragionevole vista la vicinanza temporale delle registrazioni; l'uso delle stazioni più vicine alla sorgente è sempre consigliabile al fine di utilizzare un modello che, per quanto largamente condiviso nella letteratura scientifica, resta approssimativa e quindi più atta a descrivere propagazioni locali che su grandissime distanze (ricordiamo che il calcolo di TL si fa sempre e in ogni modo *usando ogni volta un solo profilo di velocità*, imponendo di fatto che c_s non dipenda che dalla profondità e non dalla coordinata orizzontale, cosa fisicamente inesatta ma più corretta su brevi distanze). Il source level del terminale FSRU Toscana durante la campagna P20 è ricostruito grazie alle misure della sonda CTD ed al rilevamento del rumore nelle quattro stazioni a 100m dalla sorgente, mediante l'uso del modello idroacustico Bellhop, che fa uso dei profili di velocità del suono con la profondità.

In **Figura 27** sono indicati i profili di velocità del suono nelle stazioni a 100m dal Terminale, che saranno usati nel MS100.

La consistenza fra la TL calcolata a -55 m di profondità con il modello BELLHOP a partire dai dati CTD e dai dati reali di rumore (a -55 m di profondità), ed il decrescere della SPL realmente rilevata, è verificata (alla fine del paragrafo) applicando la TL calcolata per la direzione Nord dai dati CTD nella stazione N100. Per i motivi descritti in precedenza questi calcoli sono ristretti alla componente a ~12kHz degli spettri in terza d'ottava (precisamente $f = 12.500$ Hz) che è una delle frequenze che riportiamo nella "matrice del rumore". In particolare è stata valutata l'attendibilità della TL calcolata con Bellhop mediante il confronto fra la PSD(12.500Hz) a 100m e a 1000m in direzione Nord con le misure dell'idrofono in N100 e N1K.

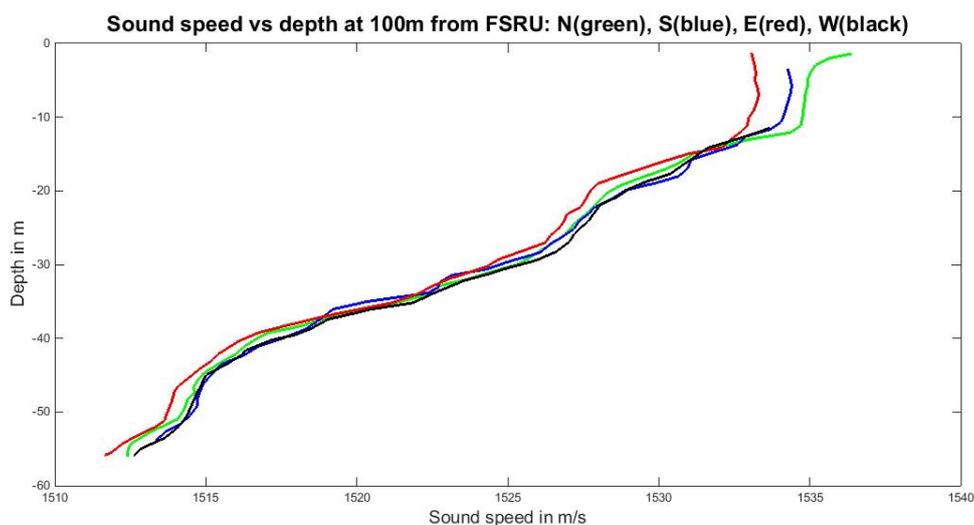


Figura 27 - Grafici della dipendenza $c_s(z)$ rilevata nelle quattro stazioni N100, S100, E100 e W100 più prossime al terminale.

Grazie ai quattro profili di velocità misurati a 100m dalla sorgente è possibile calcolare quattro valori di TL per un'onda sonora di 12kHz ricevuta a 55m nei quattro piani cardinali. Le TL, riportate come dipendenze dalla distanza, in **Figura 28**, **Figura 29**, **Figura 30** e **Figura 31**, sono sommate al valore di PSD a 12kHz misurati sempre in quelle stazioni e si ottengono quattro valori di SL (il cui valore per $r = 100$ m è riportato nella seguente tabella).

Tabella 28 - Source Level calcolati a partire dal valore della TL via Bellhop a 12,5 kHz e dagli SPL misurati con l'idrofono nelle quattro stazioni a 100m dalla sorgente. Trattando come uscite statistiche della stessa grandezza le SL calcolati come TL+SPL, otteniamo come media una $SL = 84,1 \pm 10,3$ dB re μ Pa.			
	TL (dB re μ Pa)	SPL (dB re μ Pa)	SL (dB re μ Pa)
N100	36,87	43,39	80,26
E100	36,84	54,56	91,40
S100	39,74	53,53	93,27
W100	36,87	34,43	71,30

Gli SL sono considerati come quattro uscite di un'unica grandezza fisica, possiamo quindi valutare il *source level* medio come: $SL = 84,1 \pm 10,3$ dB re μ Pa, **ben al di sotto dei livelli di prima risposta comportamentale FBR delle varie classi di cetacei e dei livelli di barotrauma TTS e PTS.**

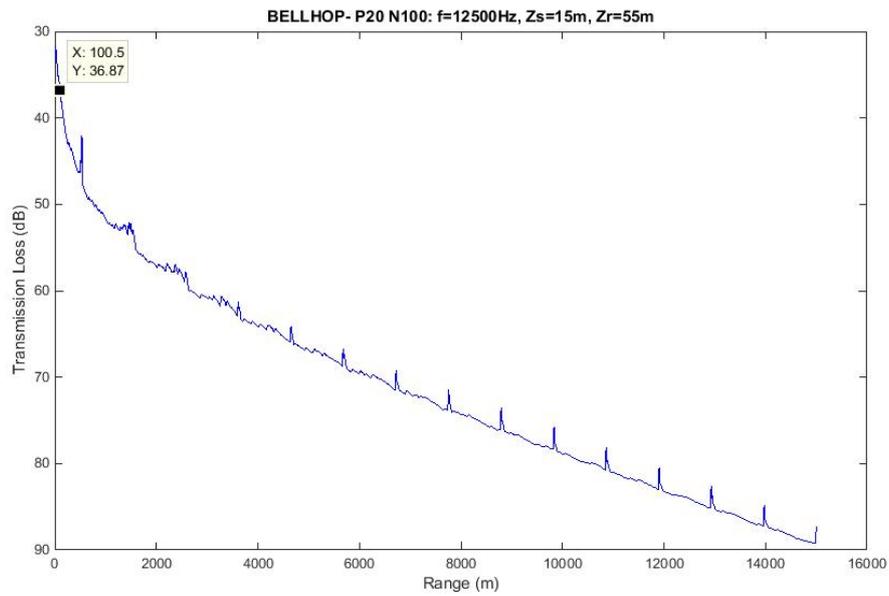


Figura 28 - Dipendenza della TL a 55m di profondità ottenuta mediante i dati $c_s(z)$ della stazione N100; approssimativamente il calcolo di TL(12500 Hz) per N100 risulta di circa 37 dB re μPa , vedi Tabella 27.

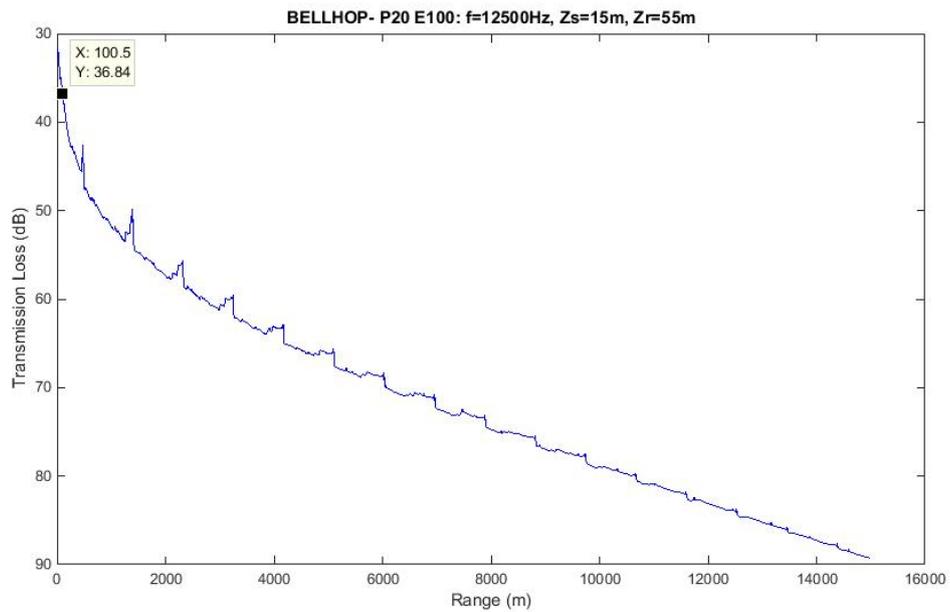


Figura 29 - Dipendenza della TL a 55m di profondità ottenuta mediante i dati $c_s(z)$ della stazione E100; approssimativamente il calcolo di TL(12500 Hz) per E100 risulta di circa 37 dB re μPa , vedi Tabella 27.

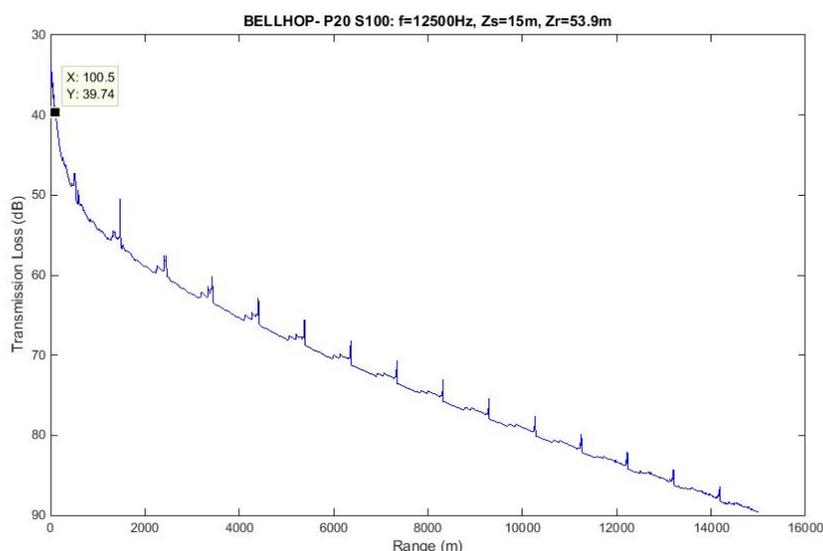


Figura 30 - Dipendenza della TL a 55m di profondità ottenuta mediante i dati $c_s(z)$ della stazione S100; approssimativamente il calcolo di TL (12500 Hz) per S100 risulta di circa 40 dB re μPa , vedi Tabella 27.

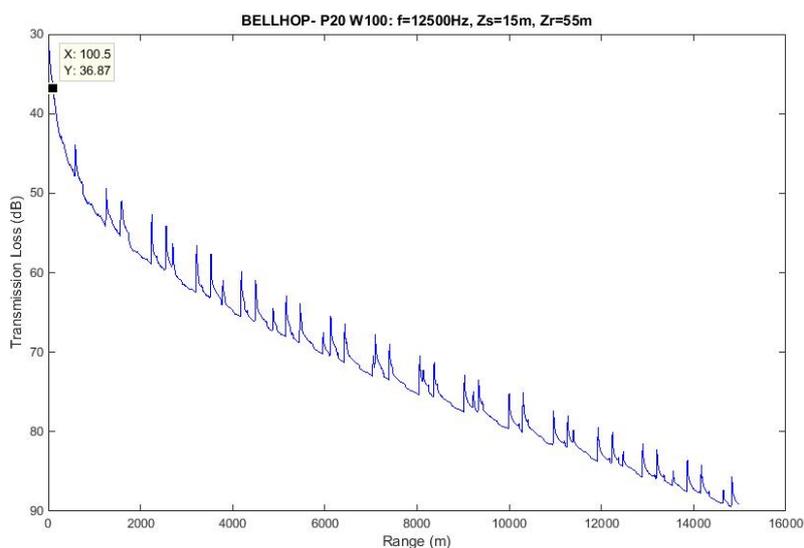


Figura 31 - Dipendenza della TL a 55m di profondità ottenuta mediante i dati $c_s(z)$ della stazione W100; approssimativamente il calcolo di TL(12500 Hz) per W100 risulta di circa 37 dB re μPa , vedi Tabella 27.

Nella **Figura 32** è riportato il campo $TL_{N100}(r,z)$ a 12.500Hz, dove si evidenzia una diminuzione di 14,83 dB [$TL_{N100}(1\text{km},55\text{m}) - TL_{N100}(100\text{m},55\text{m})$] nella PSD(12.500Hz) in direzione Nord. Dalle misure dell'idrofono otteniamo 9,75 dB [$PSD_{N100}(12.500\text{Hz},55\text{m}) - PSD_{N1k}(12.500\text{Hz},55\text{m})$], decisamente compatibile con le nostre simulazioni (con le discrepanze attribuibili, oltre che alla natura del modello di propagazione, alla non simultaneità delle misure).

A partire dal campo $TL_{N100}(r,z)$ a 12,5kHz o meglio della sua restrizione a 55m di profondità di cui già in **Figura 28**, possiamo aspettarci una diminuzione di $TL_{N100}(1\text{km},55\text{m}) - TL_{N100}(100\text{m},55\text{m}) = 14,83$ dB nella PSD(12,5kHz) in direzione Nord: effettivamente, dalle misure dell'idrofono otteniamo $PSD_{N100}(12,5\text{kHz},55\text{m}) - PSD_{N1k}(12,5\text{kHz},55\text{m}) = 9,75$ dB, compatibile con le nostre simulazioni (con le discrepanze di nuovo attribuibili, oltre che alla natura necessariamente approssimativa del modello di propagazione, alla non simultaneità delle misure).

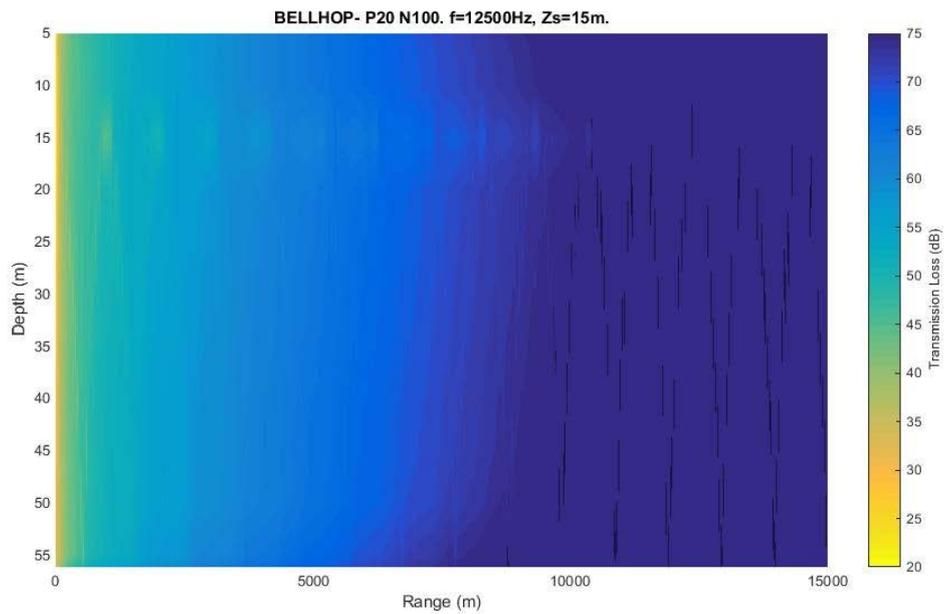


Figura 32 - Campo di *transmission loss* (TL) a 12,5 kHz lungo il piano verticale contenente la sorgente e la stazione N100, calcolato usando nel modello Bellhop il profilo $c_s(z)$ misurato in quella stazione.

5.3.2 Bioacustica

Durante questa campagna non sono state rilevate emissioni acustiche riconducibili a possibile presenza di cetacei nell'area di survey.

6 RISULTATI SURVEY ESTATE 2020

6.1 COLONNA D'ACQUA

6.1.1 Profili idrologici

Nel survey condotto in estate 2020, i profili di **temperatura** (Figura 33) mostrano un evidente termocline posto a circa 25m di profondità in accordo con le caratteristiche tipiche del periodo estivo. Questo strato d'acqua superficiale rimescolato esibisce valori intorno a 25°C che diminuiscono gradualmente fino a circa 14.5°C intorno agli 80m di profondità, per poi mantenersi pressochè costanti fino al fondo.

La salinità presenta valori intorno a 37.8-38 ppt dalla superficie fino a 20m per poi diminuire rapidamente fino a raggiungere 37 ppt a 30m e da qui aumentare gradualmente fino ad arrivare a valori intorno a 38.3 sul fondo. Il pH presenta valori omogenei su tutta la colonna d'acqua con valori intorno a 8.1.

In tutte le stazioni campionate, la torbidità esibisce valori bassi e omogenei nell'area di indagine intorno a 0.5 NTU con un lieve aumento a 2 NTU negli ultimi 5m dal fondo. I profili di **ossigeno disciolto** (Figura 34) presentano valori costanti compresi fra 102% e 118% dalla superficie fino a 30m di profondità per poi diminuire e raggiungere valori intorno a 76 % 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 225 mV.

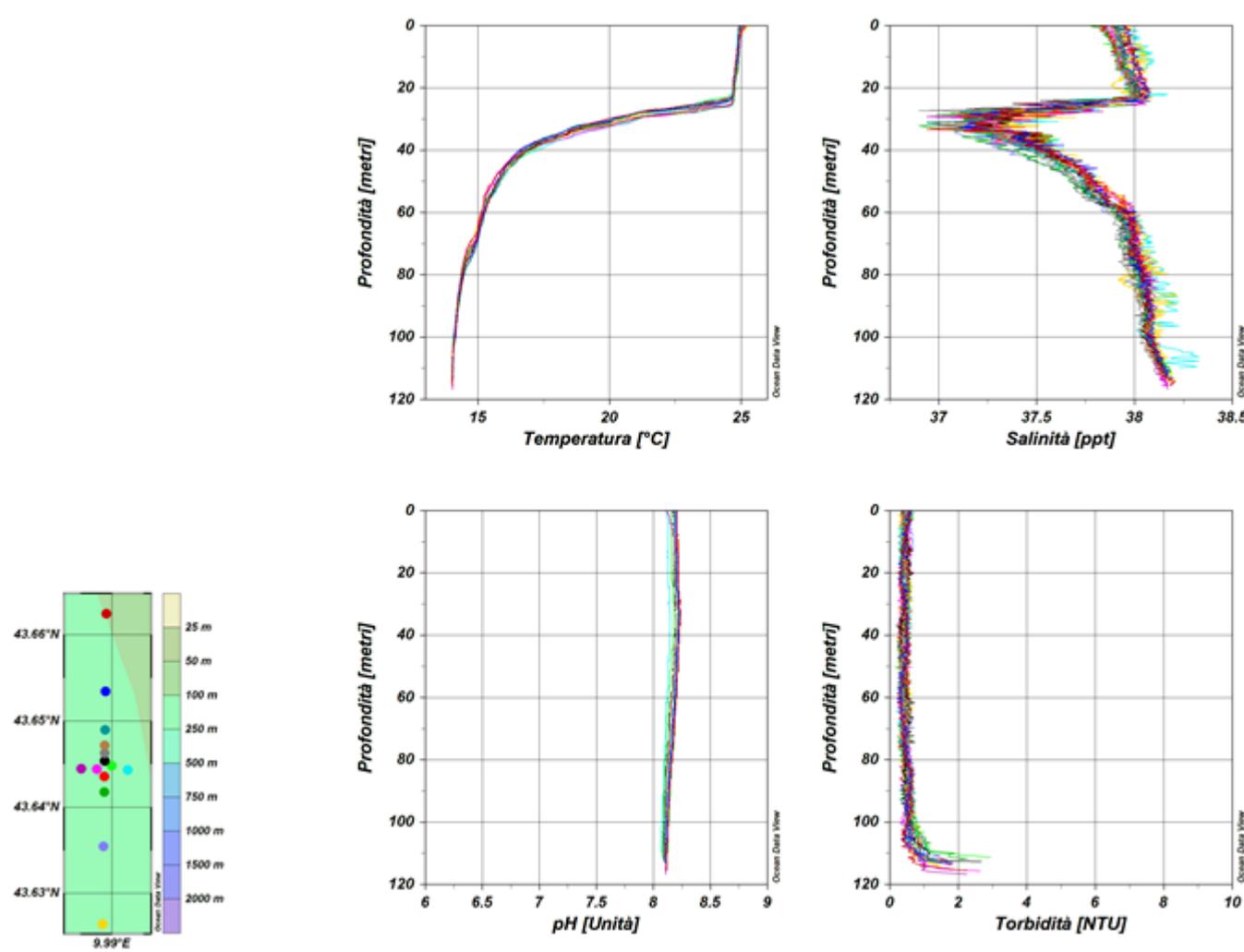


Figura 33 – Profili di temperatura (°C), salinità (ppt), pH e torbidità (NTU); survey estate 2020.

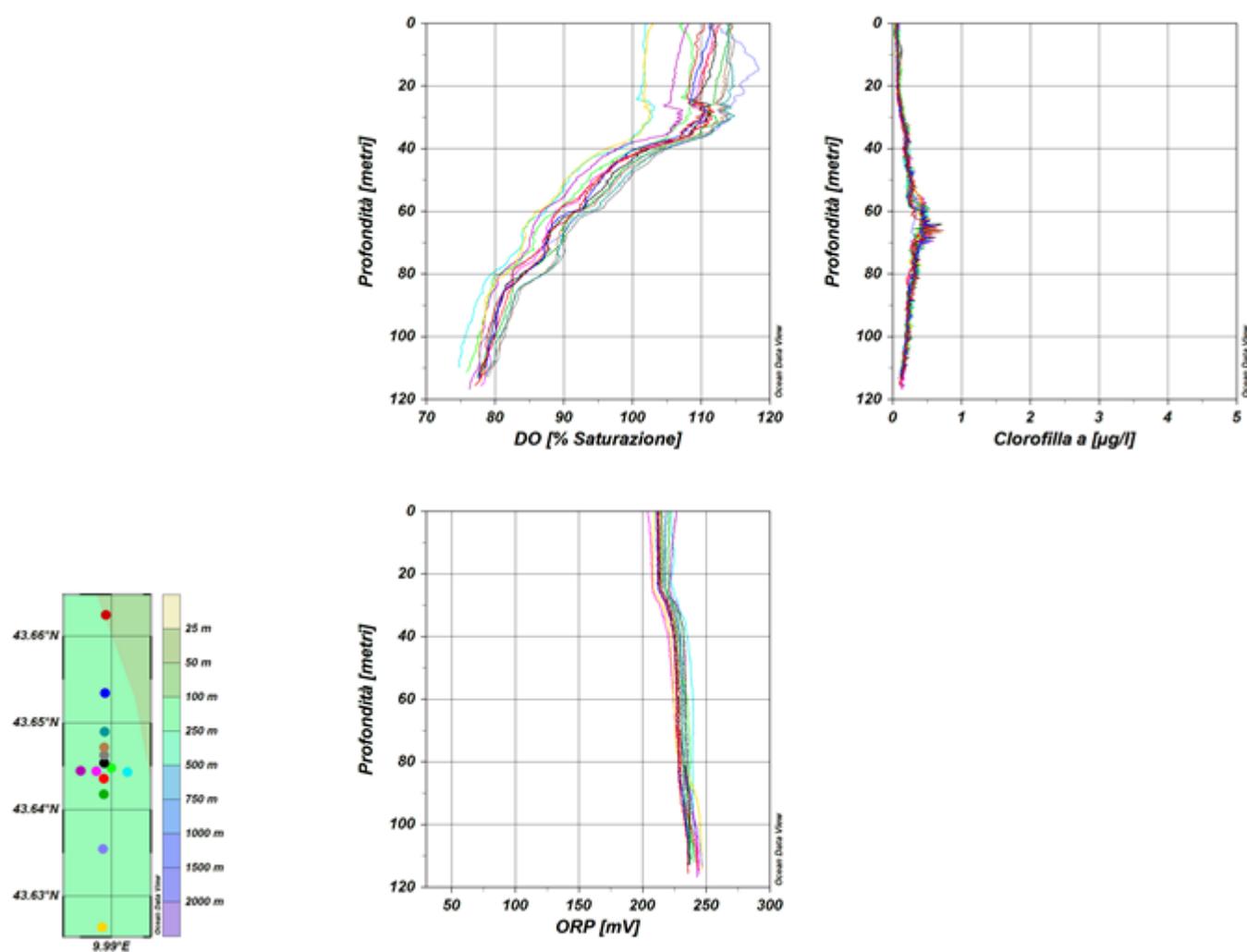


Figura 34 – Profili di ossigeno disciolto (% saturazione), clorofilla ($\mu\text{g/l}$), e potenziale di ossidoriduzione (mV); survey estate 2020.

Misure di irradianza e irradianza spettrale

In Figura 35 sono mostrati i profili di irradianza PAR (Photosynthetic Available Radiation) sottomarina normalizzati rispetto a quella contemporanea superficiale alle stazioni E20 MG7 e E20 MG10. La profondità della zona eufotica (Z_{eu}) è rispettivamente 61 e 63,5 m. La variazione complessiva della Z_{eu} va da un minimo di 56 m (E20 MG9) ad un massimo di 63,5 m (E20 MG10).

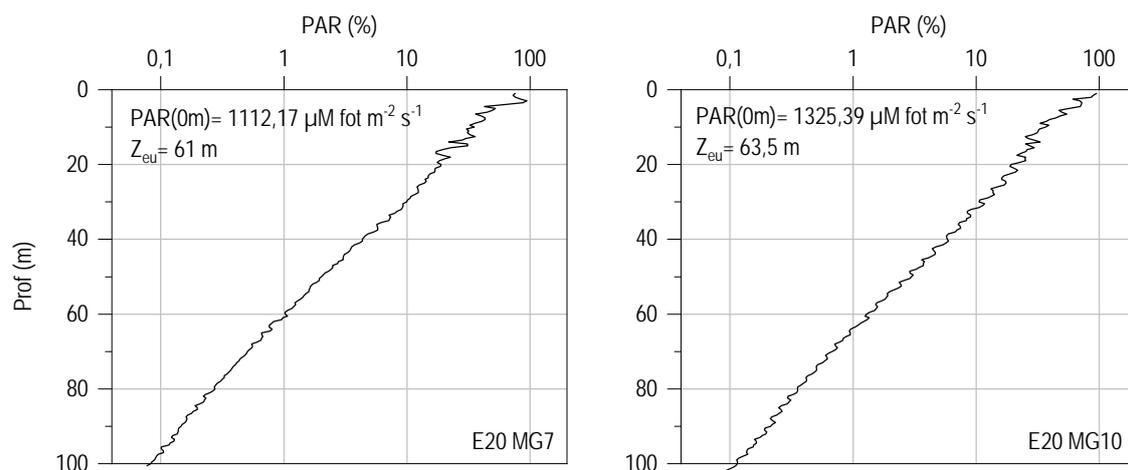


Figura 35 - Profilo del rapporto fra l'irradianza quantica PAR (Photosynthetic Available Radiation) disponibile alle varie profondità con quella contemporanea in superficie, PAR (0 m), nelle stazioni E20 MG7 e E20 MG10.

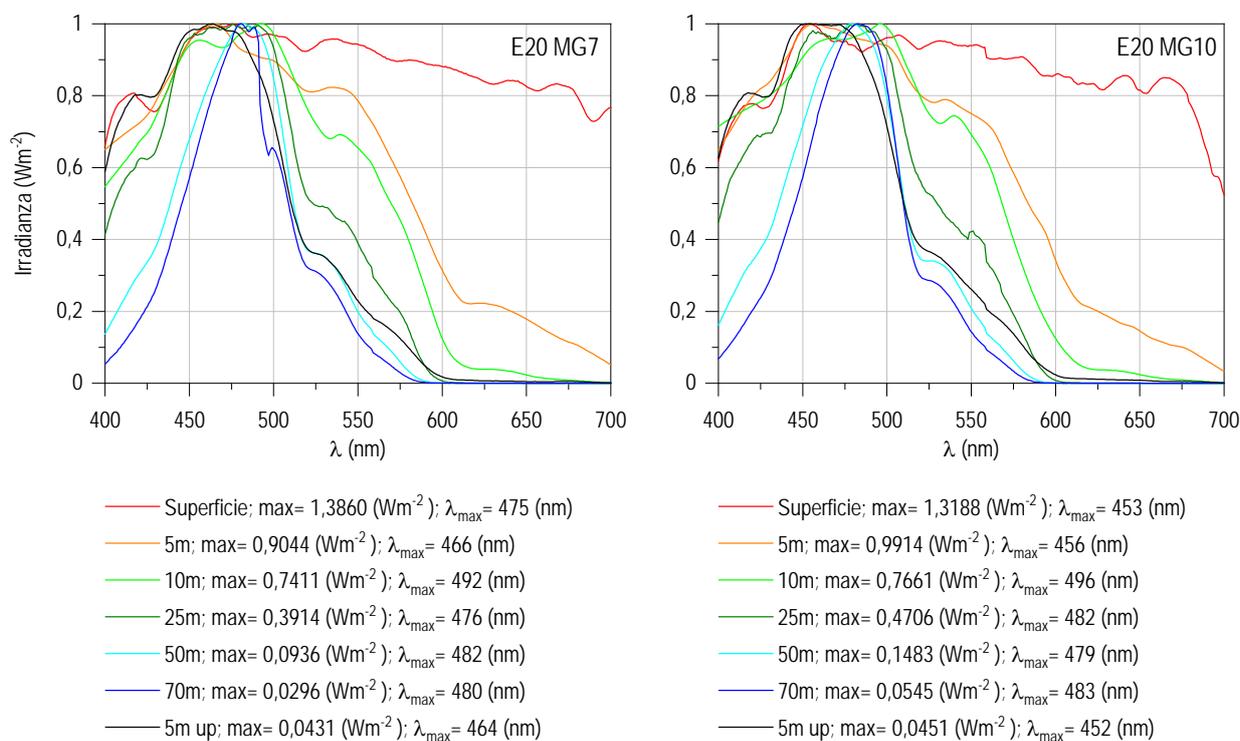


Figura 36 - Irradianza spettrale discendente superficiale e subacquea alle profondità indicate. E' inoltre riportata la irradianza spettrale ascendente a 5 m (5m up). Ogni spettro è stato normalizzato per il proprio massimo ($E_{max}(\lambda)$) riportato nella legenda insieme con la lunghezza d'onda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

In Figura 36 sono riportati gli spettri della irradianza discendente tra 400 e 700 nm in superficie e alle varie profondità insieme con quelli della irradianza ascendente a 5 m, tutti normalizzati per i loro massimi, in E20 MG7 e E20 MG10. I massimi (λ_{max}) degli spettri dell'irradianza discendente si collocano nel range di lunghezze d'onda comprese fra 456 e 496 nm. La radiazione che raggiunge la maggior profondità, ovvero quella più penetrante (λ_{max} a 70 m), si trova a 480 nm alla E20 MG7 e a 483 nm alla E20 MG10. Non si notano anomalie imputabili alla presenza del terminale.

6.1.1 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche

Nutrienti inorganici disciolti

In **Tabella 29** sono riportate le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ortofosfati (PO_4), silicati (SiO_2), rilevate nelle 8 stazioni campionate. Le concentrazioni medie per i singoli nutrienti sono: Si 0,851 μM , PO_4 0,031 μM , NO_2 0,043 μM e NO_3 0,184 μM e in generale comparabili con quelle rilevate nella stessa stagione degli anni precedenti, pur considerando le variazioni interannuali. Si tratta di concentrazioni basse, particolarmente per gli ortofosfati, e tipiche dell'area marina indagata nella stagione estiva, senza differenze evidenti rispetto alla campagna primaverile (**Figura 37**).

Tabella 29 -- Concentrazioni (μM) dei nutrienti inorganici disciolti.											
Stazione	Prof. m	SiO_2	PO_4	NO_2	NO_3	Stazione	Prof. m	SiO_2	PO_4	NO_2	NO_3
E20 MG3	0,5	1,015	<0,03	0,045	0,190	E20 MG9	0,5	0,809	0,039	0,044	0,165
	12,5	0,950	<0,03	<0,03	0,156		12,5	0,901	<0,03	<0,03	0,154
	50	0,820	0,031	0,043	0,196		50	1,087	<0,03	<0,03	0,157
	70	0,692	0,032	0,047	0,296		70	0,577	<0,03	<0,03	0,088
E20 MG5	0,5	0,937	<0,03	0,041	0,030	E20 MG10	0,5	0,899	<0,03	0,068	0,073
	12,5	0,979	<0,03	0,045	0,183		12,5	0,957	0,057	0,059	0,344
	50	0,733	<0,03	0,041	0,081		50	0,931	<0,03	0,072	0,105
	70	0,494	<0,03	0,066	0,091		70	0,514	<0,03	0,039	0,094
E20 MG6	0,5	0,948	0,033	0,042	0,100	E20 MG12	0,5	0,910	0,048	<0,03	0,232
	12,5	0,890	<0,03	0,035	0,049		12,5	1,131	0,061	0,047	0,389
	50	0,769	0,045	<0,03	0,219		50	0,942	0,037	0,041	0,393
	70	0,580	0,031	0,050	0,154		70	0,967	<0,03	0,032	0,206
E20 MG7	0,5	0,795	0,040	0,043	0,162	E20 MG13	0,5	0,867	0,035	<0,03	0,248
	12,5	0,922	0,035	0,053	0,172		12,5	0,913	<0,03	0,036	0,117
	50	0,744	0,031	0,050	0,215		50	0,883	0,037	0,043	0,217
	70	0,691	0,042	0,061	0,480		70	0,623	<0,03	<0,03	0,232

Le concentrazioni di ogni nutriente presentano scarse variazioni lungo la colonna d'acqua (**Figura 37**) senza che si evidenzino differenze tra le diverse stazioni e non emergono anomalie imputabili alla presenza del terminale.

I nitriti sono in generale molto bassi, in qualche caso si sono registrate concentrazioni al di sotto del limite di rilevabilità e la variazione è scarsa lungo le profondità.

I nitrati variano tra 0,030 e 0,480 μM . Le concentrazioni più alte si presentano a varie profondità in diverse stazioni (E20 MG10, E20 MG12, E20 MG7), senza una tendenza univoca.

I fosfati presentano spesso concentrazioni inferiori al limite di rilevabilità del metodo, con un massimo di 0,061 a 12,5 m di E20 MG12. L'andamento con la profondità è fortemente omogeneo e si discostano solo i 12,5 m in E20 MG12, dove troviamo il valore massimo, come già detto, e in E20 MG10.

I silicati presentano concentrazioni variabili tra 0,494 e 1,131 μM . La distribuzione lungo la colonna d'acqua ha un andamento molto simile in tutte le stazioni e a tutte le profondità, con la tendenza ad una diminuzione nei 70 m.

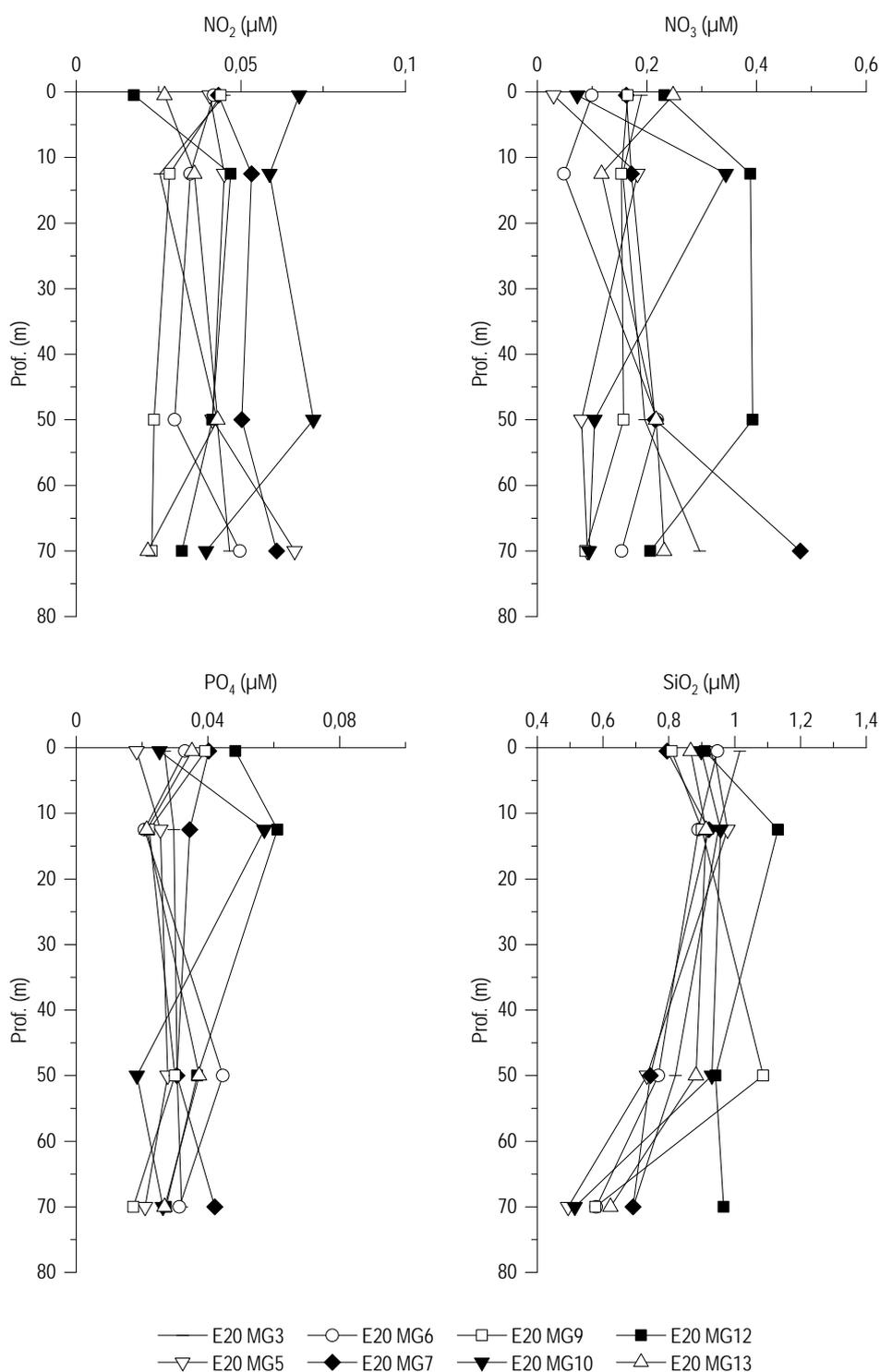


Figura 37 - Profili delle concentrazioni (μM) dei nutrienti inorganici disciolti: NO_2 (nitriti), NO_3 (nitriti), PO_4 (fosfati), SiO_2 (silicati).

Solidi sospesi (Total Suspended Matter)

Le concentrazioni di TSM in tutte le stazioni sono riportate in **Tabella 30**. Il valore medio generale è $0,934 \text{ mg/l}$ ($\pm 0,157$), il minimo è $0,556 \text{ mg/l}$ in E20 MG6 a 50 m ed il massimo è $1,23 \text{ mg/l}$ in E20 MG9 in superficie.

Tabella 30 - Concentrazioni (mg/l) dei solidi sospesi (TSM).				
Prof. m	Stazione	TSM (mg/l)	Stazione	TSM (mg/l)
0,5	E20 MG3	0,9632	E20 MG9	1,2297
12,5		0,9508		0,9825
50		0,6663		0,7892
70		1,0985		1,0285
0,5	E20 MG5	0,8228	E20 MG10	0,9255
12,5		0,8350		1,0100
50		0,6613		0,9285
70		0,9360		0,7840
0,5	E20 MG6	1,0313	E20 MG12	1,0155
12,5		0,8380		0,9774
50		0,5555		1,0362
70		1,0133		1,1545
0,5	E20 MG7	0,8674	E20 MG13	1,0100
12,5		0,8172		0,7925
50		1,0427		0,7913
70		1,2040		1,1165

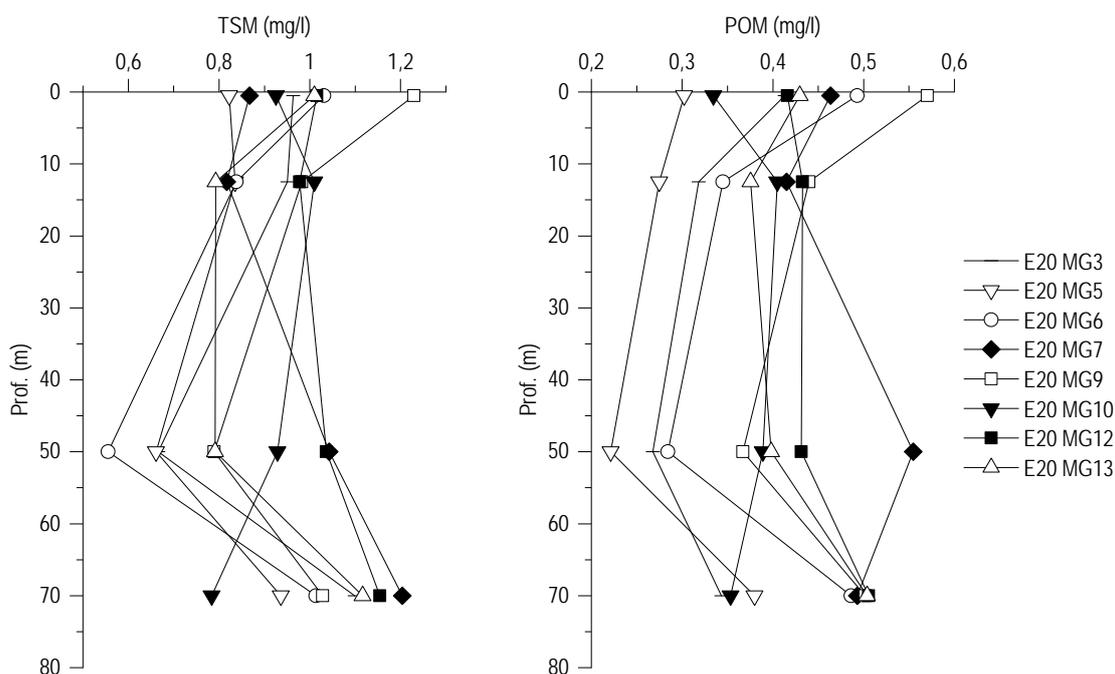


Figura 38 - Profili delle concentrazioni (mg/l) dei solidi sospesi (TSM) e delle concentrazioni di particolato organico (POM).

I profili batimetrici di TSM (Figura 38) si presentano generalmente costanti o in diminuzione fino a 50 m per poi aumentare ai 70 m. Non si rilevano anomalie nelle concentrazioni.

La concentrazione della frazione organica del TSM (POM) è in media 0,403 mg/l ($\pm 0,086$) con minimo di 0,221 mg/l in E20 MG5 50 m e massimo di 0,57 mg/l in E20 MG9 in superficie. I profili batimetrici del POM (Figura 38) presentano nella maggior parte delle stazioni concentrazioni alte in superficie (massime in E20 MG3, E20 MG6, E20 MG9) e a 70 m (massime in E20 MG5, E20 MG12, E20 MG13) e minime a 50. In E20 MG7 ed E20 MG10 i massimi si verificano rispettivamente a 12,5 m e a 50 m. La frazione organica particellata rappresenta in media il 43,2% del TSM con minimo di 23,6% in E20 MG5 a 50 m e massimo di 53,4% in E20 MG7 in superficie.

Sostanza Organica Disciolta Cromoforica (CDOM)

Gli assorbimenti della CDOM a 325 nm $a_{CDOM}(325)$ sono in media $0,329 \text{ m}^{-1} (\pm 0,087)$ e variano da un minimo di $0,193 \text{ m}^{-1}$ in E20 MG10 in superficie ad un massimo di $0,442 \text{ m}^{-1}$ in E20 MG9 a 50 m (Tabella 31). I profili batimetrici (Figura 39) presentano andamento fortemente simile con minimi a 12,5 m (tranne in E20 MG7 e E20 MG10 dove i minimi si trovano in superficie) e massimi prevalentemente a 50 m ad eccezione di E20 MG10 e E20 MG12 che invece presentano massimi a 70 m.

Tabella 31 - Assorbimento (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	E20 MG3	0,3239	E20 MG9	0,3040
12,5		0,2323		0,2025
50		0,4046		0,4420
70		0,3970		0,4239
0,5	E20 MG5	0,2674	E20 MG10	0,1934
12,5		0,2530		0,1951
50		0,4073		0,3441
70		0,3846		0,3711
0,5	E20 MG6	0,2936	E20 MG12	0,2364
12,5		0,2450		0,2077
50		0,4270		0,4170
70		0,4043		0,4181
0,5	E20 MG7	0,2166	E20 MG13	0,3732
12,5		0,2730		0,2292
50		0,4216		0,4047
70		0,4103		0,4034

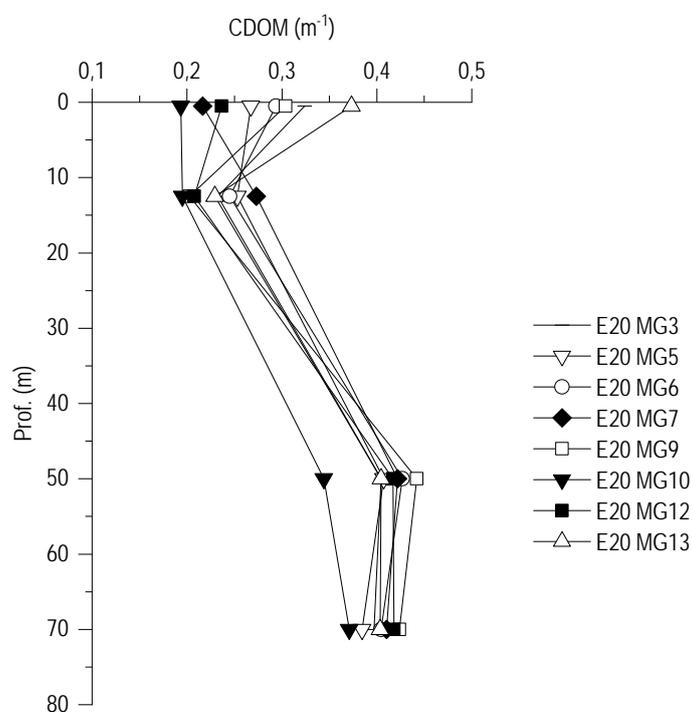


Figura 39 - Profili degli assorbimenti (m^{-1}) della CDOM a 325 nm ($a_{CDOM}(325)$).

Clorofilla a e diversità pigmentaria

La concentrazione di clorofilla *a* è in media 0,137 mg/m³ (dev. st. = ± 0,05) e mostra un range di variazione compreso tra 0,064 mg/m³ in E20 MG6 in superficie e 0,234 mg/m³ in E20 MG9 a 70 m (Tabella 32). I profili batimetrici (Figura 40) mostrano una distribuzione simile delle concentrazioni di Chl *a* lungo la colonna d'acqua per tutte le stazioni, con minimi tra la superficie e 12,5 m e massimi tra 50 (E20 MG3 ed E20 MG5) e 70 m.

Tabella 32 - Concentrazioni (mg/m ³) della Clorofilla <i>a</i> totale (Chl <i>a</i> tot = Clorofilla <i>a</i> + Divinil Clorofilla <i>a</i> + Alloclorofilla <i>a</i> , se presenti).				
Prof. m	Stazione	Chl <i>a</i> mg/m ³	Stazione	Chl <i>a</i> mg/m ³
0,5	E20 MG3	0,0886	E20 MG9	0,0873
12,5		0,1074		0,0975
50		0,1900		0,1920
70		0,1895		0,2340
0,5	E20 MG5	0,1001	E20 MG10	0,0957
12,5		0,0908		0,0765
50		0,1868		0,1490
70		0,1714		0,1594
0,5	E20 MG6	0,0639	E20 MG12	0,0826
12,5		0,0970		0,1182
50		0,1551		0,1625
70		0,1634		0,2238
0,5	E20 MG7	0,0939	E20 MG13	0,0871
12,5		0,0941		0,0807
50		0,1740		0,1590
70		0,2079		0,2040

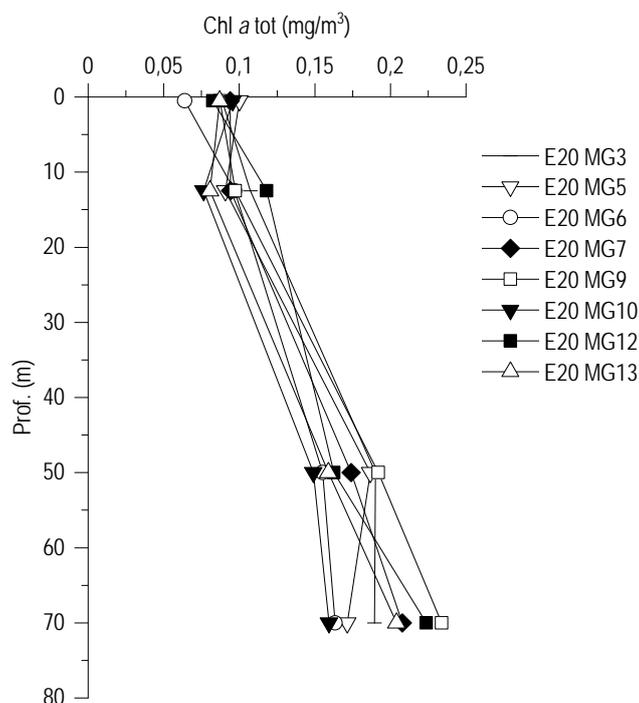


Figura 40- Profili delle concentrazioni (mg/m³) di clorofilla *a* tot.

Le concentrazioni dei nove pigmenti diagnostici principali sono riportate in **Tabella 33**. Il pigmento a maggiore concentrazione media (mg/m^3) è Chl *b*, (media 0,04, dev. st. = $\pm 0,02$), seguono DVA (media 0,032, dev. st. = $\pm 0,032$), Zea (media 0,0316, dev. st. = $\pm 0,0082$), Hex-Fuco (media 0,0292, dev. st. = $\pm 0,014$), Perid (media 0,0116, dev. st. = $\pm 0,01$), But-Fuco (media 0,0011, dev. st. = $\pm 0,008$), Fuco (media 0,0078, dev. st. = $\pm 0,003$), Prasino (media 0,0013, dev. st. = $\pm 0,0009$) e Allo (media 0,0006, dev. st. = $\pm 0,00046$).

La composizione pigmentaria presenta una differenziazione generalmente comune alle varie stazioni e dai rapporti tra i singoli pigmenti e la loro somma totale si ottiene una stima della composizione tassonomica del popolamento fitoplanctonico (**Figura 41**).

Tabella 33 - Concentrazioni (mg/m^3) dei principali pigmenti diagnostici fitoplanctonici (acronimi in Tabella 7).										
Stazione	Prof.m	Fuco	Perid	Hex-Fuco	But-Fuco	Prasino	Allo	Zea	DVA	Chl b
E20 MG3	0,5	0,0126	0,0113	0,0132	0,0027	0,0011	0,0004	0,0456	0,0040	0,0248
	12,5	0,0128	0,0157	0,0174	0,0035	0,0012	0,0008	0,0507	0,0042	0,0281
	50	0,0119	0,0110	0,0496	0,0191	0,0044	0,0010	0,0400	0,0595	0,0459
	70	0,0084	0,0125	0,0574	0,0268	0,0020	0,0019	0,0276	0,0589	0,0727
E20 MG5	0,5	0,0040	0,0109	0,0191	0,0023	0,0004	0,0004	0,0331	0,0039	0,0252
	12,5	0,0108	0,0110	0,0177	0,0046	0,0005	0,0005	0,0326	0,0029	0,0227
	50	0,0107	0,0116	0,0455	0,0185	0,0032	0,0003	0,0348	0,0615	0,0419
	70	0,0029	0,0114	0,0248	0,0096	0,0004	0,0003	0,0129	0,0282	0,0427
E20 MG6	0,5	0,0130	0,0110	0,0118	0,0032	0,0007	0,0005	0,0300	0,0000	0,0208
	12,5	0,0123	0,0108	0,0166	0,0050	0,0004	0,0002	0,0251	0,0012	0,0246
	50	0,0068	0,0107	0,0352	0,0140	0,0010	0,0002	0,0240	0,0566	0,0423
	70	0,0062	0,0130	0,0497	0,0233	0,0009	0,0009	0,0208	0,0516	0,0672
E20 MG7	0,5	0,0059	0,0114	0,0216	0,0053	0,0007	0,0004	0,0361	0,0000	0,0291
	12,5	0,0031	0,0127	0,0168	0,0035	0,0007	0,0006	0,0371	0,0033	0,0287
	50	0,0052	0,0121	0,0306	0,0130	0,0006	0,0007	0,0429	0,0641	0,0391
	70	0,0064	0,0116	0,0308	0,0189	0,0013	0,0007	0,0347	0,0928	0,0822
E20 MG9	0,5	0,0051	0,0113	0,0198	0,0053	0,0004	0,0003	0,0251	0,0061	0,0200
	12,5	0,0031	0,0110	0,0168	0,0034	0,0004	0,0004	0,0299	0,0034	0,0234
	50	0,0100	0,0106	0,0338	0,0140	0,0030	0,0005	0,0357	0,0538	0,0417
	70	0,0040	0,0115	0,0351	0,0151	0,0011	0,0009	0,0398	0,1034	0,0709
E20 MG10	0,5	0,0111	0,0107	0,0188	0,0054	0,0022	0,0004	0,0278	0,0046	0,0253
	12,5	0,0076	0,0106	0,0150	0,0034	0,0013	0,0007	0,0183	0,0000	0,0252
	50	0,0062	0,0121	0,0354	0,0131	0,0009	0,0005	0,0340	0,0566	0,0412
	70	0,0075	0,0129	0,0536	0,0292	0,0019	0,0022	0,0232	0,0504	0,0774
E20 MG12	0,5	0,0044	0,0126	0,0253	0,0054	0,0003	0,0002	0,0337	0,0048	0,0260
	12,5	0,0038	0,0104	0,0230	0,0047	0,0004	0,0000	0,0352	0,0022	0,0302
	50	0,0075	0,0112	0,0308	0,0133	0,0025	0,0001	0,0365	0,0466	0,0363
	70	0,0058	0,0133	0,0368	0,0191	0,0014	0,0007	0,0377	0,0755	0,0796
E20 MG13	0,5	0,0101	0,0106	0,0138	0,0032	0,0010	0,0005	0,0218	0,0045	0,0234
	12,5	0,0108	0,0113	0,0137	0,0038	0,0010	0,0005	0,0235	0,0000	0,0224
	50	0,0094	0,0110	0,0489	0,0197	0,0025	0,0003	0,0345	0,0547	0,0371
	70	0,0092	0,0121	0,0565	0,0262	0,0020	0,0011	0,0290	0,0646	0,0763

I pigmenti con le maggiori concentrazioni, e quindi con i più alti contributi alla diversità pigmentaria (**Figura 41**), sono Chl *b* (Chlorophyta) in media con il 24,4%, Zea (Cyanobatteri *Synechococcus*-like) in media il 22,3%, Hex-Fuco (coccolitofori) in media il 17,6% e DVA (Cyanobatteri *Prochlorococcus*-like) in media il 14,6%. Gli altri pigmenti contribuiscono con percentuali minori: Perid (dinoflagellati) con in media il 8,4%, But-Fuco con il 5,95% e Fuco con il 5,7%. Prasino e Allo presentano contributi al di sotto dell'1%. La somma dei due pigmenti Zea e DVA rappresenta mediamente il 36,9% con massimi prevalentemente a 70 m e quindi evidenzia la preponderanza della frazione picoplanctonica dei Cyanobatteri nel popolamento fitoplanctonico. I due pigmenti presentano una diversa distribuzione lungo la colonna d'acqua con Zea più abbondante tra la superficie e 12,5 m con un contributo medio del 25,7% e DVA che invece aumenta di importanza a 50 e 70 m arrivando al 24,2%. E' quindi ipotizzabile che l'aumento di Chl *a* a 70 m (**Figura 40**) sia prevalentemente imputabile alla presenza di *Prochlorococcus*, come generalmente atteso nella stagione estiva.

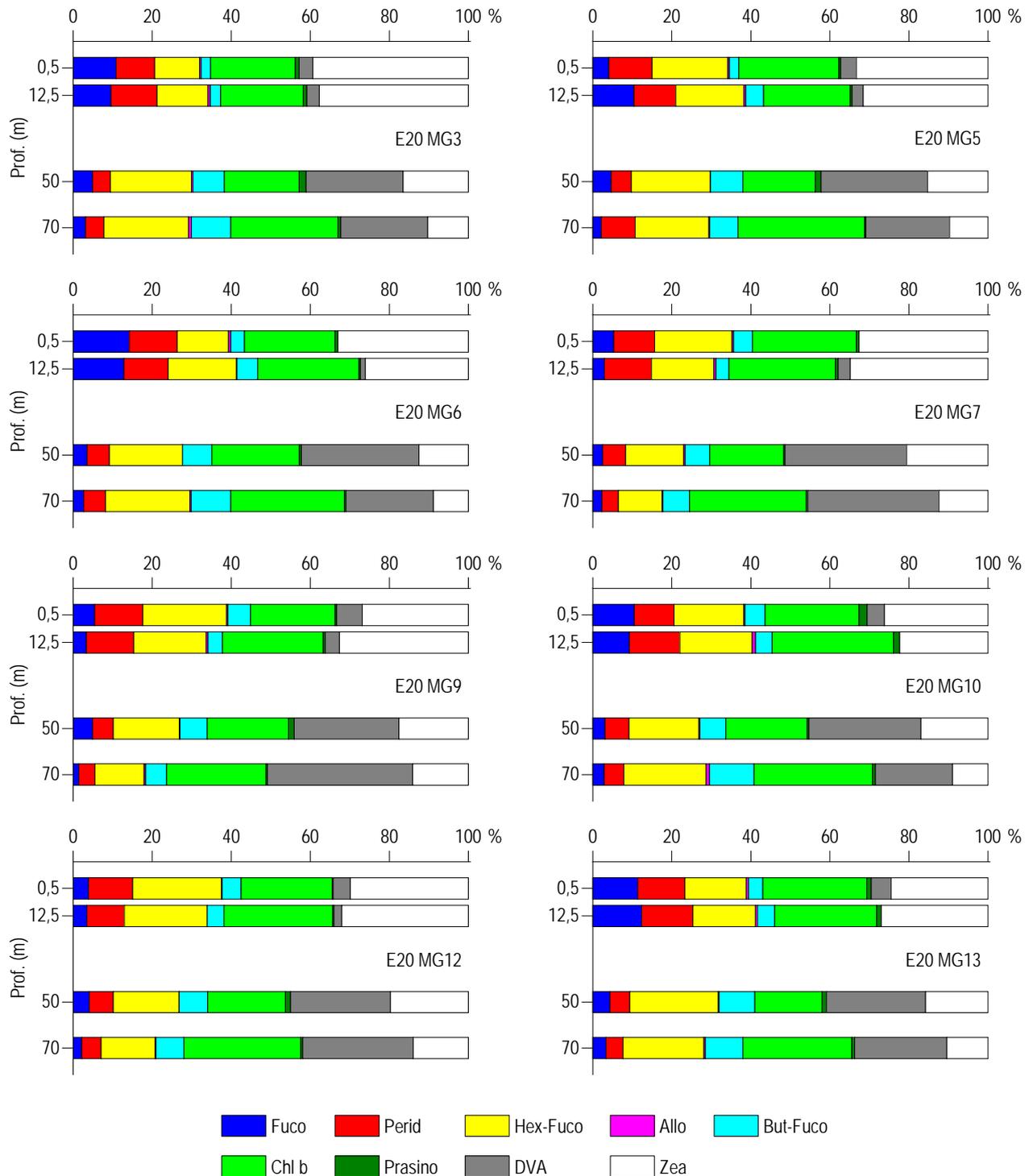


Figura 41 – Concentrazione relativa dei singoli pigmenti diagnostici in rapporto al totale delle concentrazioni dei nove Pigmenti Diagnostici (PD= Fuco+Perid+Hex-Fuco+But-Fuco+Allo+Prasino+Chlb+DVA+Zea).

Tensioattivi

 Le concentrazioni dei **tensioattivi** risultano al di sotto del limite di quantificazione della metodica in tutti i campioni **Tabella 34**.

Tabella 34 - 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	E20 MG3				E20 MG5				E20 MG6				E20 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	E20 MG9				E20 MG10				E20 MG12				E20 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 35**).

Tabella 35 - Concentrazione dei cloroderivati nelle acque. I livelli indicano la profondità di prelievo del campione.

Profondità (m)	E20 MG3				E20 MG5				E20 MG6				E20 MG7			
	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70
Acidi aloacetici (µg/l)																
Dalapon	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Dibromoacetico	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Tribromoacetico	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
Acido Monobromoacetico	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Bromodichloroacetico	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Bromocloroacetico	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Dichloroacetico	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
Acido Tricloroacetico	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Monocloroacetico	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
Acido Clorodibromoacetico	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
Aloacetoneitrili (µg/l)																
Dibromoacetoneitrile	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Dichloroacetoneitrile	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Tricloroacetoneitrile	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
1,1,1-Tricloro-2-Propanone	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
1,1-Dicloro-2-Propanone	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Cloropicrina	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Alometani e VOC (µg/l)																
Cloroformio	< 0,01	< 0,01	0,010	0,011	0,010	0,011	0,011	< 0,01	< 0,01	0,011	0,011	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Carbonio Tetracloruro	0,013	0,019	0,016	0,018	0,023	0,017	0,018	0,020	0,024	0,020	0,016	0,025	0,021	0,025	0,020	0,024
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	0,033	0,028	0,034	0,030	0,026	0,027	0,034	0,043	0,027	0,028	0,035	0,032	0,105	0,026	0,036	0,033
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	0,015	< 0,01	0,016	0,017	0,018	0,018	0,018	0,019	0,022	0,018	0,019	0,020	0,017	0,018	0,019	0,019
1,1,2-Tricloro Etano	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Alofenoli (µg/l)																
2,4-Diclorofenolo	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
4-Cloro-3-Metilfenolo	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
2,4,6-Triclorofenolo	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Pentaclorofenolo	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2

Profondità (m)	E20 MG9				E20 MG10				E20 MG12				E20 MG13			
	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70
Acidi aloacetici (µg/l)																
Dalapon	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Dibromoacetico	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5

Tabella 35 - Concentrazione dei cloroderivati nelle acque. I livelli indicano la profondità di prelievo del campione.

Profondità (m)	E20 MG3				E20 MG5				E20 MG6				E20 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
Aloacetoniirili (µg/l)																
Dibromoacetoniirile	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Dicloroacetoniirile	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Tricloroacetoniirile	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
1,1,1-Tricloro-2-Propanone	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
1,1-Dicloro-2-Propanone	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Cloropicrina	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Alometani e VOC (µg/l)																
Cloroformio	< 0,01	0,012	< 0,01	< 0,01	< 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	0,031	0,020	0,021	0,023	0,021	0,023	0,023	0,022	< 0,01	0,021	0,019	0,021	0,022	0,018	0,019	0,021
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	0,028	0,029	0,040	0,033	0,028	0,028	0,034	0,032	0,030	0,029	0,042	0,033	0,342	0,336	0,038	0,034
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	0,018	0,019	0,017	0,016	0,016	0,015	0,017	0,016	0,016	0,015	0,016	0,015	0,013	0,015	0,013	0,013
1,1,2-Tricloro Etano	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Alofenoli (µg/l)																
2,4-Diclorofenolo	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
4-Cloro-3-Metilfenolo	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
2,4,6-Triclorofenolo	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Pentaclorofenolo	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2

Idrocarburi totali

Sono stati rilevati in tutte le stazioni senza pattern particolari riconducibili alla presenza dell'FSRU o al gradiente batimetrico (Tabella 36).

Tabella 36 - 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.

E20 MG3				E20 MG5				E20 MG6				E20 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
348,14	342,52	338,91	366,61	348,80	341,20	339,14	366,61	348,17	341,90	337,84	366,27	374,54	332,00	346,08	316,37
E20 MG9				E20 MG10				E20 MG12				E20 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
376,15	335,18	345,89	316,41	322,13	372,53	353,01	326,52	356,76	394,79	411,67	374,91	356,35	392,61	419,49	375,39

Analisi microbiologiche

Dall'analisi microbiologica condotta nelle acque superficiali (Tabella 37) non è stata rilevata la presenza né di coliformi, né di streptococchi fecali.

Tabella 37 - Risultati delle analisi microbiologiche condotte nelle acque superficiali durante la stagione estiva. I dati sono espressi in ufc/100ml.

	E20 MG3	E20 MG5	E20 MG6	E20 MG7	E20 MG9	E20 MG10	E20 MG12	E20 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 38**.

Campione	Prof. m	Salinità	pH	Ossigeno disciolto	Campione	Prof. m.	Salinità	pH	Ossigeno disciolto
Controllo		36	8,10	6,61					
E20 MG3	0,5	38	8,43	6,54	E20 MG9	0,5	38	8,35	6,35
	12,5	38	8,31	6,70		12,5	38	8,41	6,51
	50	38	8,40	6,17		50	38	8,45	6,58
E20 MG5	0,5	38	8,41	6,35	E20 MG10	0,5	38	8,36	6,41
	12,5	38	8,40	6,29		12,5	38	8,43	6,25
	50	38	8,41	6,24		50	38	8,40	6,32
E20 MG6	0,5	38	8,46	6,22	E20 MG12	0,5	38	8,33	6,27
	12,5	38	8,41	6,18		12,5	38	8,40	6,58
	50	38	8,37	6,47		50	38	8,44	6,17
E20 MG7	0,5	38	8,45	6,72	E20 MG13	0,5	38	8,43	6,25
	12,5	38	8,34	6,18		12,5	38	8,42	6,31
	50	38	8,40	6,11		50	38	8,42	6,40

Vibrio fischeri

Nella **Tabella 39** 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. 19G4153A (scadenza 07/21) Il valore della EC50(15') = 9,12,97mg/l (LC= 7,89mg/l e UC=10,56mg/l) conseguito con la sostanza di riferimento ZnSO₄ · 7H₂O rientra nei limiti della carta di controllo del laboratorio. L'assenza dell'inibizione di bioluminescenza e i valori di EC20>90 e di EC50 >90 mostrano assenza di tossicità in tutti i campioni di acqua testati.

Campione	Prof.	EC20	EC50	max. effetto 15'	max. effetto 30'	Tossicità	Campione	Prof.	EC20	EC50	max. effetto 15'	max. effetto 30'	Tossicità
E20 MG3	0,5	≥90	>90	-2,34	-2,33	Assente	E20 MG9	0,5	≥90	>90	-1,20	-0,97	Assente
	12,5	≥90	>90	-7,31	-7,04			12,5	≥90	>90	-0,85	-0,97	
	50	≥90	>90	-5,66	-7,33			50	≥90	>90	1,14	2,71	
E20 MG5	0,5	≥90	>90	-2,28	-2,91		E20 MG10	0,5	≥90	>90	0,52	0,19	
	12,5	≥90	>90	-3,81	-4,95			12,5	≥90	>90	2,24	1,04	
	50	≥90	>90	-5,92	-7,07			50	≥90	>90	1,29	-1,55	
E20 MG6	0,5	≥90	>90	-2,29	-2,80		E20 MG12	0,5	≥90	>90	-2,04	-3,90	
	12,5	≥90	>90	-5,17	-4,86			12,5	≥90	>90	0,33	-0,77	
	50	≥90	>90	2,30	2,14			50	≥90	>90	-1,27	-1,82	
E20 MG7	0,5	≥90	>90	1,29	1,91		E20 MG13	0,5	≥90	>90	-0,41	-1,21	
	12,5	≥90	>90	-0,23	-1,36			12,5	≥90	>90	2,51	1,31	
	50	≥90	>90	2,09	2,99			50	≥90	>90	-0,65	-1,76	

Pheodactylum tricornutum

Nella **Tabella 40** sono riportati i risultati del test d'inibizione della crescita algale (72 h) con *P. tricornutum*.

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

QA-QC - Il test con il tossico di riferimento (dicromato di potassio-come ione cromo) ha fornito il valore dell'EC50 =4,09 mg/l (L.C. 95%: 3,65-4,46), rientra all'interno della carta di controllo del laboratorio

Il test è stato ritenuto valido in quanto la crescita algale nei controlli negativi, rispetto all'inoculo iniziale, ha superato il fattore 17, come indicato nelle linee guida riportate in ISO1025:2016 (Water quality Marine algal growth inhibition test with *Skeletonema* sp. and *Phaeodactylum tricornutum*).

Non si osserva tossicità.

Tabella 40 - Risultati del test con *Phaeodactylum tricornutum* condotti su campioni di acqua (incubazione 72 h) prelevati a diverse profondità (esprese in metri). EC 20, EC 50 (L.C. 95%) espressa in %.

Campione	Prof.	EC _{20/50} %	Media N. cell.±DS x 10 ⁶ /ml	Tossicità	Campione	Prof.	EC _{20/50} %	Media N. cell.±DS x 10 ⁶ /ml	Tossicità
Controllo			6,47 ± 0,21						
E20 MG3	0,5	≥90/>100	7,43 ± 0,29	Assente	E20 MG9	0,5	≥90/>100	7,83 ± 0,15	Assente
	12,5	≥90/>100	6,83 ± 0,15			12,5	≥90/>100	7,33 ± 0,21	
	50	≥90/>100	7,80 ± 0,26			50	≥90/>100	7,73 ± 0,25	
E20 MG5	0,5	≥90/>100	7,77 ± 0,35		E20 MG 10	0,5	≥90/>100	7,50 ± 0,10	
	12,5	≥90/>100	7,50 ± 0,20			12,5	≥90/>100	8,17 ± 0,06	
	50	≥90/>100	7,63 ± 0,25			50	≥90/>100	8,20 ± 0,20	
E20 MG6	0,5	≥90/>100	7,17 ± 0,15		E20 MG 12	0,5	≥90/>100	7,87 ± 0,15	
	12,5	≥90/>100	7,43 ± 0,12			12,5	≥90/>100	6,83 ± 0,12	
	50	≥90/>100	8,43 ± 0,29			50	≥90/>100	6,73 ± 0,38	
E20 MG7	0,5	≥90/>100	7,70 ± 0,17		E20 MG 13	0,5	≥90/>100	7,73 ± 0,06	
	12,5	≥90/>100	7,30 ± 0,26			12,5	≥90/>100	8,03 ± 0,15	
	50	≥90/>100	7,63 ± 0,06			50	≥90/>100	7,37 ± 0,31	

Dicentrarchus labrax

Nella **Tabella 41** 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 % 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 2,38 mg/l (L.C. 95%: 1,95 mg/L-2,87 mg/l), valore che rientra all'interno della carta di controllo del laboratorio (1,71-3,08 mg/l).

Tabella 41- Risultati del test con giovanili di *Dicentrarchus labrax* esposte a campioni di colonna d'acqua (96 h). Screening test su campioni tal quale (senza diluizioni). Il controllo è costituito da acqua di stabilizzazione. Volume 5000 ml, aerazione, % saturazione ossigeno disciolto >90%, pH range 8,06-8,12, salinità 38 ‰, temperatura 20,5±1 °C.

Campione	Prof. (m)	N. pesci esposti				Tossicità acuta	Campione	Prof. (m)	N. pesci esposti				Tossicità acuta
		repl. 1	repl. 2	repl. 3	% mortalità (media)				repl. 1	repl. 2	repl. 3	% mortalità (media)	
Controllo	-	10	10	10	6,67								
E20 MG3	0,5	10	10	10	3,33	Assente	E20 MG9	0,5	10	10	10	3,33	Assente
	12,5	10	10	10	3,33			12,5	10	10	10	3,33	
	50	10	10	10	10,00			50	10	10	10	3,33	
E20 MG5	0,5	10	10	10	6,67		E20 MG10	0,5	10	10	10	0,00	
	12,5	10	10	10	10,00			12,5	10	10	10	6,67	
	50	10	10	10	10,00			50	10	10	10	6,67	
E20 MG6	0,5	10	10	10	6,67		E20 MG12	0,5	10	10	10	10,00	
	12,5	10	10	10	0,00			12,5	10	10	10	3,33	
	50	10	10	10	0,00			50	10	10	10	6,67	
E20 MG7	0,5	10	10	10	0,00		E20 MG13	0,5	10	10	10	3,33	
	12,5	10	10	10	6,67			12,5	10	10	10	6,67	
	50	10	10	10	0,00			50	10	10	10	3,33	

Paracentrotus lividus

QA-QC – Il test eseguito con la sostanza di riferimento ha fornito una EC₅₀ di 26,12 µg l⁻¹ di Cu (LC=24,47e UC=27,89), che rientra nei limiti della carta di controllo del laboratorio, La percentuale media di embrioni allo stadio di pluteo (87 ± 1,15%) è risultata conforme, in quanto superiore al limite del 75% e inferiore al limite del 95%,

Le percentuali degli embrioni che hanno raggiunto lo stadio di pluteo nel test di embriotossicità (72ore) con *P.lividus* e successiva stima della tossicità cronica (EC20/50) dei campioni della colonna d'acqua sono riportati nella tabella **Tabella 42**.

In un terzo dei campioni analizzati è stata rilevata tossicità bassa, mentre i restanti campioni sono privi di tossicità.

Tabella 42 - Risultati del test di embriotossicità (72 ore) con <i>P.lividus</i> e successiva stima della tossicità cronica,							
	Concentrazione (%) del campione	% media di plutei (± dev,st %)	% media di embrioni non sviluppati	Correzione ABBOTT (embrioni non sviluppati)	EC 20 (%)	EC 50 (%)	Tossicità
Controllo		87 ± 1,53	13	0	≥ 90	>100	Assente
E20 MG3/0,5	100	79 ± 1,53	21	10	≥ 90	>100	Assente
	50	83 ± 1,53	17	5			
	25	87 ± 0,58	13	1			
E20 MG3/12,5	100	79 ± 1,15	21	9	≥ 90	>100	Assente
	50	83 ± 1,53	17	5			
	25	86 ± 1,53	14	2			
E20 MG3/50	100	78 ± 1,53	22	11	≥ 90	>100	Assente
	50	82 ± 1,53	18	6			
	25	87 ± 0,58	13	1			
E20 MG5/0,5	100	78 ± 1,00	22	11	≥ 90	>100	Assente
	50	82 ± 2,08	18	6			
	25	86 ± 1,53	13	2			
E20 MG5/12,5	100	80 ± 1,53	22	9	≥ 90	>100	Assente
	50	83 ± 1,53	18	5			
	25	86 ± 2,08	14	1			
E20 MG5/50	100	79 ± 1,53	20	10	≥ 90	>100	Assente
	50	83 ± 1,53	17	5			
	25	85 ± 1,53	14	2			
E20 MG6/0,5	100	79 ± 1,15	21	9	≥ 90	>100	Assente
	50	83 ± 1,53	17	5			
	25	86 ± 1,53	14	2			
E20 MG6/12,5	100	79 ± 1,53	21	9	≥ 90	>100	Assente
	50	83 ± 1,53	17	5			
	25	86 ± 2,08	14	2			
E20 MG6/50	100	72 ± 1,15	28	17	≥ 90	>100	Assente
	50	78 ± 2,08	22	10			
	25	85 ± 1,53	15	3			
E20 MG7/0,5	100	71 ± 1,73	29	19	≥ 90	>100	Assente
	50	81 ± 1,53	19	8			
	25	85 ± 2,00	15	3			
E20 MG7/12,5	100	66 ± 1,00	34	24	81	>100	Bassa
	50	77 ± 1,73	23	12			
	25	85 ± 0,58	15	3			
E20 MG7/50	100	64 ± 1,53	36	27	82,6	>100	Bassa
	50	80 ± 1,53	20	8			
	25	84 ± 1,53	16	3			
E20 MG9/0,5	100	80 ± 1,00	20	8	≥ 90	>100	Assente
	50	83 ± 1,53	17	5			
	25	86 ± 0,58	14	1			
E20 MG9/12,5	100	74 ± 1,53	26	15	≥ 90	>100	Assente
	50	82 ± 2,00	18	6			
	25	85 ± 1,53	15	3			
E20 MG9/50	100	55 ± 1,53	45	37	70,2	>100	Bassa
	50	79 ± 1,00	21	10			
	25	85 ± 1,53	15	2			
E20 MG10/0,5	100	64 ± 2,00	36	27	77,6	>100	Bassa
	50	78 ± 1,53	22	11			
	25	85 ± 1,53	15	2			
E20 MG10/12,5	100	59 ± 1,15	41	33	55,6	>100	Bassa
	50	69 ± 1,00	31	21			

Tabella 42 - 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 2,08	16	4			
E20 MG10/50	100	43 \pm 1,73	57	51	59,3	>100	Bassa
	50	76 \pm 1,53	24	13			
	25	85 \pm 1,53	15	3			
E20 MG12/0,5	100	68 \pm 0,58	32	23	85,1	>100	Bassa
	50	76 \pm 2,08	24	13			
	25	84 \pm 2,00	16	4			
E20 MG12/12,5	100	70 \pm 0,58	30	19	\geq 90	>100	Assente
	50	82 \pm 2,00	18	6			
	25	86 \pm 1,53	14	2			
E20 MG12/50	100	56 \pm 0,58	44	36	56,4	>100	Bassa
	50	72 \pm 2,00	28	18			
	25	82 \pm 1,53	18	6			
E20 MG13/0,5	100	80 \pm 1,53	20	9	\geq 90	>100	Assente
	50	83 \pm 2,00	17	5			
	25	87 \pm 0,58	13	1			
E20 MG13/12,5	100	77 \pm 1,15	23	12	\geq 90	>100	Assente
	50	82 \pm 1,53	18	6			
	25	85 \pm 1,53	15	2			
E20 MG13/50	100	79 \pm 2,08	21	9	\geq 90	>100	Assente
	50	82 \pm 1,53	18	6			
	25	86 \pm 0,58	14	2			

6.1.3 Plancton

6.1.3.1 Fitoplancton

Analisi quantitativa e qualitativa del fitoplancton da bottiglia

Le densità fitoplanctoniche totali variano tra circa 21 cell/ml (E20 MG10 70 m) e un massimo di 102 cell/ml (E20 MG6 12,5 m), in media circa 60 cell/ml (Tabella 43).

L'andamento delle densità lungo la colonna d'acqua mostra minimi a 70 m in tutte le stazioni e abbondanze massime tra la superficie e 12,5 m, solo in E20 MG12 il massimo si trova a 50 m (Figura 42). E20 MG7 presenta le densità cellulari più basse.

Tabella 43 - Densità fitoplanctonica totale (cell/ml) e delle classi o gruppi identificati.						
Stazione	prof. (m)	Diatomee	Dinoflagellati	Coccolitofori	Altro	Totale
E20 MG6	0,5	53,05	5,77	7,31	16,04	82,18
	12,5	48,90	7,44	10,73	34,89	101,96
	50	8,70	6,15	9,44	20,07	44,36
	70	8,47	3,62	3,50	14,74	30,33
E20 MG7	0,5	5,38	6,57	6,50	27,15	45,60
	12,5	4,95	6,30	5,59	17,10	33,94
	50	7,63	6,74	8,58	18,37	41,32
	70	10,92	3,57	3,70	13,26	31,45
E20 MG10	0,5	31,11	4,82	7,71	25,71	69,36
	12,5	32,58	7,42	8,34	24,96	73,30
	50	5,53	10,29	9,87	18,76	44,44
	70	7,95	1,51	2,47	9,52	21,44
E20 MG12	0,5	5,20	8,57	0,61	60,86	75,24
	12,5	5,09	12,63	9,24	72,47	99,44
	50	23,91	10,05	12,15	55,04	101,15
	70	6,17	6,75	4,82	34,84	52,58
E20 MG13	0,5	42,51	7,10	7,97	28,70	86,28
	12,5	49,85	5,98	7,36	22,40	85,59
	50	12,10	6,21	8,28	16,18	42,78
	70	9,01	3,82	3,95	15,04	31,83

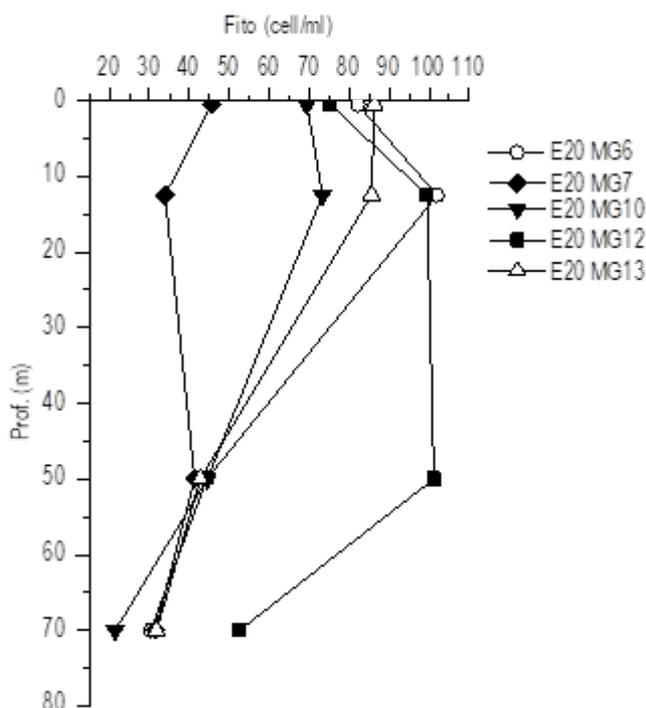


Figura 42 - Profili delle densità fitoplanctoniche totali (cell/ml).

Mediamente 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 non identificati) che varia tra circa 10 cell/ml (E20 MG10 70 m) e 73 cell/ml (E20 MG12 12,5 m). La singola classe più abbondante è quella delle diatomee che varia tra circa 5 cell/ml (E20 MG7 12,5 m) e 53 cell/ml (E20 MG6 0,5 m). Con in media circa 7 cell/ml seguono coccolitofori e dinoflagellati che coprono un intervallo simile delle densità (fino a circa 12 cell/ml) (Tabella 43).

Nel popolamento estivo del 2020 le categorie dominanti identificate al microscopio sono quindi il raggruppamento "Altro plancton", in media il 46%, e la classe delle diatomee che contribuisce mediamente con il 32% (Figura 43). In "Altro plancton" dominano particolarmente *Phaeocystis* sp., *Telonema* sp., *Leucocryptos marina* e *Ollicola vangoorii*. Per le diatomee, dominano *Leptocylindrus danicus*, *Asterionellopsis glacialis*, *Chaetoceros socialis*, *Pseudo-nitzschia galaxiae* (forma piccola e grande), *Pseudo-nitzschia delicatissima* e *Cylindrotheca closterium*. Dinoflagellati e coccolitofori contribuiscono al popolamento per circa un 10%, rappresentato per i dinoflagellati soprattutto da *Gymnodiniaceae* e forme tectate nanoplanctoniche, come *Heterocapsa minima*, *Heterocapsa rotundata* ed *Oxytoxum variabile*, e per i coccolitofori da dominanza di *Emiliania huxleyi* e presenza più scarsa di *Syracosphaera anthos*, *Helladosphaera cornifera* e *Sphaerocalyptra quadridentata*. I contributi relativi dei gruppi fitoplanctonici possono apparire differenti se riferiti alla diversità pigmentaria (Figura 41) o alla classificazione derivata dalle osservazioni al microscopio (Figura 43). Le analisi pigmentarie evidenziano anche il contributo della componente picoplanctonica sia procariota (Cyanobatteri) che dell'eventuale presenza di picoeucarioti a cui è probabilmente imputabile parte dell'abbondante presenza di Chl *b*, e riducono quindi l'importanza relativa in questo caso soprattutto delle diatomee. Dalle osservazioni al microscopio non è risolvibile la frazione picoplanctonica per cui aumenta relativamente il contributo dei gruppi nanomicroplanctonici, come le diatomee, che in questo caso contribuiscono in maggiore misura numerica alle abbondanze cellulari.

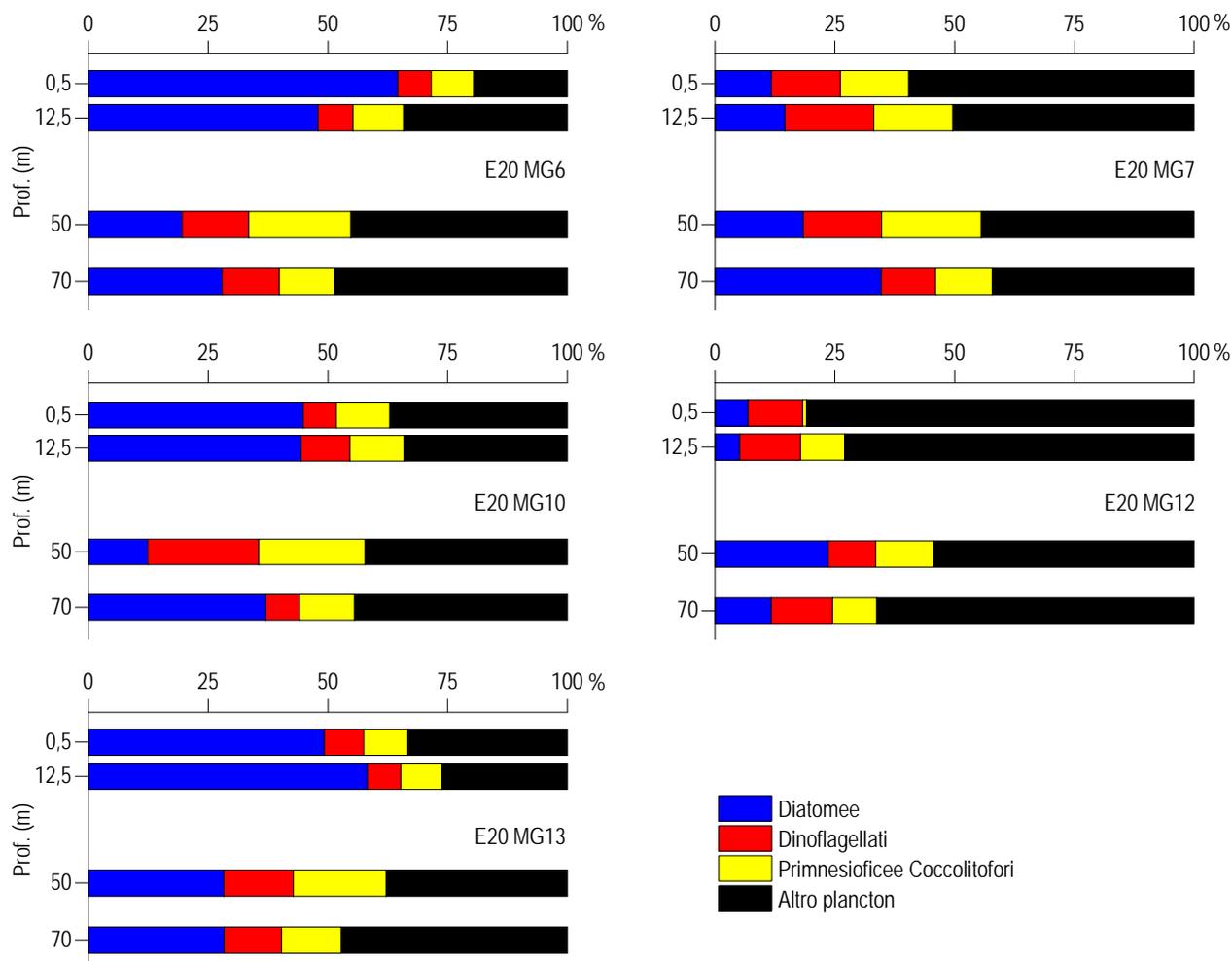


Figura 43 – Abbondanza relativa delle classi fitoplanctoniche indicate in legenda in rapporto all'abbondanza totale.

Sono stati identificati in totale, a diverso livello tassonomico, 233 taxa (più la categoria Flagellati indeterminati) (Tabella 44) suddivisi tra le principali classi o raggruppamenti fitoplanctonici di cui si fornisce l'elenco completo in Tabella 45. La maggior parte dei taxa appartiene ai dinoflagellati che sono rappresentati da 89 specie e 2 forme identificate a livello di genere. Le diatomee sono rappresentate da 71 specie e 7 forme identificate a livello di genere. I coccolitofori, infine, risultano meno diversificati con 27 specie insieme a una forma individuata a livello di genere. Il popolamento fitoplanctonico presenta valori di diversità specifica (Shannon) e valori di equitabilità (Pielou) che variano, rispettivamente, tra 2,80 e 4,78 bit/cell e tra 0,50 e 0,80. I valori più bassi di H' si presentano alla stazione E20 MG12 lungo tutta la colonna d'acqua in conseguenza della forte dominanza di *Phaeocystis* sp. ("Altro plancton") mentre E20 MG7 presenta valori leggermente più alti rispetto alle altre stazioni per una maggior equiripartizione tra le diverse classi.

Tabella 44 - 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	71	7	4
Dinoflagellati	89	2	4
Prymnesiophyceae coccolitofori	27	1	1
Cryptophyceae	1		1
Chrysophyceae/Dictyochophyceae	8		1
Chlorophyta/Euglenoidea	1		1
Prasinophyceae	3	2	
Prymnesiophyceae non coccolitofori		1	
Raphidophyceae	2		
Altro	5	1	
	Totale 207	14	12

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

Tabella 45- Lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative microscopiche.

DIATOMEAE		
<i>Amphora</i> spp.	<i>Dactylosolen phuketensis</i> (Sundstrom) Hasle 1996	<i>Nitzschia</i> spp.
<i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castracane) Round 1990	Diatomea pennata n.i. (forma p.)	<i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve 1873
<i>Bacteriastrum delicatulum</i> Cleve 1897	Diatomee centriche > 20 µm n.i.	<i>Plagiotropis</i> sp.
<i>Bacteriastrum jadrinum</i> Godrijan, Maric & Pfankuchen 2012	Diatomee pennate ≤ 20 µm n.i.	<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström 1986
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey 1937	Diatomee pennate > 20 µm n.i.	<i>Psammodyctyon panduriforme</i> (Gregory) Mann 1990
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder 1864	<i>Dimeregramma nanum</i> (Gregory) Ralfs 1861	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cleve) Heiden 1928
<i>Chaetoceros atlanticus</i> Cleve 1873	<i>Diploneis lineata</i> (Donkin) Cleve 1894	<i>Pseudo-nitzschia galaxiae</i> Lundholm & Moestrup 2002
<i>Chaetoceros cf. costatus</i> Pavillard 1911	<i>Entomoneis cf. paludosa</i> (Smith) Reimer 1975	<i>Pseudo-nitzschia multistriata</i> (Takano) Takano 1995
<i>Chaetoceros compressus</i> Lauder 1864	<i>Eucampia cornuta</i> (Cleve) Grunow 1883	<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle 1993
<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve 1889	<i>Fragilariopsis doliolus</i> (Wallich) Medlin & Sims 1993	<i>Pseudo-nitzschia subfraudulenta</i> (Hasle) Hasle 1993
<i>Chaetoceros dadayi</i> Pavillard 1913	<i>Fragilariopsis</i> spp.	<i>Pseudonitzschia turgidula</i> (Hustedt) Hasle 1993
<i>Chaetoceros danicus</i> Cleve 1889	<i>Guinardia flaccida</i> (Castracane) Peragallo 1892	<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultze) Sundström 1986
<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve 1873	<i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle 1996	<i>Rhizosolenia decipiens</i> Sundström 1986
<i>Chaetoceros diversus</i> Cleve 1873	<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow 1880	<i>Rhizosolenia hebetata</i> f. <i>semispina</i> (Hensen) Gran 1905
<i>Chaetoceros laciniosus</i> Schütt 1895	<i>Haslea wawriakae</i> (Hustedt) Simonsen 1974	<i>Rhizosolenia setigera</i> Brightwell 1858
<i>Chaetoceros lauderii</i> Ralfs 1864	<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow ex Van Heurck 1882	<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve 1873
<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow 1863	<i>Hemiaulus sinensis</i> Greville	<i>Skeletonema menzeli</i> Guillard Carpenter & Reimann 1974
<i>Chaetoceros pendulus</i> Karsten 1905	<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve 1889	<i>Synedra cf. affinis</i> Kützing 1844
<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell 1856	<i>Leptocylindrus mediterraneus</i> (Peragallo) Hasle 1975	<i>Thalassionema cf. bacillare</i> (Heiden) Kolbe 1955
<i>Chaetoceros simplex</i> Ostenfeld 1901	<i>Leptocylindrus minimus</i> Gran 1915	<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Hallegraeff 1986
<i>Chaetoceros socialis</i> Lauder 1864	Navicula cf. <i>transitans</i> Heimdal 1970	<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky 1902
<i>Chaetoceros</i> spp.	Navicula spp.	<i>Thalassiosira cf. nordenskiöldii</i> Cleve 1873
<i>Chaetoceros thronsenii</i> (Marino, Montresor & Zingone) Marino, Montresor & Zingone 1991	<i>Nitzschia</i> (sez. <i>sigmatae</i>) sp.	<i>Thalassiosira delicatula</i> Ostenfeld 1908
<i>Chaetoceros vistulae</i> Apstein 1909		<i>Thalassiosira</i> spp.
<i>Chaetoceros wighamii</i> Brightwell 1856	<i>Nitzschia bicapitata</i> Cleve 1901	<i>Thalassiothrix longissima</i> Cleve & Grunow 1880
<i>Ctenophora pulchella</i> (Ralfs ex Kützing) Williams & Round 1986	<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs 1861	<i>Tryblionella acuminata</i> Smith 1853
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & Lewin 1964	<i>Nitzschia lorenziana</i> Grunow 1879	
<i>Dactylosolen fragilissimus</i> (Bergon) Hasle 1996	<i>Nitzschia recta</i> Hantzsch ex Rabenhors 1862	
	<i>Nitzschia sicula</i> (Castracane) Hustedt	
DINOFLAGELLATI		
<i>Achradina pulchra</i> Lohmann 1903	<i>Heterocapsa circularisquama</i> Horiguchi 1995	<i>Oxytoxum sceptrum</i> (Stein) Schroder 1906
<i>Alexandrium cf. andersonii</i> Balech 1990	<i>Heterocapsa horiguchii</i> Iwataki, Takayama & Matsuoka 2002	<i>Oxytoxum scolopax</i> Stein 1883
<i>Alexandrium cf. minutum</i> Halim 1960	<i>Heterocapsa minima</i> Pomroy 1989	<i>Oxytoxum sphaeroideum</i> Stein 1883
<i>Alexandrium tamutum</i> Montresor, Beran & John 2004	<i>Heterocapsa niei</i> (Loeblich III) Morrill & Loeblich III 1981	<i>Oxytoxum strophalatum</i> Dodge & Saunders 1985
<i>Amphidinium cf. globosum</i> Schröder 1911	<i>Heterocapsa orientalis</i> Iwataki Botes & Fukuyo 2003	<i>Oxytoxum turbo</i> Kofoid 1907
<i>Amphidinium cf. sphenoides</i> Wulff 1916	<i>Heterocapsa rotundata</i> (Lohmann) Hansen 1995	<i>Oxytoxum variabile</i> Schiller 1937
<i>Amphidinium</i> spp.	<i>Heterocapsa triquetra</i> (Ehrenberg) Stein 1883	<i>Oxytoxum viride</i> Schiller 1937
<i>Azadinium caudatum</i> var. <i>margalefii</i> Nézan & Chomérat 2012	<i>Heterodinium dispar</i> Kofoid & Adamson 1933	<i>Phalacroma ovum</i> Schütt, 1895
<i>Azadinium spinosum</i> Elbrächter & Tillmann 2009	<i>Karenia brevis</i> (Davis) Hansen & Moestrup 2000	<i>Phalacroma rotundatum</i> (Claparède & Lachmann) Kofoid & Michener 1911
	<i>Karenia mikimotoi</i> (Miyake & Kominami ex Oda) Hansen & Moestrup 2000	<i>Podolampas palmipes</i> Stein 1883
<i>Cladopyxis brachiolata</i> Stein 1883	<i>Karenia selliformis</i> Haywood, Steidinger & MacKenzie 2004	
<i>Cochlodinium pulchellum</i> Lebour 1917	<i>Karenia</i> spp.	<i>Pronoctiluca pelagica</i> Fabre-Domergue 1889
Dinoflagellati tectati ≤ 20 µm n.i.	<i>Kofoidinium velleloides</i> Pavillard 1929	<i>Prorocentrum aporum</i> (Schiller) Dodge 1975
Dinoflagellati tectati > 20 µm n.i.	<i>Kryptoperidinium foliaceum</i> (Stein) Lindemann 1924	<i>Prorocentrum balticum</i> (Lohmann) Loeblich 1970
<i>Dinophysis argus</i> (Stein) Abé 1967	<i>Lessardia elongata</i> Saldarriaga & Taylor 2003	<i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) Abé ex Dodge 1975
<i>Dinophysis caudata</i> Saville-Kent 1881	<i>Lingulodinium polyedrum</i> (Stein) Dodge 1989	<i>Prorocentrum dentatum</i> Stein 1883
<i>Dinophysis parva</i> Schiller 1928	<i>Mesoporos adriaticus</i> (Schiller) Lillick	<i>Prorocentrum gracile</i> Schütt 1895
<i>Diplopsalis lenticula</i> Bergh 1881	<i>Mesoporos perforatus</i> (Gran) Lillick 1937	<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg 1833
<i>Erythrospidinium agile</i> (Hertwig) Silva 1960	<i>Micracanthodinium setiferum</i> (Lohmann) Deflandre 1937	<i>Prorocentrum rathymum</i> Loeblich, Sherley & Schmidt 1979
<i>Gonyaulax digitale</i> (Pouchet) Kofoid 1911	<i>Neoceratium extensum</i> (Gouret) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Prorocentrum scutellum</i> Schröder 1900
<i>Gonyaulax fragilis</i> (Schütt) Kofoid 1911		<i>Prorocentrum triestinum</i> Schiller 1918

<i>Gonyaulax monacantha</i> Pavillard 1916	<i>Neoceratium furca</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Protoceratium reticulatum</i> (Claparède & Lachmann) Butschli 1885
<i>Gonyaulax polygramma</i> Stein 1883	<i>Neoceratium fusus</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Protopteridinium breve</i> Paulsen 1907
<i>Gonyaulax sphaeroidea</i> Kofoid 1911	<i>Neoceratium macroceros</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Protopteridinium crassipes</i> (Kofoid) Balech 1974
<i>Gonyaulax spinifera</i> (Claparède & Lachmann) Diesing 1866	<i>Neoceratium pentagonum</i> (Gouret) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Protopteridinium mediterraneum</i> (Kofoid) Balech 1974
Gymnodiniaceae ≤ 20 µm n.i.	<i>Neoceratium trichoceros</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Protopteridinium pellucidum</i> Bergh 1881
Gymnodiniaceae > 20 µm n.i.	<i>Oxytoxum adriaticum</i> Schiller 1937	<i>Protopteridinium tuba</i> (Schiller) Balech 1974
<i>Gymnodinium aureolum</i> (Hulburt) Gert Hansen 2000	<i>Oxytoxum caudatum</i> Schiller 1937	<i>Pyrocystis lunula</i> (Schütt) Schütt 1896
<i>Gymnodinium canus</i> Kofoid & Swezy 1921	<i>Oxytoxum coronatum</i> Schiller 1937	<i>Scrippsiella lachrymosa</i> Lewis 1991
<i>Gymnodinium catenatum</i> Graham 1943	<i>Oxytoxum laticeps</i> Schiller 1937	<i>Scrippsiella ramonii</i> Montresor 1995
<i>Gyrodinium aciculatum</i> Hansen & Larsen 1992	<i>Oxytoxum longiceps</i> Schiller	<i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Balech ex Loeblich III 1965
<i>Gyrodinium falcatum</i> Kofoid & Swezy 1921	<i>Oxytoxum longum</i> Schiller 1937	<i>Torodinium robustum</i> Kofoid & Swezy 1921
<i>Gyrodinium fusiforme</i> Kofoid & Swezy 1921	<i>Oxytoxum ovale</i> Schiller 1937	
PRYMNESIOPHYCEAE COCCOLITOFORI		
<i>Acanthoica quatropina</i> Lohmann 1903	<i>Coccolithus pelagicus</i> (Wallich) Schiller 1930	<i>Periphyllophora mirabilis</i> (Schiller) Kamptner 1937
<i>Algirosphaera robusta</i> (Lohmann) Norris 1984	Coccolitofori ≤ 10 µm n.i.	<i>Pontosphaera</i> sp.
<i>Alisphaera ordinata</i> (Kamptner) Heimdahl 1973	<i>Coronosphaera binodata</i> (Kamptner) Gaarder 1977	<i>Rhabdosphaera clavigera</i> Murray & Blackman 1898
<i>Calcidiscus leptoporus</i> (Murray & Blackman) Loeblich & Tappan 1978	<i>Coronosphaera mediterranea</i> (Lohmann) Gaarder 1977	<i>Sphaerocalyptra quadridentata</i> (Schiller) Deflandre 1952
<i>Calciopappus caudatus</i> Gaarder & Ramsfjell 1954	<i>Daktylethra pirus</i> (Kamptner) Norris 1985	<i>Syracosphaera anthos</i> (Lohman) Janin 1987
<i>Calciosolenia brasiliensis</i> (Lohmann) Young 2003	<i>Emiliana huxleyi</i> (Lohmann) Hay & Mohler 1967	<i>Syracosphaera</i> cf. <i>molischii</i> Schiller 1925
<i>Calciosolenia murrayi</i> Gran 1912	<i>Florisphaera profunda</i> Okada & Honjo 1973	<i>Syracosphaera histrica</i> Kamptner 1941
<i>Calyptrosphaera oblonga</i> Lohmann 1902	<i>Helicosphaera carterii</i> (Wallich) Kamptner 1954	<i>Syracosphaera pulchra</i> Lohmann 1902
<i>Calyptrosphaera sphaeroidea</i> Schiller 1913	<i>Helladosphaera cornifera</i> (Schiller) Kamptner 1937	<i>Zygospaera hellenica</i> Kamptner 1937
<i>Ceratolithus cristatus</i> Kamptner 1950	<i>Ophiaster hydroideus</i> (Lohmann) Lohmann 1913	
CRYPTOPHYCEAE		
Cryptophyceae n.i.	<i>Plagioselmis prolunga</i> Butcher ex Novarino, Lucas & Morrall 1994	
CHRYSOPHYCEAE/DICTYOCOPHYCEAE		
<i>Actinomonas mirabilis</i> Kent 1880	<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg 1839	<i>Meringosphaera tenerrima</i> Schiller 1925
Chrysophyceae spp. <10	<i>Dictyocha speculum</i> Ehrenberg 1839	<i>Octactis octonaria</i> (Ehrenberg) Hovasse 1946
<i>Dictyocha aculeata</i> Ehrenberg 1840	<i>Meringosphaera mediterranea</i> Lohmann 1902	<i>Ollicola vangoorii</i> (Conrad) Vørs 1992
PRASINOPHYCEAE		
<i>Halosphaera viridis</i> Schmitz 1878	<i>Pseudoscurfieldia marina</i> (Thronsen) Manton 1975	<i>Tetraselmis</i> sp.
<i>Pachysphaera pelagica</i> Ostenfeld 1899	<i>Pyramimonas</i> spp.	
PRYMNESIOPHYCEAE NON COCCOLITOFORI		
<i>Phaeocystis</i> sp.	<i>Phaeocystis</i> forma coloniale	
CHLORO/EUGLENO		
<i>Euglenoidea</i> n.i.	<i>Monoraphidium griffithii</i> (Berkeley) Komárková-Legnerová 1969	
RAPHIDOPHYCEAE		
<i>Commation cryoporinum</i> Thomsen & Larsen 1993	<i>Heterosigma akashiwo</i> (Hada) Hada ex Hara & Chihara 1987	
ALTRO		
Flagellati indeterminati < 10 µm	<i>Leucocryptos marina</i> (Braarud) Butcher 1967	<i>Telonema</i> sp.
<i>Ebria tripartita</i> (Schumann) Lemmermann 1899	<i>Mesodinium rubrum</i>	
<i>Hermesinium adriaticum</i> Zacharias 1906	<i>Paulinella ovalis</i> (Wulff) Johnson, Hargraves & Sieburth 1988	

Analisi qualitativa del fitoplancton da retino

Per l'identificazione della comunità microfiteplanctonica lungo tutta la colonna d'acqua, sono stati raccolti con retino 5 campioni nelle stazioni E20 MG6, E20 MG7, E20 MG10, E20 MG12 e E20 MG13.

Dall'analisi qualitativa dei campioni sono stati individuati 235 taxa, di cui 215 identificati a livello di specie, 14 come genere e 6 attribuibili a categorie soprageneriche (**Tabella 46**).

In **Tabella 46** è fornito l'elenco completo dei taxa presenti nelle diverse stazioni di campionamento. Nell'insieme di tutte le stazioni, 80 taxa appartengono alle diatomee, 124 alla classe dei dinoflagellati e 21 ai coccolitofori; sono stati, inoltre, individuati 1 taxon attribuibile alla classe delle Dictyochophyceae, 1 a Prymnesiophyceae non coccolitofori, 2 taxa appartenenti alle Euglenoideae e 3 alle Cyanophyceae. Per la categoria Altro, invece, sono stati identificati 3 taxa.

Tabella 46 - 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	71	6	3
Dinoflagellati	117	5	2
Prymnesiophyceae coccolitofori	21		
Dictyochophyceae	1		
Euglenoideae	2		
Prymnesiophyceae non coccolitofori		1	

Tabella 46 - 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*
Cyanophyceae		2	1
Altro	3		
Totale	215	14	6

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

La numerosità dei taxa presenti nelle diverse stazioni va da un minimo di 109 in E20 MG7 ad un massimo di 122 in E20 MG10 e E20 MG12. Dall'osservazione non è emersa una netta differenza nel numero dei taxa individuati che, in tutte le stazioni ad eccezione di E20 MG13, sono principalmente appartenenti alla classe dei dinoflagellati (con rispettivamente 56 taxa in E20 MG6, 55 in E20 MG7, 59 in E20 MG10, 60 in E20 MG12 e 51 in E20 MG13) ed in secondo luogo alla classe delle diatomee (con 46 taxa in E20 MG6, 36 in E20 MG7, 45 in E20 MG10, 43 in E20 MG12 e 52 in E20 MG13). Anche i coccolitofori risultano piuttosto differenziati con 21 taxa individuati tutti a livello di specie, diventando la terza classe più rappresentativa (con 12 taxa in E20 MG6 ed E20 MG13, 15 taxa in E20 MG7 ed E20 MG10 e 13 taxa in E20 MG12). Dictyochophyceae, Euglenoideae, Prymnesiophyceae non coccolitofori, Cyanophyceae e la categoria Altro presentano un numero molto più esiguo di taxa in tutte le stazioni.

Sono stati, inoltre, identificati ed aggiunti 14 nuovi taxa, 8 dei quali appartengono alla classe dei dinoflagellati (*Amphidoma nucula*, *Amphisolenia globifera*, *Dinophysis alata*, *Heterodinium globosum*, *Protopteridinium dakariense*, *Protopteridinium subpyriforme*, *Protopteridinium tenuissimum* e *Protopteridinium oviforme*), 3 alla classe delle diatomee (*Chaetoceros* cf. *crinitus*, *Pseudo-nitzschia turgidula* e *Skeletonema costatum*), 1 ai coccolitofori (*Syracosphaera quadriperforata*) e 2 taxa inseriti nella categoria Altro (*Heterosigma akashiwo* e *Mesodinium rubrum*), che non erano stati rilevati nei campionamenti dei precedenti anni.

Tabella 47 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni E20 MG6, E20 MG7, E20 MG10, E20 MG12 e E20 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13)

Specie	6	7	10	12	13	Specie	6	7	10	12	13	
DIATOMEE												
<i>Amphora</i> spp.		x	x		x	<i>Haslea wawrikae</i> (Hustedt) Simonsen 1974			x	x	x	x
<i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castracane) Round 1990		x		x	x	<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow ex Van Heurck 1882		x	x	x	x	x
<i>Bacteriastrium hyalinum</i> Lauder 1864						<i>Hemiaulus sinensis</i> Greville 1865		x				x
<i>Bacteriastrium jadrantum</i> Godrijan, Maric & Pfannkuchen 2012		x	x			<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve 1889		x	x	x	x	x
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey 1937			x	x	x	<i>Leptocylindrus mediterraneus</i> (Peragallo) Hasle 1975						x
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder 1864				x	x	<i>Leptocylindrus minimus</i> Gran 1915		x		x	x	x
<i>Chaetoceros brevis</i> Schütt 1895		x	x			<i>Licmophora gracilis</i> (Ehrenberg) Grunow 1867						x
<i>Chaetoceros</i> cf. <i>crinitus</i> Schütt 1895			x			<i>Lioloma pacificum</i> (Cupp) Hasle 1996				x		x
<i>Chaetoceros</i> cf. <i>densus</i> (Cleve) Cleve 1899						<i>Lithodesmium undulatum</i> Ehrenberg 1839		x				x
<i>Chaetoceros</i> cf. <i>vixisibilis</i> Schiller		x				<i>Navicula</i> spp.			x	x	x	
<i>Chaetoceros compressus</i> Lauder 1864			x	x	x	<i>Navicula transitans</i> var. <i>delicatula</i> Heimdal 1970						x
<i>Chaetoceros costatus</i> Pavillard 1911		x		x	x	<i>Naviculaceae</i> > 20 µm n.i.		x			x	x
<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve 1889		x				<i>Nitzschia bicapitata</i> Cleve 1901						x
<i>Chaetoceros dadayi</i> Pavillard 1913		x	x	x	x	<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs 1861		x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros danicus</i> Cleve 1889		x		x	x	<i>Nitzschia sicula</i> (Castracane) Hustedt						x
<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve 1873		x	x		x	<i>Plagiotropis</i> spp.		x	x		x	x
<i>Chaetoceros diversus</i> Cleve 1873		x	x	x	x	<i>Pleurosigma</i> cf. <i>nicobaricum</i> Grunow 1880						x
<i>Chaetoceros lauderi</i> Ralfs 1864					x	<i>Pleurosigma normanii</i> Ralfs 1861					x	
<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow 1863		x	x	x	x	<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström 1986		x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros neogracile</i> Van Landingham 1968		x				<i>Psammodyctyon panduriforme</i> (Gregory) Mann 1990						x
<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell 1856		x	x	x	x	<i>Pseudo-nitzschia</i> cf. <i>galaxiae</i> Lundholm & Moestrup 2002		x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros rostratus</i> Lauder 1864				x		<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cleve) Heiden 1928		x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros simplex</i> Ostfeld 1901				x		<i>Pseudo-nitzschia fraudulenta</i> (Cleve) Hasle 1993						x
<i>Chaetoceros socialis</i> Lauder 1864		x	x	x	x	<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle 1993		x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros</i> spp.		x	x			<i>Pseudo-nitzschia subfraudulenta</i> (Hasle) Hasle 1993		x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros tenuissimus</i> Meunier 1913			x			<i>Pseudo-nitzschia turgidula</i> (Hustedt) Hasle 1993						x
<i>Chaetoceros tetrastichon</i> Cleve 1897		x		x		<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schulze) Sundström 1986		x		x		x
<i>Chaetoceros wighamii</i> Brightwell 1856		x		x	x	<i>Rhizosolenia decipiens</i> Sundström 1986					x	x
<i>Coscinodiscus granii</i> Gough 1905		x	x			<i>Rhizosolenia hebetata</i> f. <i>semispina</i> (Hensen) Gran 1908			x			
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & Lewin 1964		x	x	x	x	<i>Rhizosolenia imbricata</i> Brightwell 1858		x			x	
<i>Dactylosolen fragillissimus</i> (Bergon) Hasle 1996		x		x	x	<i>Rhizosolenia setigera</i> Brightwell 1858				x		x
Diatomee centriche > 20 µm n.i.		x	x			<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve 1873						x
Diatomee pennate > 20 µm n.i.		x	x	x	x	<i>Striatella unipunctata</i> (Lyngbye) Agardh 1832				x		x
<i>Eucampia cornuta</i> (Cleve) Grunow 1883						<i>Thalassionema bacillare</i> (Heiden) Kolbe 1955		x	x	x	x	x
<i>Fragilaria</i> cf. <i>vitrea</i> var. <i>minima</i> (Ralfs) Grunow in Van Heurck 1881				x		<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Hallegraeff 1986		x	x	x	x	x
<i>Fragilariopsis</i> sp.					x	<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Moreschowsky 1902		x	x	x		x
<i>Grammatophora oceanica</i> Ehrenberg 1840			x			<i>Thalassiosira angulata</i> (Gregory) Hasle 1978		x				x
<i>Guinardia flaccida</i> (Castracane) Peragallo 1892		x		x		<i>Thalassiosira decipiens</i> (Grunow) Jørgensen 1905				x		
<i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle 1996		x		x	x	<i>Thalassiosira</i> spp.				x	x	x
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow 1880		x	x			<i>Tryblionella acuminata</i> Smith 1853				x		

<i>Achradina pulchra</i> Lohmann 1903	x					<i>Neoceratium trichoceros</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	x				
<i>Actiniscus pentasterias</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1844	x	x	x	x		<i>Ornithocercus heteroporus</i> Kofoid 1907	x	x	x	x	
<i>Alexandrium cf. minutum</i> Halim 1960	x	x		x		<i>Ornithocercus magnificus</i> Stein 1883			x		x
<i>Amphidoma nucula</i> Stein 1883					x	<i>Oxytoxum adriaticum</i> Schiller 1937		x		x	
<i>Amphisolenia bidentata</i> Schröder 1900	x			x	x	<i>Oxytoxum coronatum</i> Schiller 1937					x
<i>Amphisolenia globifera</i> Stein 1883		x				<i>Oxytoxum crassum</i> Schiller 1937		x	x		
<i>Ceratium limulus</i> (Pouchet) Gourret 1883					x	<i>Oxytoxum curvatum</i> (Kofoid) Kofoid 1911		x		x	x
<i>Ceratium paradoxoides</i> Cleve 1900				x		<i>Oxytoxum globosum</i> Schiller		x		x	x
<i>Ceratocorys armata</i> (Schütt) Kofoid 1910					x	<i>Oxytoxum laticeps</i> Schiller 1937			x	x	x
<i>Ceratocorys gourreii</i> Paulsen 1931	x		x			<i>Oxytoxum longiceps</i> Schiller		x	x	x	x
<i>Ceratocorys horrida</i> Stein 1883				x		<i>Oxytoxum mediterraneum</i> Schiller		x	x	x	x
<i>Ceratoperidinium falcatum</i> (Kofoid & Swezy) Reñé & de Salas 2013				x		<i>Oxytoxum milneri</i> Murray & Whitting 1899					x
<i>Citharistes regius</i> Stein 1883					x	<i>Oxytoxum ovale</i> Schiller 1937		x			
<i>Cladopyxis brachiolata</i> Stein 1883	x	x	x	x		<i>Oxytoxum parvum</i> Schiller 1937				x	x
<i>Corythodinium reticulatum</i> (Stein) Taylor 1976				x	x	<i>Oxytoxum rampii</i> Sournia				x	
Dinoflagellati tecati > 20 µm n.i.	x	x	x	x	x	<i>Oxytoxum sceptrum</i> (Stein) Schröder 1906				x	
<i>Dinophysis alata</i> Jørgensen	x					<i>Oxytoxum scolopax</i> Stein 1883		x	x	x	x
<i>Dinophysis amandula</i> (Balech) Sournia 1973				x		<i>Oxytoxum sphaeroideum</i> Stein 1883			x		
<i>Dinophysis caudata</i> Saville-Kent 1881	x					<i>Oxytoxum spinosum</i> Rampi		x		x	
<i>Dinophysis fortii</i> Pavillard 1923				x		<i>Oxytoxum turbo</i> Kofoid 1907		x		x	x
<i>Dinophysis operculooides</i> (Schütt) Balech 1967				x		<i>Oxytoxum variabile</i> Schiller 1937					x
<i>Dinophysis ovum</i> (Schütt) Abé				x		<i>Oxytoxum viride</i> Schiller 1937		x	x	x	x
<i>Dinophysis parva</i> Schiller 1928	x	x	x	x	x	<i>Phalacroma doryphorum</i> Stein 1883		x	x	x	
<i>Dinophysis parvula</i> (Schütt) Balech 1967					x	<i>Phalacroma rotundatum</i> (Claparède & Lachmann) Kofoid & Michener 1911			x	x	
<i>Dinophysis sacculus</i> Stein 1883	x			x	x	<i>Podolampas bipes</i> Stein 1883				x	
<i>Dinophysis</i> spp.		x				<i>Podolampas palmipes</i> Stein 1883			x	x	x
<i>Diplopsalis lenticula</i> Bergh 1881				x	x	<i>Podolampas spinifer</i> Okamura 1912		x	x	x	x
<i>Goniadoma polyedricum</i> (Pouchet) Jørgensen 1899	x	x	x	x		<i>Prorocentrum balticum</i> (Lohmann) Loeblich 1970			x	x	x
<i>Gonyaulax cf. sphaeroidea</i> Kofoid 1911	x	x	x	x	x	<i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) Abé ex Dodge 1975		x	x	x	x
<i>Gonyaulax digitale</i> (Pouchet) Kofoid 1911	x					<i>Prorocentrum dactylus</i> (Stein) Dodge 1975				x	x
<i>Gonyaulax fragilis</i> (Schütt) Kofoid 1911	x					<i>Prorocentrum dentatum</i> Stein 1883		x		x	x
<i>Gonyaulax polygramma</i> Stein 1883	x			x		<i>Prorocentrum gracile</i> Schütt 1895		x	x	x	x
<i>Gonyaulax scrippsae</i> Kofoid 1911				x		<i>Prorocentrum lima</i> (Ehrenberg) Stein 1878		x			x
<i>Gonyaulax spinifera</i> (Claparède & Lachmann) Diesing 1866	x			x		<i>Prorocentrum maximum</i> (Gourret) Schiller 1937				x	
<i>Gymnodiniaceae</i> > 20 µm n.i.	x	x	x	x	x	<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg 1833		x			
<i>Gymnodinium</i> spp.	x	x	x	x	x	<i>Prorocentrum rathymum</i> Loeblich, Sherley & Schmidt 1979			x		x
<i>Gyrodinium aciculatum</i> Hansen & Larsen 1992	x	x	x	x	x	<i>Prorocentrum shikokuense</i> Hada 1975			x		
<i>Heterocapsa minima</i> Pomroy 1989		x				<i>Prorocentrum</i> sp.		x			
<i>Heterocapsa niei</i> (Loeblich III) Morrill & Loeblich III 1981				x	x	<i>Protoceratium cf. areolatum</i> Kofoid 1907					x
<i>Heterocapsa rotundata</i> (Lohmann) Hansen 1995					x	<i>Protoceratium reticulatum</i> (Claparède & Lachmann) Bütschli 1885			x		
<i>Heterocapsa triquetra</i> (Ehrenberg) F. Stein 1883		x				<i>Protoperidinium breve</i> Paulsen 1907		x			
<i>Heterodinium cf. dispar</i> Kofoid & Adamson 1933			x			<i>Protoperidinium brochii</i> (Kofoid & Swezy) Balech 1974		x			
<i>Heterodinium globosum</i> Kofoid 1907					x	<i>Protoperidinium cf. brevipes</i> (Paulsen) Balech 1974			x		x
<i>Histioneis cf. vouckii</i> Schiller 1928	x				x	<i>Protoperidinium crassipes</i> (Kofoid) Balech 1974		x		x	
<i>Histioneis inclinata</i> Kofoid & Michener 1911	x					<i>Protoperidinium dakariense</i> (Dangeard 1927) Balech 1974					x
<i>Histioneis longicollis</i> Kofoid 1907	x	x	x			<i>Protoperidinium diabolium</i> (Cleve) Balech 1974		x		x	x
<i>Histioneis</i> sp.	x	x				<i>Protoperidinium mediterraneum</i> (Kofoid) Balech 1974					x
<i>Histioneis variabilis</i> Schiller 1933					x	<i>Protoperidinium oviforme</i> (Dangeard 1927) Balech 1974					x
<i>Karenia selliformis</i> Haywood, Steidinger & MacKenzie 2004	x					<i>Protoperidinium ovum</i> (Schiller) Balech 1974		x	x	x	x
<i>Lessardia elongata</i> Saldarriaga & Taylor 2003	x	x		x	x	<i>Protoperidinium pellucidum</i> Bergh ex Loeblich Jr. & Loeblich III 1881					x
<i>Lingulodinium polyedrum</i> (Stein) Dodge 1989	x	x	x			<i>Protoperidinium pyriforme</i> (Paulsen) Balech 1974		x		x	
<i>Mesoporos adriaticus</i> (Schiller) Lillick	x	x	x	x	x	<i>Protoperidinium quarnerense</i> (Schröder) Balech 1974		x	x		x
<i>Mesoporos perforatus</i> (Gran) Lillick 1937	x	x	x	x	x	<i>Protoperidinium steinii</i> (Jørgensen) Balech 1974		x		x	
<i>Micracanthodinium seliferum</i> (Lohmann) Deflandre 1937					x	<i>Protoperidinium subpyriforme</i> (Dangeard 1927) Balech 1974					x
<i>Neoceratium arietinum</i> (Cleve) Gómez, Moreira & López-García 2010	x					<i>Protoperidinium tenuissimum</i> (Kofoid) Balech 1974				x	
<i>Neoceratium declinatum</i> (Karsten) Gómez, Moreira & López-García 2010		x				<i>Protoperidinium tuba</i> (Schiller) Balech 1974				x	x
<i>Neoceratium eucaratum</i> (Jørgensen) Gómez, Moreira & López-García 2010		x				<i>Protoperidinium variegatum</i> (Peters) Balech 1974			x		
<i>Neoceratium furca</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x	x	x	x	<i>Pyrocystis cf. obtusa</i> Pavillard 1931					x
<i>Neoceratium fusus</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x	x	x	x	<i>Pyrocystis lunula</i> (Schütt) Schütt 1896		x	x	x	x
<i>Neoceratium hexacantum</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-García 2010					x	<i>Pyrophacus horologicum</i> Stein 1883		x			
<i>Neoceratium macroceros</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010		x	x	x	x	<i>Scrippsiella</i> sp.					x
<i>Neoceratium pentagonum</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x	x	x	x	<i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Balech ex Loeblich III 1965		x	x		x
PRYMNESIOPHYCEAE COCCOLITOFORI											
<i>Calcosolenia brasiliensis</i> (Lohmann) Young 2003	x	x				<i>Pontosphaera syracusana</i> Lohmann 1902					x
<i>Calyptrothina wettsteinii</i> (Kampner) Norris 1985				x	x	<i>Rhabdosphaera clavigera</i> Murray & Blackman 1898		x	x	x	x
<i>Calyptrosphaera oblonga</i> Lohmann 1902	x	x	x	x	x	<i>Scyphosphaera apsteinii</i> Lohmann 1902		x	x	x	x
<i>Coccolithus pelagicus</i> (Wallich) Schiller 1930	x	x	x	x		<i>Sphaerocalyptra quadridentata</i> (Schiller) Deflandre 1952				x	x
<i>Coronosphaera binodata</i> (Kampner) Gaarder 1977		x	x	x		<i>Syracosphaera histrica</i> Kampner 1941		x	x	x	x
<i>Coronosphaera mediterranea</i> (Lohmann) Gaarder 1977	x	x	x	x	x	<i>Syracosphaera pulchra</i> Lohmann 1902		x	x	x	x
<i>Daktylethra pirus</i> (Kampner) R.E. Norris 1985	x	x	x	x	x	<i>Syracosphaera quadriperforata</i> Kampner 1937			x		x

<i>Discosphaera tubifer</i> (Murray & Blackman) Ostefeld 1900	x	x	x	x	x	<i>Umbilicosphaera sibogae</i> (Weber-van Bosse) Gaarder 1970	x	
<i>Helicosphaera carterii</i> (Wallich) Kamptner 1954	x	x	x	x	x	<i>Zygospaera debilis</i> Kamptner		x
<i>Pontosphaera discopora</i> Lohmann 1902					x	<i>Zygospaera hellenica</i> Kamptner 1937	x	
<i>Pontosphaera steueri</i> Kamptner	x							
CHRISOPHYCEAE/DICTYOCOPHYCEAE								
<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg 1839	x	x	x	x	x			
PRYMNESIOPHYCEAE NON COCCOLITOFORI								
<i>Phaeocystis</i> sp. (forma coloniale)	x							
EUGLENOIDEAE								
<i>Eutreptia lanowii</i> Steuer 1904					x	<i>Eutreptiella gymnastica</i> Thronsen 1969	x	
CYANOPHYCEAE								
Cyanophyceae filamentose n.i.					x	<i>Planktolynbya</i> sp.		x x
<i>Phormidium</i> sp.					x			
ALTRO								
<i>Heterosigma akashiwo</i> (Hada) Hada ex Hara & Chihara 1987					x	<i>Mesodinium rubrum</i> (Lohmann 1908)		x
<i>Hermesinum adriaticum</i> Zacharias 1906	x		x	x	x			

Ad un confronto della lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative (**Tabella 45**) con l'elenco dei taxa ottenuti dalle analisi qualitative (**Tabella 47**), vediamo che il numero di taxa individuati è di 235 in entrambe le modalità identificative; il numero di taxa appartenenti alle classi delle diatomee e dei coccolitofori non differisce di molto tra bottiglia e retino, mentre i taxa attribuibili alla classe dei dinoflagellati risultano nettamente superiori nei campioni da retino. Di contro, i taxa appartenenti alle classi delle Chrysophyceae, delle Prasinophyceae ed alla categoria Altro sono presenti in numero maggiore nei campioni da bottiglia.

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* (= *Tripos*), *Oxytoxum*, *Podolampas* e *Protoperdinium* insieme a taxa come *Actiniscus pentasterias*, *Ceratocorys armata*, *Ceratocorys goureii* e *Ceratocorys horrida*. Da segnalare anche la presenza di taxa appartenenti alle Cyanophyceae filamentose, come *Phormidium* sp., *Planktolynbya* sp., oltre ad altre forme non identificate (Cyanophyceae filamentose n.i.), solitamente più tipiche di acque dolci o di transizione.

6.1.3.2 Zooplancton

Oloplancton

L'indagine sul comparto oloplanctonico ha consentito di rilevare la dominanza della frazione a Crostacei Copepodi, confermando quanto ottenuto in tutte le attività di monitoraggio fin qui realizzate. L'abbondanza totale, espressa come numero di individui/m³, risulta superiore rispetto alla precedente campagna estiva (E19). Questo dipende dai maggiori valori di abbondanza (rispetto alla media stagionale) rilevati nella fascia 50-100 m.

Dal confronto tra stazioni emergono evidenti differenze.

Le abbondanze maggiori sono state osservate nello strato verticale prossimo alla superficie (0-50 m) con in media 992,49 ind. m⁻³ (max= 1221,77 ind. m⁻³ E20 MG13; min = 795,45 ind. m⁻³ E20 MG7), valori quasi sovrapponibili a quelli delle peschate verticali 50-100 m dove l'abbondanza media è, infatti, pari a 955,06 45 ind. m⁻³ (max= 1211,37 ind. m⁻³ E20 MG10; min= 618,68 ind. m⁻³ E20 MG6). Se pur con valori di abbondanza comunque elevati, i copepodi planctonici risultano più scarsi nelle peschate orizzontali superficiali, con una media di 797,93 ind. m⁻³ (max= 1398,10 ind. m⁻³ E20 MG6; min= 468,53 ind. m⁻³ E20 MG12).

Nel survey E20 sono identificati 98 taxa di copepodi (Tabella 48) appartenenti a 28 famiglie. La biodiversità osservata è superiore a quella mediamente registrata durante le precedenti campagne estive (E15, E16, E17, E18 e E19).

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*. I Clausocalanidae rappresentano in media il 31,8% del comparto a Copepodi, con picchi di dominanza % nei campionamenti orizzontali (40,1% 0 – 5 m; 22,8% 0 – 50 m; 31,7% 50 – 100 m), valori percentuali leggermente inferiori alle stagioni estive E18-E19. Tra i Clausocalanidae le specie dominanti estive sono *C. pergens* (medie: 85,91 ind/m³ 0 – 5 m; 52,51 ind/m³ 0 – 50 m; 55,63 ind/m³ 50 – 100 m), *C. arcuicornis* (medie: 18,00 ind/m³ 0 – 5 m; 19,76 ind/m³ 0 – 50 m; 34,31 ind/m³ 50 – 100 m) e *C. furcatus* (medie: 14,75 ind/m³ 0 – 5 m; 15,60 ind/m³ 0 – 50 m; 5,72 ind/m³ 50 – 100 m). Le famiglie Oithonidae (8 taxa; medie complessive: 10,48 ind/m³ 0 – 5 m; 155,45 ind/m³ 0 – 50 m; 140,89 ind/m³ 50 – 100 m) e Paracalanidae (9 taxa; medie complessive: 25,92 ind/m³ 0 – 5 m; 132,06 ind/m³ 0 – 50 m; 133,61 ind/m³ 50 – 100 m) sono rispettivamente seconda e terza per abbondanza, anche se poco rappresentate nei campionamenti orizzontali superficiali. *Paracalanus parvus* che tende ad aumentare col crescere della profondità (medie: 8,83 ind/m³ 0 – 5 m; 55,11 ind/m³ 0 – 50 m; 61,87 ind/m³ 50 - 100 m), è la specie che maggiormente contribuisce all'abbondanza dei Paracalanidae.

Le specie tipiche di piattaforma continentale costantemente presenti nell'area investigata sono il Calanidae *Nannocalanus minor* (95,66 ind/m³ 0 – 5 m; 43,67 ind/m³ 0 – 50 m; 34,83 ind/m³ 50 - 100 m), il Centropagidae *Centropages typicus* (45,93 ind/m³ 0 – 5 m; 42,11 ind/m³ 0 – 50 m; 14,04 ind/m³ 50 - 100 m) e il Temoridae *Temora stylifera* (105,08 ind/m³ 0 – 5 m; 157,53 ind/m³ 0 – 50 m; 41,59 ind/m³ 50 - 100 m), tutte concentrate prevalentemente nei primi 50 m della colonna. Rispetto al calo numerico evidenziato nella stagione E19, *N. minor* torna a essere una delle specie che maggiormente caratterizzano il pool specifico estivo. Il campionamento è stato effettuato circa 2 settimane in ritardo rispetto alla normale tabella operativa, evidenziando che la comunità a Copepodi fosse in uno stato di transizione da stagione estiva ad autunnale. La dimostrazione è data dalla notevole abbondanza di *T. stylifera* (tipicamente tardo estiva-autunnale), a tutte le profondità più abbondante di *N. minor* (prettamente estiva nel Mar Ligure e Tirreno settentrionale: luglio-agosto).

Notevole è l'abbondanza nel primo metro della colonna (campionamento orizzontali superficiali) di *Acartia negligens* (Acartiidae – medie: 73,70 ind/m³ 0 – 5 m; 16,12 ind/m³ 0 – 50 m; 13,00 ind/m³ 50 – 100 m), mentre fra le specie ascrivibili all'iponeuston, raggiungono elevate abbondanze medie il Pontellidae *Labidocera wollastoni* (15,82 ind/m³ 0 – 5 m) e *Pontella mediterranea* (10,21 ind/m³ 0 – 5 m). Entrambe si confermano le 2 specie dominanti all'interfaccia aria-acqua.

Tra i Copepodi Calanoida meno frequenti, sono stati identificati diversi esemplari di *Phaenna spinifera*, comunque già saltuariamente rinvenuta nelle acque oggetto del monitoraggio. Sono 4 le specie identificate appartenenti alla famiglia Scolecitrichidae.

Meno abbondante del solito il Corycaidae *Farranula rostrata*, sostituito all'interno della famiglia dal più abbondante *Corycaeus* (*Onychocorycaeus*) *giesbrechti*. La famiglia Corycaidae è complessivamente rappresentata da 9 taxa (abbondanze medie: 28,27 ind/m³ 0 – 5 m; 62,91 ind/m³ 0 – 50 m; 56,67 ind/m³ 50 – 100 m).

La famiglia Oncaeidae (7 taxa) ha distribuzione prevalentemente profonda (10,74 ind/m³ 0 – 5 m; 45,75 ind/m³ 0 – 50 m; 84,22 ind/m³ 50 – 100 m). Elevata biodiversità è osservabile all'interno della famiglia Sapphirinidae (9 taxa; 2 generi: *Copilia* e *Sapphirina*), anche se con abbondanze sempre molto contenute.

Generalmente scarsa la presenza di esemplari appartenenti all'Ordine Harpacticoida (4 famiglie, 7 taxa complessivamente). Raro, ma campionato a tutte le profondità investigate, il Miraciidae *Distiocolus minor*. Così come osservato nel corso della campagna estiva E19, più abbondanti del solito (comunque sporadici) i rappresentanti dell'ordine Monstrilloida, aventi forma larvale parassita e adulta effimera, priva di apparato digestivo. Identificato un esemplare di copepode appartenente alla specie *Ratania Flava* (ordine Siphonostomatoida), descritta come molto rara, sia in acque atlantiche che in Mar Mediterraneo.

Tabella 48 – Oloplancton. O.le=orizzontale, 50-0=campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100-50=campionamento verticale da 100 a 50 metri. * presente in almeno un sub-campione, ** presente solo nell'osservazione *in toto*.

	O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50
Famiglia Acartiidae				Famiglia Heterorhabdidae				<i>Corycaeus typicus</i>	*	*	*
<i>Acartia negligens</i>	*	*	*	Heterorhabdus papilliger	*	*	*	<i>Corycaeus</i> spp	*	*	*
<i>Acartia</i> sp	*	*		Famiglia Lucicutiidae				<i>Farranula rostrata</i>	*	*	
Famiglia Aetideidae				<i>Lucicutia clausi</i>	*	*	*	Famiglia Lubbockiidae			
<i>Aetideus giesbrechti</i>				<i>Lucicutia flavicornis</i>	*	*	*	<i>Lubbockia squillimana</i>			*
<i>Euchirella amoena</i>		*	*	<i>Lucicutia gausse</i>		*		Famiglia Oithonidae			
Famiglia Augaptilidae				Famiglia Mecynoceridae				<i>Oithona decipiens</i>	*	*	

Tabella 48 – 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>Haloptilus longicornis</i>	*	*	*	<i>Mecynocera clausi</i>	*	*	*	<i>Oithona longispina</i>	*
<i>Haloptilus oxycephalus</i>	*	*	*	Famiglia Metridinidae				<i>Oithona nana</i>	*
Famiglia Calanidae				<i>Pleuromamma abdominalis</i>	*	*	*	<i>Oithona plumifera</i>	*
<i>Calanus helgolandicus</i>	*	*	*	<i>Pleuromamma gracilis</i>	*	*	*	<i>Oithona setigera</i>	*
<i>Mesocalanus tenuicornis</i>	*	*	*	Famiglia Paracalanidae				<i>Oithona similis</i>	*
<i>Nannocalanus minor</i>	*	*	*	<i>Calocalanus longisetosus</i>			*	<i>Oithona tenuis</i>	*
<i>Neocalanus gracilis</i>	*	*	*	<i>Calocalanus neptunus</i>		*	*	<i>Oithona spp</i>	*
Famiglia Candaciidae				<i>Calocalanus pavo</i>	*	*	*	Famiglia Oncaidae	
<i>Candacia armata</i>		*	*	<i>Calocalanus plumulosus</i>	*	*	*	<i>Oncaea curta</i>	*
<i>Candacia ethiopica</i>	*	*	*	<i>Calocalanus sp</i>	*	*	*	<i>Oncaea media</i>	*
<i>Candacia giesbrechti</i>	*	*	*	<i>Paracalanus nanus</i>	*	*	*	<i>Oncaea mediterranea</i>	*
<i>Candacia simplex</i>	*	*	*	<i>Paracalanus parvus</i>	*	*	*	<i>Oncaea scottodicaloi</i>	*
<i>Candacia juv</i>	*	*	*	<i>Paracalanus spp</i>	*	*	*	<i>Oncaea venusta</i>	*
Famiglia Centropagidae				Famiglia Phennidae				<i>Oncaea spp</i>	*
<i>Centropages ponticus</i>	*			<i>Phaenna spinifera</i>		*	*	<i>Triconia conifera</i>	*
<i>Centropages typicus</i>	*	*	*	Famiglia Pontellidae				<i>Triconia sp</i>	*
<i>Centropages violaceus</i>	*	*	*	<i>Labidocera wollastoni</i>	*			Famiglia Ozmanidae	
<i>Isias clavipes</i>	*			<i>Pontella juv</i>	*			<i>Pachos punctatum</i>	*
Famiglia Clausocalanidae				<i>Pontellina plumata</i>	*			Famiglia Sapphirinidae	
<i>Clausocalanus arcuicornis</i>	*	*	*	<i>Pontellopsis regalis</i>	*			<i>Copilia quadrata</i>	*
<i>Clausocalanus furcatus</i>	*	*	*	<i>Pontellopsis villosa</i>	*	*		<i>Copilia juv</i>	*
<i>Clausocalanus jobei</i>	*	*	*	Famiglia Scolecitrichidae				<i>Sapphirina intestinata</i>	*
<i>Clausocalanus lividus</i>	*	*	*	<i>Scolecitrichella dentata</i>	*	*	*	<i>Sapphirina juv</i>	*
<i>Clausocalanus mastigophorus</i>	*	*	*	<i>Scolecitrichella ovata</i>		*		<i>Sapphirina sp</i>	*
<i>Clausocalanus parapergens</i>	*	*	*	<i>Scolecitrix danae</i>	*	*	*	<i>Vetoria granulosa</i>	*
<i>Clausocalanus paululus</i>	*	*	*	Famiglia Temoridae				Famiglia Ectinosomatidae	
<i>Clausocalanus pergens</i>	*	*	*	<i>Temora stylifera</i>	*	*	*	<i>Microsetella rosea</i>	*
<i>Clausocalanus spp</i>	*	*	*	Famiglia Corycaeidae				Famiglia Miracidae	
<i>Ctenocalanus vanus</i>	*	*	*	<i>Corycaeus brehmi</i>	*	*	*	<i>Distiocolus minor</i>	*
Famiglia Euchaetiidae				<i>Corycaeus clausi</i>	*	*	*	Famiglia Euterpinidae	
<i>Euchaeta acuta</i>		*	*	<i>Corycaeus flaccus</i>	*	*	*	<i>Euterpina acutifrons</i>	*
<i>Euchaeta marina</i>	*	*	*	<i>Corucaeus furcifer</i>	*	*	*	Famiglia Peltidiidae	
<i>Euchaeta spinosa</i>		*	*	<i>Corycaeus giesbrechti</i>	*	*	*	<i>Goniopsyllus rostratus</i>	*
<i>Euchaeta juv</i>	*	*	*	<i>Corycaeus limbatus</i>	*	*	*	Famiglia Pontoeciellidae	
<i>Euchaeta sp</i>		**		<i>Corycaeus speciosus</i>		*		<i>Pontoeciella abyssicola</i>	*

Nella tabella seguente (**Tabella 49**) sono indicati i volumi di sedimentazione (dopo 24 h), espressi in ml, della componente oloplanctonica raccolta nella campagna estiva 2020. 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, soprattutto in corrispondenza delle pescate più profonde (50 – 100 m di profondità). Fatta eccezione per la stazione MG12, tutti gli altri punti investigati hanno restituito valori di biomassa umida inversamente proporzionali alla profondità delle pescate. Complessivamente, le stazioni MG6 e MG12 sono caratterizzate dalla presenza di maggior biomassa mesozooplanctonica.

Tabella 49 - 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)	E20 MG6	E20 MG7	E20 MG10	E20 MG12	E20 MG13
OR	98	66	59	89	60
50-0	16	14	14	13	17
100-50	10	6	7	15	9

Meroplancton

Nella campagna E20, (**Tabella 50**), condotta nell'ultima settimana del mese di settembre e circa due settimane posteriore al consueto periodo di campionamento estivo, sono stati determinati complessivamente 55 *taxa* meroplanctonici appartenenti a 7 *phyla* di invertebrati marini (Cnidaria, Mollusca, Annelida, Nemertea, Arthropoda, Echinodermata, Enteropneusta).

Le larve di crostacei decapodi, raccogliendo complessivamente 37 *taxa* (67,2%) risultano il gruppo più rappresentato, seguito dagli anellidi policheti e dagli echinodermi, ciascuno rappresentato da 4 *taxa* in totale (7,2%).

La distribuzione e la dispersione delle larve in questa stagione è ancora influenzata dalla presenza di termoclini che confinano gruppi di organismi in specifici settori della colonna d'acqua. Per esempio 10 specie di crostacei decapodi sono state campionate esclusivamente durante le pescate orizzontali, un numero decisamente più alto rispetto ai periodi nei quali la colonna d'acqua è omeoterma. Sommati agli altri quindici *taxa* presenti nel campione superficiale, oltre che nei due settori più profondi investigati, il 67,5% delle larve di crostacei decapodi si concentra in pratica, di notte, nei primi 3 metri della colonna d'acqua.

La stazione E20 MG10 esibisce il maggiore numero di larve per metro cubo di acqua filtrata nei campionamenti orizzontali (4,51 ind. m⁻³), mentre la stazione E20 MG7 ha totalizzato il massimo numero di individui per metro cubo nel campione verticale da 50 m alla superficie (17,27 ind. m⁻³) e E20 MG12 nel settore da - 100 a - 50 m (8,49 ind. m⁻³). Il numero minimo di larve raccolte è stato registrato nella stazione E20 MG7 nel campione orizzontale (0,84 ind. m⁻³), confermando dunque una sostanziale distribuzione a patches dello zooplancton. Queste differenze e l'apparente disomogeneità nella distribuzione anche in stazioni molto prossime tra loro, come quelle vicini al rigassificatore, possono essere in parte giustificate dall'interruzione dei lavori di raccolta, causa maltempo e la ripresa delle attività a una settimana di distanza. È ampiamente noto in letteratura che le condizioni meteo marine possono influenzare l'omogeneità delle patches e disperdere maggiormente le masse di zooplancton.

Tra i crostacei decapodi a livello quali-quantitativo occorre discriminare tra campione superficiale e verticale. Nei campioni raccolti in superficie non c'è prevalenza e dominanza di una specie in particolare. Il campione è rappresentato da numerosi *taxa* a confermare quanto esposto in precedenza. Differenti, invece, i risultati emersi nelle pescate verticali. Alcuni gruppi di caridei sono dominanti, in particolare la famiglia degli Alpheidae con le specie *Alpheus glaber* e *Athanas nitescens* e quella dei Processidae con *Processa edulis edulis*. Tutte e tre le specie sono prevalenti nei campioni raccolti nel settore intermedio tra - 50 m e la superficie. Valori maggiori per gli alfeidi si riscontrano nella stazione E20 MG12 (3,68 ind. m⁻³) e per i processidi in E20 MG6 e E20 MG7 (2,26 ind. m⁻³).

Nelle stazioni profonde la specie dominante è l'anomuro *Anapagurus breviaculeatus* (max in E20 MG12, 1,7 ind. m⁻³).

In tutti i casi le specie elencate risultano sempre presenti in tutte le campagne, confermando di essere una componente essenziale dello stock specifico mesozooplanctonico dell'area investigata.

Un'analisi approfondita sul gruppo degli stomatopodi (crostacei non decapodi) ha permesso inoltre di identificare una nuova specie per l'area del survey e che va a implementare la già ricca checklist meroplanctonica che ad oggi conta complessivamente 209 *taxa*. Si tratta della specie *Platysquilla eusebia* che con *Rissoides desmaresti*, determinata attraverso indagine genetica (tecnica del bar coding), porta a due *taxa* il totale degli stomatopodi presenti.

Nel complesso, il popolamento a crostacei decapodi risulta coerente con le precedenti campagne estive con le quali risulta confrontabile sotto l'aspetto sia qualitativo, sia quantitativo.

Anche tra gli echinodermi, il secondo gruppo di invertebrati marini più rappresentati nel campione si assiste alla presenza di uno stock specifico assai consolidato nel tempo per la stagione estiva. In particolare l'ofiuroido *Ophiotrix fragilis* ed *Echinocardium* sp, genere appartenente agli echinoidi irregolari, sono tra i *taxa* più abbondanti. La concentrazione delle larve di echinodermi, come dimostrano i valori di abbondanza, è maggiore nella fascia intermedia investigata attraverso le pescate verticali. Valori massimi di abbondanza per *Ophiotrix fragilis* in MG6 50-0 con 1,42 ind m⁻³, per *Echinocardium* sp in E20 MG13 50-0 con 1,13 ind m⁻³ e per *Ophiura* sp in E20 MG12 50-0 con 2,26 ind m⁻³.

Come per le precedenti campagne anche per la stagione E20 è possibile affermare che, per quanto concerne la componente meroplanctonica dello zooplancton, non risultano alterazioni nella composizione della comunità imputabili all'esercizio del rigassificatore FSRU Toscana, bensì confermare che le modeste differenze nella composizione della comunità zooplanctonica potrebbero invece essere imputabili al differente periodo di campionamento.

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

	O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50
CNIDARIA				<i>Cestopagurus timidus</i>			*	<i>Pirimela denticulata</i>	*	*	*
Efira ind				<i>Deosergestes henseni</i>	*	*		<i>Pisidia longicornis</i>	*		
MOLLUSCA				<i>Dromia personata</i>	*	*		<i>Plesionika</i> sp	*		
Gastropoda larvae ind	*	*	*	<i>Ebalia cranchii</i>	*	*	*	<i>Ponthophilus spinosus</i>			*
Bivalvia larvae ind		*	*	<i>Ebalia tuberosa</i>	*	*		<i>Processa edulis edulis</i>	*	*	*
POLYCHAETA				<i>Ebalia tumefacta</i>		*		<i>Processa modica carolii</i>	*		
<i>Chaetopterus variopedatus</i>		*	*	<i>Ethusa mascarone</i>	*			<i>Solenocera membranacea</i>			*
<i>Poecilochetus</i> sp		*	*	<i>Galathea intermedia</i>			*	<i>Upogebia</i> sp	*	*	
Spionidae ind		*	*	<i>Galathea</i> sp		*		<i>Xantho granulicarpus</i>	*	*	
Syllidae ind	*	*	*	<i>Illia nucleus</i>	*			Stomatopoda			
Trocofora larvae ind		*	*	<i>Jaxea nocturna</i>		*	*	<i>Platysquilla eusebia</i>	*		
NEMERTEA				<i>Liocarcinus</i> sp	*	*	*	<i>Rissoides desmaresti</i>	*		
Pilidium larvae ind		*		<i>Lysmata seticaudata</i>	*	*		ECHINODERMATA			
CRUSTACEA				<i>Maja brachydactyla</i>	*	*		<i>Arbacia lixula</i>	*		
Cirripedia larvae ind	*		*	<i>Munida</i> sp		*	*	<i>Echinocardium</i> sp	*	*	*
Decapoda				<i>Palicou caronii</i>	*			<i>Ophiotrix fragilis</i>	*	*	*

Tabella 50 – 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.

<i>Alpheus glaber</i>	*	*	*	<i>Parthenopoides massena</i>	*	*	<i>Ophiura</i> sp	*	*
<i>Anapagurus breviaculeatus</i>	*	*	*	Pandalidae ind	*		Bipinnaria larvae ind	*	
<i>Athanas nitescens</i>	*	*		<i>Parapaeneus longirostris</i>		*	ENTEROPNEUSTA		
<i>Calcinus tubularis</i>	*			<i>Parasergestes vigilax</i>	*		Tomaria larvae ind	*	*
<i>Callianassa</i> sp		*		<i>Periclimenes</i> sp	*				
				<i>Philocheras bispinosus</i>	*	*			*

Ittioplancton

Il survey dell'estate 2020 (E20) condotto sulle fasi larvali dell'ittiofauna ha complessivamente portato alla raccolta di 19 taxa (Tabella 51), in linea con le precedenti campagne condotte nel medesimo periodo stagionale. Si tratta in effetti del periodo dell'anno nel quale si cattura il maggior numero di taxa in quanto molte specie ittiche neritiche e pelagiche hanno in questa fase temporale il loro picco riproduttivo. Fra tutte, quella che mostra maggiore concentrazione d'estate è senza dubbio *Engraulis encrasicolus*, l'acciuga, specie di elevato interesse commerciale la quale, anche nell'area in esame mostra valori di abbondanza maggiori rispetto alle fasi larvali delle altre specie raccolte (max in MG6 50-0 con 1,62 ind m⁻³). Il risultato è l'evidenza di un ciclo riproduttivo asincrono rispetto all'altra specie di pesce azzurro che in genere è dominante durante la stagione fredda, ovvero *Sardina pilchardus*.

La checklist complessiva si arricchisce di 4 nuove specie ittiche: *Naucrates ductor* (pesce pilota) animale che è solito accompagnarsi, nelle fasi precoci di accrescimento alle meduse, dalle quali riceve protezione rifugiandosi in prossimità dei tentacoli urticanti, il pleuronectiforme *Arnoglossus rueppellii* congenérico del già identificato e in genere più abbondante *Arnoglossus laterna*, anch'esso presente nel campione estivo, *Coriphaena hipparus* (lampuga), specie migratoria, caratteristica di acque calde, presente in Mediterraneo durante la stagione estiva e *Trachinus draco* (tracina drago), caratteristico di fondi mobili.

Tra i pesci batiali presenti in E20 sono state catturate le larve del Gonostomatidae *Cyclotone braueri* e di due specie appartenenti alla famiglia Myctophidae: *Benthosema glaciale* e *Myctophum punctatum*. Si tratta di taxa che, allo stadio larvale, siamo abituati a raccogliere con frequenza nell'area di studio. Sebbene si tratti di specie la cui fase adulta vive a profondità maggiori, è lecito ipotizzare la risalita delle uova e quindi delle larve dalla scarpata continentale che si trova prossima all'area di campionamento.

Così come espresso per la componente meroplanktonica, anche riguardo all'ittioplancton, per la stagione E20 è possibile affermare che non risultano alterazioni nella composizione della comunità imputabili all'esercizio del rigassificatore FSRU Toscana. Si conferma che piccole differenze potrebbero essere attribuibili alle due/tre settimane di ritardo dell'inizio attività rispetto al consueto periodo di campionamento.

Tabella 51 – Ittioplancton. O.le = orizzontale, 50-0 = campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100-50 = campionamento verticale da 100 a 50 metri. * presente in almeno un sub-campione, ** presente solo nell'osservazione *in toto*.

	O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50
BLENNIDAE				<i>Coryphaena hippurus</i>	*			OPHICHTHIDAE			
<i>Parablennius sanguinolentus</i>	*			ENGRAULIDAE				<i>Ophisurus serpens</i>	*		
<i>Lipophrys canevae</i>	*			<i>Engraulis encrasicolus</i>	*	*	*	SOLEIDAE			
BOTHIDAE				GOBIIDAE				<i>Pegusa impar</i>	*		
<i>Arnoglossus laterna</i>	*		*	Gobiidae ind		*	*	SPARIDAE			
<i>Arnoglossus rueppellii</i>		*	*	GONOSTOMATIDAE				<i>Diplodus</i> sp	*		
CALLYONIMIDAE				<i>Cyclotone braueri</i>	*	*	*	SPARIDAE ind	*		
<i>Callyonimus maculatus</i>			*	MUGILIDAE				TRACHINIDAE			
CARANGIDAE				<i>Mugil cephalus</i>	*			<i>Trachinus draco</i>	*		
<i>Naucrates ductor</i>	*			MYCTOPHIDAE				Larvae ittio ind	*	*	*
<i>Trachinotus ovatus</i>	*			<i>Benthosema glaciale</i>	*	*	*	Uova di <i>E. encrasicolus</i>	*		
CORYPHAENIDAE				<i>Myctophum punctatum</i>		*	*	Uova ind	*	*	*

6.2 SEDIMENTI

6.2.1 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche

Analisi granulometrica

Le stazioni E20 MG6 e E20 MG13 situate in prossimità del rigassificatore sono state classificate come loam avendo un sedimento costituito da percentuali paragonabili di sabbia, silt, argilla, mentre E20 MG7 e E20 MG12 sono state classificate, rispettivamente, pelite sabbiosa e pelite.

Nella stazione E20 MG9, invece, la frazione siltosa risulta quella maggiore e la sabbia rappresenta poco più del 10%. Quest'ultima frazione, invece, rappresenta più di un quarto nella stazione E20 MG10.

Tabella 52 – Ripartizione delle principali classi granulometriche e relativa classificazione dei sedimenti. I dati sono espressi in percentuale.

	Ghiaia	Sabbia	Silt	Argilla	Classificazione secondo Shepard
E20 MG6	-	24,2	46,8	29,1	Loam
E20 MG7	7,8	32,4	32,2	27,5	Pelite sabbiosa
E20 MG9	-	12,6	47	40,3	Silt argilloso
E20 MG10	-	26,6	43,1	30,3	Loam
E20 MG12	2,3	16,8	44	37	Pelite
E20 MG13	-	25,2	39,9	34,9	Loam

Metalli

Nel complesso tutti gli elementi ricercati presentano concentrazioni basse e per lo più inferiori al L1 (**Tabella 53**), sebbene non manchino le eccezioni che riguardano As, Cr, Ni, Pb, Zn. In tutti i casi si tratta comunque di superamenti modesti. Fa eccezione il Nichel con valori pressochè doppi rispetto a L1. Il Nichel, inoltre, supera seppur di pochissimo, il livello L2 nella stazione E20 MG9 lontana dal Terminale. In questa stazione, si registra anche per l'Arsenico il superamento del limite L2.

In generale, i picchi di As, Cr, Ni e Zn sono stati osservati in E20 MG9 ossia distante dall'FSRU.

Tabella 53 – Concentrazione dei metalli. I dati sono espressi in mg/kg, tranne Al e Fe espressi in %. Sono riportati gli Standard di Qualità (SQ) e i Livelli Chimici di Riferimento Nazionale (L1, L2) tratti dal DM 173/16. In neretto sono indicati i valori maggiori di SQ o di L1, in rosso quelli maggiori di L2.

	Al	Fe	As	Ba	Cr tot	Cu	Cd	Mn	Hg	Ni	Pb	Zn
E20 MG6	2,74	2,48	19,53	71,97	85,20	32,62	0,10	542,19	0,22	62,93	28,46	101,81
E20 MG7	1,28	2,10	16,19	47,59	54,34	27,26	0,11	519,23	0,19	52,90	37,26	86,92
E20 MG9	3,88	3,16	32,22	83,60	101,27	30,68	0,05	676,31	0,29	75,91	32,77	108,54
E20 MG10	1,54	2,40	18,27	34,20	60,85	24,23	0,05	497,74	0,18	60,87	23,49	78,92
E20 MG12	2,12	2,19	17,43	49,29	71,22	22,49	0,08	524,67	0,14	54,13	20,58	80,58
E20 MG13	1,55	2,37	22,42	46,73	62,28	30,37	0,10	588,25	0,26	60,14	37,86	96,28
S.Q.	-	-	12	-	50	-	0,30	-	0,30	30	30	-
L1 (DM 173/16)	-	-	12	-	50	40	0,30	-	0,30	30	30	100
L2 (DM 173/16)	-	-	20	-	150	52	0,8	-	0,8	75	70	150

Composti organici

Gli idrocarburi policiclici aromatici sono diffusamente presenti e mostrano i tenori più elevati presso il Terminale (**Tabella 54**). In particolare in E20 MG6, E20 MG7 e E20 MG13 gli IPA totali superano gli Standard di Qualità.

Gli idrocarburi C10-C40, presentano i tenori più elevati nelle medesime stazioni con un picco in E20 MG7 (161,77 mg/kg) con un valore pari a circa cinque volte la media controlli (E20 MG9, E20 MG10).

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

Tabella 54 – Concentrazione dei contaminanti organici nei sedimenti campionati nell'estate 2020. Standard di Qualità (SQ D.M. 260/2010), e Limite Chimico di Riferimento Nazionale L1 e L2 (DM 173/2016) sono tutti espressi in mg/kg. In neretto i valori >SQ e L1, in rosso >L2.

	E20 MG6	E20 MG7	E20 MG9	E20 MG10	E20 MG12	E20 MG13	S.Q	L1	L2
Idrocarburi policiclici aromatici (mg /kg)									
Acenaftene	0,009	0,009	0,004	0,002	0,002	0,008			
Acenaftilene	0,023	0,019	0,007	0,002	0,006	0,018			
Antracene	0,043	0,031	0,012	0,004	0,010	0,038	0,045	0,024	0,245
Benzo (a) antracene	0,123	0,079	0,040	0,023	0,034	0,114		0,075	0,5
Benzo (a) pirene	0,263	0,193	0,062	0,026	0,062	0,201	0,030	0,030	0,1
Benzo (b) fluorantene	0,335	0,268	0,088	0,036	0,082	0,273	0,040	0,040	0,5
Benzo (g, h,i) perilene	0,114	0,082	0,043	0,018	0,033	0,088	0,055	0,055	0,1
Benzo (k) fluorantene	0,168	0,136	0,041	0,016	0,040	0,145	0,020	0,020	0,5
Crisene	0,100	0,070	0,037	0,021	0,028	0,108		0,108	0,846
Dibenzo (a, h) antracene	0,029	0,020	0,009	0,004	0,008	0,023			
Fenantrene	0,068	0,055	0,028	0,026	0,019	0,075		0,087	0,544
Fluorantene	0,250	0,146	0,074	0,043	0,060	0,185	0,110	0,110	1,494
Fluorene	0,013	0,013	0,004	0,003	0,003	0,013		0,021	0,144
Indeno (1,2,3 - c, d) pirene	0,119	0,082	0,045	0,018	0,033	0,091		0,070	0,1
Naftalene	0,010	0,009	0,005	0,001	0,004	0,008	0,035	0,035	0,391

Tabella 54 – Concentrazione dei contaminanti organici nei sedimenti campionati nell'estate 2020. Standard di Qualità (SQ D.M. 260/2010), e Limite Chimico di Riferimento Nazionale L1 e L2 (DM 173/2016) sono tutti espressi in mg/kg. In neretto i valori >SQ e L1, in rosso >L2.

Pirene	0,258	0,218	0,081	0,036	0,069	0,208	0,153	1,398
IPA Totali	1,924	1,430	0,582	0,280	0,494	1,595	0,800	
Idrocarburi C<10 (mg/kg)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5		
Idrocarburi C10-C40 (mg/kg)	139,08	161,77	40,39	25,93	56,36	102,51		
Composti organostannici								
Dibutilstagno (mg/kg)	0,00509	0,00761	0,00164	<0,001	0,00271	0,00602		
Monobutilstagno (mg/kg)	0,00406	0,00578	<0,001	<0,001	0,0019	0,00444		
Tributilstagno (mg/kg)	0,00471	0,00488	<0,001	<0,001	0,00235	0,0049	0,005	
Carbonio organico totale (TOC) (mg/kg)	7630	4830	7090	7780	4130	8510		

Cloroderivati

Questi composti risultano al di sotto del limite di rilevabilità del metodo (Tabella 55).

Tabella 55 – Concentrazione dei composti cloro derivati nei sedimenti campionati nell'Estate 2020.

	E20 MG6	E20 MG7	E20 MG9	E20 MG10	E20 MG12	E20 MG13
Acidi Aloacetici (µg/kg)						
Dalapon	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
Acido Dibromoacetico	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Acido Tribromoacetico	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Acido Monobromoacetico	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
Acido Bromodichloroacetico	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
Acido Bromocloroacetico	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
Acido Dichloroacetico	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6
Acido Tricloroacetico	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Acido Monocloroacetico	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0
Acido Clorodibromoacetico	<1,2	<1,2	<1,2	<1,2	<1,2	<1,2
1,1,1-Tricloro-2-propanone	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
1,1,1-Tricloroetano	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
1,1,2-Tricloroetano	0,22	0,20	0,12	0,18	0,51	0,18
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	1,03	0,13	0,05	< 0,05	0,10	0,20
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	0,32	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Cloroformio	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Dibromoacetoneitrile	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Dibromoclorometano	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Dicloroacetoneitrile	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Tetracloroetilene	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Tetracloruro di carbonio	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Tricloroacetoneitrile	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Tricloroetilene	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Alofenoli (SVOC) (µg/kg)						
2,4,6-tricloro fenolo	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
2,4-dicloro fenolo	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
4-cloro-3-metil fenolo	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001

Analisi microbiologiche

Nella seguente tabella sono riportati i risultati delle analisi microbiologiche dalle quali si evidenzia l'assenza di contaminazione fecale (Tabella 56).

Tabella 56 – Risultati delle analisi microbiologiche condotte nei sedimenti durante la stagione estiva 2020. I dati sono espressi in MPN/g.

	E20 MG6	E20 MG7	E20 MG9	E20 MG10	E20 MG12	E20 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 57** sono riportati i parametri registrati negli elutriati estratti dai sedimenti da testare.

QA-QC – Il test eseguito con la sostanza di riferimento (Cu) ha fornito una EC_{50} di $26,12 \mu\text{g l}^{-1}$ di Cu ($LC=24,47$ e $UC=27,89$), che rientra nei limiti della carta di controllo del laboratorio. La percentuale media di embrioni allo stadio di pluteo ($87 \pm 1,15\%$) è risultata conforme, in quanto superiore al limite del 75% e inferiore al limite del 95%.

Le percentuali degli embrioni che hanno raggiunto lo stadio di pluteo nel test di embriotossicità (72ore) con *P. lividus* e successiva stima della tossicità cronica ($EC_{20}/50$) degli elutriati sono riportati nella **Tabella 58**.

Tabella 57 - 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				
E20 MG6	36	8,39	5,31	E20 MG10	36	8,47	8,41
E20 MG7	36	8,10	5,28	E20 MG12	36	8,46	8,17
E20 MG9	36	8,44	6,02	E20 MG13	36	8,38	8,40

Tabella 58 - Risultati del saggio biologico di embriotossicità (72ore) 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		$87 \pm 1,15$	13		-	-	
E20 MG6	100	$60 \pm 1,53$	40	31	69,3	>100	Bassa
	50	$76 \pm 2,08$	24	13			
E20 MG7	25	$84 \pm 2,08$	16	3	76,3	>100	Bassa
	100	$64 \pm 2,00$	36	27			
E20 MG9	50	$77 \pm 2,00$	23	12	72	>100	Bassa
	25	$84 \pm 1,53$	16	3			
E20 MG10	100	$60 \pm 2,08$	40	31	48,5	54,9	Media
	50	$78 \pm 1,53$	22	11			
E20 MG12	25	$85 \pm 0,58$	15	3	74,2	>100	Bassa
	100	$0 \pm 0,00$	100	100			
E20 MG13	50	$62 \pm 2,08$	38	29	66	>100	Bassa
	25	$82 \pm 1,53$	18	6			
	100	$63 \pm 1,15$	37	27			
	50	$77 \pm 1,53$	23	12			
	25	$84 \pm 1,53$	16	4			
	100	$61 \pm 1,53$	39	30			
	50	$74 \pm 2,00$	26	15			
	25	$83 \pm 1,53$	17	5			

I valori dell' EC_{50} determinati per gli elutriati dimostrano la presenza di una diffusa tossicità cronica bassa riscontrata vicino e lontano rispetto all'FSRU. Solamente il campione E20 MG10 presenta tossicità media.

Corophium orientale

Nella **Tabella 59** 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 59 - Parametri chimico-fisici dell'acqua sovrastante i sedimenti testati registrati all'inizio e al termine del test di tossicità a 28 giorni con il *C. orientale*.

campione	Inizio del test					Fine del test				
	Temp. (°C)	Salinità (‰)	pH	NH ₄ ⁺ (mg/l)	O ₂ (%)	Temp. (°C)	Salinità (‰)	pH	NH ₄ ⁺ (mg/l)	O ₂ (%)
Controllo		36	8,13	0			36	8,18	5	
E20 MG6		36	8,11	0			36	8,09	0	
E20MG7		36	8,08	0			36	8,10	0	
E20 MG9	15±1	36	8,09	0	>85	15±1	36	8,07	0	>85
E20 MG10		36	8,07	0			36	7,97	0	
E20 MG12		36	8,08	0			36	8,01	0	
E20 MG13		36	8,09	0			36	8,03	0	

QA-QC - Il valore della LC50(96h) = 2,16mg/l (LC= 1,87mg/l e UC=2,49mg/l) ottenuto con la sostanza di riferimento (CdCl₂) rientra nei limiti della carta di controllo del laboratorio. La sopravvivenza degli organismi sul 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 più lungo termine" e la stima della tossicità cronica sono riportate nella **Tabella 60**.

Le percentuali degli organismi morti evidenziano la presenza di diffusa tossicità cronica alta indipendentemente dalla distanza dall'FSRU.

Tabella 60 - Percentuali di mortalità degli organismi di *C. orientale* osservate nei sedimenti testati e successiva stima della tossicità cronica.

Campione	Numero degli organismi esposti	% degli organismi morti (± incertezza %)	% (corretta) degli organismi morti	Giudizio della tossicità
controllo	100	1 ± 3,18	0	Assente
E20 MG6	100	81 ± 3,18	81	Alta
E20 MG7	100	78 ± 3,67	78	Alta
E20 MG9	100	79 ± 8,00	79	Alta
E20 MG10	100	80 ± 5,19	80	Alta
E20 MG12	100	63 ± 6,09	63	Alta
E20 MG13	100	62 ± 3,67	62	Alta

Vibrio fischeri

QA-QC - Il valore della EC50(17') = 9,12mg/l (LC= 7,89mg/l e UC=10,56mg/l) ottenuto con la sostanza di riferimento ZnSO₄ · 7H₂O rientra nei limiti della carta di controllo del laboratorio. I valori rilevati del *Sediment Toxicity Index* mostrano l'assenza di tossicità in tutti i campioni dei sedimenti testati (**Tabella 61**). Non è stata rilevata alcuna tossicità.

Tabella 61 - Risultati del test con il *V. fischeri* su sedimento tal quale. R² (%)=coeff. di determinazione; TU=unità tossiche; STI - sediment toxicity index. Pelite espressa in %.

Campione	TU	Intervallo di confidenza (TU)		R ²	Pelite	Tossicità naturale stimata (TU)	STI	Stima di tossicità
E20 MG6	52,19	47,81	175	56,84	44,52	72,59	0,9728	Assente
E20 MG7	57,78	42,22	158	98,40	77,31	125,26	0,9697	Assente
E20 MG9	50,18	49,82	181	136,79	107,17	174,60	0,969	Assente
E20 MG10	44,57	55,43	199	104,82	92,58	118,67	0,9921	Assente
E20 MG12	66,73	33,27	129	131,43	108,80	158,79	0,9824	Assente
E20 MG13	46,28	53,72	194	64,66	51,87	80,64	0,9769	Assente

6.3 BIOTA

6.3.1 Macrozoobenthos

Lo studio ha portato alla raccolta e determinazione di 9073 individui appartenenti a 202 specie (**Tabella 62**) comprendenti anellidi (policheti), molluschi, artropodi (crostacei), sipunculidi, echinodermi, plattelminti, nemertini.

Tabella 62 - Lista delle specie macrobentoniche rinvenute nella Estate 2020 (E20).

Annelida		
Abyssoninoe hibernica (McIntosh, 1903)	Galathowenia oculata Zachs, 1923	Paradiopatra lepta (Chamberlin, 1919)
Adercodon pleijeli Mackie, 1994	Gallardonis iberica Martins, Carrera-Parra, Quintino & Rodrigues, 2012	Paradoneis lyra (Southern, 1914)
Ampharete acutifrons (Grube, 1860)	Glycera tessellata Grube, 1863	Paralacydonia paradoxa Fauvel, 1913
Amphicteis gunneri (M. Sars, 1835)	Glycera tridactyla Schmarida, 1861	Parapriospio pinnata (Ehlers, 1901)
Amphictene auricoma (O. F. Müller, 1776)	Glycera unicornis Lamarck, 1818	Paucibranchia bellii (Audouin & Milne Edwards, 1833)
Ancystrosyllis groenlandica Mc Intosh, 1879	Goniada maculata Oersted, 1844	Phyllodoce mucosa Örsted, 1843
Anobothrus gracilis (Malmgren, 1866)	Gyptis sp.	Phyllodoce sp.
Aphelochaeta marioni (Saint-Joseph, 1894)	Harmothoe antilopes Mc Intosh, 1876	Pilargis verrucosa (Saint-Joseph, 1899)
Aponuphis bilineata (Baird, 1870)	Harmothoe sp.	Pista cristata (O. F. Müller, 1776)
Aponuphis brementi (Fauvel, 1916)	Heteromastus filiformis (Claparède, 1864)	Poecilochaetus fauchaldi Pilato & Cantone, 1976
Aricidea assimilis Tebble, 1959	Heterospio mediterranea Laubier, Picard & Ramos, 1972	Polycirrus sp.
Aricidea claudiae Laubier, 1967	Hyalinoecia tubicola (O. F. Müller, 1776)	Polygordius sp.
Aricidea mariannae Katzmann & Laubier, 1975	Kirkegaardia heterochaeta (Laubier, 1961)	Praxillella gracilis (M. Sars, 1861)
Aricidea monicae Laubier, 1967	Lagis koreni (Malmgren, 1866)	Praxillella praetermissa (Malmgren, 1865)
Aricidea sp.	Laonice cirrata (M. Sars, 1851)	Prionospio cirrifera Wirén, 1883
Auchenoplax crinita Ehlers, 1887	Leiocapitella dollfusi (Fauvel, 1936)	Prionospio ehlersi Fauvel, 1928
Bispira sp.	Leiochone tricirrata Bellan & Reys, 1967	Prionospio fallax Soderstrom, 1920
Chaetozone carpenteri McIntosh, 1911	Levensenia demiri Çinar, Dagli & Acik, 2011	Prionospio sp.
Chaetozone setosa Malmgren, 1867	Levensenia kosswigi Çinar, Dagli & Acik, 2011	Pseudopolydora sp.
Chaetozone sp.	Lumbrineriopsis paradoxa (Saint-Joseph, 1888)	Scalibregma inflatum Rathke, 1843
Chirimia biceps (M. Sars, 1861)	Lumbrineris luciliae Martins, Carrera-Parra, Quintino & Rodrigues, 2012	Schistomeringos rudolphi (Delle Chiaje, 1828)
Chrysopetalum debile (Grube, 1855)	Lumbrineris sp.	Scolelepis foliosa (Audouin & Milne-Edwards, 1833)
Cirratulus cirratus (O. F. Müller, 1776)	Lysidice unicornis (Grube, 1840)	Sigambra tentaculata (Treadwell, 1941)
Cirrophorus branchiatus Ehlers, 1908	Maldane glebiflex Grube, 1860	Sphaerodoridium fauchaldi Hartmann-Schröder, 1993
Dasybranchus caducus (Grube, 1846)	Malmgrenia lunulata (Delle Chiaje, 1841)	Spio multioculata (Rioja, 1918)
Dialychone sp.	Melinna palmata Grube, 1860	Spiochaetopterus costarum (Claparède, 1869)
Diplocirrus glaucus (Malmgren, 1867)	Metasychis gotoi (Izuka, 1902)	Spiophanes kroyeri Grube, 1860
Drilonereis filum (Claparède, 1868)	Micronephthys sphaerocirrata (Wesenberg-Lund, 1949)	Sternaspis scutata (Ranzani, 1817)
Eteone longa (Fabricius, 1780)	Nephtys hystericis Mc Intosh, 1900	Syllis parapari San Martín & López, 2000
Euchone sp.	Nephtys incisa Malmgren, 1865	Syllis profunda Cognetti, 1955
Euclymene lombricoides (Quatrefages, 1866)	Ninoe armoricana Glémarec, 1968	Terebellides mediterranea Parapar, Mikac & Fiege, 2013
Eunice vittata (Delle Chiaje, 1828)	Notomastus profundus (Eisig, 1887)	Terebellides stroemii M. Sars, 1835
Eupanthalis kinbergi McIntosh, 1876	Ophelina abranchiata Støp-Bowitz, 1948	
Exogone sophiae Langeneck, Musco & Castelli in Langeneck, Musco, Busoni, Conese, Aliani & Castelli, 2018	Oxydromus flexuosus (Delle Chiaje, 1827)	
Arthropoda		
Akanthophoreus gracilis (Krøyer, 1842)	Goneplax rhomboides (Linnaeus, 1758)	Paraphoxus oculatus (G.O. Sars, 1879)
Alpheus glaber (Olivi, 1792)	Haploops nirae Kaim Malka, 1976	Pardaliscella boeckii (Malm, 1870)
Ampelisca sp.	Harpinia antennaria Meinert, 1890	Periculodes longimanus (Bate & Westwood, 1868)
Anapagurus sp.	Harpinia crenulata (Boeck, 1871)	Photis longicaudata (Bate & Westwood, 1862)
Apocorophium acutum (Chevreux, 1808)	Harpinia dellavallei Chevreux, 1910	Phtisica marina Slabber, 1769
Araphura brevis (Lilljeborg, 1864)	Hippomedon massiliensis bellan-Santini, 1965	Pilumnus spinifer H. Milne-Edwards, 1834
Campylaspis glabra G.O. Sars, 1880	Kupellonura mediterranea Barnard, 1925	Podopriion bolivari Chevreux, 1891
Carangoliopsis spinulosa Ledoyer, 1970	Leucon (Epileucon) longirostris Sars, 1871	Processa canaliculata Leach, 1815
Collettea cylindrata (Sars, 1882)	Leucothoe lilljeborgi Boeck, 1861	Pseudotanais sp.
Desmosoma sp.	Liljeborgia dellavallei Stebbing, 1906	Solenocera membranacea (Risso, 1816)

Tabella 62 - Lista delle specie macrobentoniche rinvenute nella Estate 2020 (E20).		
Diastylis sp. Say, 1818	Maera grossimana (Montagu, 1808)	Stenothoe sp.
Ebalia cranchii Leach, 1817	Medicorophium rotundirostre (Stephensen, 1915)	Tmetonyx similis (G.O. Sars, 1891)
Eudorella nana Sars, 1879	Monodaeus couchii (Couch, 1851)	Tuberapseudes echinatus (Sars, 1882)
Galathea intermedia Lilljeborg, 1851	Orchomene similis Chevreux, 1912	
Gnathia oxyuraea (Lilljeborg, 1855)	Paranymphon spinosum Caullery, 1896	
Echinodermata		
Amphiura chiajei Forbes, 1843	Leptopentacta elongata (Düben Koren, 1846)	Oestergrenia digitata (Montagu, 1815)
Amphiura filiformis (O. F. Müller, 1776)	Leptopentacta tergestina (M. Sars, 1859)	Ophiopsila annulosa (M. Sars, 1859)
Astropecten irregularis pentacanthus (Delle Chiaje, 1825)	Neocucumis marioni (Marenzeller, 1878)	Ophiothrix quinquemaculata Müller-Troschel, 1842
Mollusca		
Abra longicallus Scacchi, 1834	Falcidens gutturosus (Kowalevsky, 1901)	Poromya granulata (Nyst & Westendorp, 1839)
Acteon tornatilis (Linnaeus, 1758)	Glans trapezia (Linnaeus, 1767)	Prochaetoderma raduliferum (Kowalevsky, 1901)
Anadara kagoshimensis (Tokunaga, 1906)	Hiatella arctica (Linnaeus, 1767)	Roxania utriculus (Brocchi, 1814)
Anomia ephippium Linnaeus, 1758	Hyala vitrea (Montagu, 1803)	Saccella commutata (Philippi, 1844)
Antalis dentalis (Linnaeus, 1758)	Kelliella abyssicola (Forbes, 1844)	Tectonatica sagraiana (d'Orbigny, 1842)
Antalis inaequicostata (Dautzenberg, 1891)	Mendicula ferruginosa (Forbes, 1844)	Tellimya ferruginosa (Montagu, 1808)
Antalis vulgaris (da Costa, 1778)	Modiolus barbatus (Linnaeus, 1758)	Theora lubrica Gould, 1861
Batharca pectunculoides (Scacchi, 1834)	Myrtea spinifera (Montagu, 1803)	Thyasira alleni Carozza, 1981
Cadulus jeffreysi (Monterosato, 1875)	Neopycnodonte cochlear (Poli, 1795)	Thyasira biplicata (Philippi, 1836)
Cardiomya costellata (Deshayes, 1835)	Nucula nitidosa Winckworth, 1930	Thyasira granulosa (Monterosato, 1874)
Clathrella clathrata (Philippi, 1844)	Nucula sulcata (Bronn, 1831)	Timoclea ovata (Pennant, 1777)
Cuspidaria cuspidata (Olivi 1792)	Pandora pinna (Montagu, 1803)	Trophonopsis muricata (Montagu, 1803)
Cuspidaria rostrata (Olivi, 1792)	Papillicardium minimum (Philippi, 1836)	Vitreolina philippi (Rayneval & Ponzi, 1854)
Ennucula aegeensis (Forbes, 1844)	Philine catena (Montagu, 1803)	
Eulima glabra (Da Costa, 1778)	Pitar rudis (Poli, 1795)	
Sipuncula		
Aspidosiphon muelleri muelleri Diesing, 1851	Nephasoma diaphanes (Gerould, 1913)	Phascolion (Phascolion) strombus strombus (Montagu, 1804)
Golfingia (Golfingia) vulgaris vulgaris (Blainville, 1827)	Onchnesoma steenstrupii steenstrupii Koren & Danilssen, 1876	
Nemertea		
Platyhelminthes		

Gli anellidi, rappresentati unicamente da policheti, risultano essere il gruppo dominante che con 7324 individui rappresentano più dell'80% dell'abbondanza totale. I crostacei e i molluschi secondi e terzi in ordine di abbondanza, forniscono, rispettivamente, il 7,2 e l'8% di contributo, mentre i sipunculidi si fermano al 3%. Gli echinodermi (80 individui) rappresentano circa l'1% del totale (**Figura 44**).

Più equilibrata risulta essere la ripartizione delle specie tra i vari gruppi, sebbene anche da questo punto di vista gli anellidi policheti si confermano il taxon dominante fornendo la metà delle specie rinvenute (100 specie). Crostacei e Molluschi sono rappresentati da 43 specie ciascuno, fornendo il 42% delle specie totali.

Gli echinodermi e i sipunculidi forniscono, rispettivamente, il 4% e il 3% di specie al panorama faunistico.

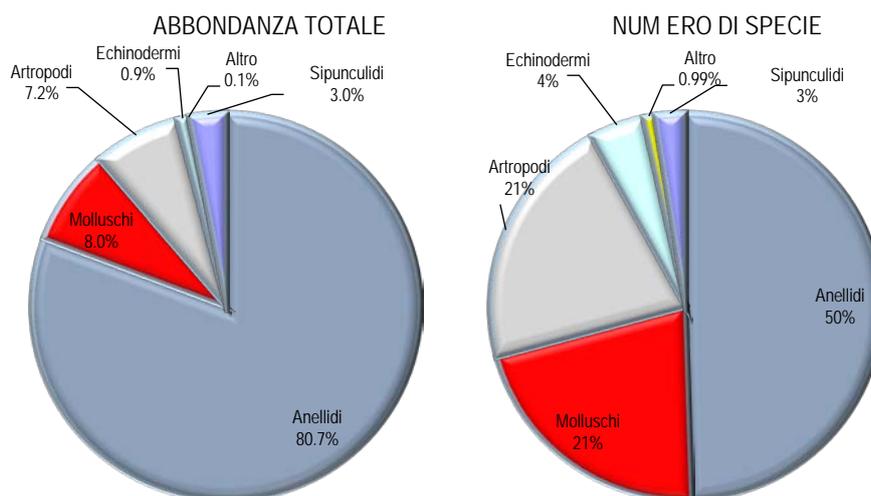


Figura 44 - Ripartizione dell'abbondanza totale e del numero di specie tra i principali taxa rinvenuti nella estate 2020. Altro= nemertini, platelminti.

Ai policheti appartengono le specie rinvenute col maggior numero di individui. Le prime quattro specie dominanti, sono, infatti, policheti e rappresentano più della metà dell'abbondanza totale.

Levinsenia demiri (3136 individui) è in assoluto il polichete più abbondante e da solo rappresenta oltre un terzo dell'abbondanza totale. *Kirkegaardia heterochaeta* seconda in ordine di abbondanza, rappresenta meno del 10%. Ad essa segue *Paradiopatra lepta* (611 individui), apportando un contributo che non raggiunge il 7% (Figura 45). 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 186 specie (ossia 92,08% del totale) contribuiscono per meno dell'1% all'abbondanza totale. Inoltre il 20% circa delle specie è presente con un solo individuo.

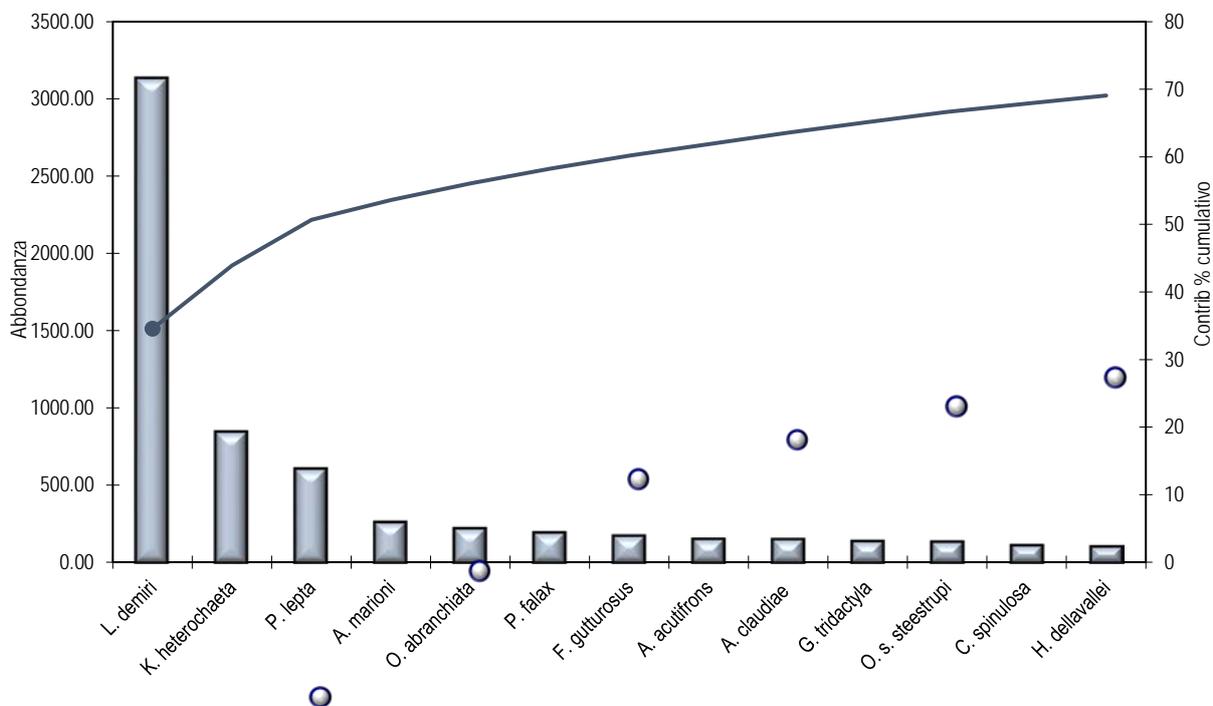


Figura 45 - Abbondanza totale e contributo percentuale cumulativo delle specie dominanti (E20).

Questo risultato riflette la presenza di un numero modesto di specie con elevati valori di abbondanza. In particolare il polichete *Levinsenia demiri*, rappresenta la specie che maggiormente determina la similarità tra repliche in tutte le stazioni.

Dal punto di vista faunistico, le stazioni E20 MG9, E20 MG1 e E20 MG2 sono quelle che esibiscono le differenze maggiori rispetto alle altre stazioni per essere caratterizzate da bassi valori di abbondanza di *Levinsenia demiri*.

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

Esse risultano essere disperse nel piano senza formare cluster riconducibili alla loro reale distribuzione spaziale né alla presenza del rigassificatore. La posizione delle stazioni situate nella parte destra del plot (E20 MG9, E20 MG1 e E20 MG2) è dovuta al comportamento di *Levinsenia demiri* che mostra, in queste stazioni abbondanze più basse. In generale la posizione della stazione E20 MG9 è dovuta ai bassi valori di abbondanza che caratterizzano questa stazione.

Paradiopatra lepta e *Medicorophium rotundirostre* spiegano la posizione delle stazioni in basso a sinistra, mentre *Photis longicaudata* e *Schistomeringos rudolphi* quelle in alto a sinistra.

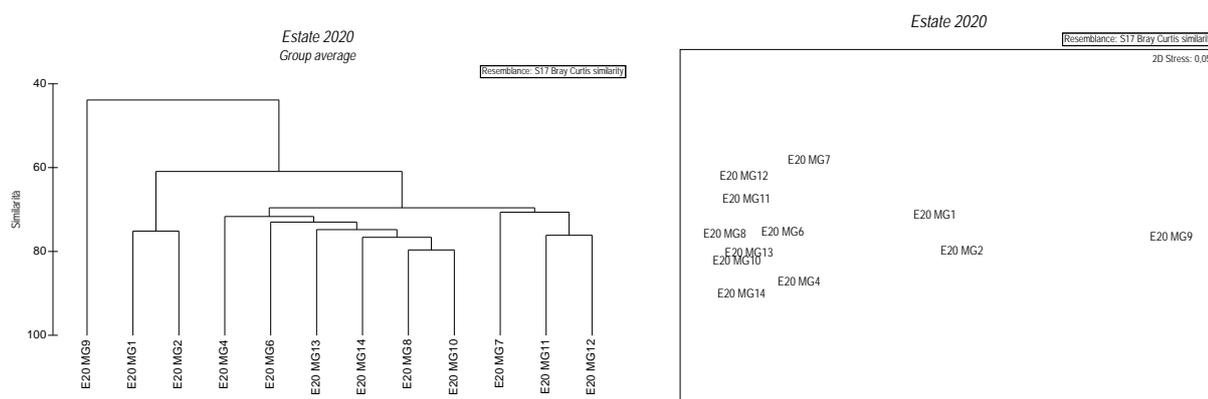


Figura 46 - Risultati della cluster analysis (group average) a sinistra, piano di ordinamento ottenuto dal n-MDS, a destra. La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Bray-Curtis.

Anche dal punto di vista strutturale (Tabella 63) i parametri indagati risultano variabili da stazione a stazione. Il numero di specie medio (ossia ottenuto dopo il calcolo della media tra repliche) varia tra 31,7 minimo rilevato in E20 MG9 e 57,7, massimo osservato presso il rigassificatore (E20 MG13).

Le stazioni E20 MG1, E20 MG2, E20 MG4, E20 MG9 hanno un numero di specie più basso rispetto alla media totale (46,67±9,03). In totale il numero di specie rilevato complessivamente nelle quattro stazioni più vicine all'FSRU è pari a 169 di cui 35 esclusive ossia non rilevate nelle altre stazioni. Il numero totale di specie rilevato nelle stazioni più lontane (MG1, MG2, MG9, MG10) è 137. Poco più elevato (144) è il numero di specie trovato nelle stazioni intermedie (MG4, MG8, MG11, MG14).

L'abbondanza totale media delle stazioni varia tra 79 (E20 MG9) e 253,7 (E20 MG14) esibendo una elevata variabilità tra stazioni, con una media generale pari a 189±53. Valori inferiori a tale media sono stati osservati in E20 MG1, E20 MG2, E20 MG4, E20 MG9, E20 MG11. Le stazioni poste presso il Terminale hanno tutte un'abbondanza superiore alla media generale.

La Diversità di Shannon-Weaver mostra il suo minimo in E20 MG4 (3,25) ed il massimo in E20 MG7 (4,55) con una media complessiva di 4,11±0,36). Anche la Ricchezza specifica mostra un picco presso il terminale E20 MG12 ed un valore del tutto confrontabile in E20 MG13 e E20 MG7. Il valore più basso è stato osservato in E20 MG4 (6,18).

Infine l'equitabilità oscilla tra 0,86 (E20 MG9) e 0,65 (E20 MG4) con un valore medio di 0,75±0,06.

Nessun dato indica che presso il terminale ci siano condizioni che comportano impoverimento del popolamento.

Tabella 63 – Indici strutturali (±DS) relativi al popolamento macrobentonico. Numero di taxa (S), Numero di individui (N), Diversità specifica di Shannon-Weaver (H'), Ricchezza specifica di Margalef (d), Equitabilità di Pielou (J). In rosso le stazioni poste a 100 m dal Terminale.										
Stazioni	S		N		d		H'(log ₂)		J	
E20 MG1	41,00	± 5,60	139,00	± 37,78	8,13	± 0,96	4,21	± 0,42	0,79	± 0,06
E20 MG2	37,50	± 2,08	121,25	± 5,85	7,61	± 0,44	4,06	± 0,14	0,78	± 0,02
E20 MG4	33,00	± 9,38	179,25	± 96,51	6,18	± 1,25	3,25	± 0,30	0,65	± 0,05
E20 MG6	48,50	± 5,45	204,50	± 18,93	8,93	± 0,90	4,17	± 0,14	0,74	± 0,03
E20 MG7	53,50	± 6,56	191,00	± 43,25	10,02	± 1,11	4,55	± 0,14	0,79	± 0,02
E20 MG8	55,50	± 2,08	237,50	± 32,60	9,97	± 0,23	4,30	± 0,09	0,74	± 0,02

Tabella 63 – 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). In rosso le stazioni poste a 100 m dal Terminale.

	S	H'	d	J	N
E20 MG9	31,75	\pm 0,96	79,00	\pm 6,98	7,04 \pm 0,24
E20 MG10	49,00	\pm 9,42	233,50	\pm 38,06	8,79 \pm 1,48
E20 MG11	48,25	\pm 4,50	187,25	\pm 47,09	9,09 \pm 1,03
E20 MG12	57,25	\pm 9,88	201,00	\pm 25,18	10,64 \pm 1,95
E20 MG13	57,75	\pm 6,29	241,25	\pm 50,02	10,38 \pm 1,17
E20 MG14	47,00	\pm 4,24	253,75	\pm 54,28	8,35 \pm 0,82

6.3.2 Meiobenthos

Dati delle singole stazioni

La stazione E20 MG1 è caratterizzata da un sedimento sabbioso medio-fine misto a silt e con detrito grossolano e vegetale. La meiofauna è costituita da dieci gruppi tassonomici, con una densità complessiva di $338,6 \pm 201,5$ ind./10 cm². Dominano i Nematodi, che raggiungono l'80,0% della meiofauna totale ($270,8 \pm 182,4$ ind./10 cm²). Seguono i Nauplii ($28,2 \pm 19,1$ ind./10 cm²; 8,3%), i Copepodi ($24,4 \pm 14,7$ ind./10 cm²; 7,2%) e i Policheti ($8,4 \pm 8,1$ ind./10 cm²; 2,5%). I rimanenti sei taxa, raggruppati nella categoria "Altri", costituiscono nel complesso il 2,0% della biocenosi ($6,7 \pm 4,3$ ind./10 cm²); di questi solo i Chinorinchi raggiungono l'1% del popolamento complessivo (Tabella 64; Figura 47). I valori degli indici di ricchezza di Margalef e di equitabilità di Pielou corrispondono alla media riscontrata nell'area, mentre la diversità di Shannon-Wiener è superiore ad essa (Tabella 66).

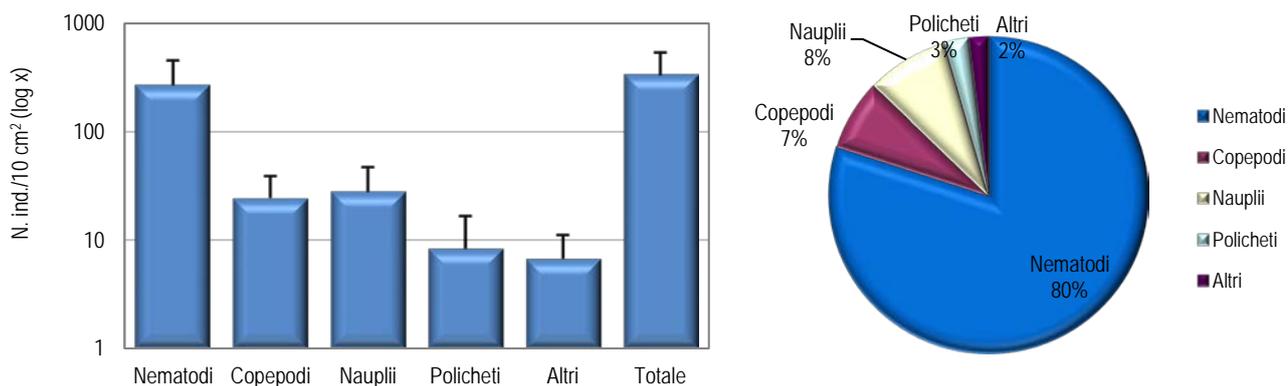


Figura 47 - Stazione E20 MG1. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Tabella 64 - Struttura della comunità meiobentonica nelle stazioni E20 MG1, E20 MG2, E20 MG4, E20 MG6, E20 MG7, E20 MG8. Densità media (\pm DS) (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. L'abbondanza relativa (%) dei singoli taxa è stata calcolata in relazione alla densità totale.

	E20 MG1		E20 MG2		E20 MG4		E20 MG6		E20 MG7		E20 MG8	
	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%
Nematodi	270,8 \pm 182,4	80,0	104,4 \pm 41,6	80,3	46,3 \pm 25,4	89,4	225,3 \pm 162,3	80,9	193,3 \pm 75,0	81,1	152,0 \pm 83,4	70,9
Copepodi	24,4 \pm 14,7	7,2	10,1 \pm 17,0	7,8	0,8 \pm 1,0	1,6	14,3 \pm 11,1	5,1	14,7 \pm 15,2	6,2	29,1 \pm 24,2	13,6
Nauplii	28,2 \pm 19,1	8,3	8,4 \pm 14,7	6,5	-	-	14,3 \pm 8,8	5,1	5,5 \pm 3,5	2,3	10,9 \pm 9,8	5,1
Policheti	8,4 \pm 8,1	2,5	3,8 \pm 2,5	2,9	4,2 \pm 3,5	8,1	11,4 \pm 6,1	4,1	16,4 \pm 10,6	6,9	14,7 \pm 5,9	6,9
Chinorinchi	3,4 \pm 3,1	1,0	2,1 \pm 3,2	1,6	-	-	-	-	1,7 \pm 2,4	0,7	2,5 \pm 2,2	1,2
Turbellari	0,8 \pm 1,0	0,2	0,4 \pm 0,8	0,3	-	-	1,3 \pm 2,5	0,5	5,5 \pm 2,9	2,3	-	-
Ostracodi	0,8 \pm 1,7	0,2	0,4 \pm 0,8	0,3	-	-	0,8 \pm 1,0	0,3	0,8 \pm 1,7	0,4	2,9 \pm 2,5	1,4
Anfipodi	0,4 \pm 0,8	0,1	-	-	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,2	-	-
Cumacei	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gasteropodi	-	-	-	-	-	-	0,8 \pm 1,7	0,3	-	-	-	-
Bivalvi	-	-	-	-	-	-	0,8 \pm 1,7	0,3	-	-	1,3 \pm 1,6	0,6
Caudofoveati	0,8 \pm 1,7	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sipunculidi	-	-	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,2	-	-	-	-
Oligocheti	-	-	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,2	-	-	-	-
Priapulidi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,2
Ofiuroidi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabella 64 - Struttura della comunità meiobentonica nelle stazioni E20 MG1, E20 MG2, E20 MG4, E20 MG6, E20 MG7, E20 MG8. Densità media (\pm DS) (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. L'abbondanza relativa (%) dei singoli taxa è stata calcolata in relazione alla densità totale.

Nemertini	-	-	-	-	-	5,5 \pm 7,9	2,0	-	-	-	-
Acari	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,8	-	-	-	-	-	-
Tanaidacei	-	-	0,4 \pm 0,8	0,3	-	2,1 \pm 1,6	0,8	-	-	0,4 \pm 0,8	0,2
Ciliati	0,4 \pm 0,8	0,1	-	-	-	0,8 \pm 1,7	0,3	-	-	-	-
Altri (Σ Chino-Cili)	6,7 \pm 4,3	2,0	3,4 \pm 4,8	2,6	0,4 \pm 0,8	13,1 \pm 2,9	4,7	8,4 \pm 1,9	3,5	7,6 \pm 6,5	3,5
Meiofauna totale	338,6 \pm 201,5	-	130,1 \pm 78,4	-	51,8 \pm 27,1	278,4 \pm 177,9	-	238,4 \pm 86,4	-	214,4 \pm 122,6	-

La comunità meiobentonica della stazione E20 MG2, caratterizzata da un sedimento di tipo sabbioso fine con con silt e detrito vegetale, è costituita da otto taxa principali, per un popolamento complessivo pari a 130,1 \pm 78,4 ind./10 cm². I Nematodi risultano dominanti, raggiungendo l'80,3% della biocenosi e una densità di 104,4 \pm 41,6 ind./10 cm². Sono seguiti dai Copepodi (10,1 \pm 17,0 ind./10 cm²; 7,8%), dai Nauplii (8,4 \pm 14,7 ind./10 cm²; 6,5%) e, infine, dai Policheti (3,8 \pm 2,5 ind./10 cm²; 2,9%). I quattro taxa meno abbondanti rappresentano il 2,6% della biocenosi ("Altri": 3,4 \pm 4,8 ind./10 cm²); di questi solo i Chinorinchi superano l'1% del totale (Tabella 64; Figura 48). I valori degli indici di diversità di Shannon-Wiener e di equitabilità di Pielou risultano superiori alla media riscontrata nell'area, mentre la ricchezza di Margalef è inferiore ad essa (Tabella 66).

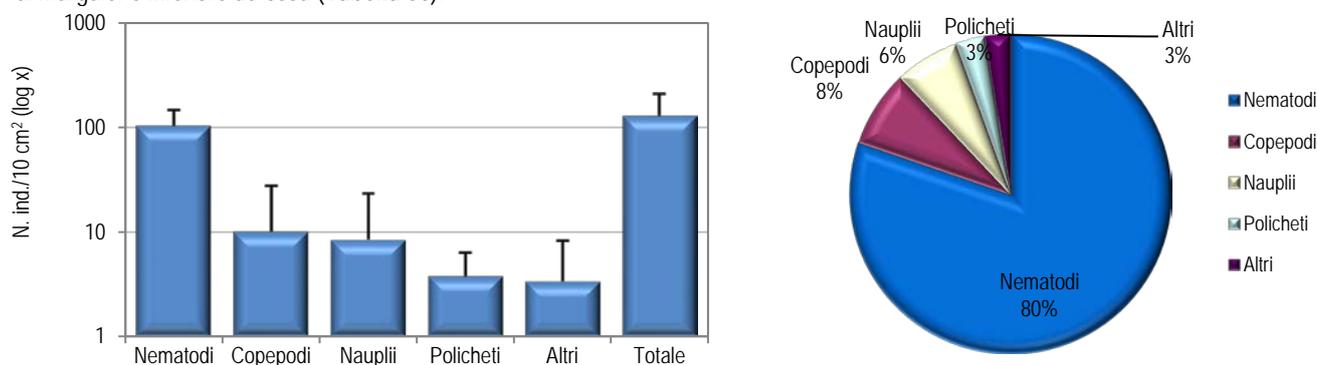


Figura 48 - Stazione E20 MG2. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il sedimento della stazione E20 MG4 è costituito da sabbia molto fine mista a silt e detrito vegetale ed ospita solo quattro gruppi meiobentonici, per una densità media complessiva di 51,8 \pm 27,1 ind./10 cm², la più bassa registrata nell'area (Tabella 64). I Nematodi sono il taxon dominante, con una densità di 46,3 \pm 25,4 ind./10 cm² (89,4% del popolamento). Seguono i Policheti (4,2 \pm 3,5 ind./10 cm²; 8,1%) e i Copepodi (0,8 \pm 1,0 ind./10 cm²; 1,6%). In questa stazione sono risultati assenti i Nauplii. Il restante taxon, gli Acari, è presente con una densità di 0,4 \pm 0,8 ind./10 cm², pari allo 0,8% della biocenosi (Tabella 64; Figura 49). I valori degli indici di ricchezza di Margalef e di diversità di Shannon-Wiener risultano inferiori alla media calcolata per l'area, sottolineando la povertà faunistica registrata in questo sito, mentre l'equitabilità di Pielou è pari ad essa (Tabella 66).

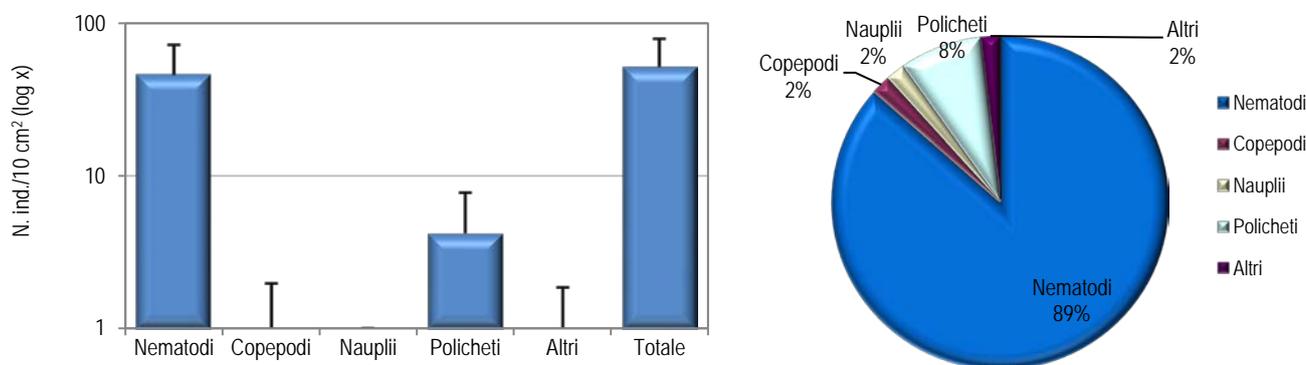


Figura 49 - Stazione E20 MG4. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

La stazione E20 MG6 presenta un sedimento costituito da sabbia fine con silt e detrito vegetale, nel quale sono stati rinvenuti i rappresentanti di ben tredici gruppi tassonomici, la più elevata diversità registrata nell'area. La densità complessiva del popolamento è pari a $278,4 \pm 177,9$ ind./10 cm² (Tabella 64). Dominano, similmente ad altrove, i Nematodi, con una densità di $225,3 \pm 162,3$ ind./10 cm², corrispondente all'80,9% della biocenosi. Seguono i Copepodi ($14,3 \pm 11,1$ ind./10 cm²; 5,1%), i Nauplii ($14,3 \pm 8,8$ ind./10 cm²; 5,1%) e i Policheti ($11,4 \pm 6,1$ ind./10 cm²; 4,1%). I restanti nove taxa, raggruppati nella categoria "Altri", raggiungono ben il 4,7% del totale ($13,1 \pm 2,9$ ind./10 cm²); di questi solo i Nemertini superano l'1% del popolamento (Tabella 64; Figura 50). I valori degli indici di ricchezza di Margalef e di diversità di Shannon-Wiener risultano superiori alla media calcolata per l'area, rimarcando la ricchezza faunistica rilevata in questa stazione, mentre l'equitabilità di Pielou è pari ad essa.

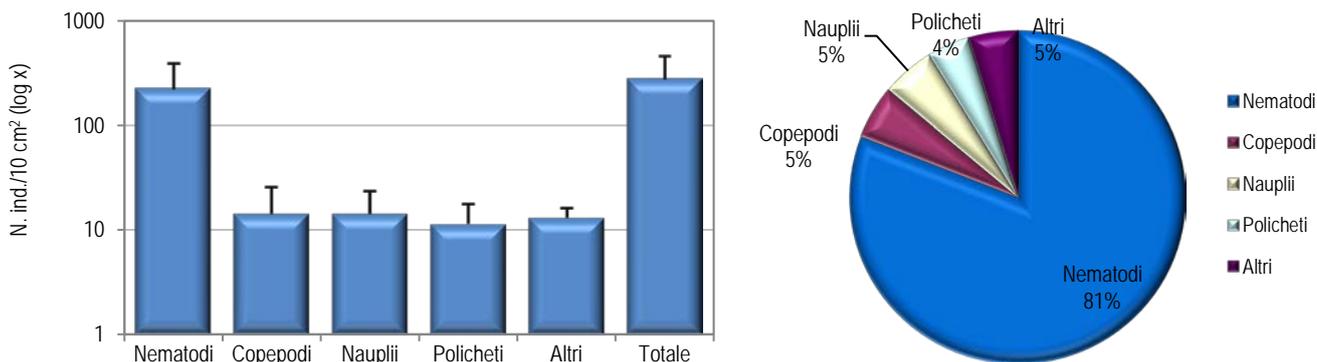


Figura 50 - Stazione E20 MG6. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

La stazione E20 MG7, caratterizzata da un sedimento sabbioso fine con silt e detrito vegetale, presenta otto major taxa meiobentonici, con una densità media totale di $238,4 \pm 86,4$ ind./10 cm². I Nematodi risultano il taxon dominante, con una densità media di $193,3 \pm 75,0$ ind./10 cm², pari all'81,1% del popolamento. Seguono i Policheti ($16,4 \pm 10,6$ ind./10 cm²; 6,9%), i Copepodi ($14,7 \pm 15,2$ ind./10 cm²; 6,2%) e i Nauplii ($5,5 \pm 3,5$ ind./10 cm²; 2,3%). I restanti quattro taxa, raggruppati nella categoria "Altri", rappresentano il 3,5% della meiofauna totale ($8,4 \pm 1,9$ ind./10 cm²); di questi solo i Turbellari superano l'1% della biocenosi (Tabella 64; Figura 51). Il valore dell'indice di ricchezza di Margalef risulta inferiore alla media calcolata per l'area, mentre la diversità di Shannon-Wiener e l'equitabilità di Pielou sono superiori ad essa (Tabella 66).

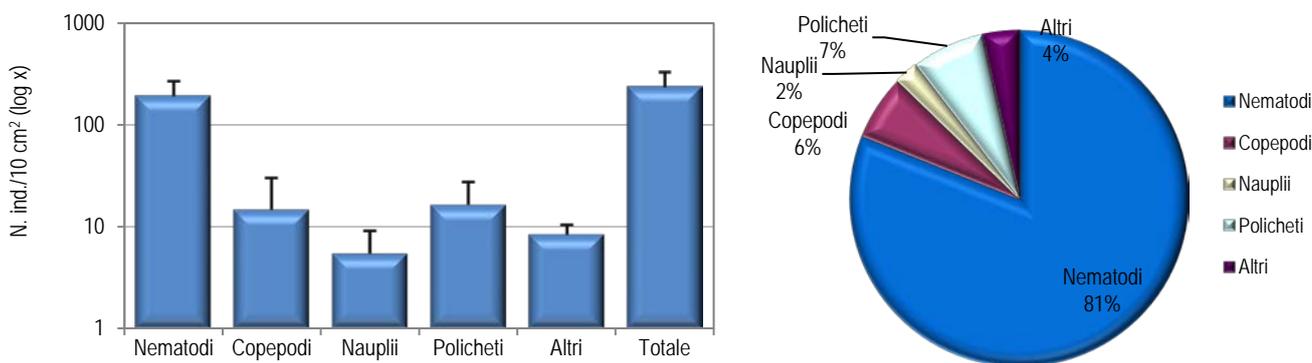


Figura 51 - Stazione E20 MG7. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il sedimento della stazione E20 MG8 è caratterizzato da sabbia fine con silt e detrito vegetale. In questo sito la comunità meiobentonica è costituita da nove gruppi tassonomici, per una densità complessiva pari a $214,4 \pm 122,6$ ind./10 cm² (Tabella 64, Figura 52). Sebbene relativamente meno abbondanti rispetto ad altre stazioni, i Nematodi sono il gruppo dominante, con una densità di $152,0 \pm 83,4$ ind./10 cm²,

pari al 70,9% del popolamento. I Copepodi risultano il taxon subdominante ($29,1 \pm 24,2$ ind./10 cm²; 13,6%) e sono seguiti da Policheti ($14,7 \pm 5,9$ ind./10 cm²; 6,9%) e Nauplii ($10,9 \pm 9,8$ ind./10 cm²; 5,1%). I restanti cinque taxa rappresentano il 3,5% del totale ($7,6 \pm 6,5$ ind./10 cm²); di questi solo gli Ostracodi superano l'1% del popolamento complessivo (Tabella 64; Figura 52). I valori degli indici di diversità di Shannon-Wiener e di equitabilità di Pielou risultano superiori alla media calcolata per l'area, mentre la ricchezza di Margalef corrisponde ad essa.

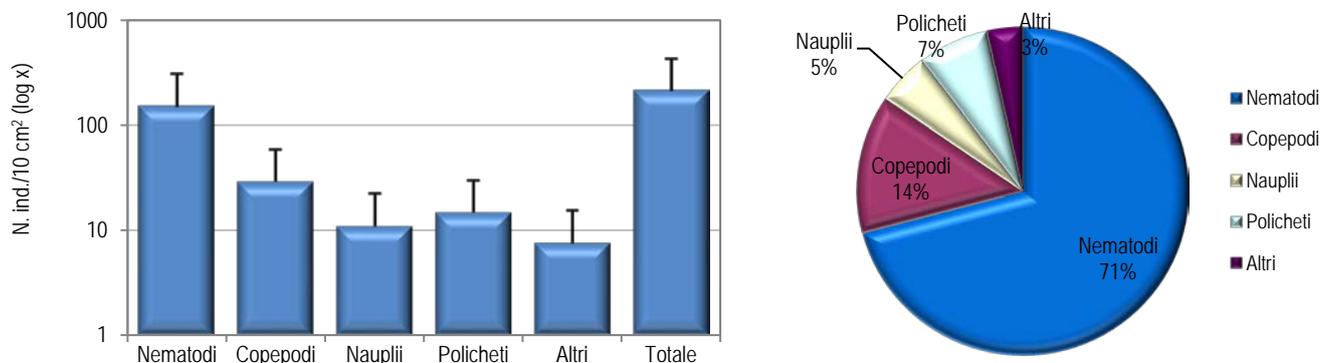


Figura 52 - Stazione E20 MG8. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

La stazione E20 MG9 presenta un sedimento caratterizzato da sabbia molto fine mista a silt e con detrito vegetale. La biocenosi meiobentonica rilevata in questo sito è costituita da sei gruppi tassonomici, con una densità media totale pari a $119,6 \pm 64,7$ ind./10 cm² (Tabella 65, Tabella 66). Dominano nettamente i Nematodi, che costituiscono ben il 94,4% della meiofauna totale (densità: $112,9 \pm 64,0$ ind./10 cm²). Seguono Copepodi ($2,9 \pm 4,0$ ind./10 cm²; 2,5%), Policheti ($2,1 \pm 2,5$ ind./10 cm²; 1,8%) e Nauplii ($0,8 \pm 1,7$ ind./10 cm²; 0,7%). I restanti due taxa, Ostracodi e Ciliati, rappresentano lo 0,7% del popolamento ($0,8 \pm 1,0$ ind./10 cm²; (Tabella 65; Figura 53). In questa stazione i valori degli indici ecologici risultano inferiori ai valori medi rilevati nell'area, rimarcando la povertà faunistica registrata (Tabella 66).

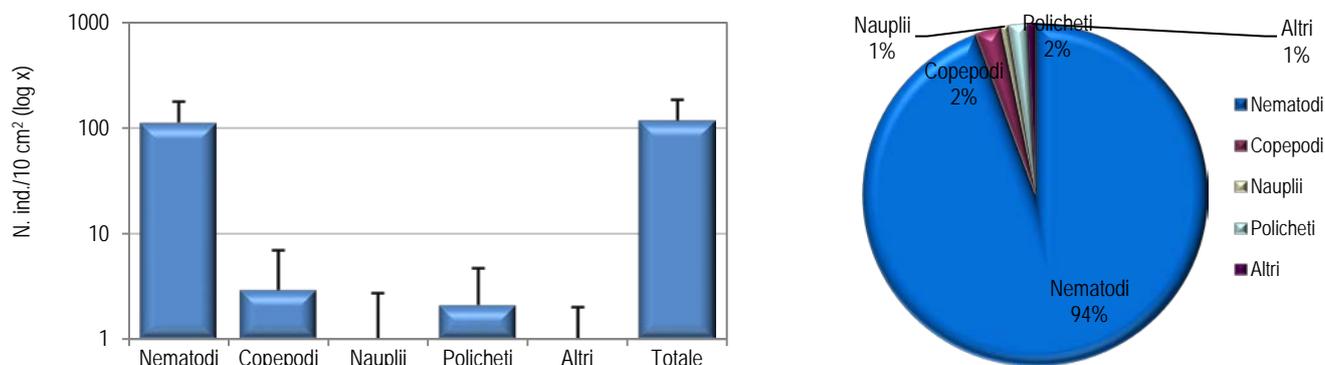


Figura 53 - Stazione E20 MG9. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Tabella 65 - Struttura della comunità meiobentonica nelle stazioni E20 MG9, E20 MG10, E20 MG11, E20 MG12, E20 MG13, E20 MG14. Densità media (\pm DS) (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. L'abbondanza relativa (%) dei singoli taxa è stata calcolata in relazione alla densità totale.

	E20 MG9		E20 MG10		E20 MG11		E20 MG12		E20 MG13		E20 MG14	
	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%						
Nematodi	112,9 \pm 64,0	94,4	107,4 \pm 56,6	82,3	153,3 \pm 60,2	83,1	151,2 \pm 80,5	85,7	304,5 \pm 246,6	73,2	99,0 \pm 141,9	74,6
Copepodi	2,9 \pm 4,0	2,5	3,4 \pm 4,6	2,6	11,4 \pm 7,8	6,2	13,9 \pm 21,1	7,9	60,2 \pm 46,5	14,5	13,1 \pm 23,9	9,8
Nauplii	0,8 \pm 1,7	0,7	2,5 \pm 2,9	1,9	6,7 \pm 6,3	3,7	3,4 \pm 3,6	1,9	21,9 \pm 19,7	5,3	7,2 \pm 14,3	5,4
Policheti	2,1 \pm 2,5	1,8	10,5 \pm 5,6	8,1	10,5 \pm 7,5	5,7	6,7 \pm 2,4	3,8	15,2 \pm 9,9	3,6	8,4 \pm 5,0	6,3
Chinorinchi	-	-	1,3 \pm 2,5	1,0	0,8 \pm 1,0	0,5	0,4 \pm 0,8	0,2	4,2 \pm 4,5	1,0	0,8 \pm 1,7	0,6
Turbellari	-	-	-	-	-	-	-	-	1,3 \pm 2,5	0,3	-	-
Ostracodi	0,4 \pm 0,8	0,4	1,3 \pm 2,5	1,0	0,8 \pm 1,7	0,5	0,4 \pm 0,8	0,2	5,5 \pm 8,7	1,3	0,8 \pm 1,7	0,6

Tabella 65 - Struttura della comunità meiobentonica nelle stazioni E20 MG9, E20 MG10, E20 MG11, E20 MG12, E20 MG13, E20 MG14. Densità media (\pm DS) (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. L'abbondanza relativa (%) dei singoli taxa è stata calcolata in relazione alla densità totale.

Anfipodi	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,1	0,8 \pm 1,7	0,6
Cumacei	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,3
Gasteropodi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bivalvi	-	-	0,8 \pm 1,7	0,6	-	-	-	-	-	-	0,8 \pm 1,0	0,6
Caudofoveati	-	-	0,4 \pm 0,8	0,3	0,4 \pm 0,8	0,2	0,4 \pm 0,8	0,2	0,4 \pm 0,8	0,1	-	-
Sipunculidi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oligocheti	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Priapulidi	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,1	-	-
Ofiuroidi	-	-	0,4 \pm 0,8	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-
Nemertini	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,1	-	-
Acari	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tanaidacei	-	-	2,5 \pm 4,0	1,9	0,4 \pm 0,8	0,2	-	-	1,3 \pm 2,5	0,3	1,3 \pm 1,6	1,0
Ciliati	0,4 \pm 0,8	0,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Altri (Σ Chino-Cili)	0,8 \pm 1,0	0,7	6,7 \pm 7,8	5,2	2,5 \pm 3,2	1,4	1,3 \pm 1,6	0,7	13,9 \pm 20,2	3,3	5,1 \pm 6,7	3,8
Meiofauna totale	119,6 \pm 64,7	-	130,5 \pm 69,3	-	184,5 \pm 74,6	-	176,5 \pm 106,6	-	415,7 \pm 340,8	-	132,7 \pm 188,1	-

Il sito E20 MG10 è caratterizzato da un sedimento sabbioso fine misto a silt e con detrito vegetale. La biocenosi meiobentonica è costituita da dieci major taxa, con una densità media totale pari a $130,5 \pm 69,3$ ind./10 cm² (Tabella 65). Dominano i Nematodi, con una densità di $107,4 \pm 56,6$ ind./10 cm², pari all'82,3% della comunità. Seguono i Policheti ($10,5 \pm 5,6$ ind./10 cm²; 8,1%), i Copepodi ($3,4 \pm 4,6$ ind./10 cm²; 2,6%) e i Nauplii ($2,5 \pm 2,9$ ind./10 cm²; 1,9%) (Tabella 65; Figura 54). I restanti sei taxa, raggruppati nella categoria "Altri", rappresentano il 5,2% del popolamento complessivo ($6,7 \pm 7,8$ ind./10 cm²); di questi, Tanaidacei, Ostracodi e Chinorinchi superano l'1% del totale (Tabella 65). I valori degli indici di diversità di Shannon-Wiener e di equità di Pielou sono superiori alla media calcolata per l'area, mentre la ricchezza di Margalef risulta pari ad essa.

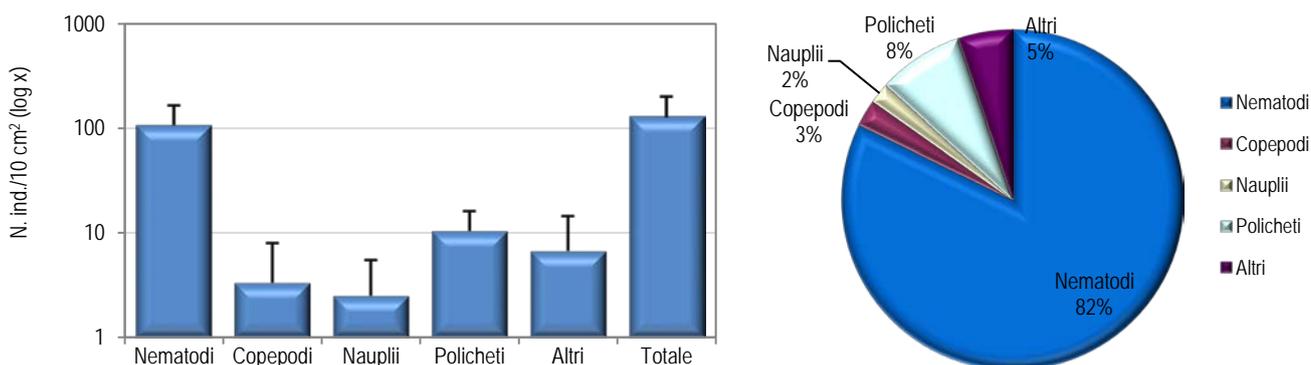


Figura 54 - Stazione E20 MG10. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il sedimento della stazione E20 MG11 è caratterizzato da sabbia fine con silt e detrito vegetale e presenta una comunità meiobentonica costituita da otto gruppi meiobentonici, per una densità media complessiva pari a $184,5 \pm 74,6$ ind./10 cm². I Nematodi sono il taxon dominante, con una densità media di $153,3 \pm 60,2$ ind./10 cm², corrispondente all'83,1% del popolamento (Tabella 65). Seguono Copepodi ($11,4 \pm 7,8$ ind./10 cm²; 6,2%), Policheti ($10,5 \pm 7,5$ ind./10 cm²; 5,7%) e Nauplii ($6,7 \pm 6,3$ ind./10 cm²; 3,7%). I restanti quattro taxa costituiscono l'1,4% della biocenosi ("Altri": $2,5 \pm 3,2$ ind./10 cm²); nessuno di questi supera l'1% del totale (Tabella 65; Figura 55). In questa stazione il valore dell'indice di ricchezza di Margalef è inferiore alla media calcolata per l'area, mentre la diversità di Shannon-Wiener e l'equità di Pielou risultano pari ad essa (Tabella 66).

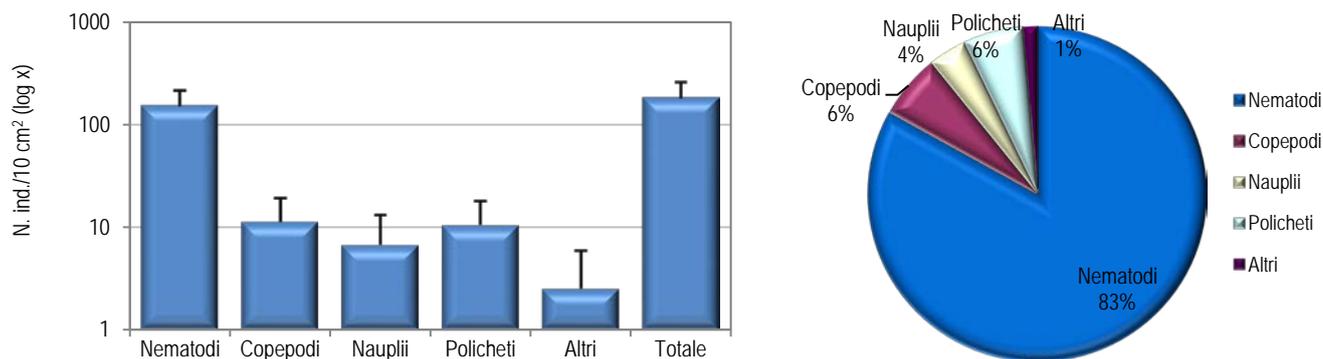


Figura 55 - Stazione E20 MG11. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

La stazione E20 MG12 è caratterizzata da un sedimento costituito da sabbia fine con silt mista a detrito vegetale, che ospita esemplari appartenenti a sette taxa meiobentonici maggiori, per un'abbondanza media complessiva di $176,5 \pm 106,6$ ind./10 cm². Ancora una volta i Nematodi sono il taxon dominante, con una densità di $151,2 \pm 80,5$ ind./10 cm², che corrisponde all'85,7% del popolamento complessivo. Seguono i Copepodi ($13,9 \pm 21,1$ ind./10 cm²; 7,9%), i Policheti ($6,7 \pm 2,4$ ind./10 cm²; 3,8%) e, infine, i Nauplii ($3,4 \pm 3,6$ ind./10 cm²; 1,9%). I restanti tre taxa, Ostracodi, Chinorinchi e Caudofoveati, costituiscono lo 0,7% della biocenosi ("Altri": $1,3 \pm 1,6$ ind./10 cm²; **Tabella 65**; **Figura 56**). I valori degli indici di ricchezza di Margalef e di diversità di Shannon-Wiener risultano inferiori alla media calcolata per l'area, mentre l'equitabilità di Pielou è pari ad essa (**Tabella 66**).

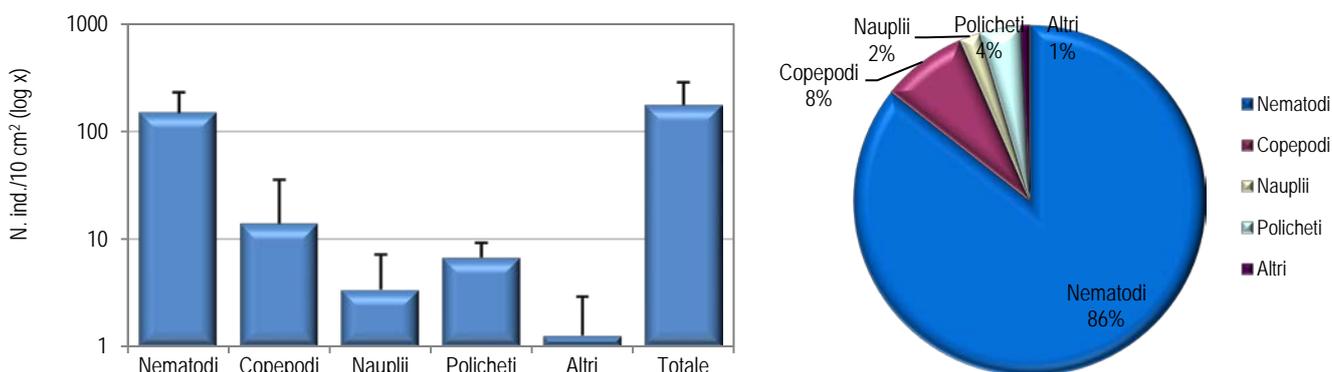


Figura 56 - Stazione E20 MG12. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il sedimento della stazione E20 MG13 è caratterizzato da sabbia fine mista a silt e con detrito vegetale. Le analisi faunistiche hanno rilevato la presenza di una comunità meiobentonica che annovera rappresentanti di ben dodici taxa principali, per una densità complessiva pari a $415,7 \pm 340,8$ ind./10 cm², la più alta registrata nell'area (**Tabella 65**). Nonostante siano relativamente meno abbondanti rispetto altre stazioni, dominano ancora una volta i Nematodi, con una densità di $304,5 \pm 246,6$ ind./10 cm², pari al 73,2% del popolamento. I Copepodi sono il taxon subdominante, raggiungendo il 14,5% del totale ($60,2 \pm 46,5$ ind./10 cm²). Seguono i Nauplii ($21,9 \pm 19,7$ ind./10 cm²; 5,3%) e i Policheti ($15,2 \pm 9,9$ ind./10 cm²; 3,6%). I restanti otto taxa, raggruppati nella categoria "Altri", rappresentano nel complesso il 3,3% della biocenosi ($13,9 \pm 20,2$ ind./10 cm²); di questi, solo gli Ostracodi e i Chinorinchi superano l'1% del totale. Si segnala la presenza di larve di Priapulidi in questa stazione (**Tabella 65**; **Figura 57**). In questo sito i valori degli indici ecologici risultano superiori ai valori medi rilevati nell'area, rimarcando la ricchezza faunistica registrata (**Tabella 66**).

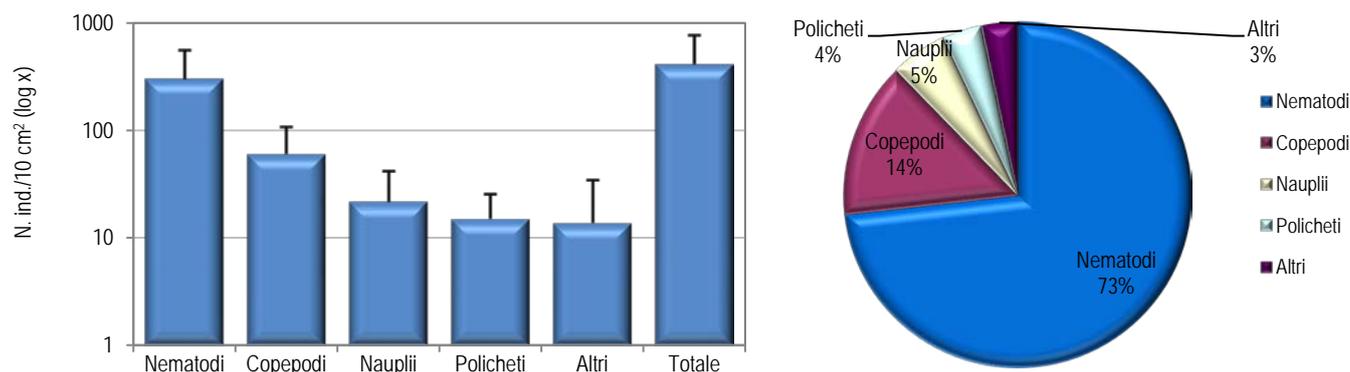


Figura 57 - Stazione E20 MG13. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

La stazione E20 MG14, caratterizzata da sabbia fine con silt e detrito vegetale, presenta una comunità costituita da dieci taxa meiobentonici, con una densità media complessiva pari a $132,7 \pm 188,1$ ind./10 cm² (Tabella 65). I Nematodi risultano il taxon dominante, raggiungendo il 74,6% della biocenosi complessiva (densità: $99,0 \pm 141,9$ ind./10 cm²). Seguono i Copepodi ($13,1 \pm 23,9$ ind./10 cm²; 9,8%), i Policheti ($8,4 \pm 5,0$ ind./10 cm²; 6,3%) e i Nauplii ($7,2 \pm 14,3$ ind./10 cm²; 5,4%). I restanti sei taxa raggiungono il 3,8% del popolamento complessivo ("Altri": $5,1 \pm 6,7$ ind./10 cm²); di questi solo i Tanaidacei superano l'1% del totale (Tabella 65; Figura 58). In questa stazione i valori degli indici ecologici risultano superiori ai valori medi rilevati nell'area (Tabella 66).

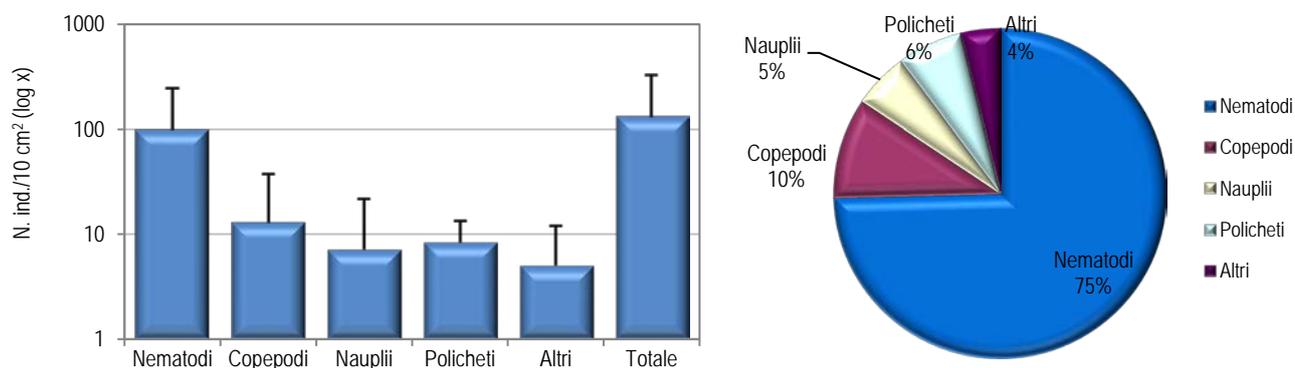


Figura 58 - Stazione E20 MG14. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Dati complessivi

Nell'area indagata sono stati rinvenuti complessivamente organismi appartenenti a venti gruppi tassonomici. Nematodi, Copepodi e Policheti sono risultati presenti in tutte e 12 le stazioni investigate, mentre i Nauplii e gli Ostracodi sono risultati assenti in un unico sito (E20 MG4). Dei rimanenti taxa, Anfipodi, Tanaidacei, Bivalvi, Caudofoveati, Chinorinchi e Turbellari risultano presenti in quattro-nove stazioni, mentre Ofiuroidi, Acari, Cumacei, Priapulidi, Nemertini, Gasteropodi, Sipunculidi, Oligocheti e Ciliati sono stati rinvenuti solamente in uno-tre siti. I popolamenti di questi taxa sono generalmente costituiti da pochi individui, anche se in alcune stazioni la densità di alcuni di essi è tutt'altro che trascurabile, come nel caso dei Nemertini che raggiungono una densità di $5,5 \pm 7,9$ ind./10 cm² nella stazione E20 MG6. Cinque dei taxa minori giungono a rappresentare oltre l'1% dell'intero popolamento meiobentonico, complessivamente in sette stazioni. Nello specifico: i Chinorinchi nei siti E20 MG1, E20 MG2, E20 MG8, E20 MG10 e E20 MG13, gli Ostracodi in E20 MG8, E20 MG10 e E20 MG13, i Tanaidacei in E20 MG10 e E20 MG14, i Nemertini in E20 MG6 e, infine, i Turbellari in E20 MG7.

La densità media totale della comunità meiobentonica nell'area investigata è pari a $200,9 \pm 166,6$ ind./10 cm². I Nematodi sono risultati dominanti, con una densità media di $160,0 \pm 128,2$ ind./10 cm², pari al 79,7% della biocenosi complessiva. Seguono i Copepodi ($16,5 \pm 23,3$ ind./10 cm²; 8,2%), i Policheti ($9,4 \pm 7,2$ ind./10 cm²; 4,7%) e i Nauplii ($9,2 \pm 12,6$ ind./10 cm²; 4,6%). I sedici taxa meno abbondanti, raggruppati nella categoria "Altri", costituiscono il 2,9% della comunità ($5,8 \pm 7,7$ ind./10 cm²); nessuno di questi supera l'1% dell'intero popolamento (Tabella 67).

L'analisi della varianza (ANOVA) condotta per verificare la significatività delle eventuali differenze nei valori medi delle abbondanze riscontrate nelle 12 stazioni ha evidenziato alcune differenze statisticamente significative. Queste sono principalmente imputabili al basso numero di taxa e alle basse densità dei siti E20 MG4 e E20 MG9, e, per contro, alla ricchezza faunistica rilevata in E20 MG1 e E20 MG13. Nello specifico, i Nematodi e la meiofauna totale hanno presentato densità inferiori nelle stazioni E20 MG4 e E20 MG9 rispetto a E20 MG1 e E20 MG13. I Copepodi sono risultati numericamente inferiori nella stazione E20 MG4 rispetto a E20 MG13. I Policheti hanno esibito densità inferiori in E20 MG9 rispetto a E20 MG7, E20 MG8 e E20 MG13. Infine, si sottolinea l'assenza dei Nauplii nella stazione E20 MG4.

Tabella 66 - 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
E20 MG1	10	338,6	1,5	0,8	0,3
E20 MG2	8	130,1	1,4	0,8	0,4
E20 MG4	4	51,8	0,8	0,4	0,3
E20 MG6	13	278,4	2,1	0,8	0,3
E20 MG7	8	238,4	1,3	0,8	0,4
E20 MG8	9	214,4	1,5	1,0	0,5
E20 MG9	6	119,6	1,0	0,3	0,2
E20 MG10	10	130,5	1,8	0,8	0,3
E20 MG11	8	184,5	1,3	0,7	0,3
E20 MG12	7	176,5	1,2	0,6	0,3
E20 MG13	12	415,7	1,8	1,0	0,4
E20 MG14	10	132,7	1,8	1,0	0,4
Media	9	200,9	1,5	0,7	0,3

I parametri strutturali calcolati per le singole stazioni sono riportati in **Tabella 66**. Numero di taxa (S) e densità media (N) variano nelle stazioni investigate, da 4 a 13 taxa il primo, e da 51 a 415 ind./10 cm² il secondo. Il sito E20 MG4 presenta il numero più basso di taxa, seguito da E20 MG9, oltre al minimo valore di densità, mentre E20 MG6 presenta il più elevato numero di taxa e E20 MG13 il più alto valore di densità. Anche gli indici di ricchezza di Margalef (d), diversità di Shannon-Wiener (H') ed equitabilità di Pielou (J) variano nei siti indagati. La ricchezza di Margalef (d) varia da un valore minimo di 0,8 nella stazione E20 MG4 a un massimo di 2,1 in E20 MG6 (**Tabella 66**). La diversità di Shannon-Wiener (H') esibisce un valore minimo in E20 MG9 (0,3) e massimo nei siti E20 MG8, E20 MG13 e E20 MG14 (1,0). Infine, l'indice di equitabilità di Pielou (J) varia da un minimo di 0,2 in E20 MG9 a un massimo di 0,5 in E20 MG8 (**Tabella 66**). Considerando la distanza reciproca tra queste stazioni e la loro distanza relativa rispetto al rigassificatore, non emergono relazioni evidenti tra le differenze osservate e la loro collocazione geografica, in particolare rispetto al terminale.

Le analisi multivariate hanno evidenziato una similarità faunistica intermedia tra le stazioni investigate. Il dendrogramma derivante dalla Cluster Analysis, tecnica di classificazione che raggruppa i campioni in gruppi gerarchici sulla base della matrice di similarità, mostra una prima dicotomia a un valore di similarità faunistica tra i siti di poco superiore al 60% (**Figura 59**). In corrispondenza di questo valore, due stazioni, E20 MG4 e E20 MG9, risultano separate dalle restanti dieci. La diversità tassonomica e le densità rilevate in questi due siti risultano più basse rispetto a quelle registrate altrove (**Tabella 66**). Tra le restanti dieci stazioni, E20 MG6 risulta ben separata dalle altre nove, ma contrariamente a quanto osservato per E20 MG4 e E20 MG9, in questo caso le densità faunistiche e, in particolare, la diversità tassonomica che caratterizzano questo sito, risultano più elevate rispetto a quelle rilevate altrove.

Quanto appena indicato è riflesso anche nel piano di ordinamento bidimensionale ottenuto dall'analisi nMDS, riportato in **Figura 59**. 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 i siti E20 MG4 e E20 MG9 risultano separati dagli altri nella parte destra del grafico, mentre la stazione E20 MG6, sebbene più vicina alle rimanenti nove, risulta però più discostata all'estrema sinistra del piano. Le analisi multivariate non evidenziano alcuna chiara relazione tra raggruppamento e posizione geografica delle stazioni rispetto al terminale rigassificatore. Complessivamente, dall'indagine non emergono quindi effetti del rigassificatore sulla meiofauna dell'area.

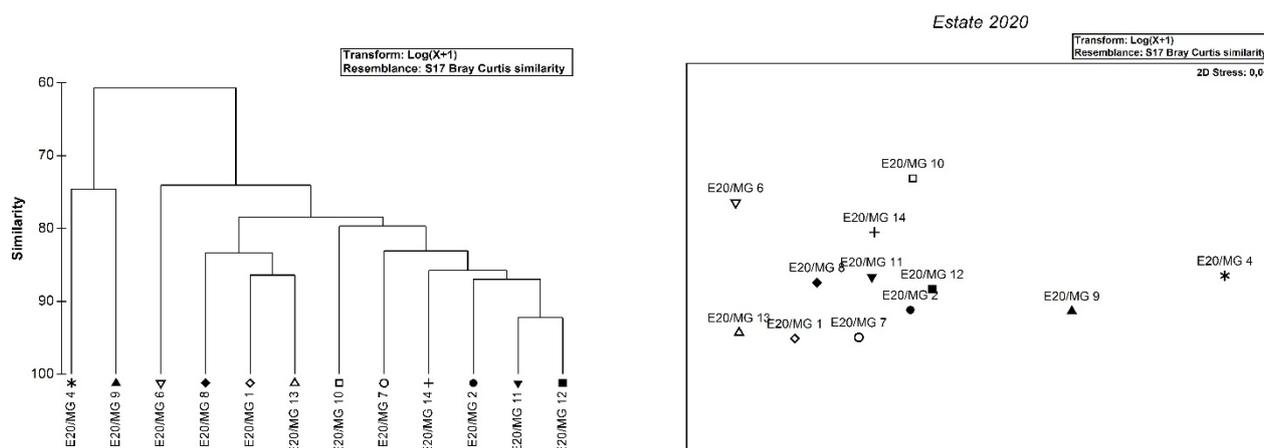


Figura 59 - A sinistra: dendrogramma per il raggruppamento gerarchico delle stazioni basato sul valore delle abbondanze medie dei taxa principali e similarità di Bray-Curtis, previa trasformazione logaritmica dei dati. A destra: piano di ordinamento ottenuto dal non-metric Multi Dimensional Scaling (nMDS),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

Tabella 67 - Struttura della comunità meiobentonica dell'area interessata dal posizionamento del terminale rigassificatore, incluse le stazioni di controllo. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo rinvenuto. L'abbondanza relativa (%) dei singoli taxa è stata calcolata in relazione alla densità totale.

Taxon	Media \pm DS	%	Taxon	Media \pm DS	%
Nematodi	160,0 \pm 128,2	79,7	Bivalvi	0,3 \pm 0,9	0,2
Copepodi	16,5 \pm 23,3	8,2	Caudofoveati	0,2 \pm 0,7	0,1
Nauplii	9,2 \pm 12,6	4,6	Sipunculidi	0,1 \pm 0,2	<0,1
Policheti	9,4 \pm 7,2	4,7	Oligocheti	0,1 \pm 0,2	<0,1
Chinorinchi	1,4 \pm 2,4	0,7	Priapulidi	0,1 \pm 0,3	<0,1
Turbellari	0,8 \pm 1,9	0,4	Ofiuroidi	0,1 \pm 0,2	<0,1
Ostracodi	1,3 \pm 3,0	0,6	Nemertini	0,5 \pm 2,5	0,2
Anfipodi	0,2 \pm 0,6	0,1	Acari	0,1 \pm 0,2	<0,1
Cumacei	0,1 \pm 0,2	<0,1	Tanaidacei	0,7 \pm 1,6	0,3
Gasteropodi	0,1 \pm 0,5	<0,1	Ciliati	0,1 \pm 0,6	0,1
Altri (Σ Chino-Cili)	5,8 \pm 7,7	2,9			
Meiofauna totale	200,9 \pm 166,6	-			

6.3.3 Bioaccumulo

Metalli

I risultati ottenuti nell'estate 2020 dalla ricerca dei metalli in *M. galloprovincialis* sono riportati nella Tabella 68.

Le concentrazioni dei metalli ricercati sono generalmente paragonabili o inferiori a quelle dei mitili al tempo "0". L'unico evidente incremento è stato osservato per il ferro. L'incremento maggiore è stato registrato nei mitili in Gorgona (Bianco) escludendo un ruolo dell'FSRU nel determinare tale incremento.

Tabella 68 - Concentrazione dei metalli nei mitili. Dati relativi alla campagna E20 espressi in mg/kg. Sono riportati i dati riferiti sia alla sostanza secca (s.s.) sia al peso fresco (p.f.) in accordo alla prescrizione 13 delle Determine 2990 DVA R.D.R 0000100.04-04-2017 e 3337 DVA R.D.R 0000277.28-09-2017.

	Tempo zero		Stazione A Pos. 1		Stazione B Pos. 2		Stazione C Pos. 3		Stazione D Pos. 4		Stazione E (Bianco Gorgona)	
	s.s.	p.f.	s.s.	p.f.	s.s.	p.f.	s.s.	p.f.	s.s.	p.f.	s.s.	p.f.
Arsenico	6,61	1,32	7,84	1,57	9,08	1,82	8,44	1,69	8,19	1,64	6,55	1,31
Bario	1,54	0,31	2,71	0,54	4,49	0,90	2,14	0,43	2,32	0,46	9,08	1,82
Cadmio	0,29	0,058	0,50	0,099	0,51	0,102	0,50	0,099	0,49	0,098	0,33	0,066
Cromo totale	1,92	0,38	3,43	0,69	1,92	0,38	2,49	0,50	3,17	0,63	3,17	0,63
Ferro	236,87	47,37	418,14	83,63	306,71	61,34	375,08	75,02	298,03	59,61	651,97	130,39

Tabella 68 - Concentrazione dei metalli nei mitili. Dati relativi alla campagna E20 espressi in mg/kg. Sono riportati i dati riferiti sia alla sostanza secca (s.s.) sia al peso fresco (p.f.) in accordo alla prescrizione 13 delle Determinine 2990 DVA R.D.R 0000100.04-04-2017 e 3337 DVA R.D.R 0000277.28-09-2017.

Manganese	15,60	3,12	9,92	1,98	7,91	1,58	9,48	1,90	8,55	1,71	19,41	3,88
Mercurio	0,10	0,021	0,12	0,025	0,11	0,023	0,12	0,024	0,13	0,025	0,11	0,023
Nichel	1,80	0,36	2,54	0,51	1,93	0,39	2,36	0,47	2,69	0,54	2,40	0,48
Piombo	2,17	0,43	1,75	0,35	1,80	0,36	1,81	0,36	2,01	0,40	2,19	0,44
Rame	4,77	0,95	4,40	0,88	3,98	0,80	4,62	0,92	4,40	0,88	17,85	3,57
Vanadio	1,74	0,35	1,55	0,31	1,12	0,22	1,34	0,27	1,13	0,23	1,75	0,35
Zinco	216,45	43,29	215,10	43,02	195,16	39,03	238,11	47,62	297,07	59,41	236,54	47,31

Idrocarburi totali

Nella **Tabella 69** sono riportati i risultati ottenuti dalla ricerca degli idrocarburi (C<10 e C10-C40).

Gli idrocarburi leggeri (C<10) sono risultati generalmente bassi o inferiori al limite di rilevabilità del metodo. Gli idrocarburi rilevati nelle stazioni posizionate lungo il terminale sono confrontabili sia col tempo zero sia con la stazione di bianco.

Tabella 69 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna E20, 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)	0,70	0,70	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Idrocarburi C10-C40 (mg/kg)	14,0	13,9	13,8	18,1	13,8	14,7

IPA e composti organo stannici

I risultati della ricerca di IPA ed organo stannici sono riportati nella **Tabella 70**. I dati suggeriscono una sostanziale assenza di fenomeni di bioaccumulo.

Tabella 70 - Concentrazione degli IPA e dei composti organostannici presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna E20, 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	0,005	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Acenafilene	0,001	< 0,001	< 0,001	0,000	< 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	0,002
Benzo (a) pirene	0,006	0,007	0,004	0,003	0,005	0,004
Benzo (b) fluorantene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,005
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	0,002
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	0,002
Fluorantene	0,002	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,006
Fluorene	0,003	0,003	0,003	0,004	0,004	0,002
Indeno (1,2,3 - c,d) pirene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Naftalene	0,004	0,006	0,005	0,004	0,006	0,004
Pirene	0,002	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,010
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 71**. I dati suggeriscono una sostanziale assenza di fenomeni di bioaccumulo nei mitili trapiantati sull'FSRU.

Tabella 71 - Concentrazione degli cloroderivati presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna E20, sono espressi in µg/kg.

	Tempo zero	Stazione A Pos. 1	Stazione B Pos. 2	Stazione C Pos. 3	Stazione D Pos. 4	Stazione E (Bianco Gorgona)
Acidi Aloacetici						
Dalapon	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Acido Dibromoacetico	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Acido Tribromoacetico	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Acido Monobromoacetico	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Acido Bromodichloroacetico	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Acido Bromocloroacetico	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Acido Dichloroacetico	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
Acido Tricloroacetico	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Acido Monocloroacetico	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
Acido Clorodibromoacetico	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Fenoli						
2,4,6-tricloro fenolo	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
2,4-dicloro fenolo	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
4-cloro-3-metil fenolo	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Pentacloro fenolo	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
V.O.C.						
1,1,1-Tricloro Etano	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
1,1,2-Tricloro Etano	0,36	0,58	0,34	0,77	0,38	0,38
Bromo Dichloro Metano	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Bromoformio	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Carbonio Tetracloruro	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Cloroformio	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Dibromo Cloro Metano	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Tetracloro Etilene	0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15
Tricloro Etilene	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25
1,2-Dibromo Etano	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25
1,2,3-Tricloro propano	< 0,6	< 0,6	< 0,6	< 0,6	< 0,6	< 0,6
Dibromoacetoneitrile	< 0,8	< 0,8	< 0,8	< 0,8	< 0,8	< 0,8
Tricloroacetoneitrile	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5

Analisi microbiologiche

Dall'analisi microbiologica non emerge alcuna contaminazione fecale (Tabella 72).

Tabella 72 - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna E20, 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)

L'analisi del Neutral Red Retention Time, comparabilmente a quanto osservato negli emociti dei mitili provenienti dalla stazione di controllo (Stazione E – Gorgona), non ha evidenziato alcuna differenza significativa tra i mitili di controllo e quelli posizionati lungo le 4 stazioni di monitoraggio del Terminale FSRU. Infatti, il tempo di ritenzione del colorante, indicatore del livello di stabilità lisosomale, è superiore ai 100

minuti in ogni sito di indagine, tranne negli emociti dei mitili provenienti dall'acquacoltura (Tempo zero), che probabilmente hanno recuperato durante il trapianto all'Isola di Gorgona (Figura 60).

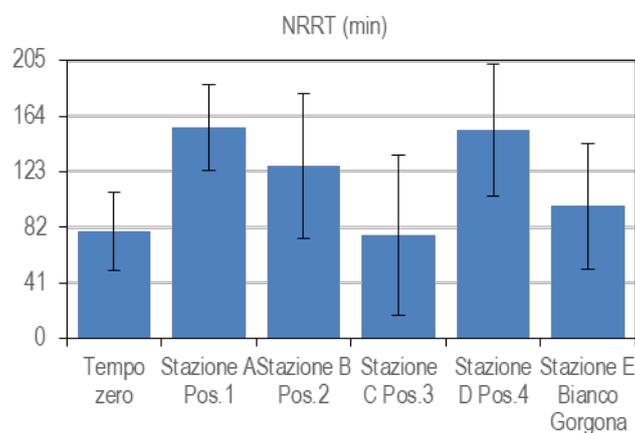


Figura 60 - Valutazione del danno cellulare mediante la misura del tempo di ritenzione del colorante vitale Rosso Neutro (NRRT) nei lisosomi degli emociti di mitilo. Valori alti del tempo di ritenzione corrispondono ad una maggiore integrità.

Comet Assay

I risultati relativi alla valutazione del grado di integrità della molecola di DNA nelle cellule branchiali di mitilo non mostrano alcun decremento significativo rispetto ai valori del controllo (Stazione E-Gorgona), in termini di danno genetico, in nessuna delle quattro stazioni di monitoraggio, suggerendo quindi una assenza di impatto da parte delle attività del Terminale FSRU (Figura 61).

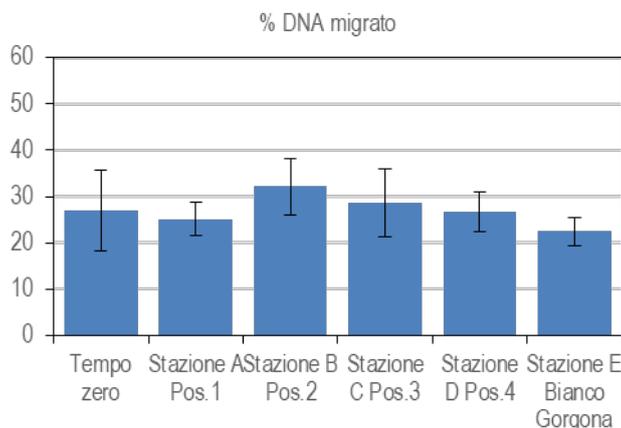


Figura 61 - Valutazione del grado di integrità del DNA mediante Comet assay. Valori elevati della percentuale di DNA migrato corrispondono ad una maggiore entità del danno.

Analisi istologia del tessuto branchiale.

L'analisi istologica dell'epitelio branchiale dei mitili traslocati lungo il Terminale FSRU mostra una normale morfologia in tre delle stazioni indagate, tranne nella stazione A (Pos. 1), che ha mostrato un'alterazione significativa rispetto sia ai mitili trapiantati nella stazione di controllo (Stazione E-Gorgona) che a quelli provenienti dall'Impianto di Acquacoltura (Tempo Zero), (Tabella 73, Figura 62). Tuttavia, tale alterazione rimane nel range di "lievemente modificato", e quindi presumibilmente attribuibile a variabilità interindividuale, piuttosto che all'attività del Terminale.

Tabella 73 - 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	2	1
Stazione B (Pos. 2)	1	1	1	1	1
Stazione C (Pos. 3)	1	1	1	1	1
Stazione D (Pos. 4)	1	1	1	1	1
Stazione E (Bianco Gorgona)	1	1	1	1	1

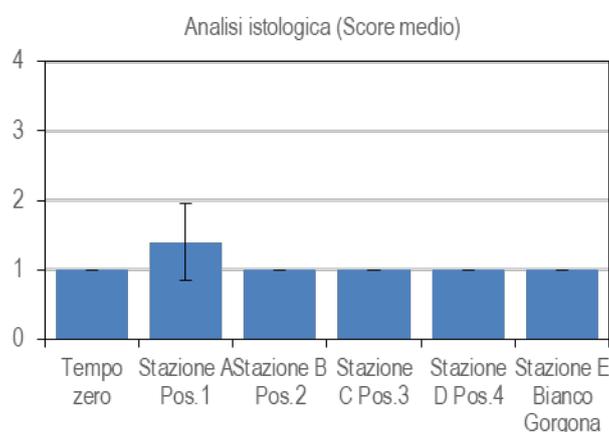


Figura 62 - Analisi istologica delle branchie di mitilo. Il parametro rappresentato nel grafico è il punteggio medio (score) per ciascuna delle stazioni indagate. La scala va da 1 a 5; il punteggio 1 indica una condizione di integrità mentre il punteggio 5 indica una forte compromissione della struttura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

Dai risultati complessivi relativi ai biomarker selezionati, per la campagna estiva 2020 (E-20), non sono emerse sostanziali alterazioni a carico dei mitili trapiantati lungo il Terminale FSRU rispetto sia a quelli di controllo (Stazione E Gorgona) che del tempo zero. L'unico valore a discostarsi è relativo allo score epiteliale, il quale ha evidenziato una alterazione a carico di alcuni organismi trapiantati nel sito A (Pos.1). Tale alterazione puntiforme, comunque, non sembra attribuibile ad attività del rigassificatore in quanto legata a due soli individui. Quindi, relativamente ai biomarker indagati (stabilità lisosomiale, integrità del DNA e valutazione istologica), è possibile dedurre una sostanziale assenza di impatto da parte del Terminale FSRU nel periodo di riferimento.

6.3.5 Fauna ittica bentonectonica

Nella **Tabella 74** 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 di controllo (SC per la rete a strascico; PC per le reti da posta) nel corso della campagna Estate 2020.

In totale sono state catturate 61 specie.

Durante il campionamento effettuato con la rete a strascico sono state catturate 26 specie di Osteitti, 3 di Condroitti, 1 di Crostacei Decapodi e 8 di Molluschi Cefalopodi.

Il campionamento condotto con le reti da posta ha permesso di raccogliere in totale di 22 specie di Osteitti, 3 di Condroitti e 3 di Crostacei Decapodi e 1 di Molluschi Cefalopodi.

Tabella 74 - Lista delle specie catturate con la rete a strascico e le reti da posta. Strascico: E20 S1-S4 = stazioni campionate in prossimità del terminale; E20 SC = stazione di controllo. Reti da posta: E20 P1-P4 = stazioni campionate in prossimità del terminale; E20 PC = stazione di controllo.

	Strascico		Reti da posta			Strascico		Reti da posta	
	E20 S1-S4	E20 SC	E20 P1-P4	E20 PC		E20 S1-S4	E20 SC	E20 P1-P4	E20 PC
Osteitti					Condroitti				
<i>Alosa fallax nilotica</i> (Lacépède, 1803)			*		<i>Scyliorhinus canicula</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	*	*
<i>Argentina sphyraena</i> Linnaeus, 1758	*				Crostacei Decapodi				
<i>Boops boops</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	*		<i>Maja squinado</i> (Herbst, 1788)			*	
<i>Capros aper</i> (Linnaeus, 1758)	*				<i>Palinurus elephas</i> (Fabricius, 1787)			*	
<i>Chelidonichthys lucerna</i> (Linnaeus, 1758)		*	*		<i>Parapenaeus longirostris</i> (H. Lucas, 1846)	*	*	*	*
<i>Citharus linguatula</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	*	*	Molluschi Cefalopodi				
<i>Engraulis encrasicolus</i> (Linnaeus, 1758)	*				<i>Eledone cirrhosa</i> (Lamarck, 1798)	*	*		
<i>Helicolenus dactylopterus</i> (Delaroche, 1809)	*				<i>Eledone moschata</i> (Lamarck, 1798)	*			
<i>Lepidorhombus boscii</i> (Risso, 1810)	*	*	*	*	<i>Illex coindetii</i> (Vérany, 1839)	*	*		
<i>Lepidotrigla cavillone</i> (Lacépède, 1801)	*	*	*		<i>Loligo (Alloteuthis) sp.</i>	*	*		
<i>Lophius budegassa</i> Spinola, 1807	*	*	*	*	<i>Loligo vulgaris</i> Lamarck, 1798	*	*		
<i>Lophius piscatorius</i> Linnaeus, 1758	*				<i>Octopus vulgaris</i> Cuvier, 1797	*	*		
<i>Macroramphosus scolopax</i> (Linnaeus, 1758)	*				<i>Sepia elegans</i> Blainville, 1827		*		
<i>Merluccius merluccius</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	*	*	<i>Sepia obrignyana</i> Férussac, 1826	*	*		
<i>Mullus barbatus</i> Linnaeus, 1758	*	*			<i>Todaropsis eblanae</i> (Ball, 1841)			*	*
<i>Pagellus bogaraveo</i> (Brünnich, 1768)			*		Altro				
<i>Pagellus erythrinus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	*		<i>Alcyonium palmatum</i> Pallas, 1766	*	*	*	
<i>Phycis blennoides</i> (Brünnich, 1768)	*				<i>Antedon mediterranea</i> Lamarck, 1816	*	*		
<i>Phycis phycis</i> (Linnaeus, 1758)			*		<i>Astropecten aranciaceus</i> (Linnaeus, 1758)	*			
<i>Scomber scombrus</i> Linnaeus, 1758	*			*	<i>Astropecten i. pentacanthus</i> (Delle Chiaje, 1825)	*	*		
<i>Scorpaena notata</i> Rafinesque, 1810	*	*	*		<i>Botryllus schlosseri</i> (Pallas, 1776)	*			
<i>Scorpaena porcus</i> Linnaeus, 1758			*		<i>Cidars cidaris</i> (Linnaeus, 1758)			*	
<i>Serranus cabrilla</i> (Linnaeus, 1758)	*		*		<i>Cnidaria</i> indet.	*			
<i>Serranus hepatus</i> (Linnaeus, 1758)	*				<i>Echinus melo</i> Lamarck, 1816	*			
<i>Spicara flexuosa</i> Rafinesque, 1810		*	*		<i>Galeodea echinofora</i> (Linnaeus, 1758)	*	*		
<i>Trachinus draco</i> Linnaeus, 1758				*	<i>Leptomera phalangium</i> (J. Müller, 1841)	*			
<i>Trachurus m. mediterraneus</i> (Steindachner, 1868)	*	*	*		<i>Luidia ciliaris</i> (Philippi, 1837)	*			
<i>Trachurus trachurus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	*		<i>Microcosmus sulcatus</i> (Coquebert, 1797)	*			
<i>Trigla lyra</i> Linnaeus, 1758				*	<i>Nudibranchia</i> indet.	*			
<i>Trisopterus capelanus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	*		<i>Ophiuroidea</i> indet.		*		
<i>Uranoscopus scaber</i> Linnaeus, 1758	*	*	*	*	<i>Pennatula rubra</i> (Ellis, 1764)	*	*		
<i>Zeus faber</i> Linnaeus, 1758	*	*			<i>Porifera</i> indet.	*			
Condroitti					<i>Rizostoma pulmo</i> (Macri, 1778)	*			
<i>Raja asterias</i> Delaroche, 1809		*	*	*	<i>Squilla mantis</i> (Linnaeus, 1758)	*		*	*
<i>Raja clavata</i> Linnaeus, 1758	*		*	*	<i>Stichopus regalis</i> (Cuvier, 1817)	*	*	*	

Indici di densità e biomassa per gruppi tassonomici

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

I Condroitti risultano il gruppo più rappresentativo, con indici molto alti sia nelle stazioni in prossimità del terminale (E20 P1-P4) che nella stazione di controllo (E20 PC). I Condroitti costituiscono il 78% della densità media delle stazioni E20 P1-P4 e l'88% della stazione di controllo E20 PC. Analizzando la biomassa media, questo gruppo contribuisce con l'84% nelle stazioni E20 P1-P4 e con il 93% nella stazione E20 PC.

Gli Osteitti, per quanto riguarda l'indice di densità, contribuiscono per il 16% nelle stazioni E20 P1-P4 e per il 10% nella stazione di controllo E20 PC. In biomassa il gruppo degli Osteitti rappresenta il 15% per le stazioni in prossimità del terminale ed il 7% per la stazione di controllo. Il gruppo dei Crostacei Decapodi mostra indici di densità pari al 5% ed al 2% rispettivamente nel gruppo di stazioni in prossimità del terminale (E20 P1-P4) e nella stazione di controllo (E20 PC). Gli indici di biomassa per questo gruppo risultano molto bassi (0,4% nelle stazioni E20 P1-P4), tanto che, nel caso della stazione E20 PC, il valore (0,07%) non è visibile nel grafico.

Anche i Molluschi Cefalopodi mostrano degli indici di densità e biomassa molto bassi, sia nel gruppo di stazioni in prossimità del terminale (0,7% in densità, 0,5% in biomassa) che nella stazione di controllo (0,9% in densità, 0,7% in biomassa).

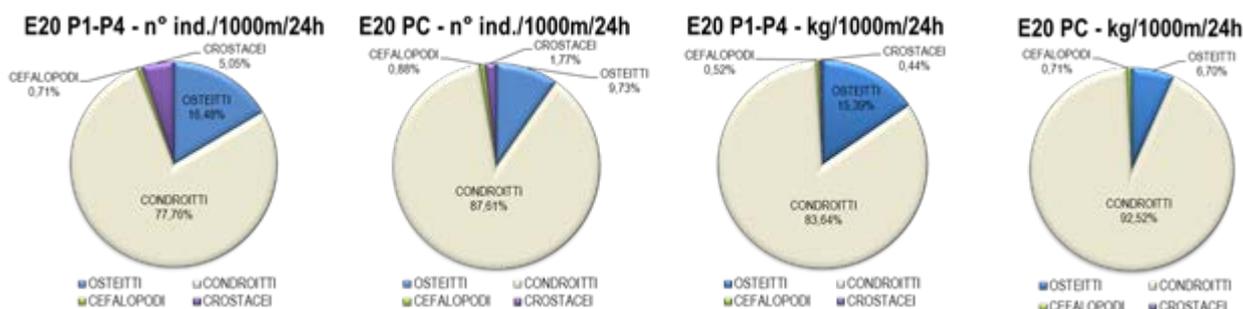


Figura 63 - Reti da posta: composizione percentuale delle catture, espressa come n° individui/1000m/24h e kg/1000m/24h, dei principali gruppi tassonomici campionati nelle stazioni E20 P1-P4 e E20 PC.

Nella Figura 64 è riportata la composizione in percentuale delle catture dei principali gruppi tassonomici campionati con la rete a strascico. Il gruppo degli Osteitti costituisce il 26% della densità registrata nelle stazioni in prossimità del terminale (E20 S1-S4) ed il 29% di quella registrata nella stazione di controllo (E20 SC). L'indice di biomassa di questo gruppo è pari al 43% per le stazioni E20 S1-S4 e al 57% per la stazione E20 SC.

I Condroitti mostrano, in termini di densità, un contributo pari al 4% nel gruppo di stazioni E20 S1-S4 e al 2% nella stazione E20 SC. Dal punto di vista della biomassa questo gruppo rappresenta il 33% nelle stazioni in prossimità del terminale (E20 S1-S4) ed il 13% nella stazione di controllo (E20 SC).

Il gruppo dei Molluschi Cefalopodi rappresenta il 3% ed il 5% della densità nelle stazioni E20 S1-S4 e E20 SC, rispettivamente. Il contributo percentuale dell'indice di biomassa per questo gruppo è pari al 5% per le stazioni poste in prossimità del terminale (E20 S1-S4) ed all'11% per la stazione di controllo (E20 SC).

L'indice di densità dei Crostacei Decapodi è pari al 67% nel gruppo di stazioni E20 S1-S4 e al 65% nella stazione E20 SC. L'indice di biomassa si attesta invece sul 18% sia per le stazioni in prossimità del terminale (E20 S1-S4) che per la stazione E20 SC.

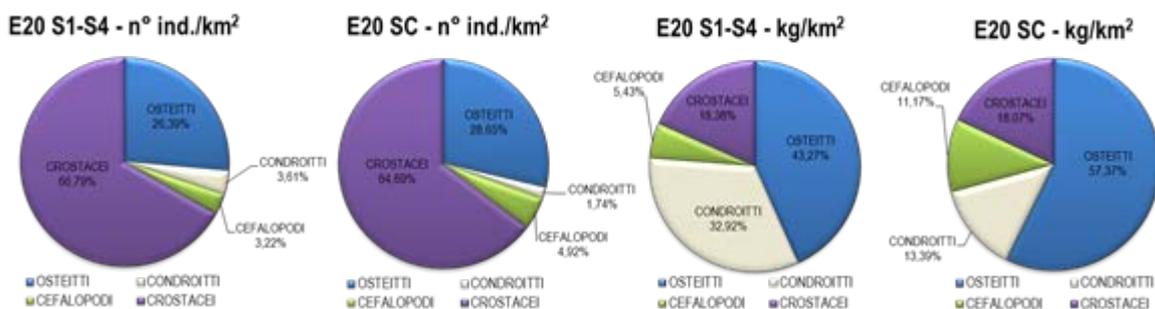


Figura 64 - Rete a strascico: composizione percentuale delle catture, espressa come n° individui/km² e kg/km², dei principali gruppi tassonomici campionati nelle stazioni E20 S1-S4 e E20 SC.

Reti da posta - Indici di densità e biomassa per specie

Nella Tabella 75 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. La specie più abbondante in assoluto è il gattuccio, *Scyllorhinus canicula*, con valori di densità di 90 ind./1000m/24h nel gruppo di stazioni E20 P1-P4 e di 114 ind./1000m/24h nella stazione E20 PC. L'indice di biomassa per il gattuccio è pari a 19,3 kg/1000m/24h per le stazioni poste in prossimità del terminale (E20 P1-P4) e a 23,7 kg/1000m/24h per la stazione di controllo (E20 PC). Le specie appartenenti al gruppo degli Osteitti hanno mostrato indici di densità e biomassa molto bassi. Le specie con gli indici di densità e biomassa più elevati sono la rana pescatrice, *Lophius budegassa*, con valori di 5 ind./1000m/24h e 3,7 kg/1000m/24h rispettivamente per il gruppo di stazioni E20 P1-P4 e di 1 ind./1000m/24h e 1,4 kg/1000m/24h per la stazione E20 PC, e la linguattola, *Citharus linguatula*, con indici di densità e biomassa pari a 3 ind./1000m/24h e 0,18 kg/1000m/24h per le stazioni in prossimità del terminale e di 4 ind./1000m/24h e 0,3 kg/1000m/24h rispettivamente per la stazione di controllo. Tra i Crostacei Decapodi la specie più abbondante è il gambero bianco, *Parapenaeus longirostris*, con un indice di densità pari a 6 ind./1000m/24h e a 3 ind./1000m/24h rispettivamente nel gruppo di stazioni E20 P1-P4 e nella stazione E20 PC e un indice di biomassa di 0,06 kg/1000m/24h (stazioni in prossimità del terminale) e 0,03 kg/1000m/24h (stazione di controllo).

Tabella 75 - 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 E20 P1-P4 e nella stazione di controllo E20 PC. * = DS<0,05.				
	E20 P1-P4		E20 PC	
	n° ind./1000m/24h	kg/1000m/24h	n° ind./1000m/24h	kg/1000m/24h
OSTEITTI				
<i>Alosa fallax nilotica</i>	0,6 \pm 1,2	0,52 \pm 0,7		
<i>Boops boops</i>	0,6 \pm 2,0	0,04 \pm 0,2		
<i>Chelydonichthys lucerna</i>	0,3 \pm 1,0	0,15 \pm 0,4		
<i>Citharus linguatula</i>	3,0 \pm 2,0	0,18 \pm 0,4	3,7	0,31
<i>Lepidorhombus boscii</i>	2,7 \pm 3,0	0,24 \pm 0,5	1,2	0,11
<i>Lepidotrigla cavillone</i>	0,3 \pm 1,1	0,004 \pm 0,1		
<i>Lophius budegassa</i>	4,9 \pm 5,7	3,74 \pm 1,9	1,2	1,35
<i>Merluccius merluccius</i>	0,9 \pm 1,0	0,59 \pm 0,8	2,5	0,42
<i>Pagellus bogaraveo</i>	0,9 \pm 1,9	0,04 \pm 0,2		
<i>Pagellus erythrinus</i>	0,3 \pm 1,0	0,02 \pm 0,1		
<i>Phycis phycis</i>	0,3 \pm 1,0	0,13 \pm 0,4		
<i>Scomber scombrus</i>			1,2	0,08
<i>Scorpaena notata</i>	0,3 \pm 1,0	0,01 \pm 0,1		
<i>Scorpaena porcus</i>	0,3 \pm 1,0	0,01 \pm 0,1		
<i>Serranus cabrilla</i>	0,3 \pm 1,0	0,01 \pm 0,1		
<i>Spicara flexuosa</i>	2,7 \pm 6,8	0,14 \pm 0,4		
<i>Trachinus draco</i>			1,2	0,11
<i>Trachurus mediterraneus</i>	0,3 \pm 1,0	0,03 \pm 0,2		
<i>Trachurus trachurus</i>	0,3 \pm 1,0	0,04 \pm 0,2		
<i>Trisopterus capelanus</i>	0,9 \pm 1,9	0,02 \pm 0,1		
<i>Trygla lyra</i>			1,2	0,01
<i>Uranoscopus scaber</i>	0,6 \pm 2,2	0,12 \pm 0,3	1,2	0,15
CONDROITTI				
<i>Raja asterias</i>	1,3 \pm 3,1	1,25 \pm 1,1	6,20	6,820
<i>Raja clavata</i>	5,7 \pm 5,4	12,28 \pm 3,5	2,5	4,87
<i>Scyliorhinus canicula</i>	89,9 \pm 59,3	19,33 \pm 4,4	114,4	23,74
CROSTACEI DECAPODI				
<i>Maja squinado</i>	0,3 \pm 1,0	0,07 \pm 0,3		
<i>Palinurus elephas</i>	0,3 \pm 1,0	0,05 \pm 0,2		
<i>Parapenaeus longirostris</i>	5,7 \pm 4,4	0,06 \pm 0,2	2,5	0,03
MOLLUSCHI CEFALOPODI				
<i>Todaropsis eblanae</i>	0,9 \pm 1,9	0,21 \pm 0,5	1,2	0,27
ALTRO				
<i>Alcyonium palmatum</i>	0,3 \pm 1,1	0,03 \pm 0,2		
<i>Cidaris cidaris</i>	0,9 \pm 1,9	0,11 \pm 0,3		
<i>Squilla mantis</i>	0,9 \pm 1,0	0,02 \pm 0,2	3,7	0,06
<i>Stichopus regalis</i>	0,3 \pm 1,1	0,08 \pm 0,3		

Reti a strascico - Indici di densità e biomassa per specie

Nella Tabella 76 sono riportati gli indici di densità in n° individui/km² (di seguito n° ind./km²) e di biomassa in kg/km² per le specie catturate con la rete a strascico. Nelle stazioni in prossimità del terminale (E20 S1-S4) la specie più abbondante in assoluto è il gambero bianco, *P. longirostris*, con un indice di densità di 11852 ind./km² e un indice di biomassa di 98,1 kg/km². Tra gli Osteitti la specie più abbondante è la triglia di fango, *Mullus barbatus*, con un indice di densità di 1889 ind./km² ed un indice di biomassa di 104,8 kg/km². Altri Osteitti per i quali sono stati stimati indici elevati sono il caviglione, *Lepidotrigla cavillone*, con indici di densità e di biomassa di 624 ind./km² e di 7,7 kg/km² rispettivamente, il nasello, *Merluccius merluccius* (581 ind./km² e 32,9 kg/km²), il pagello fragolino, *Pagellus erythrinus*, (301 ind./km² e 19.4

kg/km²) e la boga, *Boops boops*, con un indice di densità di 237 ind./km² e un indice di biomassa di 13,8 kg/km². Nel gruppo dei Condroidi la specie più abbondante è il gattuccio *S. canicula* con indici di densità e biomassa di 597 ind./km² e 100,7 kg/km² rispettivamente. Fra i Molluschi Cefalopodi la specie più abbondante è il totano, *Illex coindetii*, con un indice di densità di 393 ind./km² e un indice in biomassa di 11,5 kg/km², seguita dal calamaro, *Loligo vulgaris*, con indici di densità e biomassa di 86 ind./km² e 2,4 kg/km² rispettivamente e dal moscardino, *Eledone cirrhosa*, (32 ind./km² e 1,1 kg/km²). Nel gruppo indicato come "Altro" le specie più abbondanti sono i due echinodermi *Stichopus regalis*, con un indice di densità di 118 ind./km² e un indice di biomassa di 25,3 kg/km² e *Astropecten irregularis pentacanthus*, con indici di densità e biomassa pari a 54 ind./km² e 0,2 kg/km² rispettivamente e l'antozoo *Alcyonum palmatum* (32 ind./km² e 0,3 kg/km²). Anche nella stazione di controllo E20 SC la specie più abbondante in assoluto è il gambero bianco, *P. longirostris*, con un indice di densità di 9624 ind./km² e un indice di biomassa di 74,7 kg/km². Nel gruppo degli Osteitti le specie più abbondanti sono la triglia di fango, *M. barbatus*, (1249 ind./km² e 80,4 kg/km²), il caviglione, *L. cavillone*, con indici di densità e biomassa di 883 ind./km² e 11,3 kg/km² rispettivamente, il suro, *Trachurus mediterraneus* (603 ind./km² e 23,6 kg/km²) ed il nasello *M. merluccius*, con un indice di densità di 409 ind./km² ed un indice di biomassa di 18,2 kg/km². Nel gruppo dei Condroidi la specie più abbondante è rappresentata dal gattuccio *S. canicula*, con un indice di densità di 237 ind./km² e un indice di biomassa di 27,6 kg/km². Tra i Molluschi Cefalopodi le specie più abbondanti, come osservato nelle stazioni in prossimità del terminale, sono il totano, *I. coindetii*, con un indice di densità di 301 ind./km² e un indice di biomassa di 17,6 kg/km², ed il calamaro, *L. vulgaris*, con indici di densità e biomassa di 301 ind./km² e 9,0 kg/km² rispettivamente. Nella stazione E20 SC le specie più abbondanti appartenenti al gruppo "Altro" sono gli echinodermi *S. regalis*, con un indice di densità di 108 ind./km² e un indice di biomassa di 21,5 kg/km² e *Antedon mediterranea* (108 ind./km² e 0,1 kg/km²).

Tabella 76 - Rete a strascico: indici di densità e biomassa (\pm DS), espressi in n° individui/km ² e kg/km ² , stimati per le specie catturate nelle stazioni E20 S1-S4 e nella stazione di controllo E20 SC. * = DS<0,05.				
	E20 S1-S4		E20 SC	
	n° ind./km ²	kg/km ²	n° ind./km ²	kg/km ²
OSTEITTI				
<i>Argentina sphyraena</i>	5,4 \pm 18,6	0,11 \pm 0,4		
<i>Boops boops</i>	236,8 \pm 370,4	13,77 \pm 23,3	215,3	9,37
<i>Chelydonichthys lucerna</i>			21,5	1,72
<i>Citharus linguatula</i>	10,8 \pm 21,5	0,39 \pm 1,0	21,5	1,70
<i>Capros aper</i>	21,5 \pm 52,7	0,11 \pm 0,3		
<i>Engraulis encrasicolus</i>	16,1 \pm 35,7	0,15 \pm 0,3		
<i>Helicolenus dactylopterus</i>	5,4 \pm 18,6	0,09 \pm 0,3		
<i>Lepidorhombus boscii</i>	166,9 \pm 165,0	5,62 \pm 6,3	129,2	6,48
<i>Lepidotrigla cavillone</i>	624,4 \pm 920,0	7,65 \pm 11,2	882,7	11,30
<i>Lophius budegassa</i>	43,1 \pm 30,4	19,70 \pm 7,6	64,6	52,55
<i>Lophius piscatorius</i>	5,4 \pm 18,6	0,58 \pm 2,0		
<i>Macroramphosus scolopax</i>	64,6 \pm 199,7	0,37 \pm 1,1		
<i>Merluccius merluccius</i>	581,3 \pm 309,0	32,91 \pm 18,2	409,1	18,17
<i>Mullus barbatus</i>	1889,2 \pm 917,7	104,79 \pm 32,3	1248,7	80,35
<i>Pagellus erythrinus</i>	301,4 \pm 399,3	19,43 \pm 24,6	387,5	22,15
<i>Phycis blennoides</i>	5,4 \pm 18,6	0,51 \pm 1,8		
<i>Scomber scombrus</i>	5,4 \pm 18,6	0,27 \pm 1,0		
<i>Scorpaena notata</i>	5,4 \pm 18,6	0,11 \pm 0,4	64,6	2,00
<i>Serranus cabrilla</i>	5,4 \pm 18,6	0,16 \pm 0,6		
<i>Serranus hepatus</i>	48,4 \pm 46,9	0,48 \pm 0,6		
<i>Spicara flexuosa</i>			43,1	2,20
<i>Trachurus mediterraneus</i>	236,8 \pm 330,7	10,19 \pm 12,9	602,8	23,55
<i>Trachurus trachurus</i>	204,5 \pm 273,2	5,34 \pm 10,0	107,6	0,65
<i>Trisopterus capelanus</i>	145,3 \pm 183,6	4,11 \pm 7,2	21,5	0,28
<i>Uranoscopus scaber</i>	21,5 \pm 52,7	3,64 \pm 10,3	21,5	4,28
<i>Zeus faber</i>	32,3 \pm 48,1	0,45 \pm 0,9	21,5	0,34
CONDROITTI				
<i>Raja asterias</i>			21,50	27,770
<i>Raja clavata</i>	43,1 \pm 68,1	75,02 \pm 108,4		
<i>Scyliorhinus canicula</i>	597,4 \pm 633,8	100,69 \pm 110,6	236,8	27,56
CROSTACEI DECAPODI				

Tabella 76 - Rete a strascico: indici di densità e biomassa (\pm DS), espressi in n° individui/km ² e kg/km ² , stimati per le specie catturate nelle stazioni E20 S1-S4 e nella stazione di controllo E20 SC. * = DS<0,05.				
<i>Parapenaeus longirostris</i>	11851,9 \pm 5643,2	98,11 \pm 44,6	9623,6	74,66
MOLLUSCHI CEFALOPODI				
<i>Eledone cirrhosa</i>	32,3 \pm 48,1	1,11 \pm 2,0	21,5	1,21
<i>Eledone moschata</i>	5,4 \pm 18,6	0,848 \pm 1,7		
<i>Illex coindetii</i>	392,9 \pm 123,2	11,50 \pm 9,2	301,4	17,57
<i>Loligo (Alloteuthis) sp.</i>	5,4 \pm 18,6	0,02 \pm 0,1	21,5	0,04
<i>Loligo vulgaris</i>	86,1 \pm 195,0	2,37 \pm 4,9	301,4	9,02
<i>Octopus vulgaris</i>	21,5 \pm 74,6	12,41 \pm 43,0	21,5	16,86
<i>Sepia elegans</i>			43,1	0,58
<i>Sepia orbignyana</i>			21,5	0,90
ALTRO				
<i>Alcyonium palmatum</i>	32,3 \pm 88,8	0,32 \pm 0,9	64,6	1,29
<i>Antedon mediterranea</i>	10,8 \pm 37,3	0,01*	107,6	0,11
<i>Astropecten aranciacus</i>	5,4 \pm 18,6	0,81 \pm 2,8		
<i>Astropecten irregularis pentacanthus</i>	53,8 \pm 186,4	0,16 \pm 0,6	64,6	0,11
<i>Botryllus schlosseri</i>	5,4 \pm 18,6	0,11 \pm 0,4		
<i>Galeodea echinofoera</i>	10,8 \pm 21,5	0,25 \pm 0,5	64,6	0,86
<i>Cnidaria indet.</i>	26,9 \pm 93,2	16,15 \pm 55,9		
<i>Leptometra phalangium</i>	16,1 \pm 55,9	23,41 \pm 47,0		
<i>Luidia ciliaris</i>	5,4 \pm 18,6	0,43 \pm 1,5		
<i>Microcosmus sulcatus</i>	5,4 \pm 18,6	0,05 \pm 0,2		
<i>Nudibranchia indet.</i>	5,4 \pm 18,6	0,11 \pm 0,4		
<i>Ophiuroidea indet.</i>			43,1	0,20
<i>Pennatula rubra</i>	16,1 \pm 55,9	0,11 \pm 0,4	43,1	0,43
<i>Poriphera indet.</i>	10,8 \pm 21,5	1,10 \pm 3,7		
<i>Rhizostoma pulmo</i>	10,8 \pm 37,3	16,15 \pm 55,9		
<i>Squilla mantis</i>	16,1 \pm 35,7	0,30 \pm 0,7		
<i>Stichopus regalis</i>	118,4 \pm 64,6	25,30 \pm 10,7	107,6	21,53

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. Si è scelto pertanto di analizzare gli indici di densità e biomassa della razza chiodata, *Raja clavata*, per le reti da posta e del sugarello, *Trachurus trachurus*, e del rombo quattrocchi, *Lepidorhombus boschii*, per la rete a strascico.

Reti da posta

Nella **Figura 65** sono riportati gli indici di densità e biomassa per alcune specie catturate con le reti da posta. I grafici mostrano i valori medi e la deviazione standard degli indici, sia per specie, sia per sito (E20 P1-P4: stazioni in prossimità del terminale; E20 PC: stazione di controllo).

La rana pescatrice *L. budegassa* ed la razza chiodata *R. clavata* mostrano indici sostanzialmente più elevati per le stazioni poste in prossimità del terminale (E20 P1-P4). Nel caso della razza stellata, *Raja asterias* e del gattuccio *S. canicula* gli indici di densità e biomassa sono più elevati nella stazione E20 PC rispetto al gruppo di stazioni E20 P1-P4. La linguattola *C. linguatula* mostra indici di densità e biomassa abbastanza simili sia per le stazioni in prossimità del terminale che per la stazione di controllo. Nel caso della gallinella *Chelydonichthys lucerna*, catturata esclusivamente nelle stazioni E20 P1-P4, gli indici stimati sono risultati molto bassi.

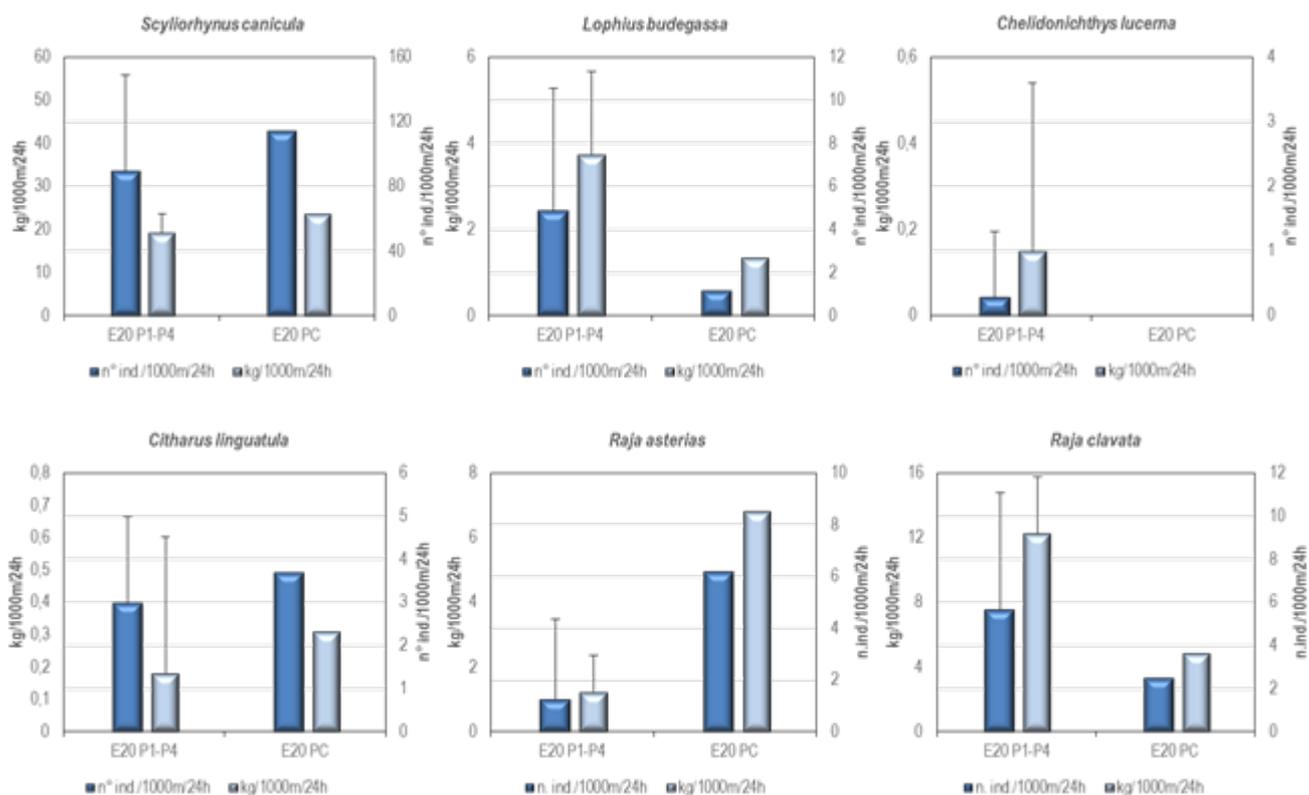


Figura 65 - Reti da posta: indici di densità e biomassa, stimati per le stazioni E20 P1-P4 e per la stazione E20 PC, per specie. Sono riportati i valori medi + la deviazione standard. In blu n° individui/1000m²4h, in azzurro kg/1000m²4h.

Rete a strascico

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

Il nasello *M. merluccius* la triglia di fango *M. barbatus*, il gambero bianco *P. longirostris*, il moscardino *E. cirrhosa* ed il rombo quattrocchi *L. boschii* non mostrano sostanziali differenze negli indici di densità e biomassa stimati per il gruppo di stazioni E20 S1-S4 e per la stazione E20 SC. Nel caso invece del merluzzetto *Trisopterus capelanus*, del gattuccio *S. canicula* e del sugarello *T. trachurus* gli indici di densità e biomassa sono più elevati nelle stazioni poste in prossimità del terminale (E20 P1-P4). Per lo scorfanotto, *Scorpaena notata* ed il pagello fragolino *P. erythrinus* questi stessi indici sono più elevati nella stazione di controllo (E20 SC).

Distribuzioni taglia-frequenza per specie

Reti da posta

Nella Figura 67 è illustrata la distribuzione di taglia-frequenza degli esemplari campionati del gattuccio *S. canicula*, con le reti da posta. Nel gruppo di stazioni E20 P1-P4 sono stati campionati 298 individui con taglia compresa tra 25 e 47 cm LT; è possibile individuare una moda a 41 cm LT. Nella stazione E20 PC sono stati catturati 92 esemplari, con taglia compresa tra 31 e 46 cm LT; in questo caso la moda è presente a 40 cm LT.

Per le altre specie scelte per le reti da posta non sono state elaborate le distribuzioni di taglia-frequenza a causa dello scarso numero di individui campionati. Sono stati campionati 17 individui di rana pescatrice *L. budegassa*: 16 esemplari, con taglia compresa tra 32 e 52 cm LT, sono stati catturati nelle stazioni in prossimità del terminale (E20 P1-P4), mentre 1 solo animale di 30 cm LT è stato campionato nella stazione di controllo (E20 PC). Nel caso della linguattola *C. linguatula* sono stati campionati 10 esemplari, con taglia compresa tra 16,5 e 24 cm LT, nelle stazioni E20 P1-P4, mentre nella stazione E20 PC sono stati catturati 3 animali con taglia compresa tra 19,5 e 23 cm LT. Passando alla razza stellata *R. asterias* in totale sono stati campionati 9 esemplari: 4 nelle stazioni in prossimità del terminale (2 di 54 cm LT e 2 di 55 cm LT), 5 nella stazione di controllo (taglia compresa tra 52 e 59 cm LT). La cattura della razza chiodata *R. clavata* in totale è costituita da 22 esemplari. Nel gruppo di stazioni E20 P1-P4 sono stati campionati 20 animali con taglia compresa tra 58 e 83 cm LT, nella stazione di controllo E20 PC sono stati campionati solo 2 animali con taglia di 60 e 72 cm LT. La gallinella *C. lucerna* è stata pescata solamente in una delle stazioni poste in prossimità del terminale (E20 P1-P4; 1 individuo di 38 cm LT).

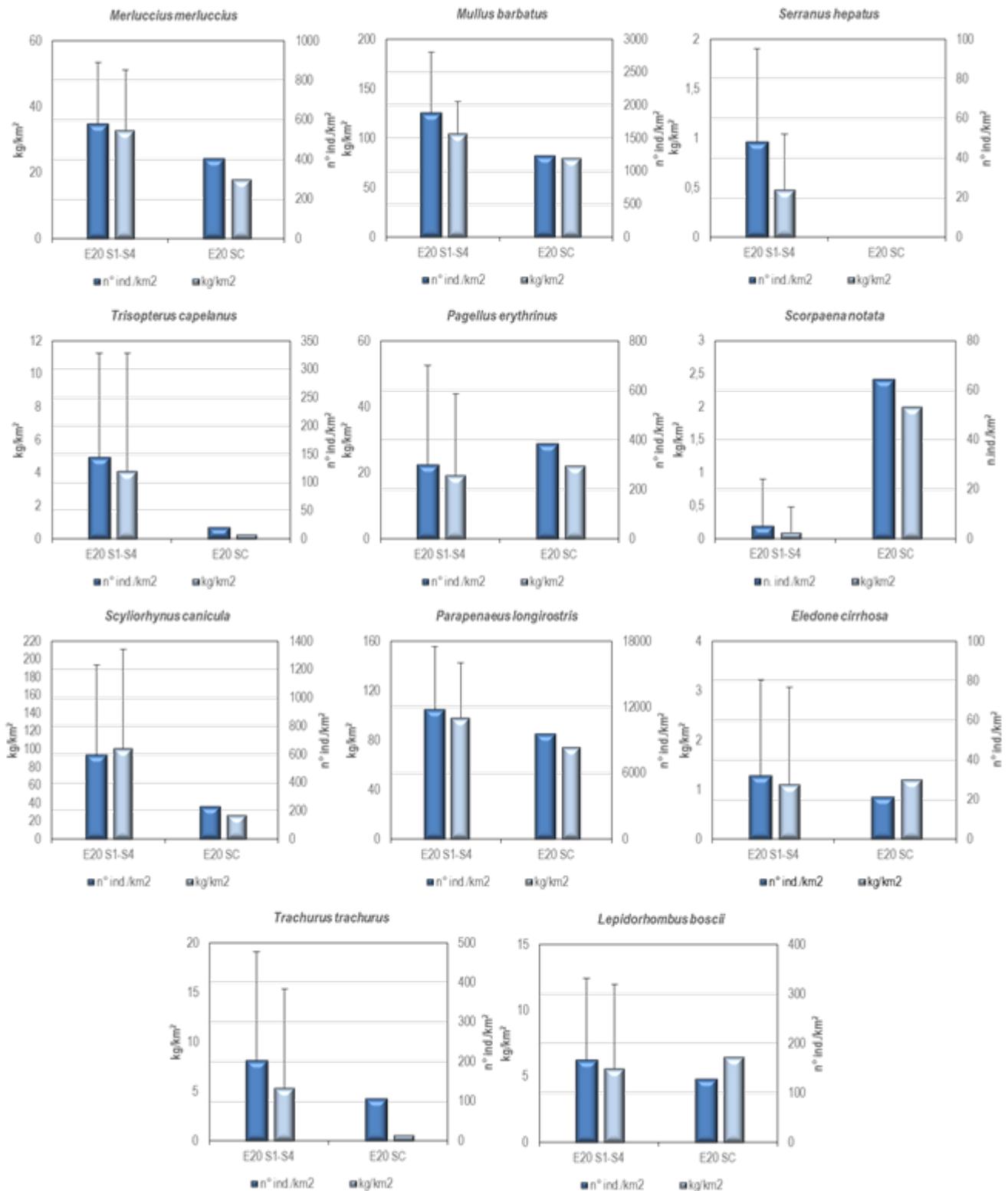


Figura 66 – Rete a strascico: indici di densità e biomassa, stimati per le stazioni E20 S1-S4 e per la stazione E20 SC, per specie. Sono riportati i valori medi + la deviazione standard. In blu n° individui/km², in azzurro chiaro kg/km².

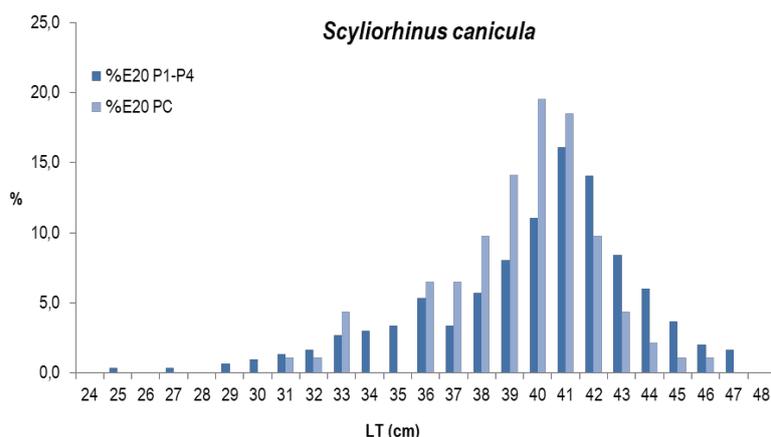


Figura 67 - Rete da posta: distribuzione taglia-frequenza del gattuccio (*Scylliorhinus canicula*). N° individui: 298 (E20 S1-S4), 92 (E20 SC).

Rete a strascico

Nel gruppo degli Osteitti la specie maggiormente catturata è la triglia di fango *M. barbatus*. Nel grafico sottostante viene riportata solo la distribuzione di taglia degli esemplari catturati nel gruppo di stazioni E20 P1-P4, in quanto gli animali catturati nella stazione di controllo E20 PC (58 esemplari con taglia tra 11 e 24 cm LT) non mostrano una distribuzione di taglia ben definita. Nel gruppo di stazioni E20 S1-S4 sono stati campionati 351 esemplari con taglia compresa tra 9 e 24 cm LT (Figura 68). La distribuzione di taglia presenta due mode, una a 15,5 cm LT ed una a 18 cm LT.

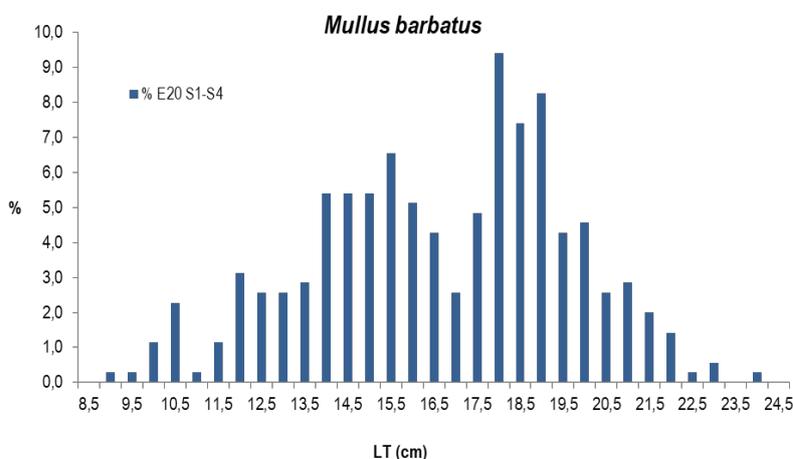


Figura 68 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza della triglia di fango (*Mullus barbatus*). N° individui: 351 (E20 S1-S4).

Anche nel caso del nasello *M. merluccius* viene mostrata solo la distribuzione taglia-frequenza degli esemplari catturati nel gruppo di stazioni E20 S1-S4, in quanto il numero degli animali catturati nella stazione E20 SC è molto basso (19 esemplari con taglia compresa tra 9 e 28 cm LT). Nel gruppo di stazioni poste in prossimità del terminale sono stati campionati 108 esemplari, con taglia tra 7 e 33 cm LT (Figura 69). Nella distribuzione di taglia sono evidenti due mode, una a 10 cm LT, l'altra a 23 cm LT.

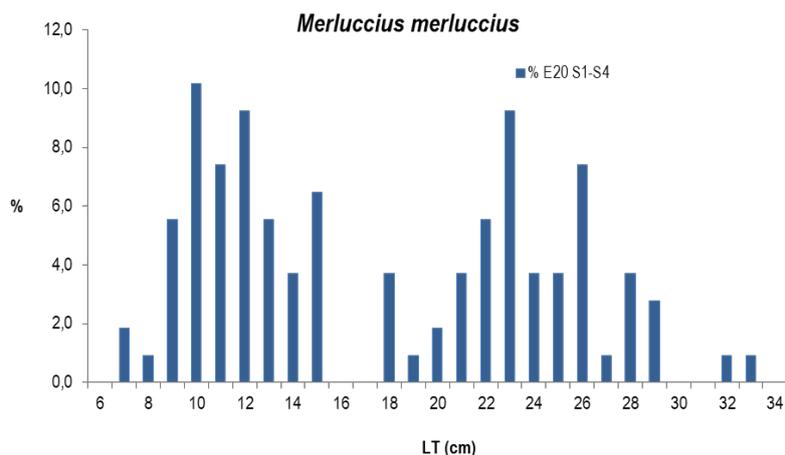


Figura 69 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del nasello (*Merluccius merluccius*). N° individui: 108 (E20 S1-S4).

Nel caso del pagello fragolino *P. erythrinus* (Figura 70), sono stati campionati in totale 74 esemplari, 56 nel gruppo di stazioni E20 S1-S4 e 18 nella stazione E20 SC. La taglia degli animali campionati nelle stazioni in prossimità del terminale è compresa tra 14,5 e 22 cm LT, mentre quella degli animali provenienti dalla stazione di controllo è compresa tra 13,5 e 22 cm LT. La distribuzione di taglia degli individui delle stazioni E20 S1-S4 mostra una moda a 16 cm LT. Dato lo scarso numero degli esemplari non viene fornita la distribuzione di taglia-frequenza per la stazione E20 SC.

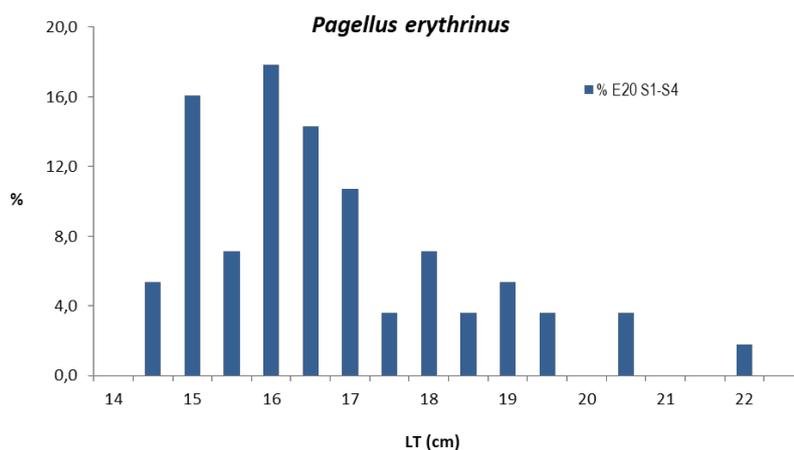


Figura 70 - Reti a strascico: distribuzione taglia-frequenza del pagello fragolino (*Pagellus erythrinus*). N° individui: 56 (E20 S1-S4).

Per gli altri Osteitti scelti come specie di riferimento lo scarso numero di individui campionati non ha permesso di elaborare le distribuzioni di taglia-frequenza. Nel caso del merluzzetto, *T. capelanus* sono stati catturati in totale 28 individui, 27 nelle stazioni E20 S1-S4 con taglia compresa tra 9 e 16,5 cm LT, e 1 nella stazione E20 SC, con taglia di 11 cm LT. Passando al sugarello *T. Trachurus*, nelle stazioni in prossimità del terminale (E20 S1-S4) sono stati campionati 38 animali aventi taglia tra 7 e 26,5 cm LT, mentre nella stazione di controllo (E20 SC) sono stati catturati 5 animali con taglia compresa tra 8 e 11,5 cm LT. La cattura totale del rombo quattrocchi *L. boschii* è stata di 37 animali: 31 nel gruppo di stazioni E20 S1-S4 (intervallo di taglia 11-23,5 cm LT) e 6 nella stazione E20 SC (intervallo di taglia: 14-21 cm LT). Nel caso dello scorfanotto *S. notata* in totale sono stati campionati 4 esemplari, 1 di 10 cm LT in una delle stazioni in prossimità del terminale e 3 con taglia tra 10 e 12,5 cm LT, nella stazione di controllo. Il sacchetto *S. hepatus* è stato campionato solamente nel gruppo di stazioni E20 S1-S4 con 9 esemplari di taglia compresa tra 7,5 e 9,5 cm LT.

Il gattuccio *S. canicula* è presente nelle stazioni E20 S1-S4 con un totale di 113 individui, con taglia compresa tra 24 e 46 cm LT, mostrando due mode una a 29 cm LT ed una a 40 cm LT (Figura 71). Visto lo scarso numero di animali campionati, non viene mostrata la distribuzione di taglia-frequenza della stazione E20 SC. In questa stazione sono stati campionati 11 individui, con un intervallo di taglia tra 25 e 45 cm LT.

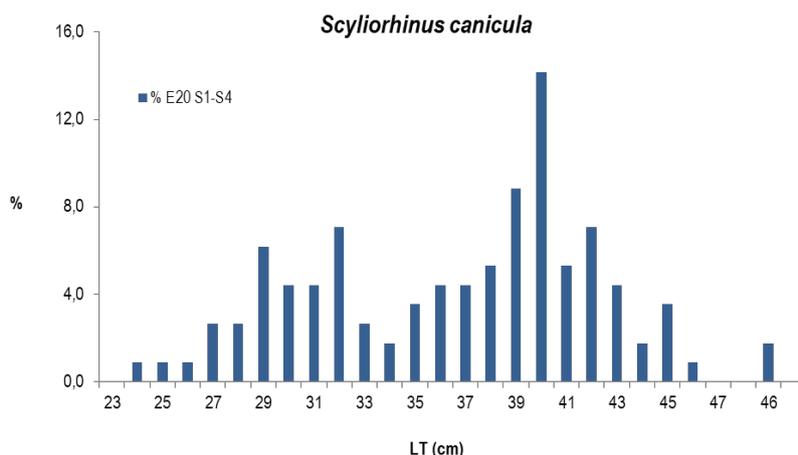


Figura 71 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del gattuccio (*Scylliorhinus canicula*). N° individui: 113 (E20 S1-S4).

Passando al gambero bianco *P. longirostris*, nel gruppo di stazioni E20 S1-S4 sono stati catturati 2202 individui con taglia compresa tra 14 e 34 mm LC, mentre nella stazione E20 SC sono stati campionati 447 esemplari con taglia compresa tra 15 e 29 mm LC. La distribuzione di taglia-frequenza degli animali catturati in prossimità del terminale (E20 S1-S4) mostra due mode, una a 20 mm LC e una a 26 mm LC, così come la distribuzione degli organismi provenienti dalla stazione E20 SC, con una moda a 9 mm LC ed una a 14 mm LC (Figura 72).

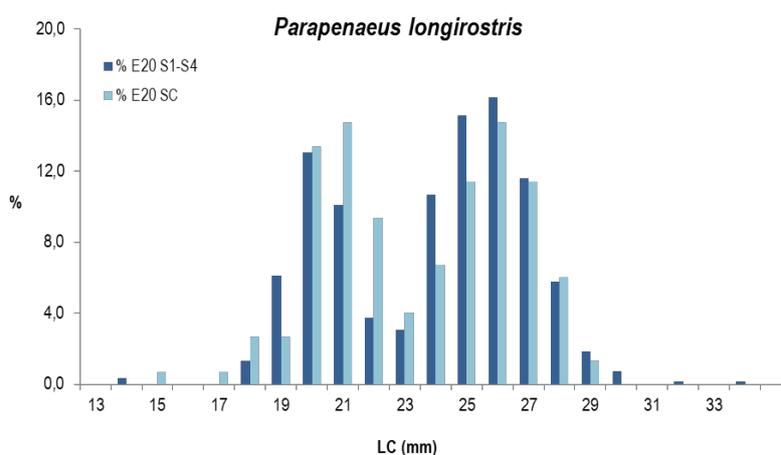


Figura 72 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del gambero bianco (*Parapenaeus longirostris*). N° individui: 2202 (E20 S1-S4); 447 (E20 SC).

Nel caso del moscardino, *E. cirrhosa*, sono stati campionati 6 animali nelle stazioni E20 S1-S4, con taglia compresa tra 3 e 5,5 cm LM, ed 1 solo animale nella stazione E20 SC di 5 cm LM.

6.3.6 Fauna ittica pelagica

Nella campagna estiva E20, con le reti da posta pelagiche, sono stati catturati 2 esemplari di tombarello, *Auxis rochei rochei*, 1 nella stazione E20 PD, con un indice di densità di 9 ind./1000m/24h ed un indice di biomassa di 13,0 kg/1000m/24h, ed 1 nella stazione E20 PDC con indici densità e biomassa rispettivamente di 6 ind./1000m/24h e 9,2 kg/1000m/24h. Le taglie registrate per i due individui erano di 50 cm LT (stazione E20 PD) e 48 cm LT (stazione E20 PDC).

Lo scarso numero di individui catturati 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 275 nm per un totale di 58h di navigazione.

Nella **Figura 73** sono riportate le rotte percorse per il monitoraggio visivo condotto in estate 2020 (E20).

E' stato effettuato n°1 avvistamento: in data 16.09.2020 posizione 43° 41' 30.665" N Lat e 010° 02' 13.194" E Long, in totale 12 delfini appartenenti alla specie tursiopo (*Tursiops truncatus*) con piccoli a 3.7nm in posizione NE dal Terminale (**Foto 1 e Foto 2**). Nessun avvistamento di tartarughe.

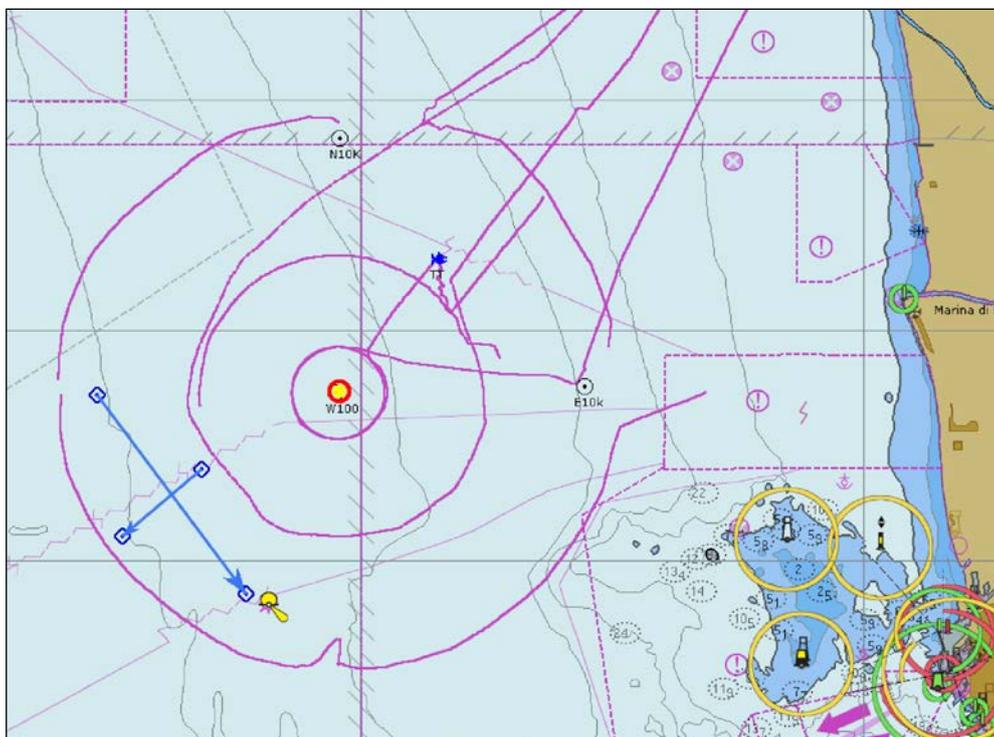


Figura 73 – Rotte effettuate per il monitoraggio visivo, acustico e bioacustico condotto in estate 2020 (E20).

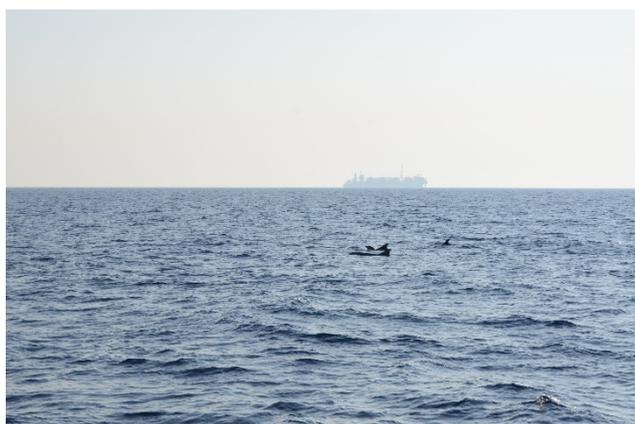


Foto 1 - Gruppo di tursiopi, sullo sfondo FSRU Toscana.



Foto 2 - Tursiopi con piccolo.

6.4 INDAGINI GENERALI

La tabella seguente sintetizza i dati meteorologici, orari e dati sul traffico marittimo raccolti durante la campagna (ivi compreso la presenza del guardian); inoltre, in una specifica colonna si riportano le attività in corso di svolgimento sul Terminale al momento di acquisizione delle misure.

Tabella 77 - Dati meteorologici, orari e dati di traffico marittimo e Modalità operative del Terminale al momento dell'acquisizione delle misure (E20).

Data	Stazione	WS (knt)	W dir(°N)	Hs onda (m)	CTD start	CTD end	Depth	HYD start	HYD end	Note	Modalità operative del Terminale	Presenza TUG**	Presenza Guardian *
12/09/2020	W10K	9,7	293	0,31	15:17	15:18	55	15:21	15:25	Mari 0 dist 6nm, vel 13knt, rotta N	Holding	NO	SI
12/09/2020	W10K	9,6	295	0,31	---	---	8	15:09	15:13	Mari 0 dist 6nm, vel 13knt, rotta N	Holding	NO	SI
13/09/2020	S10K	2,6	30	0,33	12:49	12:51	55	12:52	12:56	---	Holding	NO	SI
13/09/2020	S10K	2,9	345	0,33	---	---	8	12:59	13:03	---	Holding	NO	SI
14/09/2020	N10K	9,8	311	0,37	17:21	17:22	55	17:23	17:27	bettolina 1nm, Vel 10knt, dir s	Holding	07.10 / 15.10 Costante Neri	00.00 / 06.25 LNG Guardian 06.25 / 24.00*** Corrado Neri
14/09/2020	N10K	8,7	312	0,37	---	---	8	17:14	17:18	Pesch a 4nm, Vel 4knt, dir S	Holding	07.10 / 15.10 Costante Neri	00.00 / 06.25 LNG Guardian 06.25 / 24.00 Corrado Neri
15/09/2020	N1K	6,1	347	0,28	12:53	12:56	55	12:56	13:00	Rim Falesia a 500mt	Holding	NO	00.00 / 20.05 Corrado Neri 20.05 / 24.00 LNG Guardian
15/09/2020	N1K	6,6	352	0,28	---	---	8	12:45	12:49	Rim Falesia a 500mt	Holding	NO	00.00 / 20.05 Corrado Neri 20.05 / 24.00 LNG Guardian

Tabella 77 - Dati meteorologici, orari e dati di traffico marittimo e Modalità operative del Terminale al momento dell'acquisizione delle misure (E20).

Data	Stazione	WS (knt)	W dir(°N)	Hs onda (m)	CTD start	CTD end	Depth	HYD start	HYD end	Note	Modalità operative del Terminale	Presenza TUG**	Presenza Guardian *
15/09/2020	N100	10,1	327	0,23	---	---	8	13:24	13:28	Rim Falesia a 20mt	Holding	NO	00.00 / 20.05 Corrado Neri 20.05 / 24.00 LNG Guardian
15/09/2020	W100	7,9	326	0,23	13:41	13:42	55	13:43	13:47	---	Holding	NO	00.00 / 20.05 Corrado Neri 20.05 / 24.00 LNG Guardian
15/09/2020	W100	10,1	327	0,23	---	---	8	13:34	13:38	---	Holding	NO	00.00 / 20.05 Corrado Neri 20.05 / 24.00 LNG Guardian
15/09/2020	S100	7,4	322	0,24	14:00	14:01	55	14:01	14:05	---	Holding	NO	00.00 / 20.05 Corrado Neri 20.05 / 24.00 LNG Guardian
15/09/2020	S100	7,4	322	0,24	---	---	8	13:55	13:59	---	Holding	NO	00.00 / 20.05 Corrado Neri 20.05 / 24.00 LNG Guardian
15/09/2020	E100	8,6	316	0,23	14:19	14:20	55	14:21	14:25	---	Holding	NO	00.00 / 20.05 Corrado Neri 20.05 / 24.00 LNG Guardian
15/09/2020	E100	8,6	316	0,23	---	---	8	14:14	14:18	---	Holding	NO	00.00 / 20.05 Corrado Neri

Tabella 77 - Dati meteorologici, orari e dati di traffico marittimo e Modalità operative del Terminale al momento dell'acquisizione delle misure (E20).

Data	Stazione	WS (knt)	W dir(°N)	Hs onda (m)	CTD start	CTD end	Depth	HYD start	HYD end	Note	Modalità operative del Terminale	Presenza TUG**	Presenza Guardian *
													20.05 / 24.00 LNG Guardian
16/09/2020	W1K	12,0	310	0,18	16:11	16:12	55	16:13	16:17	---	Holding	NO	SI
16/09/2020	W1K	12,0	310	0,18	---	---	8	16:06	16:10	---	Holding	NO	SI
16/09/2020	S1K	9,5	311	0,16	14:57	14:58	55	14:59	15:03	---	Holding	NO	SI
16/09/2020	S1K	8,9	306	0,16	---	---	8	15:06	15:10	---	Holding	NO	SI
16/09/2020	E1K	9,8	305	0,17	15:26	15:27	55	15:28	15:32	---	Holding	NO	SI
16/09/2020	E1K	10,7	304	0,17	---	---	8	15:38	15:42	---	Holding	NO	SI
20/09/2020	E10K	8,4	93	0,51	12:54	12:55	45	12:58	13:02	Pesch a 500mt, 3 pesch a 2nm a NW	Holding	NO	SI
20/09/2020	E10K	7,6	99	0,51	---	---	8	12:48	12:52	Pesch a 500mt, 3 pesch a 2nm a NW	Holding	NO	SI
14/09/2020	N10K	9,8	311	0,37	17:21	17:22	55	17:23	17:27	bettolina 1nm, Vel 10knt, dir s	Holding	07.10 / 15.10 Costante Neri	00.00 / 06.25 LNG Guardian 06.25 / 24.00 Corrado Neri

* La nave di appoggio LNG Guardian o un suo sostituto (nave che effettua il pattugliamento intorno al Terminale è presente sempre tra le 2 mN e 4 mN dal Terminale)

**gli orari tengono conto dell'arrivo all'ingresso delle 4 mn e l'uscita alle 4mn. Per valutare eventuale impatto possiamo considerare 20 minuti dall'orario in ingresso per raggiungere il Terminale e successivo tempo di affiancamento ad esso con i motori accesi (per attività di scarico materiale, ecc) fino alla ripartenza, circa 20 minuti prima l'orario di uscita dalla 4 mn.

*** identifica la sostituzione del LNG guardian con un rimorchiatore

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 e alla profondità di 55m. Nelle figure abbiamo la 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 1.000m e 10.000m per la direttrice Nord (quella di maggior interesse per la presente campagna).

Nelle seguenti quattro figure si riportano i livelli PSDf misurati a 100m in tutte le stazioni.

I livelli sono fra gli 80 ed i 100 dB re $1\mu\text{Pa}$ per frequenze sotto i 250Hz e scendono fino ai 40-60 dB re $1\mu\text{Pa}$ a frequenze più alte. Sono presenti picchi di livello alle frequenze di 50Hz, 250Hz, 315Hz, 500Hz, 800Hz, 1.250Hz, 2.000Hz ed 8.000Hz.

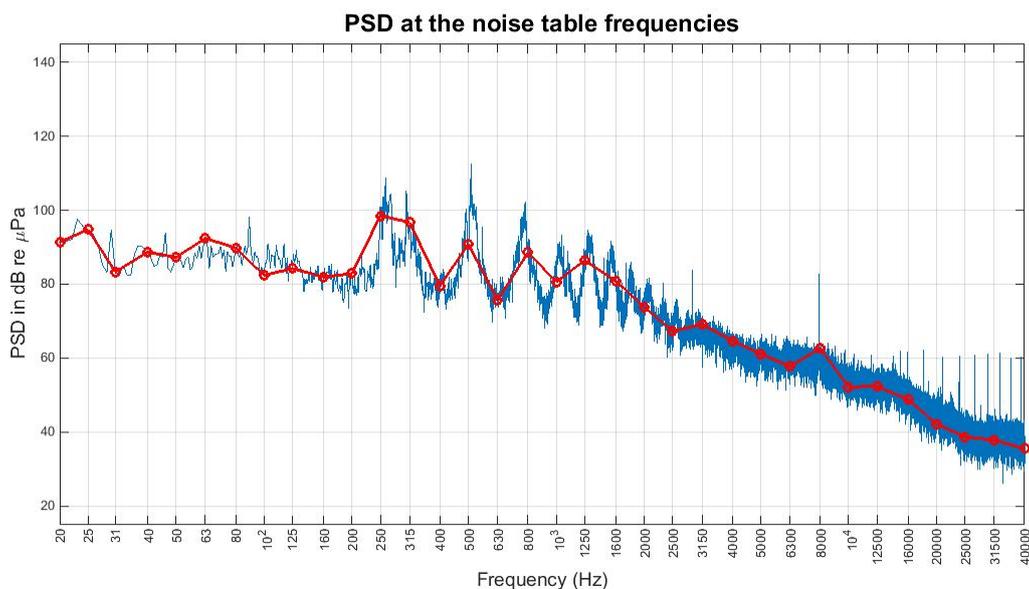


Figura 74 - PSDf del rumore subacqueo misurato nel punto E100 a 55m di profondità.

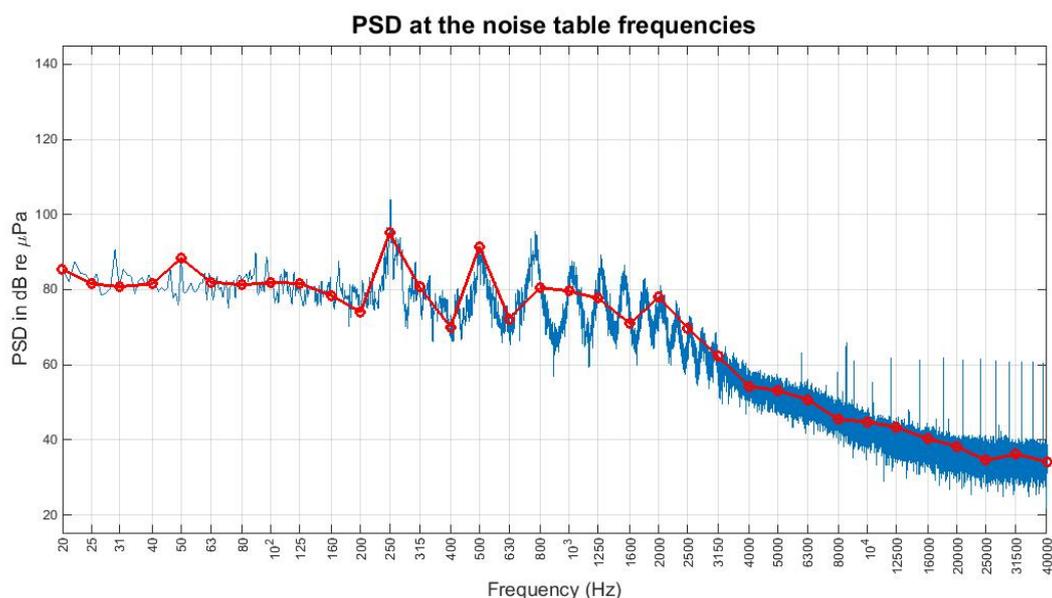


Figura 75 - PSDf del rumore subacqueo misurato nel punto N100 a 55m di profondità.

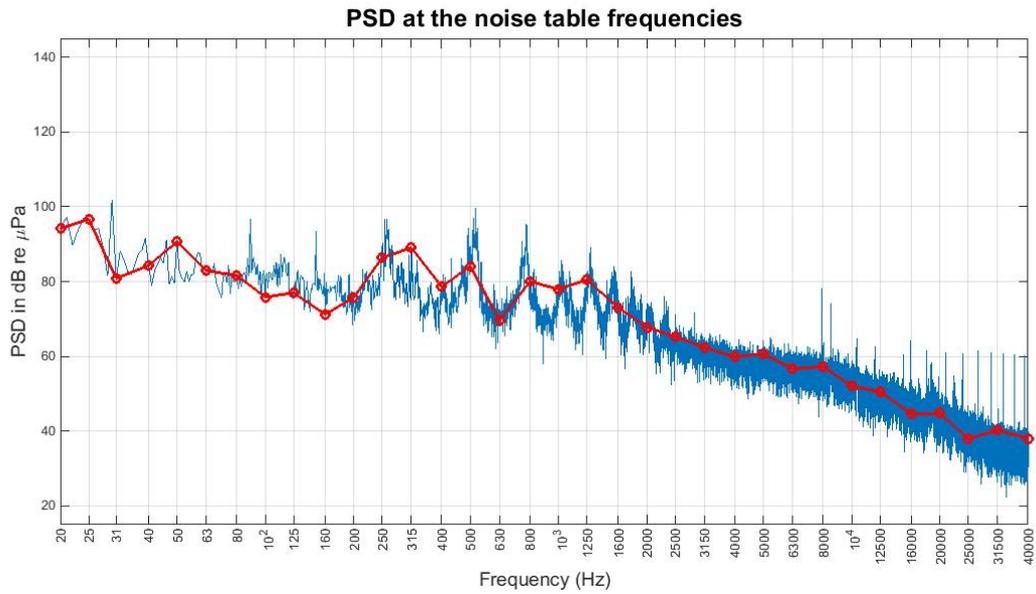


Figura 76 - PSDf del rumore subacqueo misurato nel punto S100 a 55m di profondità.

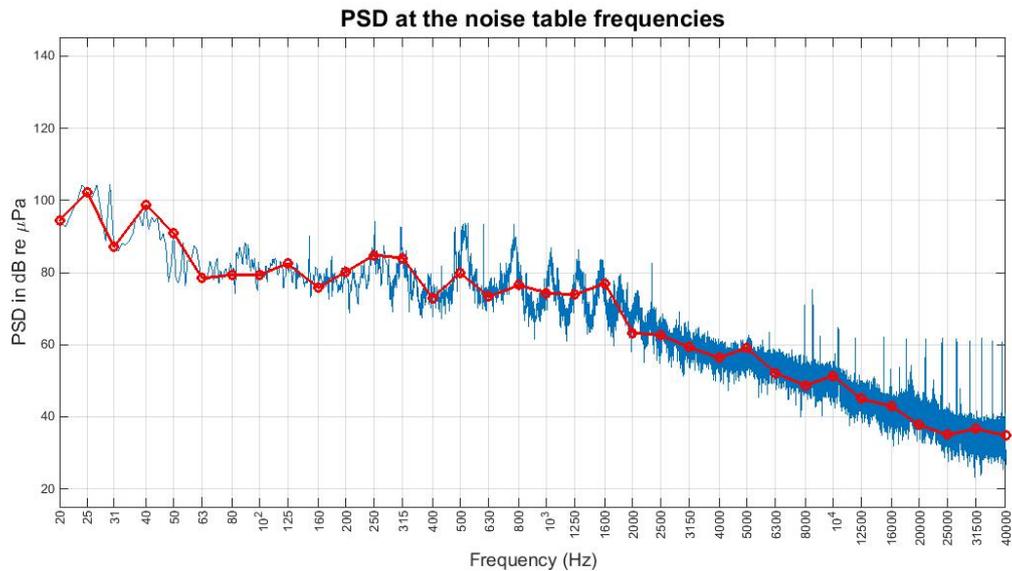


Figura 77 - PSDf del rumore subacqueo misurato nel punto W100 a 55m di profondità.

Nella **Figura 78** seguente è rappresentato il confronto dei livelli in terze d'ottava misurati a 100m per le quattro stazioni di riferimento. I valori sono molto simili. La stazione Est (traccia blu in figura) presenta livelli più alti tra i 63Hz e i 40kHz di frequenza.

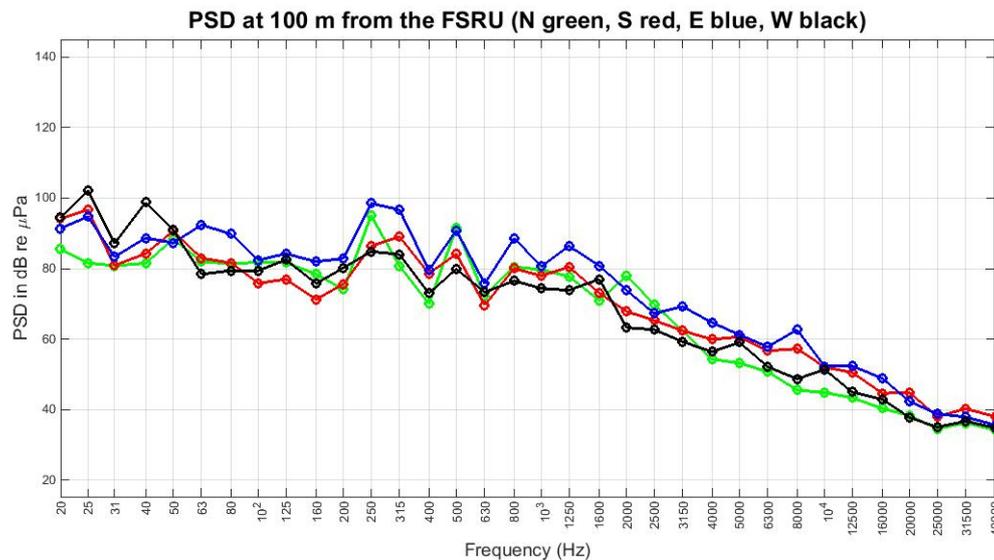


Figura 78 - Confronto dei livelli in terzi d'ottava misurati alla distanza di 100m e 55m di profondità.

La direzione più significativa per la presenza di cetacei sembra quella verso N-NE, quindi è stata analizzata la propagazione e l'attenuazione del rumore del terminale in quella direzione. La **Figura 79** e **Figura 80** riportano i livelli PDSf misurati nelle stazioni a Nord alle distanze rispettivamente di 1.000m e 10.000m dal Terminale.

Nella **Figura 79** i livelli restano fra i ~96 dB re 1μPa a 20 Hz ed i ~94 dB re 1μPa a 250Hz per le basse frequenze; scendono fino ai ~43 dB re 1μPa a 6,3kHz cioè alle frequenze più alte. Una serie di picchi sono presenti tra i 400Hz e i 2.000Hz e si evidenziano righe spettrali che rappresentano interferenze elettromagnetiche derivanti dalle strumentazioni dell'imbarcazione di supporto non indicative per l'analisi acustica.

Nella **Figura 80** i livelli invece scendono dai ~104 dB re 1μPa a 25Hz, fino a circa 80 dB re 1μPa a 250Hz per le basse frequenze; ugualmente scendono dai ~43 dB re 1μPa a 6,3kHz, fino ai ~36 dB re 1μPa dei 10kHz per le frequenze alte. Si notano sempre la presenza di diversi picchi intermedi fra i 400Hz ed i 2.000Hz e righe spettrali che rappresentano interferenze elettromagnetiche da strumentazione di supporto non significative per l'analisi acustica.

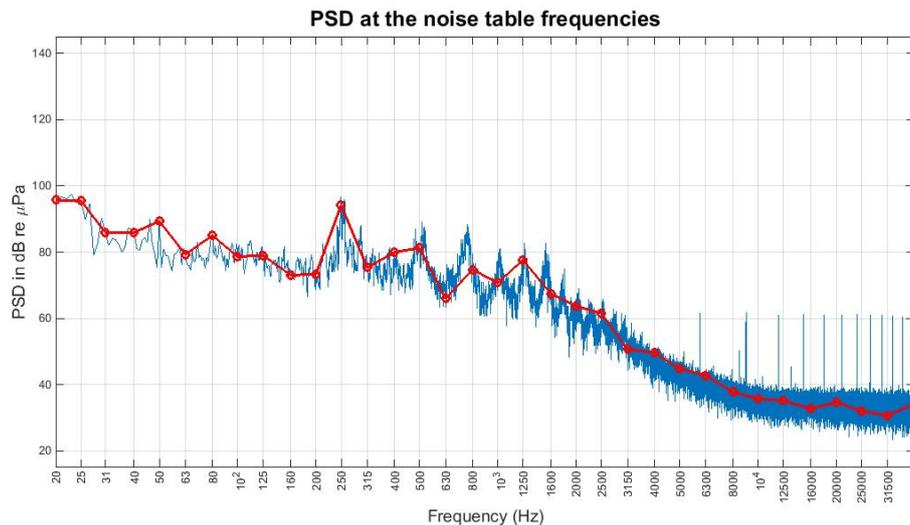


Figura 79 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N1k a 55m di profondità.

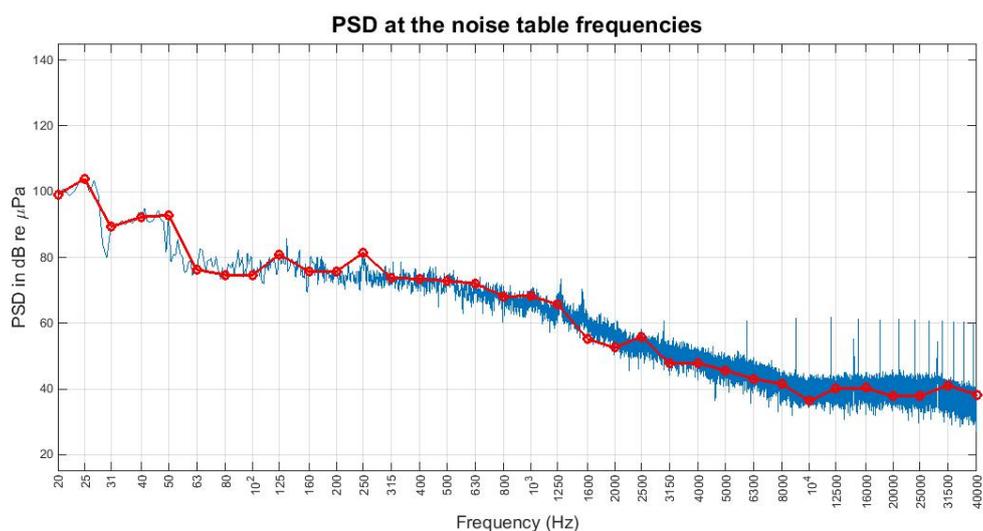


Figura 80 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N10k a 55m di profondità..

Nella **Figura 81** sono riportati i valori PDSf in terzi d'ottava lungo la direzione Nord, che illustrano l'attenuazione del suono con l'aumento della distanza dal terminale. Si può notare che i livelli a frequenze < 50Hz sono più alti a 10.000m dal terminale, mentre i livelli a frequenze > 50Hz decrescono in funzione della distanza. A partire da 200Hz i livelli si mantengono più alti a 100m e 1.000m con andamento similare decrescente fino ad osservare i livelli più alti a 10.000m oltre i 25kHz. La stazione N100 risulta la più rumorosa tra 100Hz e 12.5kHz.

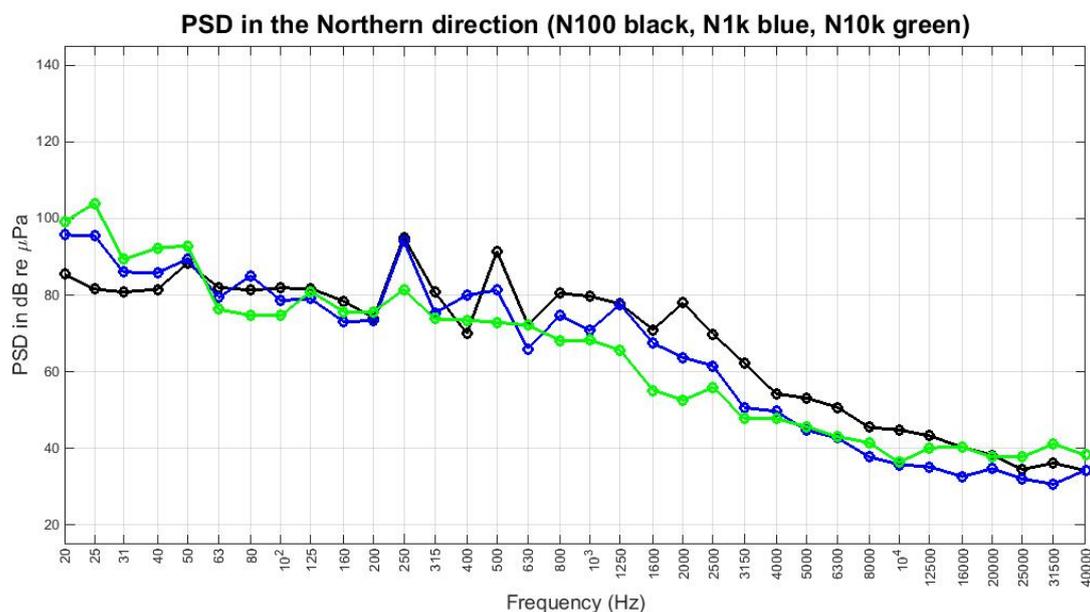


Figura 81 - Confronto dei livelli in terzi d'ottava misurati lungo la direzione Nord, a distanza di 100m, 1km e 10km, a 55m di profondità.

Tutte le ipotesi e le assunzioni proposte nelle precedenti campagne rimangono valide, perciò i parametri geometrici e geofisici 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 10-12kHz, è stata presa a riferimento la frequenza di 12kHz per il modello della sorgente a cui vengono calcolati i risultati di Transmission Loss (TL). Tale frequenza viene utilizzata anche per uniformità con le precedenti relazioni, ed è in ogni caso rappresentativa di tutto l'insieme di frequenze interessate dalla correlazione con la distanza.

I risultati per i valori di PSD in terzi d'ottava per ciascun punto di monitoraggio e per ciascuna quota campionata sono riportati nell'Allegato 10.

Parametri oceanografici, ricostruzione di SL e verifica di simulazione

Grazie alle misure della sonda CTD ed al rilevamento del rumore a 100m dalla sorgente, siamo in grado di ricostruire il *source level* del terminale FSRU Toscana durante la campagna E20 con l'uso del modello idroacustico Bellhop nel quale il parametro oceanografico sfruttato è la dipendenza della velocità del suono. Nella seguente figura sono indicati i profili di velocità del suono nelle stazioni a 100m dal Terminale. La motivazione di questa scelta per la ricostruzione del SL si deve a due fattori: le condizioni del mare durante le misure sono costanti, valutazione ragionevole vista la vicinanza temporale delle registrazioni; l'uso delle stazioni più vicine alla sorgente è sempre consigliabile al fine di utilizzare un modello che, per quanto largamente condiviso nella letteratura scientifica, resta approssimativo e quindi più adatto a descrivere le propagazioni locali su grandissime distanze (ricordiamo che il calcolo di TL si fa sempre e in ogni modo usando ogni volta un solo profilo di velocità, imponendo di fatto che c_s dipenda dalla profondità e non dalla coordinata orizzontale, analisi fisicamente inesatta ma più corretta su brevi distanze).

Applicando la TL calcolata per la direzione Nord dai dati CTD nella stazione N100 ed una profondità di -55m, è verificata (alla fine del paragrafo) la consistenza con il decrescere dell'SPL realmente rilevata in quella direzione ad una data frequenza (PSD). Per i motivi indicati in precedenza questi calcoli sono ristretti alla componente a ~12kHz degli spettri in terza d'ottava (precisamente $f = 12.5\text{kHz}$) che è una delle frequenze presente nella "matrice del rumore". In particolare è stata valutata l'attendibilità della TL calcolata con il modello Bellhop mediante il confronto fra la PSD calcolata per la frequenza di 12.5 kHz a 100m ed a 1.000m in direzione Nord, e le misure dell'idrofono in N100 ed N1k.

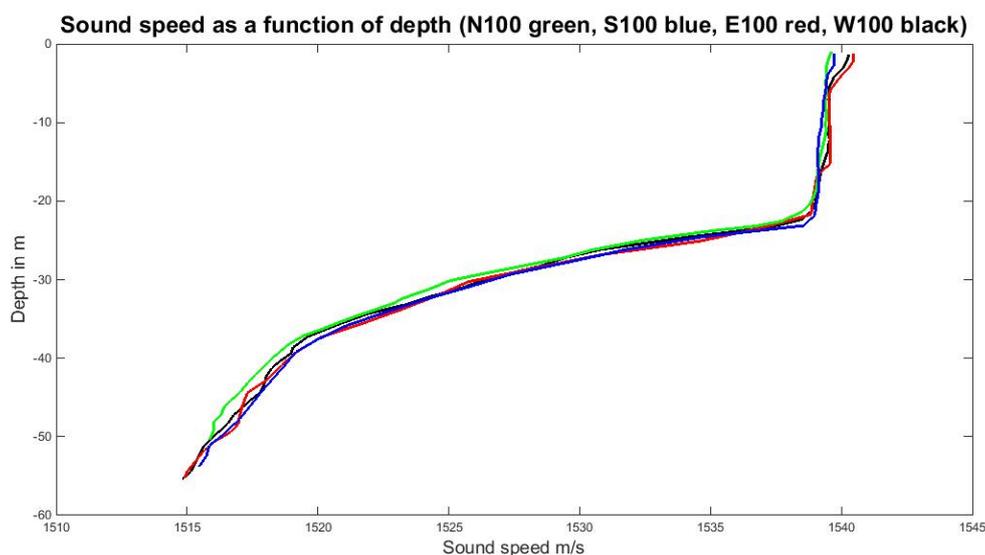


Figura 82 - Grafici della dipendenza $c_s(z)$ rilevata nelle quattro stazioni N100, S100, E100 e W100.

Grazie ai quattro profili di velocità misurati a 100m dalla sorgente è possibile calcolare quattro valori di TL per un'onda sonora di 12kHz ricevuta a 55m di profondità nei quattro piani cardinali. Le TL, riportate come dipendenze dalla distanza in Figura 83, Figura 84, Figura 85 e Figura 86, sono sommate al valore di PSD a 12kHz misurati sempre in quelle stazioni e si ottengono quattro valori di SL (il cui valore per $r = 100\text{m}$ è riportato nella tabella seguente).

Tabella 78 - Source Level calcolati a partire dal valore della TL via Bellhop a 12.5kHz e dagli SPL misurati con l'idrofono nelle quattro stazioni a 100m dalla sorgente. Trattando come uscite statistiche della stessa grandezza le SL calcolate come TL+SPL, otteniamo una SL media = $86,3 \pm 5,6 \text{ dB re } \mu\text{Pa}$.

	TL (dB re μPa)	SPL (dB re μPa)	SL (dB re μPa)
N100	39,70	43,35	81,25
E100	39,59	52,37	91,96
S100	39,75	50,56	90,31
W100	36,82	44,97	81,79

I SL sono considerati come quattro uscite di un'unica grandezza fisica, possiamo quindi valutare il *source level* medio come: $SL = 86,3 \pm 5,6 \text{ dB re } \mu\text{Pa}$, ben al di sotto dei livelli di prima risposta comportamentale FBR delle varie classi di cetacei e dei livelli di barotrauma TTS e PTS.

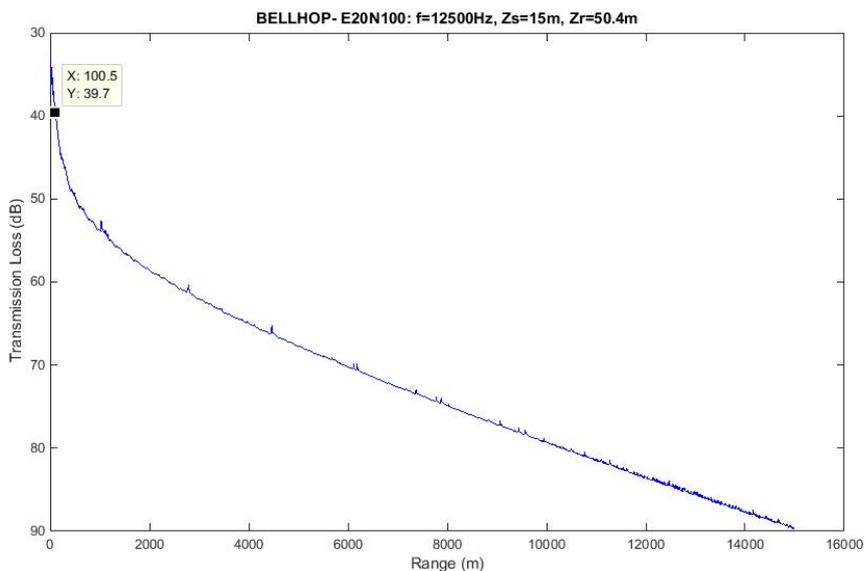


Figura 83 - Dipendenza della TL a 55m di profondità ottenuta mediante i dati $c_s(z)$ della stazione N100; approssimativamente il calcolo di TL(12.5kHz) per N100 risulta di circa 38 dB re μPa , vedi Tabella 77.

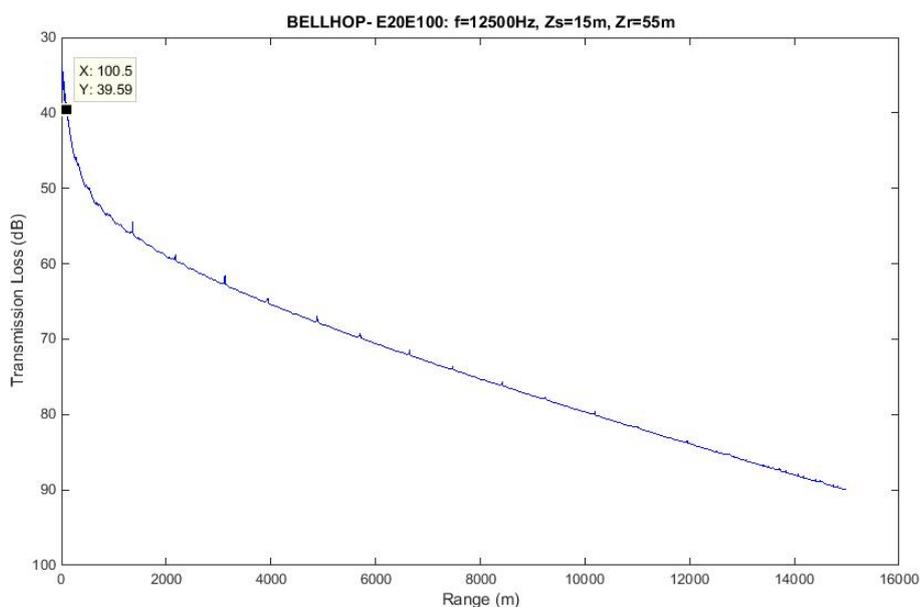


Figura 84 - Dipendenza della TL a 55m di profondità ottenuta mediante i dati $c_s(z)$ della stazione E100; approssimativamente il calcolo di TL(12.5kHz) per E100 risulta di circa 39 dB re μPa , vedi Tabella 77.

Nella Tabella 78 è riportato il campo $TL_{N100}(r,z)$ a 12.5kHz, dove si evidenzia una diminuzione di 14,6 dB [$TL_{N100}(1\text{km}-55\text{m}) - TL_{N100}(100\text{m},55\text{m})$] nella PSD(12.5kHz) in direzione Nord. Dalle misure dell'idrofono otteniamo 8,14 dB [$PSD_{N100}(12.5\text{kHz}-55\text{m}) - PSD_{N1k}(12.5\text{kHz}-55\text{m})$], decisamente compatibile con le nostre simulazioni.

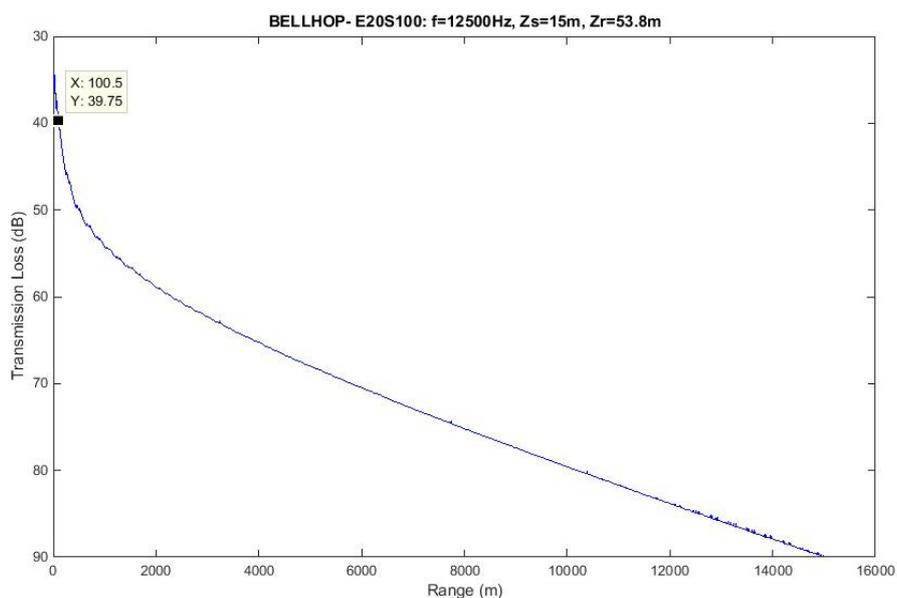


Figura 85 Dipendenza della TL a 55m di profondità ottenuta mediante i dati $c_s(z)$ della stazione S100; approssimativamente il calcolo di TL(12.5kHz) per S100 risulta di circa 40 dB re μPa , vedi Tabella 77.

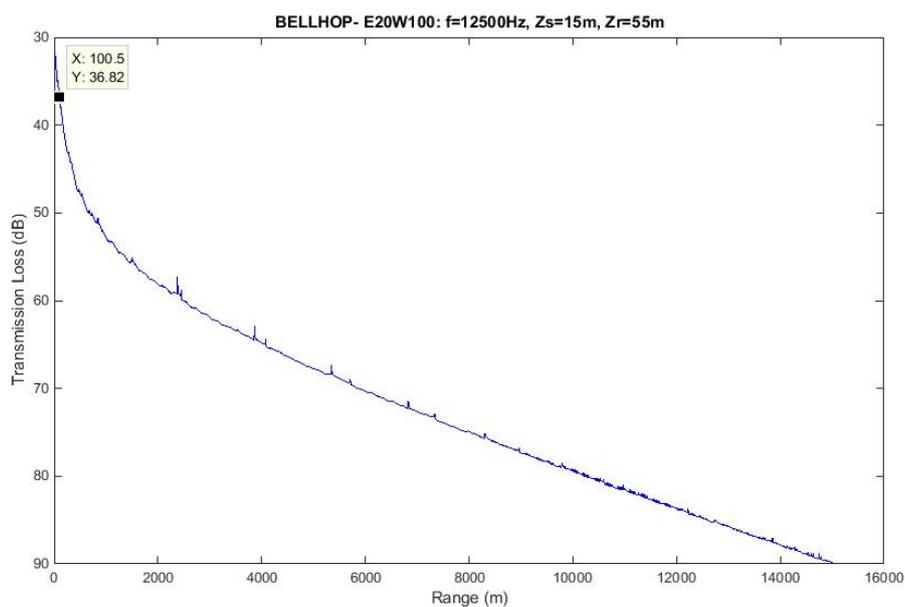


Figura 86 Dipendenza della TL a 55m di profondità ottenuta mediante i dati $c_s(z)$ della stazione W100; approssimativamente il calcolo di TL(12.5kHz) per W100 risulta di circa 37 dB re μPa , vedi Tabella 77.

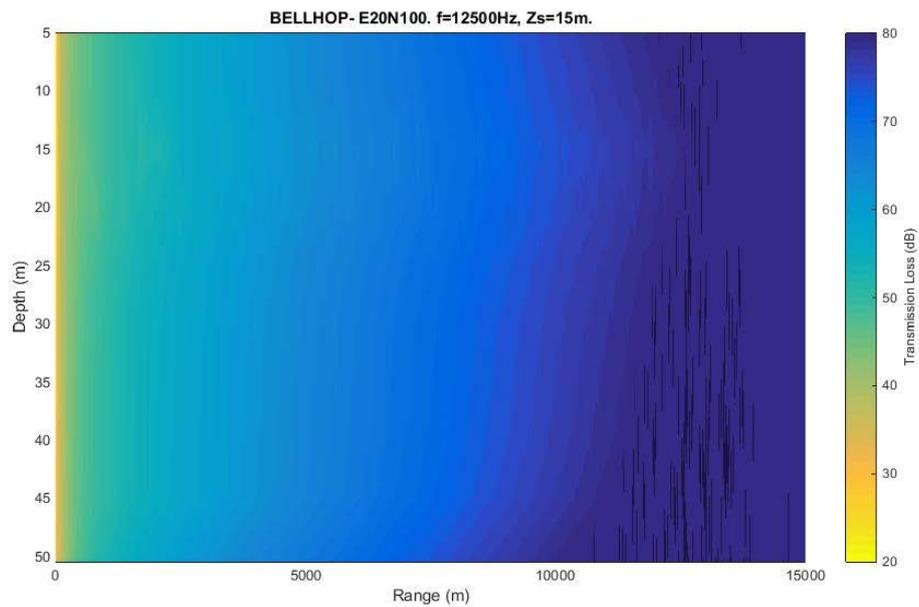


Figura 87 Campo di TL a 12.5kHz lungo il piano verticale contenente la sorgente e la stazione N100, calcolato usando nel modello Bellhop il profilo $c_s(z)$ misurato in quella stazione.

6.4.2 Bioacustica

Durante la campagna di E20 non ci sono state rilevazioni sonore e pertanto non sono state effettuate registrazioni di vocalizzazioni.

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.

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 rapporto annuale.

7.1 COLONNA D'ACQUA

7.1.1 Profili idrologici

Metodi di elaborazione dati

Il seguente documento analizza i valori delle variabili oceanografiche (temperatura, salinità, pH, torbidità, ossigeno (saturazione %), clorofilla *a*, potenziale di ossido-riduzione) rilevate durante la fase di esercizio dall'autunno 2013 fino all'estate 2020 nelle 14 stazioni di monitoraggio (vedere mappa delle stazioni Volume 1). I dati sono stati confrontati anche con quelli rilevati durante la campagna di misure effettuata nell'agosto 2012, definita "Bianco", in quanto realizzata precedentemente all'installazione del rigassificatore.

Al fine di valutare un eventuale impatto della presenza del rigassificatore, lo scopo delle analisi è verificare se esiste un effetto del tempo (fattore Anno, v. sotto) e della distanza dal punto di scarico del rigassificatore (fattore Stazione, v. sotto) sui dati oceanografici misurati nell'intorno dell'impianto.

Poiché si prevede l'impatto maggiore alla profondità dello scarico, i dati presi in considerazione sono quelli compresi nella quota di profondità $12\text{ m} < x < 13\text{ m}$, ossia dove si trova lo scarico a mare SF2 (quello direttamente coinvolto nel processo di rigassificazione).

L'ANOVA è un'analisi statistica che permette di stabilire se più gruppi di dati, che si differenziano tra loro per i livelli di un fattore comune, provengono da una stessa popolazione (ipotesi zero), e quindi senza alcuna influenza da parte del fattore, oppure no (ipotesi alternativa), nel qual caso il fattore ha un'influenza. Il test statistico dell'ANOVA fornisce un "p value" che rappresenta la probabilità di ottenere i gruppi dei dati osservati sotto l'ipotesi zero, ossia che i gruppi di dati provengano tutti da una stessa popolazione. Se il p value è maggiore o uguale a 0,05 - la scelta di questo limite è generalmente un compromesso tra l'errore di tipo 1 (rifiuto l'ipotesi zero quando essa è vera) e l'errore di tipo 2 (non rifiuto l'ipotesi zero quando essa è falsa) ed è il valore più diffusamente usato in statistica - non si hanno evidenze per rifiutare l'ipotesi zero, ovvero che i gruppi dei dati provengano da una stessa popolazione senza alcuna influenza da parte del fattore. Viceversa, se il p value è inferiore a 0,05, l'ipotesi zero va rifiutata e si accetta l'ipotesi alternativa, ovvero che questi gruppi di dati non provengano da una stessa popolazione perché influenzati dal fattore.

In questa sezione, i dati vengono considerati singolarmente per ognuna delle quattro stagioni. Su questi dati si valutano contemporaneamente l'effetto del fattore Stazione (essendo le varie stazioni a distanza diversa dal rigassificatore, valutando questo fattore si vede se c'è un effetto dovuto alla distanza sui valori delle variabili aggregati su tutti gli anni), del fattore Anno avendo effettuato le misurazioni in anni successivi, valutando questo fattore si vede se ci sono variazioni nel tempo sui valori delle variabili aggregati su tutte le stazioni) e della loro interazione StazionexAnno (se esiste un effetto dovuto all'interazione tra i due fattori sui valori delle variabili che così cambierebbero secondo i livelli di un fattore in maniera modulata dai livelli dell'altro fattore) sulle variabili temperatura, salinità, pH, torbidità, ossigeno disciolto (saturazione %), clorofilla, potenziale di ossido-riduzione. Dato il disegno sperimentale, si è applicata pertanto un'ANOVA a due vie a fattori incrociati (tutti i livelli di un fattore si presentano in combinazione con tutti i livelli dell'altro fattore) e ortogonali (il fattore Stazione ed il fattore Anno sono non correlati). Il test ANOVA eseguito è il test nonparametrico Scheirer-Ray-Hare (le varianze dei gruppi di dati non sono omogenee ed è difficile stabilire la normalità dei dati) come descritto in https://rcompanion.org/handbook/F_14.html. Oltre agli effetti principali è stata testata l'interazione StazionexAnno.

Risultati

Osservando i risultati di p value riportati in **Tabella 79**, si evince che solo il fattore "Anno" risulta altamente significativo in quanto i valori di p value sono sempre $< 0,05$ mentre si notano solo alcuni effetti occasionali nel fattore Stazione e nell'interazione StazionexAnno.

- effetto Stazione nel Potenziale di ossido riduzione di Autunno;
- effetto Stazione nella Clorofilla *a* di Autunno;
- effetto dell'interazione AnnoxStazione nella Torbidità di Primavera.

Tabella 79 - Valori di p value in funzione della variabile (1a colonna), della stagione (2a colonna) e del fattore (ultime tre colonne). In grassetto i valori statisticamente significativi. Legenda: I = Inverno, P = Primavera, E = Estate, A = Autunno.

Variabile	Stagione	Fattore		
		Stagione	Anno	StazioneXAnno
Temperatura	I	0,837	0,000	1,000
	P	0,504	0,000	1,000
	E	0,385	0,000	1,000
	A	0,654	0,000	1,000
Salinità	I	0,942	0,000	1,000
	P	0,893	0,000	1,000
	E	0,829	0,000	1,000
	A	0,918	0,000	1,000
pH	I	0,328	0,000	0,951
	P	0,407	0,000	0,998
	E	0,226	0,000	1,000
	A	0,390	0,000	0,972
Torbidità	I	0,850	0,000	1,000
	P	0,679	0,000	0,019
	E	0,129	0,000	0,975
	A	0,117	0,000	0,898
Ossigeno disciolto (saturazione)	I	0,441	0,000	1,000
	P	0,737	0,000	0,837
	E	0,724	0,000	1,000
	A	0,939	0,000	1,000
Clorofilla a	I	0,139	0,000	0,999
	P	0,227	0,000	0,145
	E	0,496	0,000	0,995
	A	0,000	0,000	0,334
Potenziale di ossido riduzione	I	0,521	0,000	1,000
	P	0,644	0,000	1,000
	E	0,464	0,000	1,000
	A	0,001	0,000	0,773

I valori di p value di **Tabella 79** indicano che il fattore Anno, per cui tutti i p value sono inferiori a 0,05, ha un fortissimo effetto sui valori delle variabili aggregati su tutte le stazioni: da un anno all'altro essi cambiano in maniera altamente significativa. Come cambiano è illustrato nei grafici seguenti. Il fattore Stagione invece sembra non avere alcun effetto se non in due casi su 28: per i dati della clorofilla in autunno e per i dati del potenziale di ossido-riduzione in autunno. Questa bassa incidenza sembra pertanto indicare che il fattore Stagione, e quindi la distanza dal rigassificatore, non ha effetto sui dati di alcune variabili (temperatura, salinità, pH, torbidità e saturazione d'ossigeno) mentre sembra averne solo sui dati autunnali di due variabili (clorofilla e potenziale di ossido-riduzione). Complessivamente, si può affermare che l'effetto della Stagione, e quindi della distanza dal rigassificatore, sembra essere minimo sui valori delle variabili considerate. Infine, c'è un solo caso significativo di interazione StazionexAnno: per i dati primaverili della torbidità. In questa specifica circostanza siamo quindi in presenza di dati che variano secondo il fattore Anno in una maniera che dipende anche dal fattore Stagione. Considerata la bassa incidenza di significatività (1 caso su 28), però, si può dire che anche in questo caso l'effetto dell'interazione tra Anno e Stagione, cioè fra tempo e distanza, sui dati raccolti sembra essere trascurabile.

7.1.2 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche

Metodi di elaborazione dati

Sono stati valutati gli andamenti dei parametri di seguito descritti (profondità della zona eufotica (Z_{eu}), cioè la profondità alla quale arriva l'1% della radiazione PAR superficiale, 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 E20). Per gli stessi parametri sono stati eseguiti i confronti tra le campagne estive (E14, E15, E16, E17, E18, E19, E20) con la campagna di Bianco (estate 2012).

Per una rappresentazione sintetica della caratterizzazione ottica delle acque indagate sono stati valutati gli andamenti delle profondità della zona eufotica per tutte le campagne ed è stata utilizzata una regressione ortogonale (variabili x e y log-trasformate, considerate entrambe indipendenti) del rapporto tra la riflettanza R ($R = \text{rapporto tra l'irradianza spettrale sub-superficiale ascendente e discendente, misurate con spettrometro}$) nel blu ($R(443)$) e quella nel verde ($R(555)$) in funzione delle concentrazioni di chl-a. In condizioni naturali in acque aperte, questo rapporto varia linearmente in maniera inversamente proporzionale alla concentrazione di biomassa fitoplanctonica (chl-a) e, eventuali variazioni o scostamenti da questa relazione (che tipicamente si ritrova nelle acque naturali dominate otticamente dal fitoplancton), possono

essere interpretati come indice di alterazione delle acque (Morel e Prieur, 1977; Gordon e Morel, 1983).

Per valutare 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 sette campagne estive in fase di esercizio (E14, E15, E16, E17, E18, E19, E20). 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.

L'analisi non comprende i dati relativi alla campagna I20 che non è stato possibile effettuare a causa delle restrizioni dovute all'emergenza COVID-19. Si sottolinea inoltre che la campagna A19 è stata effettuata tra dicembre 2019 e gennaio 2020, presentando quindi nei dati caratteristiche più nettamente invernali.

Risultati

Misure di irradianza e irradianza spettrale

La profondità della zona eufotica (Z_{eu}) 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 cromoforica (CDOM) e, in particolare, le massime attenuazioni sono attese in relazione alle fioriture fitoplanctoniche che avvengono nelle acque superficiali.

L'andamento delle profondità della Z_{eu} lungo i sette anni di campionamento (Figura 88) in MG7, esemplificativa delle stazioni a 100m dal Terminale, e in MG10, posizionata a 2000m, mostra la generale regolarità delle variazioni stagionali: le profondità massime si collocano nello strato compreso tra i 70 e gli 80 m nelle campagne primaverili-estive, che hanno generalmente le minime concentrazioni di biomassa (Figura 90), le profondità minime appaiono maggiormente variabili in autunno-inverno tra circa 20 e 50 m. Nell'ultimo anno di esercizio si conferma l'andamento precedente, con le minime profondità in A19, dove si sono registrate le maggiori concentrazioni superficiali di chl-*a* (Figura 90), e le massime in primavera-estate. 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.

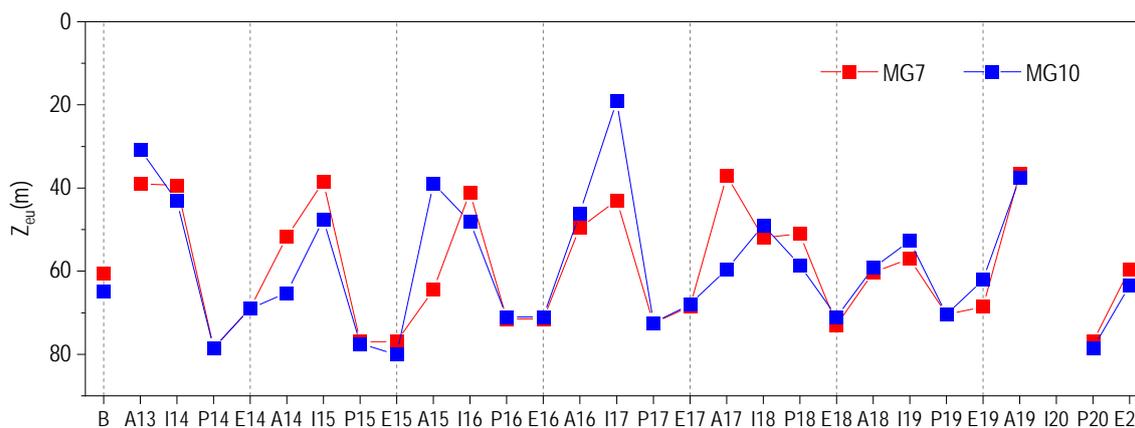


Figura 88 – Variazione della profondità (m) della zona eufotica (Z_{eu}) nelle due stazioni rappresentative, per tutte le campagne effettuate

In Figura 89 è rappresentata la regressione fra il rapporto fra la *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 (** $p < 0,01$) dimostra come la biomassa fitoplanctonica sia la principale componente otticamente attiva in queste acque, e la principale fonte di origine delle altre due componenti, il particolato sospeso (TSM) e la sostanza organica cromoforica (CDOM). Anche i punti del VII anno di esercizio si collocano all'interno dell'ambito occupato dalla maggior parte dei campioni precedenti, la cui distribuzione lungo la retta conferma la relazione inversa tra i due parametri e la stagionalità come principale fattore di variabilità per tutte le stazioni, indipendentemente dalla distanza dal Terminale (Figura 89).

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

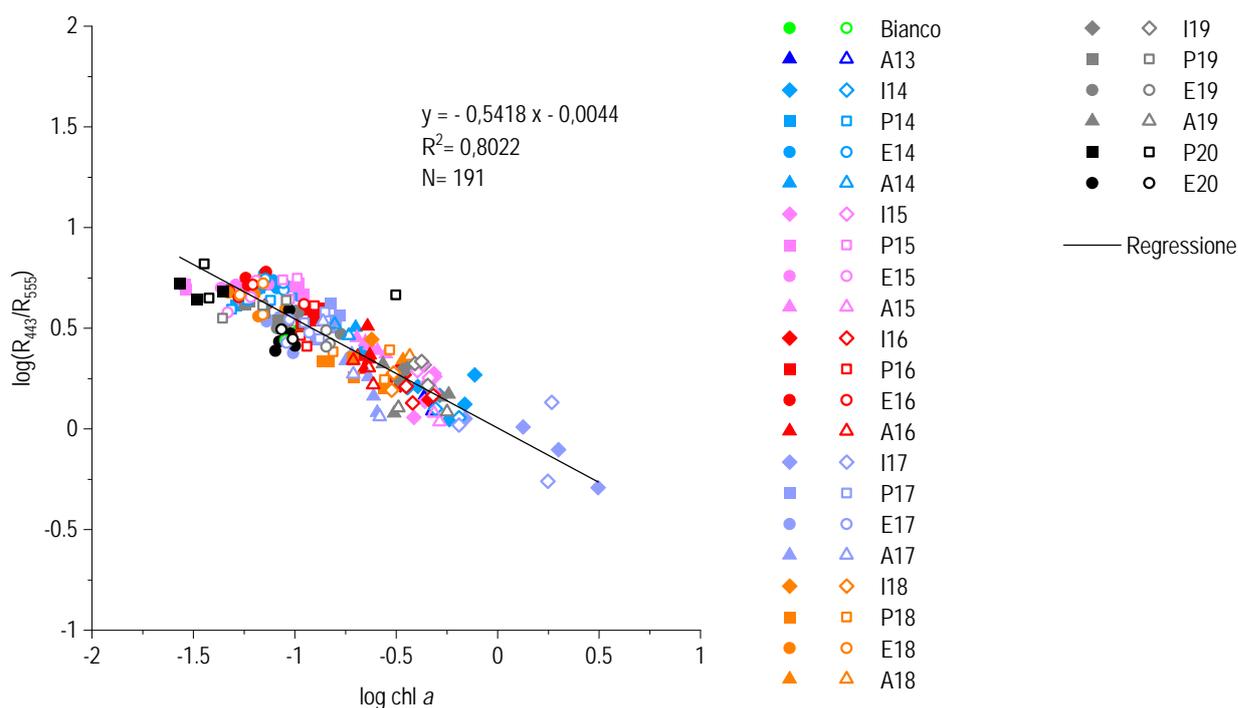


Figura 89 - Relazione fra il log del rapporto fra le riflettanze a 443 nm e quelle a 555 nm (R(443)/R(555)) ed il log della concentrazione della chl-a. Sono riportati l'equazione della retta di regressione ed il coefficiente di determinazione R². I simboli pieni rappresentano le stazioni più vicine al Terminale e quelli vuoti le stazioni lontane.

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

Dall'analisi degli andamenti durante il VII anno dei parametri indicati, si confermano i trend stagionali precedentemente evidenziati, pur con una certa variabilità di CDOM, TSM, POM, insita nella natura del dato che può variare anche a piccola scala spazio-temporale, che comunque non mostra anomalie nell'entità delle concentrazioni. I massimi di CDOM sono generalmente più superficiali in inverno e più profondi in estate, associati ai massimi di chl-a e confermano quindi quanto evidenziato per le relazioni tra riflettanze e chl-a (Figura 89).

Le concentrazioni dei nutrienti inorganici disciolti (nitriti, nitrati, fosfati, silicati) si sono mantenute nell'ambito di variazione noto, con caratteristiche di oligo-mesotrofia. Gli andamenti di azoto e fosforo inorganici disciolti (nitriti, nitrati, fosfati) seguono l'andamento atteso con maggiori concentrazioni in A19 e diminuzione successiva in P20 e E20. I silicati, consumati essenzialmente dal gruppo fitoplanctonico delle diatomee e presenti comunque sempre in concentrazioni non limitanti, hanno minori variazioni durante l'anno.

Dai risultati dell'analisi ANOVA per DIN, PO₄, SiO₂, TSM, POM e CDOM per il confronto tra il Bianco e le successive campagne estive (Tabella 80), il fattore distanza dal Terminale non determina variazioni significative per i parametri considerati, mentre la variabilità interannuale si conferma come fattore significativo o altamente significativo per tutti i parametri, in base all'andamento meteorologico annuale ed al momento specifico del campionamento. La profondità risulta un fattore altamente significativo per DIN e CDOM (**p<0,01) in quanto, come atteso, in estate le concentrazioni di questi parametri presentano le maggiori differenze tra i campioni superficiali e quelli profondi (Massi et al., 2020).

Tabella 80 - 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, E20). * 0,01<p<0,05; ** p<0,01

Fattori	DIN (µM)	PO ₄ (µM)	SiO ₂ (µM)	TSM (mg/l)	POM (mg/l)	CDOM _{aCDOM(325) m⁻¹}
anno	**	**	**	**	**	*
distanza	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
prof	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**

Clorofilla e diversità pigmentaria

Dall'analisi dell'andamento del VII anno di esercizio si conferma la ciclicità stagionale evidenziata negli anni precedenti, con il massimo aumento in A19 e diminuzione ai minimi valori in P20 e E20 (Figura 90). Come sottolineato nel rapporto relativo, nella campagna A19 (svolta in periodo nettamente invernale) è apparsa una differenza tra le stazioni campionate in dicembre e quelle campionate in gennaio, quando si è evidenziata una notevole fioritura fitoplanctonica, che porta ai massimi evidenti in Figura 90. A 50 e 70m gli aumenti autunno-invernali sono di minore entità mentre sono minori le diminuzioni estive tra acque superficiali e più profonde in relazione ai tipici massimi profondi dei

periodi estivi e tardo-estivi (dovuti alla componente picoplanctonica). Anche l'andamento della 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.

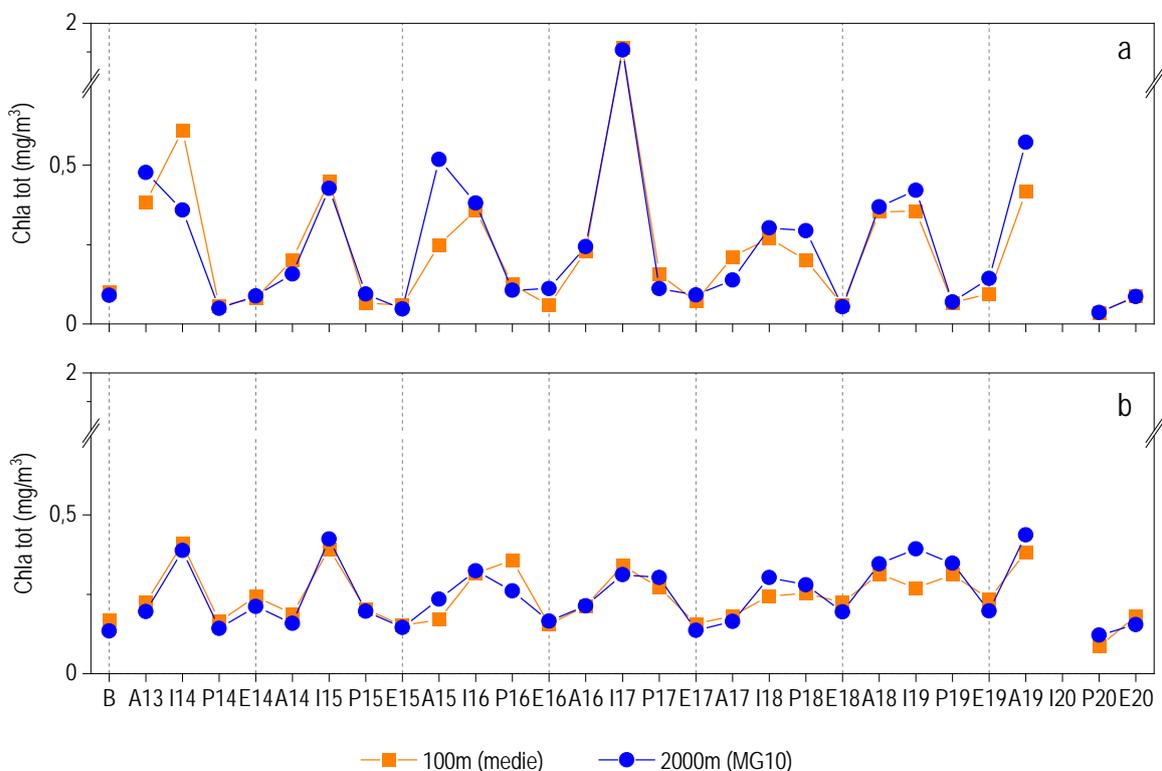


Figura 90 - Andamenti temporali delle concentrazioni della chl-a, medie per campagna delle 4 stazioni (MG6, MG7, MG12, MG13) più vicine al Terminale (100m) e della stazione a 2000 m (MG10); a) media 0-12,5 m; b) media 50-70 m.

Dai risultati dell'analisi ANOVA per il confronto tra il Bianco e le successive campagne estive (**Tabella 81**) per chl-a e pigmenti accessori (pigmenti diagnostici delle classi fitoplanctoniche, come definiti nei Materiali e Metodi), 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 in misura maggiore o minore anche a parità di stagione e in relazione alle condizioni meteorologiche ed alla non costante cadenza temporale dei campionamenti. Anche per il fattore profondità risultano prevalentemente 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. Anche in questo caso la stagionalità è il principale fattore di variabilità e la variabilità interannuale dipende dalla dinamica meteo annuale e dai periodi di campionamento, nel caso di A19 notevolmente posticipato nel VII anno rispetto agli anni precedenti.

Tabella 81 - 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, E20). * 0,01<p<0,05; ** p<0,01										
Fattori	Chl-a tot	Chl-b	DVA	Perid	But-Fuco	Fuco	Hex-Fuco	Prasino	Allo	Zea
Anno	**	n.s.	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, Idrocarburi totali 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. Nel VII anno di monitoraggio si confermano le concentrazioni degli anni precedenti con tenori sempre inferiori a quelli registrati nella primavera 2018. Valori paragonabili a P18, ma mai superiori, sono stati rilevati in P20 MG7 alle quote 0,5 m e 50 m e in P20 MG12 alla quota 50 m. Inoltre, le concentrazioni medie rilevate presso l'FSRU sono in linea con quelle dei controlli.

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 8 livelli: 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020), distanza da FSRU e stagione (fattore a 2 livelli: E = estate, I = inverno). Il modello iniziale, contenente anche l'interazione tra tempo e distanza, è espresso dalla seguente formula:

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

dove Risposta Test è la variabile dipendente (risposta combinata dei tre test, nella forma 0 - 1), α è l'intercetta, Anno, Stagione e Distanza sono le variabili indipendenti (Stagione ed Anno espresse come fattore f). Nella formula è anche indicata l'interazione tra Anno e Distanza.

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

Le analisi sopra descritte sono state effettuate in ambiente R (versione 3.6.1), 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.

Tabella 82 – Output del modello GLM (Generalized Linear Model) applicato ai risultati delle analisi ecotossicologiche trattati come dati di Presenza-Assenza (0-1).

Coefficienti	Stima	Errore standard	Z	Livello di significatività
Intercetta	-1.94	0.62	-3.15	<0.05
fAnno(2014)	2.48	0.70	3.57	<0.05
fAnno(2015)	0.59	0.74	0.80	NS
fAnno(2016)	2.84	0.70	4.05	<0.05
fAnno(2017)	4.02	0.76	5.32	<0.05
fAnno(2018)	3.03	0.71	4.29	<0.05
fAnno(2019)	1.79	0.70	2.58	<0.05
fAnno(2020)	1.70	0.70	2.45	<0.05
fStagione(Inverno)	-0.56	0.25	-2.29	<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 E20 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 (densità fitoplanctonica totale, densità dei raggruppamenti tassonomici, ricchezza specifica, indice di diversità di Shannon) delle campagne a parità di stagione, cioè la campagna di Bianco e le sette campagne estive in fase di esercizio (E14, E15, E16, E17, E18, E19, E20). Per il fitoplancton, il piano include le stazioni a 100m dal Terminale (MG6, MG7, MG12, MG13) e una a 2000m (MG10). I dati delle quattro stazioni a 100m 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. Il test è stato condotto per valutare la similarità di composizione delle comunità nel confronto tra le campagne estive e tra le stazioni a 100m dal Terminale e la stazione a 2000m (MG10), considerata controllo.

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, E20). 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

Anche l'andamento della densità fitoplanctonica totale e dei quattro raggruppamenti tassonomici considerati durante il VII anno risulta evidentemente incompleto per la mancanza dei dati di I20 (Figura 91) ma si evidenzia comunque una fioritura fitoplanctonica in A19 e le più basse densità in P20 ed E20, coerente con quanto atteso dalle variazioni temporali del fitoplancton nelle acque liguri-tirreniche con massimi di abbondanza prevalentemente autunno-invernali e minimi estivi. La fioritura nel VII anno di campionamento è dovuta al forte sviluppo di diatomee (*Chaetoceros socialis*, *Chaetoceros* spp., *Skeletonema menzeli*, *Cylindrotheca closterium* ed *Asterionellopsis glacialis*) soprattutto nelle stazioni campionate a gennaio (A19 MG6, A19 MG7, A19 MG10), seguite da *Phaeocystis* sp., Cryptophyceae n.i., ed *Emiliania huxleyi* che dominano maggiormente nelle stazioni campionate a dicembre (A19 MG12, A19 MG13). In P20 ed E20 le abbondanze decrescono a valori simili con un popolamento sempre notevolmente differenziato tra i diversi gruppi e in aumento da P20 a E20.

L'annualità 2020 presenta quindi una ciclicità meno confrontabile con gli anni pregressi per la ritardata collocazione temporale di A19, per la mancanza dei dati di I19, e una situazione estiva probabilmente influenzata da fenomeni di rimescolamento e quindi fertilizzazione superficiale avvenuti in periodo immediatamente precedente e favorevoli ad un certo incremento fitoplanctonico in E20.

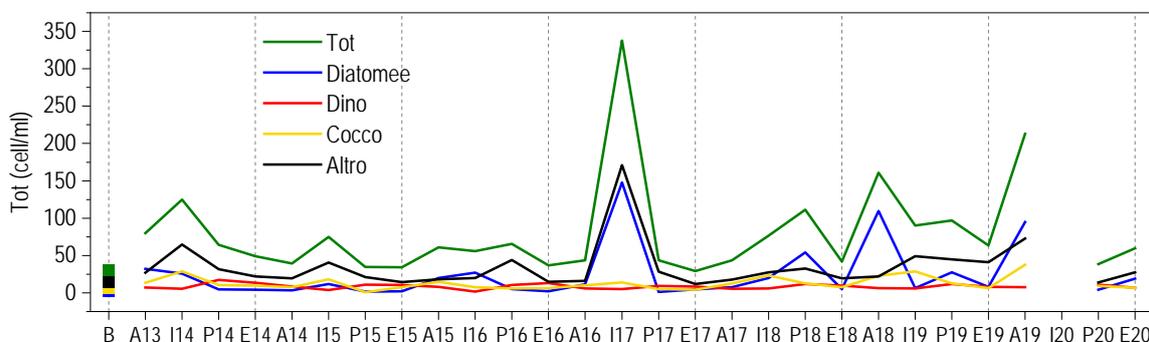


Figura 91 - Variazione stagionale delle densità cellulari medie totali per campagna e dei diversi gruppi fitoplanctonici.

Dall'analisi ANOVA condotta sulle campagne estive (Tabella 83), la variabilità interannuale determina differenze significative per le abbondanze totali e per tutti i raggruppamenti fitoplanctonici. Questi, come sopra evidenziato, presentano variazioni quantitative nel loro contributo al popolamento estivo sia tra un anno e l'altro che alle diverse profondità, come infatti risulta significativo il fattore profondità per

dinoflagellati e coccolitofori. Il fattore distanza non determina variazioni significative né per le abbondanze totali né per i gruppi tassonomici. Anche gli altri parametri rappresentativi della struttura delle comunità fitoplanctoniche (ricchezza specifica e diversità H') non presentano differenze significative per i fattori distanza e profondità mentre sono altamente significative le differenze negli anni, per variazioni legate alle normali dinamiche delle comunità stesse. E' da evidenziare inoltre l'immissione nel tempo di sempre nuovi taxa identificati e quindi una ricchezza specifica in aumento.

Tabella 83 - 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, E20). * 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.	n.s.

Tramite ANOSIM, a partire dalla matrice taxa/campioni, è stata valutata la variabilità della composizione tassonomica delle comunità fitoplanctoniche tra la campagna di Bianco e le successive sette campagne estive e dal PAIRWISE test (**Tabella 84**) effettuato tra tutte le coppie, si evidenziano differenze significative (massimi valori di R delle coppie B - E19 e B - E20). Queste differenze appaiono in relazione al momento stagionale di effettuazione del campionamento (ritardato in autunno per E19) e anche agli eventi meteomarini immediatamente precedenti ad esso, come precedentemente sottolineato per E20, che influenzano la variabilità del fitoplancton anche a breve scala temporale. Infatti, la stessa analisi (**Tabella 85**) effettuata confrontando la composizione tassonomica di ogni stazione tra tutte le campagne estive (confronto tra le stazioni a 100m dal Terminale e MG10 a 2000, considerato controllo), non dà differenze significative tra nessuna coppia di stazioni ($R = -0,00302$, $p = 0,583$), escludendo quindi la presenza del Terminale come fonte di variabilità.

Tabella 84 – PAIRWISE test tra Bianco (B) e le campagne estive. R (globale) = 0,5789, p = 0,0001. Sono indicati gli R (**p<0,0001)

	B	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20
B		0,8566	0,8883	0,8768	0,7236	0,8289	0,8947	0,9505
E14	0,8566		0,3346	0,4245	0,5340	0,4487	0,6323	0,7317
E15	0,8883	0,3346		0,4930	0,5044	0,3375	0,6249	0,7398
E16	0,8768	0,4245	0,4930		0,3669	0,2572	0,6012	0,7461
E17	0,7236	0,5340	0,5044	0,3669		0,3792	0,4464	0,5969
E18	0,8289	0,4487	0,3375	0,2572	0,3792		0,4547	0,6070
E19	0,8947	0,6323	0,6249	0,6012	0,4464	0,4547		0,2874
E20	0,9505	0,7317	0,7398	0,7461	0,5969	0,6070	0,2874	

Tabella 85 – PAIRWISE test tra le stazioni a 100m e la stazione a 2000m (MG10). R (globale) = -0,003018, p = 0,5825. Sono indicati gli R (**p<0,0001)

	MG6	MG7	MG10	MG12	MG13
MG6		-0,00365	-0,00239	0,00375	-0,02261
MG7	-0,00365		-0,01569	0,01472	-0,01341
MG10	-0,00239	-0,01569		0,00517	0,00042
MG12	0,00375	0,01472	0,00517		0,00130
MG13	-0,02261	-0,01341	0,00042	0,00130	

La similarità tassonomica delle comunità estive nei diversi anni, analizzata tramite routine SIMPER, si evidenzia elevata (totale 53,2%), particolarmente nei confronti con E19 ed E20, confermando quanto precedentemente detto ed è nella maggior parte dei casi imputabile ad un diverso contributo quantitativo dei taxa presenti piuttosto che ad una sostituzione. E' da notare una minore importanza relativa nel tempo dei dinoflagellati e un aumento della presenza e abbondanza della forma flagellata da noi attribuita al genere *Phaeocystis* (Haptophyta non coccolitofori).

Sempre tramite routine SIMPER, è stata valutata la similarità tassonomica tra i popolamenti estivi delle stazioni a 200m dal Terminale (MG6, MG7, MG12 e MG13) e quelli dell' unico punto a distanza 2000m (MG10) per ciascun anno di campionamento. La dissimilarità tra i popolamenti delle stazioni si attesta intorno al 50%, sempre presentando variazioni quantitative degli stessi taxa più abbondanti e un notevole contributo alla dissimilarità dato dalla presenza di molte specie con scarse quantità che contribuiscono all'alta diversità fitoplanctonica.

Dalle analisi effettuate durante il VII anno si può affermare che la presenza del Terminale non produce variazioni significative al contrario del fattore stagionale che determina le fondamentali 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 negli anni indagati, riconducibili alla specifica dinamica meteo annuale e alle condizioni meteomarine del momento del campionamento e immediatamente precedenti, condizioni che determinano variazioni nella entità e nella diversificazione delle comunità fitoplanctoniche a breve scala temporale.

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. Le maggiori differenze emergono soprattutto nel confronto con le due ultime stagioni estive (E19 ed E20) ma queste appaiono dovute, come già sottolineato, all'alta variabilità intrinseca delle comunità fitoplanctoniche e quindi alla fase di sviluppo della loro successione in relazione all'andamento annuale delle condizioni ambientali e, in qualche caso, alla diversa tempistica dei campionamenti. Sarà opportuno in futuro, aumentando la consistenza delle serie temporale, analizzare l'andamento complessivo del "sistema planctonico" e la sua evoluzione nel tempo, tramite appropriati approcci statistici.

7.1.4.2 Zooplancton

Metodi di elaborazione dati

L'elaborazione statistica delle matrici di abbondanza quali-quantitative è stata eseguita utilizzando il software statistico PRIMER (v7). Le analisi condotte su tre differenti set di dati corrispondenti alle tre frazioni del mesozooplancton investigate nell'area, hanno permesso di analizzare la similarità tra campagne differenti.

Alla base dell'analisi il concetto di similarità/dissimilarità tra campioni espresso secondo lo strumento statistico definito *Bray-Curtis coefficient*. Il metodo indica la robustezza nella relazione tra due oggetti o gruppi di oggetti: maggiore la somiglianza, più alto sarà il coefficiente di similarità.

Dal punto di vista metodologico e in considerazione dell'elevata variabilità interstagionale dello zooplancton, per ottenere un risultato omogeneo è stato infatti eseguito il solo confronto tra la fase di BIANCO (B) dell'agosto 2012 e le campagne estive successive.

Risultati

In **Tabella 86** sono riportati i confronti (*pairwise test*) tra la fase di Bianco (B) e quella di esercizio per ciascun periodo estivo investigato per ciascuna componente dello zooplancton. Per ciascun valore di *R* (compresi tra 0 e 1, con *R* = 0 a rappresentare la massima similarità tra campioni o gruppi di campioni e *R* = 1 la massima dissimilarità), viene riportata la significatività (** altamente significativo, * significativo, n.s. campione non significativo).

Tabella 86 - <i>Pairwise test</i> di confronto tra fase di Bianco (B) e stagioni estive (E) dal 2014 al 2020. Valore di <i>R</i> del <i>global test</i> = 0,550. <i>P</i> = 0,001.			
Pairwise Tests	Oloplancton a copepodi	Meroplancton	Ittioplancton
B vs E14	R = 0,757**	R = 0,955**	R = 0,201**
B vs E15	R = 0,850**	R = 0,959**	R = 0,141*
B vs E16	R = 0,881**	R = 0,900**	R = 0,270**
B vs E17	R = 0,865**	R = 0,901**	R = 0,320**
B vs E18	R = 0,821**	R = 0,936**	R = 0,371**
B vs E19	R = 0,825**	R = 0,992**	R = 0,391**
B vs E20	R = 0,851**	R = 0,934**	R = 0,306**
E14 vs E15	R = 0,470**	R = 0,356**	R = 0,076 n.s.
E14 vs E16	R = 0,552**	R = 0,337**	R = 0,082 n.s.
E14 vs E17	R = 0,621**	R = 0,256*	R = 0,288**
E14 vs E18	R = 0,607**	R = 0,610**	R = 0,380**
E14 vs E19	R = 0,728**	R = 0,872**	R = 0,457**
E14 vs E20	R = 0,688**	R = 0,771**	R = 0,280**
E15 vs E16	R = 0,306**	R = 0,354**	R = 0,102 n.s.
E15 vs E17	R = 0,376**	R = 0,167*	R = 0,186**
E15 vs E18	R = 0,451**	R = 0,376**	R = 0,192*
E15 vs E19	R = 0,590**	R = 0,742**	R = 0,358**
E15 vs E20	R = 0,548**	R = 0,432**	R = 0,298**
E16 vs E17	R = 0,273**	R = 0,201*	R = 0,116 n.s.

Tabella 86 - Pairwise test di confronto tra fase di Bianco (B) e stagioni estive (E) dal 2014 al 2020. Valore di R del *global test* = 0,550. *P* = 0,001.

Pairwise Tests	Oloplancton a copepodi	Meroplancton	Ittioplancton
E16 vs E18	R = 0,328**	R = 0,488**	R = 0,226***
E16 vs E19	R = 0,460**	R = 0,780**	R = 0,457**
E16 vs E20	R = 0,455**	R = 0,500**	R = 0,420**
E17 vs E18	R = 0,408**	R = 0,299**	R = 0,061 n.s.
E17 vs E19	R = 0,519**	R = 0,367**	R = 0,470**
E17 vs E20	R = 0,524**	R = 0,459**	R = 0,495**
E18 vs E19	R = 0,429**	R = 0,466**	R = 0,418**
E18 vs E20	R = 0,489**	R = 0,191 n.s.	R = 0,632**
E19 vs E20	R = 0,474**	R = 0,457**	R = 0,485**

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

Dai risultati del *pairwise test* si evince che la comunità zooplanctonica raccolta durante la fase di BIANCO (B) è significativamente differente rispetto alla fase di esercizio.

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'ittioplancton, la dissimilarità è minore (valori di R più bassi), confermandosi, comunque, altamente significativa. In **Figura 92** sono riportati i valori di R che esibiscono contenute fluttuazioni temporali. Ciò indica che la differenza osservata tra fase di bianco e fase di esercizio, già riscontrata nel 2014, si è mantenuta pressochè costante fino al 2020, a suggerire che non può essere imputabile all'esercizio del Terminale.

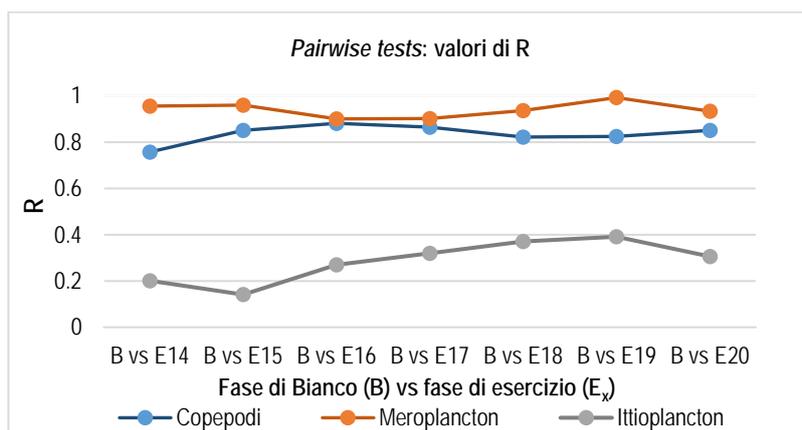


Figura 92 – Confronto dei valori di R dei *pairwise tests* nel confronto tra fase di bianco (B) e fase di esercizio estivo (E).

I risultati, pertanto, suggeriscono l'esistenza di una comunità differente rispetto al *survey* iniziale (fase di bianco, B). Tale comunità non mostra una tendenza ad ulteriori evoluzioni. Le differenze tra le estati tendono infatti a ridursi nel tempo (**Tabella 87**).

Tabella 87 - Pairwise test di confronto tra le stagioni estive 2014-2019 con l'ultima del 2020. Valore di R del *global test* = 0,550. *P* = 0,001

Pairwise Tests	Oloplancton a copepodi	Meroplancton	Ittioplancton
E14 vs E20	R = 0,688**	R = 0,771**	R = 0,280**
E15 vs E20	R = 0,548**	R = 0,432**	R = 0,298**
E16 vs E20	R = 0,455**	R = 0,500**	R = 0,420**
E17 vs E20	R = 0,524**	R = 0,459**	R = 0,495**
E18 vs E20	R = 0,489**	R = 0,181 n.s.	R = 0,632**
E19 vs E20	R = 0,474**	R = 0,457**	R = 0,485**

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

La elevata differenza nelle caratteristiche del popolamento rispetto a Bianco ha ragioni ecologiche, ma è anche legata all'aumento della conoscenza dell'area indagata.

La comunità zooplanctonica, trattandosi di organismi presenti nella colonna d'acqua e diffusi nell'ambiente marino secondo una distribuzione cosiddetta a mosaico (*patches*), è maggiormente soggetta a oscillazioni quali-quantitative rispetto al benthos.

Questo significa che, nella stessa stagione, anche poche settimane di distanza tra un campione e l'altro e talvolta anche condizioni meteorologiche differenti che intervengono nella stessa campagna (es. moto ondoso) possono produrre risultati diversi. In particolare queste differenze sono amplificate nel mero e nell'ittioplancton che trascorrono solo un periodo variabile nella colonna d'acqua rispetto ai copepodi oloplanctonici. Da qui nasce la necessità di ripetere i *survey* nello stesso periodo e con medesime condizioni meteorologiche.

Di fatto la fase di Bianco è stata condotta nel mese di agosto 2012, mentre durante la fase di esercizio i campionamenti sono stati sempre effettuati nel mese di settembre, fatto che spiega le differenze osservate.

Parte di tali differenze può anche essere legata all'incremento della conoscenza dell'area di studio protrattosi per molti anni durante i quali gli operatori hanno potuto raffinare il livello di identificazione tassonomica e aumentare il dettaglio nella restituzione dei dati.

Ad oggi sono stati identificati 494 *taxa* tra oloplancton a copepodi, meroplancton e ittioplancton; si tratta di un contingente che progressivamente si avvicina al massimo potenziale esprimibile per l'area oggetto del monitoraggio.

Dopo l'incremento di soli 4 *taxa* tra l'anno 2018 e il 2019, un nuovo impulso all'arricchimento della *checklist* è stata senza dubbio l'indagine genetica, con l'adozione della tecnica del barcoding, in quanto la procedura di analisi, con amplificazione e confronto di una sequenza del DNA mitocondriale con una banca dati di riferimento mondiale, consente di discriminare a livello specifico organismi che morfologicamente presentano caratteristiche pressoché sovrapponibili e sulle quali non è possibile esprimere con certezza il livello tassonomico più basso.

Si può concludere quindi, che i cambiamenti osservati non sono relazionabili alla presenza del Terminale.

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 riferimento nazionale (L1 o L2 DM 173/16) o degli Standard di Qualità (DM 56,2009).

7.2.1 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche

Metodi di elaborazione dati

I risultati relativi ai dati acquisiti dal Bianco (B) all'Estate 2018 (E20) 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 2020 confermano sostanzialmente quelli dell'estate precedente. La variazione maggiore riguarda la componente sabbiosa calata di circa il 10% in MG6 e MG10 a vantaggio prevalentemente della frazione siltosa. Nell'insieme i dati confermano che i sedimenti indagati mostrano elevata variabilità spaziale (**Figura 93**) 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 88** 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.

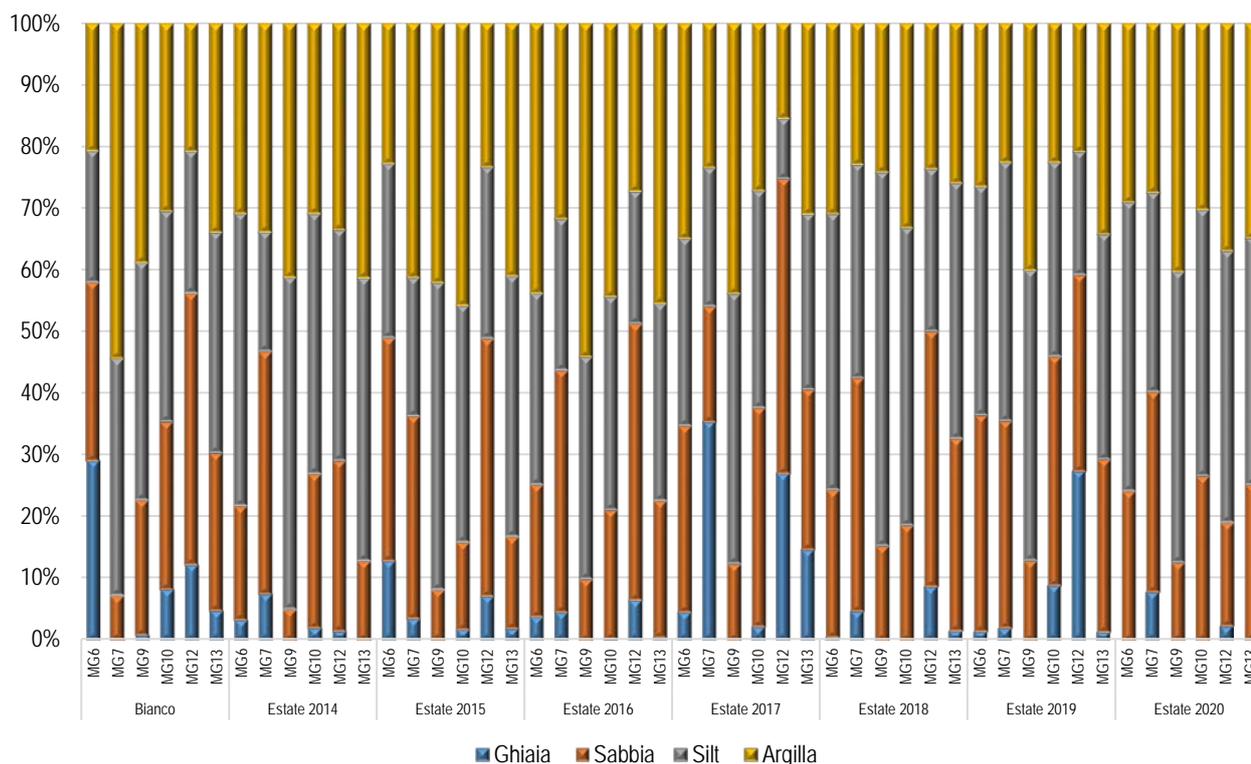


Figura 93 – Principali classi granulometriche nei sedimenti campionati durante la campagna di Bianco (E12) e nelle successive campagne estive (da E14, a E20).

Tabella 88 – 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	11,46±10,99	35,92±11	26,69±11,32	25,91±7,39
B MG13	4,8±0	25,53±0	35,71±0	33,97±0
MG13	2,83±5,24	22,9±6,78	37,95±6,15	36,28±6,72
B MG6	28,99±0	28,88±0	21,37±0	20,75±0
MG6	3,75±4,34	27,08±6,83	37,91±8,29	31,31±6,7
B MG7	0,1±0	7,18±0	38,4±0	54,42±0
MG7	9,33±11,64	33,38±7,13	28,18±8,15	29,08±6,98
B MG9	0,86±0	21,88±0	38,39±0	38,87±0
MG9	0,01±0,04	10,89±3,46	48,24±7,71	40,84±8,8
B MG10	8,22±0	27,22±0	34,01±0	30,56±0
MG10	2,13±3,1	25,4±8,47	38,96±5,79	33,49±8,62

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 negli anni precedenti.

Il primo asse spiega il 40,3% della varianza totale (**Tabella 89**), dovuta principalmente al contributo di molti metalli, che hanno esibito in B MG9 nella campagna di Bianco i valori più elevati (**Figura 94**). 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 15,8% della varianza, il contributo più importante è dato dagli IPA Totali e dal Manganese che mostrano picchi presso del Terminale come era già emerso nella campagna di Bianco.

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

Tabella 89 - Coefficienti delle combinazioni lineari degli assi. Matrice sedimenti con dati abiotici (normalizzati). Dati dal Bianco all'E20.

% di varianza spiegata	% di varianza spiegata				
	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
Ghiaia	-0,143	0,094	0,455	0,21	0,191
Sabbia	-0,254	0,185	0,243	0,14	0,156
Silt	0,194	-0,082	-0,452	-0,013	-0,173
Argilla	0,216	-0,213	-0,197	-0,344	-0,166
Al	0,326	-0,055	0,108	0,201	0,114
Fe	0,338	-0,103	0,103	0,033	0,182
As	0,116	-0,247	0,444	-0,276	-0,252
Ba	0,253	0,241	0,105	0,219	0,053
Cr	0,345	-0,02	0,078	0,13	0,151
Cu	0,285	0,344	0,018	-0,007	0,054
Cd	0,053	0,487	-0,187	-0,226	0,122
Mn	0,157	-0,313	0,36	-0,2	-0,037
Hg	0,286	0,105	0,025	-0,119	0,108
Ni	0,32	-0,091	-0,073	0,019	0,233
Pb	0,203	0,114	0,176	0,196	-0,633
Zn	0,279	0,209	0,033	0,164	-0,04
IPA Tot	-0,031	0,434	0,121	-0,141	-0,453
TOC	0,028	0,233	0,192	-0,666	0,233

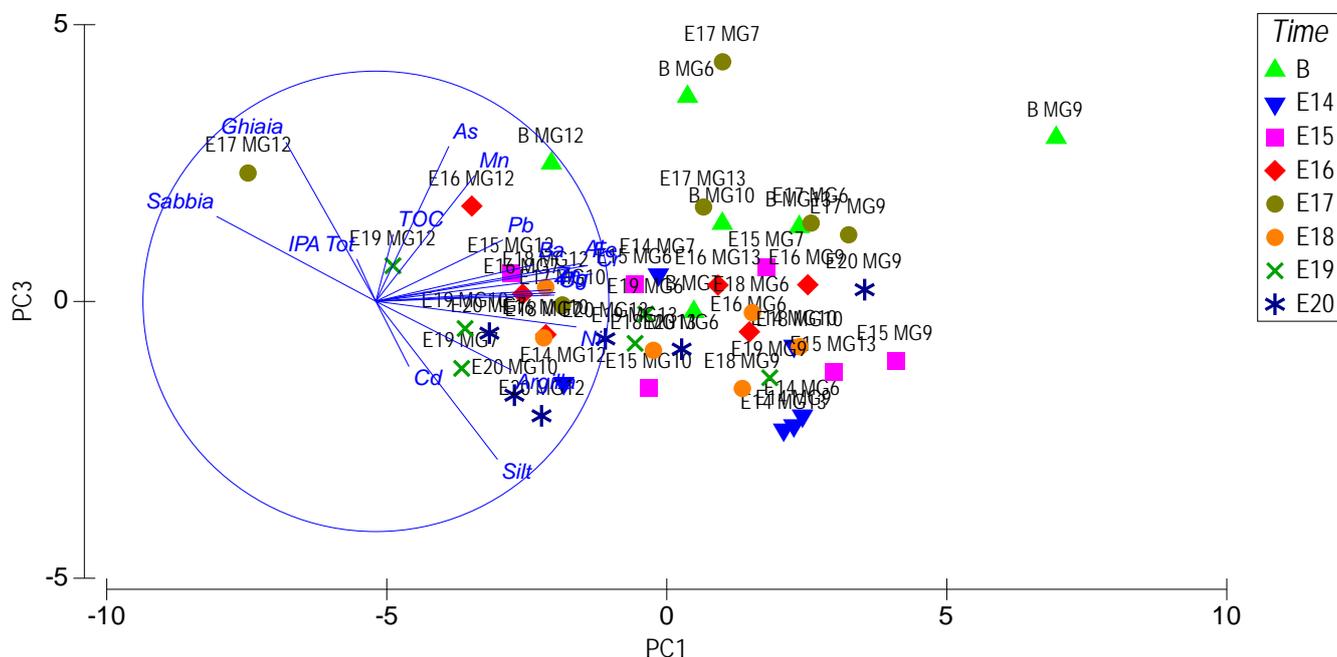


Figura 94 – Risultati dell'Anlisi delle Componenti Principali (PCA) relativa ai dati acquisiti durante i periodi estivi (dal Bianco all'estate 2020). Prima dell'analisi i dati sono stati normalizzati.

7.2.2 Saggi ecotossicologici su campioni di sedimento

I risultati dei saggi biologici applicati ai sedimenti testati dal Bianco fino nell'estate 2017 avevano evidenziato complessivamente un miglioramento del grado di tossicità dei sedimenti analizzati (Tabella 90).

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

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

Nell'estate 2018 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 E20 MG7) il livello di tossicità passa da Bassa a Media (MG6, MG9) o da Bassa a Alta (MG10, MG12, MG13). Anche rispetto al Bianco si registra un peggioramento, tranne MG7 che esibisce un miglioramento.

Nell'estate 2020 il test con il riccio di mare identifica un leggero peggioramento unicamente in MG10, ossia lontano dal Terminale. Il test con il *C. orientale*, invece, mostra tossicità alta ovunque, ossia indipendentemente dalla distanza dall'FSRU, come in parte già rilevato nell'estate 2019. Rispetto al Bianco questo test suggerisce un peggioramento in tutta l'area visto che si osserva in tutte le stazioni di indagine e non solo in quelle più prossime al Terminale.

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, campionata con una precisione di 10 metri rispetto al punto teorico, risulta l'unica in cui, in più di due casi, 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 90 - Risultati complessivi dei test ecotossicologici condotti dal Bianco all'Estate 2020. 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	E20	B	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20	B	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20
MG6	B	A	A	B	A	A	B	B	M	M	A	M	B	B	M	Alta	A	A	A	A	A	A	A	A
MG7	B	B	B	B	B	B	B	B	M	M	B	M	A	A	A	Alta	A	A	A	A	A	A	A	A
MG9	B	A	B	M	A	B	B	B	B	B	B	M	A	B	M	Alta	A	A	A	A	A	A	A	A
MG10	B	B	B	M	B	M	B	M	M	B	B	M	A	B	Alta	Alta	A	A	A	A	A	A	A	A
MG12	B	M	B	B	B	Alta	B	B	M	B	Alta	M	A	B	Alta	Alta	A	A	A	A	A	A	A	A
MG13	B	A	B	B	A	B	B	B	B	B	M	M	A	B	Alta	Alta	A	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 2020.

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, E20). 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.

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

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

La formula del modello iniziale è la seguente:

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

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

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

La *backward selection analysis* ha mostrato che l'interazione tra il fattore distanza dal terminale FSRU e il tempo non ha effetto significativo sulla variabile dipendente H, pertanto è stata rimossa 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), α è l'intercetta, Anno, Stagione e Distanza sono le variabili indipendenti (Stagione e Distanza espresse come fattore f). Nella formula è anche indicata l'interazione tra Anno e Distanza.

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

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

Risultati

Nel piano di ordinamento ottenuto dal nMDS (Figura 95) si osserva che il fattore tempo è determinante nello spiegare la disposizione dei punti stazione. Tuttavia, a fronte della elevata mole di dati analizzata il piano bidimensionale appare poco chiaro in ragione dell'elevato livello di stress. Inoltre, la dispersione dei punti relativi a ciascun anno è dovuta alla rappresentazione delle diverse stagioni. In particolare i punti riconducibili all'anno 2019, appaiono molto dispersi, fatto riconducibile ai campioni autunnali risultati particolarmente poveri. Dal piano si evince inoltre, che in nessun anno monitorato i punti stazione più vicini al Terminale seguano derive temporali diverse rispetto alle stazioni lontane.

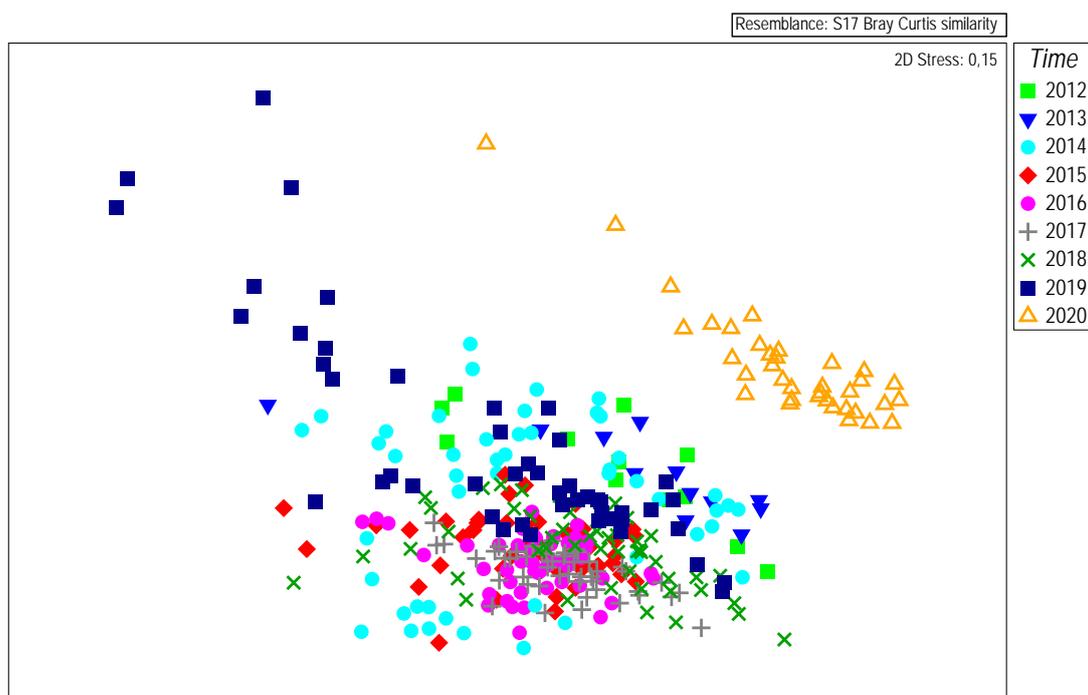


Figura 95 – Piano di ordinamento ottenuto dal n-MultiDimensional Scaling applicato alla matrice specie x stazioni (dati dal Bianco all'Estate 2020, tutte le stagioni) dopo aver mediato le repliche. La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Bray-Curtis.

La posizione dei punti relativi al 2020 (triangoli vuoti, parte destra del piano) indica che il popolamento è andato modificandosi nel tempo, fatto che rientra nei processi naturali dell'ecosistema e degli animali e vegetali che lo popolano, indipendentemente dalla presenza del Terminale. A conferma di questo si osserva che tale cambiamento è avvenuto in tutte le stazioni a prescindere dalla loro distanza dell'FSRU. Se il cambiamento fosse ad esso correlato sarebbe avvenuto solo nelle sue immediate vicinanze. Una parte, seppur minima, della deriva osservata nel plot dei punti del 2020, è legata all'aumento del numero di specie rilevate, aumento che si è verificato sia perché i campionamenti di lungo periodo aumentano la probabilità di campionare le specie rare (ossia presenti occasionalmente e con bassi valori di abbondanza) sia perché si è affinata l'abilità tassonomica degli operatori.

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.

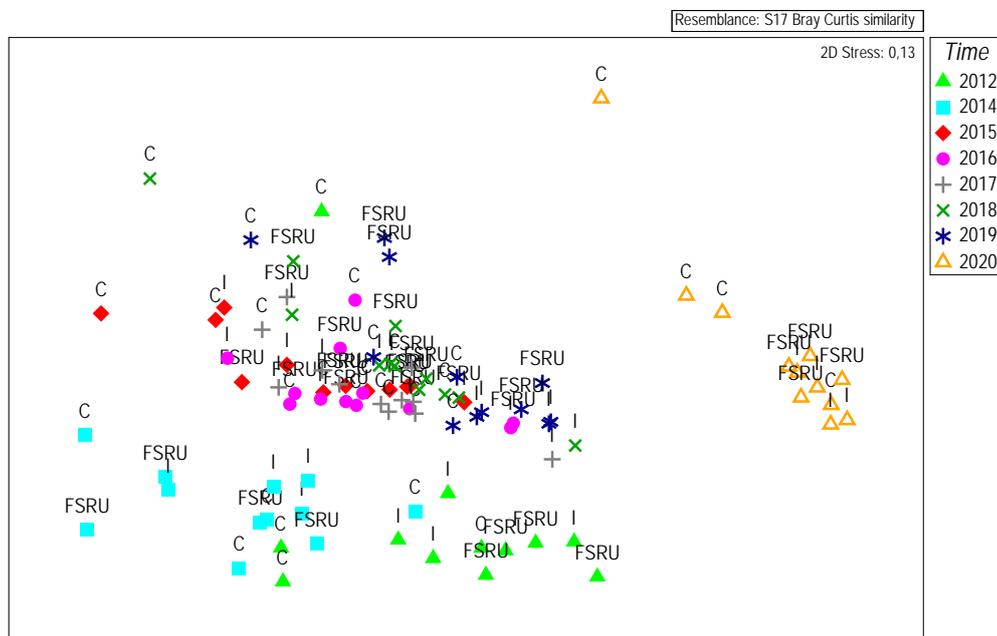


Figura 96 – Piano di ordinamento ottenuto dal n-MultiDimensional Scaling applicato alla matrice specie x stazioni (limitatamente ai campionamenti estivi). La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Brey-Curtis. Nel plot sono stati superimposte le label (C, FSRU, I) che indicano la posizione delle stazioni rispetto al Terminale.

Tabella 91 – 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	2,5145E5	35922	14,931	0,001
Distanza (D)	2	20400	10200	2,3043	0,001

Tabella 91 – 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)	9	28897	3210,8	1,3553	0,038
TxD	14	30672	2190,8	0,91755	0,699
TxS(D)	61	1,439E5	2359	2,5294	0,001
Residuo	290	2,7046E5	932,62	14,931	0,001
Totale	383	7,4891E5			

Gli aspetti strutturali del 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 *backward selection analysis* l'interazione tra Tempo e 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.

Tabella 92 – Risultati della analisi di regressione lineare multipla sull'indice di biodiversità di Shannon.

Coefficienti:	Stima	Err.St.	valore test <i>t</i>	livello di significatività
Intercetta	-30.05	12.87	-2.34	< 0.05
Anno	0.02	0.01	2.62	< 0.05
fDistanza - FSRU	0.22	0.03	6.53	< 0.05
fDistanza - I	-0.20	0.03	-5.86	< 0.05
fStagione - E	0.03	0.04	0.81	NS
fStagione - I	0.10	0.04	2.39	< 0.05
fStagione - P	0.15	0.04	3.56	< 0.05

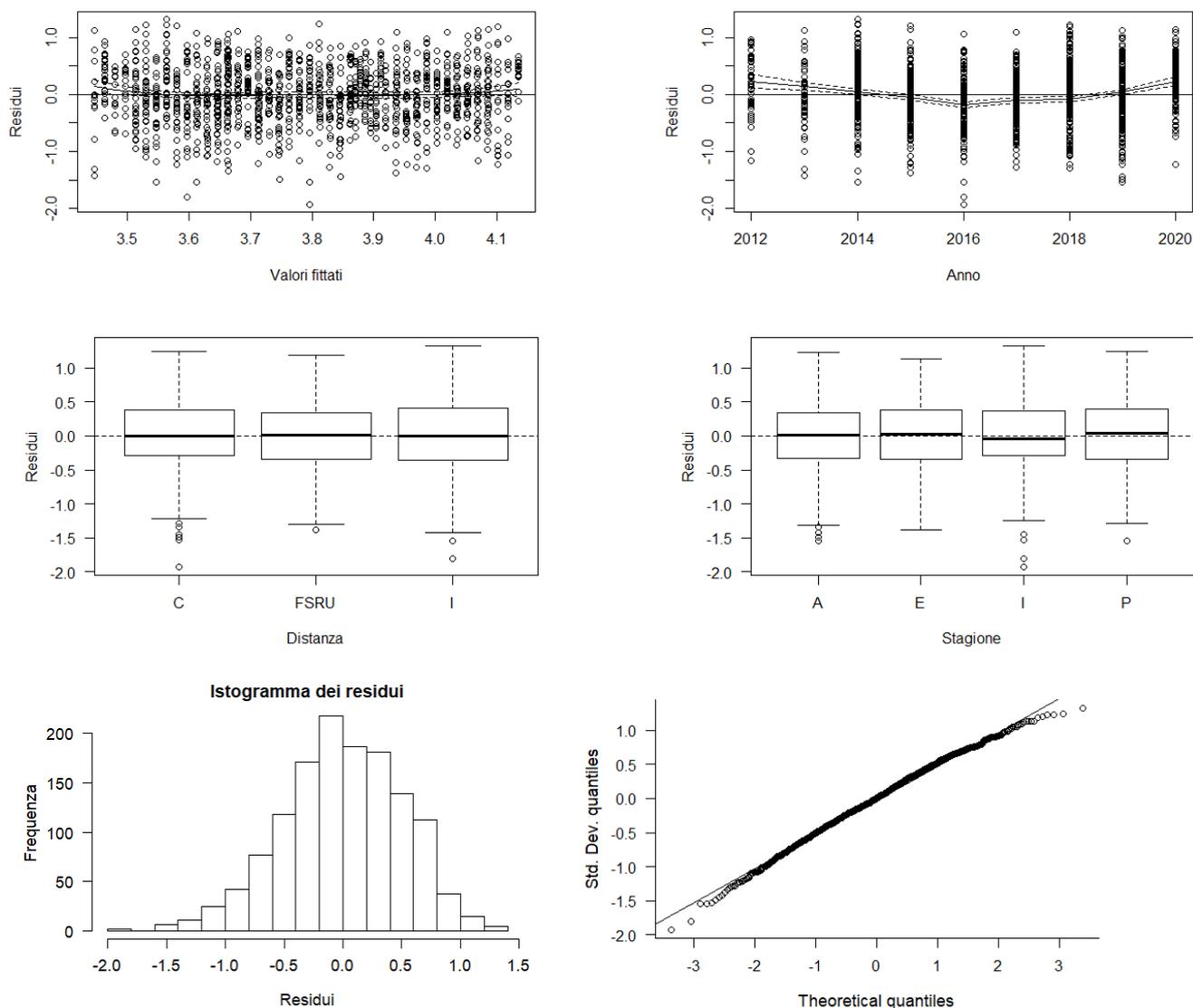


Figura 97 - Analisi grafica dei residui per valutare le assunzioni di omogeneità e normalità dei residui nella analisi di regressione lineare multipla sull'indice di biodiversità di Shannon.

I risultati ottenuti applicando il modello di regressione lineare multipla dopo aver rimosso l'interazione TxD rileva che, dalla stima dei coefficienti, il fattore tempo ha un effetto significativo sull'indice di biodiversità di Shannon, il che sta ad indicare che la tendenza generale della biodiversità è in aumento. 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, effetti significativi sulla biodiversità si osservano in inverno e primavera, rispetto all'autunno (usato come valore di riferimento, e non mostrato in tabella).

La tabella seguente (Tabella 93) mostra gli output del modello di regressione lineare multipla stimato per la ricchezza specifica S.

Tabella 93 – Risultati della analisi di regressione lineare multipla sulla ricchezza specifica (S).				
Coefficienti:	Stima	Err.St.	valore test t	livello di significatività
Intercetta	-	252.89	-5.17	< 0.05
Anno	0.66	0.13	5.28	< 0.05
fDistanza - FSRU	6.05	0.67	9.00	< 0.05
fDistanza - I	0.92	0.67	1.37	NS

fStagione - E	2.19	0.79	2.79	< 0.05
fStagione - I	5.42	0.82	6.63	< 0.05
fStagione - P	4.94	0.82	6.04	< 0.05

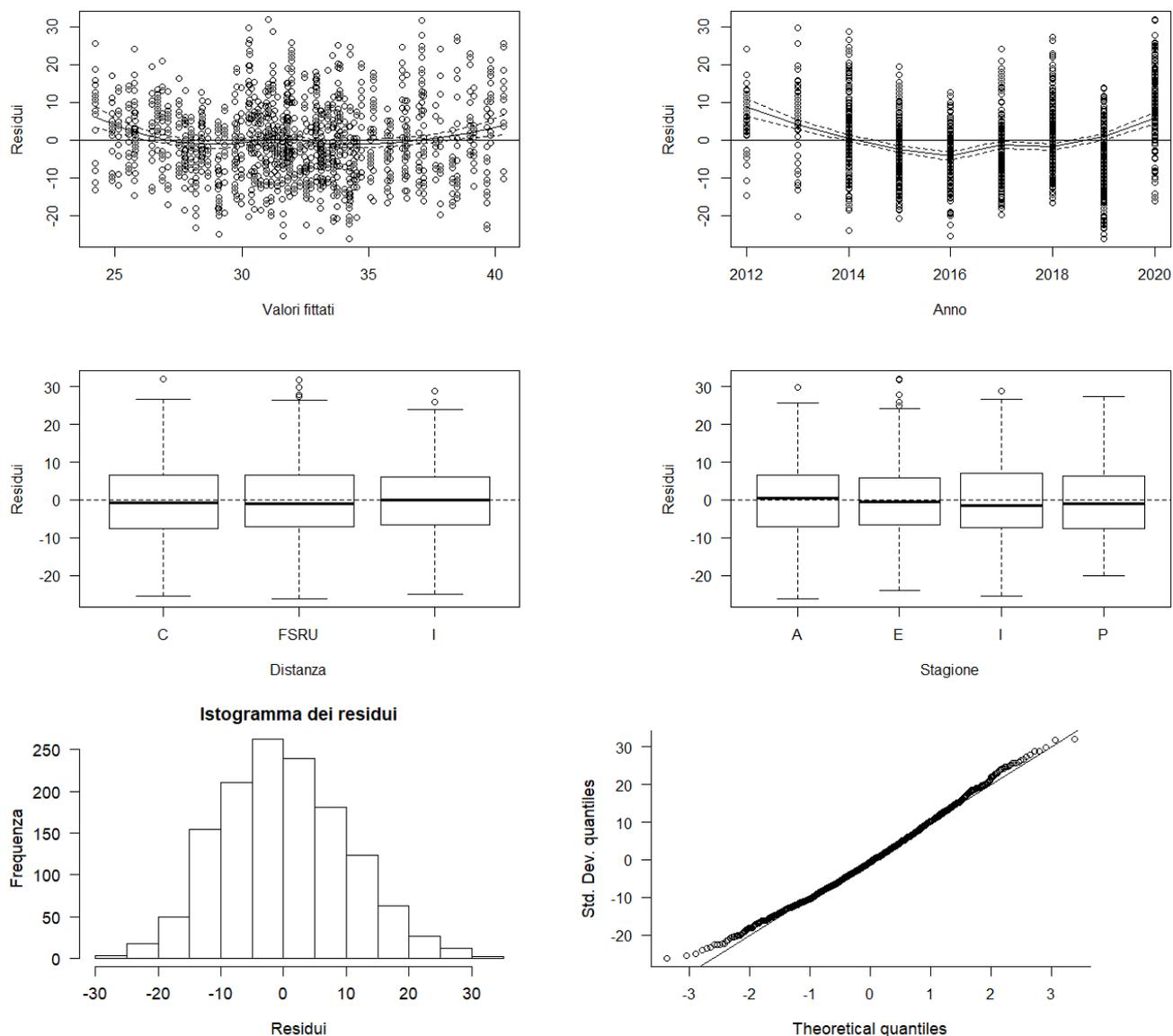


Figura 98 – Analisi grafica dei residui per valutare le assunzioni di omogeneità e normalità dei residui nella analisi di regressione lineare multipla sulla ricchezza specifica (S).

Dalla stima dei coefficienti si evince che il fattore tempo ha un effetto significativo sull'indice di ricchezza specifica, il che sta ad indicare che la tendenza generale della ricchezza specifica è all'aumento. Risulta anche 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'autunno (non indicato in tabella in quanto preso come valore di riferimento) è associato a valori di ricchezza specifica significativamente più bassi rispetto alle altre stagioni. Anche in questo caso l'analisi dei residui (**Figura 98**) non ha riscontrato la presenza di trend nei residui, il che sta ad indicare che le assunzioni di omogeneità della varianza e normalità dei residui 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 quantitativi derivanti dalle 15 campagne di studio (Bianco, I14, E14, I15, E15, I16, E16, I17, E17, I18, E18, I19, E19, I20, E20) sono stati raccolti in un'unica matrice *taxa x stazioni* e analizzati congiuntamente per valutarne l'andamento complessivo.

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

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

Analogamente a quanto descritto per i popolamenti macrobentonici, anche in questo caso è stata formulata l'ipotesi secondo la quale le stazioni più vicine all'FSRU siano quelle che maggiormente possono risentire della sua influenza. Pertanto, le stazioni sono state raggruppate in ragione della loro distanza dal Terminale, ossia: FSRU (stazioni vicine), I (stazioni intermedie), C (controlli, stazioni più lontane). Avendo a disposizione un'unica fase di Bianco eseguita in estate, i dati sono stati nuovamente elaborati utilizzando unicamente i survey estivi (B, E14, E15, E16, E17, E18, E19, E20). L'ordinamento dei punti stazione è stato ottenuto, anche in questo caso, tramite il n-MDS. Le etichette (label) corrispondenti (FSRU, C, I) sono state sovrapposte al piano di ordinamento per consentire di rilevare più facilmente eventuali gradienti spaziali.

Sui medesimi dati relativi alle campagne estive, per verificare la significatività dei pattern osservati, è stata usata la PERMANOVA, test multivariato non parametrico.

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

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

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

Risultati

Dall'analisi congiunta della fauna rinvenuta durante le 15 campagne di prelievo (Bianco, I14, E14, I15, E15, I16, E16, I17, E17, I18, E18, I19, E19, I20, E20) emerge una comunità meiobentonica costituita complessivamente da organismi appartenenti a 29 gruppi tassonomici, dei quali 10 presenti in tutte le campagne di monitoraggio. I Gastrotrichi risultano presenti unicamente nel Bianco, mentre Idrozoi, Rotiferi, Oligocheti, Sipunculidi, Briozoi, Solenogastri, Scafopodi, Acari, Ofiuroidi e Tunicati vengono rinvenuti in una (Scafopodi e Tunicati) o più campagne delle fasi di esercizio. Il rinvenimento o meno di questi taxa nei campioni delle diverse fasi è verosimilmente legato più alla loro rarità, caratteristica che ne rende occasionale il prelievo, che ad altre cause.

La densità media totale dell'area investigata è risultata di $358,8 \pm 168,3$ ind./10 cm² durante il Bianco, variando, nelle fasi di Esercizio, da un minimo di $69,3 \pm 84,3$ ind./10 cm² in I18 ad un massimo di $360,7 \pm 271,4$ ind./10 cm² in E17. I Nematodi sono risultati sempre il taxon dominante (range: 55-290 ind./10 cm²), con percentuali variabili tra il 74,8% della fase E16 e l'85,8% di E19, seguiti nell'ordine da Copepodi (range: 3-34 ind./10 cm²; 3,9-10,1%), Policheti (range: 5-20 ind./10 cm²; 3,9-9,1%) e, infine, Nauplii (range: 3-18 ind./10 cm²; 1,8-5,3%). 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 99**) non evidenzia né chiari pattern spaziali, né temporali, riconducibili alla stagionalità.

Per valutare eventuali cambiamenti avvenuti a seguito della messa in opera del Terminale, i dati sono stati nuovamente elaborati considerando unicamente le campagne estive, dal momento che quella di Bianco è stata condotta in questa stagione.

Nel piano di ordinamento bidimensionale ottenuto dal n-MDS (**Figura 100**) si nota che i punti stazioni prossimi al Terminale (FSRU) risultano ravvicinati tra loro, nella parte sinistra del plot, in virtù di una maggiore similarità faunistica, diversamente da quanto avviene per le stazioni poste a distanza maggiore, la cui localizzazione appare meno addensata e spostata verso la porzione centrale del piano. Se il pattern osservato è indipendente dalla presenza del Terminale e quindi dai suoi effetti sul biota, allora le differenze tra siti vicini e siti lontani non dovrebbero cambiare nel tempo.

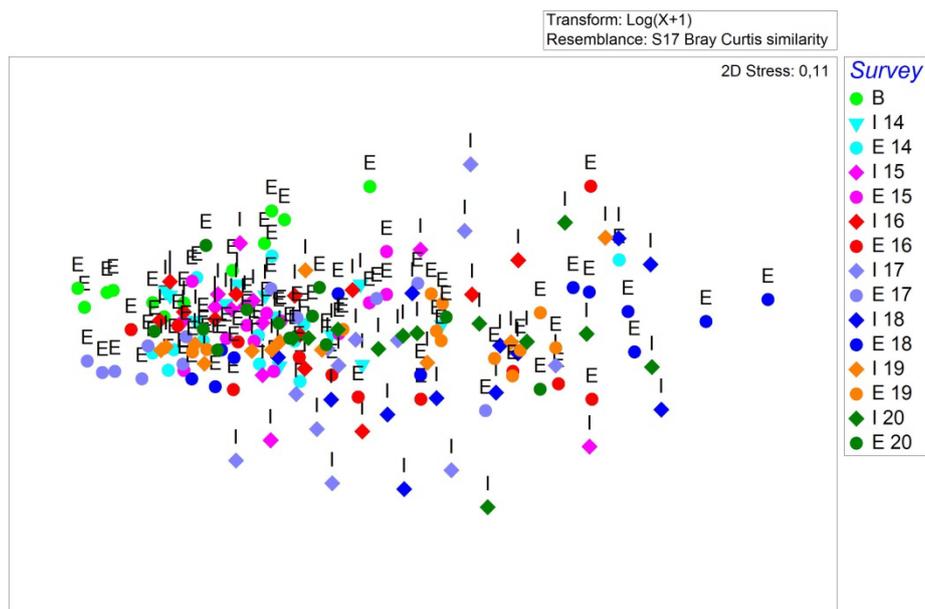


Figura 99 – Piano di ordinamento delle 12 stazioni investigate ottenuto dal non-metric MultiDimensional Scaling (n-MDS), basato sul valore delle abbondanze medie dei taxa principali e similarità di Bray-Curtis, previa trasformazione logaritmica dei dati. Sono stati analizzati i dati acquisiti nel corso di 15 campagne di prelievo, dal Bianco (B) all'Estate 2020 (E20).

Per esplorare eventuali differenze tra i popolamenti posti a diverse distanze dal Terminale e per verificare come tali differenze si siano evolute 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, ad indicare che i popolamenti posti a diverse distanze dal Terminale non differiscono tra loro. Tale condizione con cambia nel tempo, infatti l'interazione Tempo x Distanza non risulta significativa (**Tabella 94**).

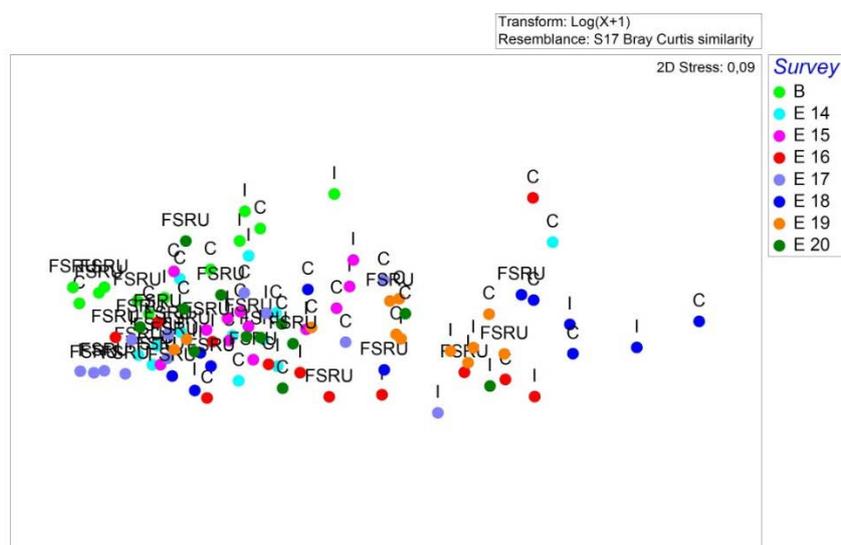


Figura 100 – Piano di ordinamento delle 12 stazioni investigate ottenuto dal non-metric MultiDimensional Scaling (n-MDS), basato sul valore delle abbondanze medie dei taxa principali e similarità di Bray-Curtis, previa trasformazione logaritmica dei dati. Sono stati analizzati i dati acquisiti nel corso di otto campagne estive, dal Bianco (B) all'Estate 2020 (E20). Nel plot sono sovrapposti i label in base alle distanze delle stazioni dal Terminale (FSRU: vicine al Terminale, I: distanza intermedia, C: controlli).

Tabella 94 – 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)	7	17732	2533,2	6,0426	0,001
Distanza (D)	2	5370,1	2685	2,8973	0,093
Sito [S(D)]	9	8340,8	926,75	2,2106	0,002
T x D	14	4534,4	323,89	0,77259	0,846
Residuo	63	26411	419,22		
Totale	95	62389			

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

7.3.3 Bioaccumulo

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

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

Per quanto riguarda gli elementi in tracce sono state confrontate le variazioni osservate tra le concentrazioni dei mitili posti lungo il 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. Queste anomalie non sono state confermate dai dati acquisiti nel VII anno di monitoraggio.

Lo Zinco ha mostrato segnali di bioaccumulo, ma che rimangono sporadici o limitati ad una singola stazione posta lungo il rigassificatore.

Solo nell'estate 2016 risultava risulta bioaccumulato in tutti i mitili analizzati. Durante il VII anno di monitoraggio, invece, il bioaccumulo di questo metallo risulta diffuso e riguarda tutte le stagioni tranne quella estiva in cui il fenomeno risulta limitato alla stazione Pos.4.

Nell'ultimo anno di monitoraggio (VII) modesti segnali di bioaccumulo sono stati registrati anche per l'Arsenico nel periodo autunnale, con valori analoghi a quelli registrati in A18. Anche in questo caso, pertanto, le anomalie sono del tutto sporadiche.

Nel complesso, eventi descritti, risultano occasionali 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 eseguita utilizzando il software SGWIN (Window 98) e utilizzando come variabile indipendente il tempo (la serie delle campagne di monitoraggio comprese tra P14 e E20) e come variabile dipendente la grandezza T-C (Terminale meno Controllo), dove T rappresenta il valore medio ottenuto analizzando tutti i mitili posizionati presso il terminale FSRU e C il valore medio dei mitili di controllo (mantenuti presso la stazione E – Isola di Gorgona). Inoltre, per rendere più semplice l'interpretazione dei risultati dell'indagine basata sui *biomarker*, i dati ottenuti sono stati elaborati utilizzando il programma *SediquaSoft*, che permette di integrare *dataset* eterogenei e fornisce una misura del livello di rischio ambientale (Piva et al., 2011). Il modulo sulle analisi dei Biomarker può elaborare i risultati ottenuti a partire da un'ampia lista di biomarker tra quelli maggiormente utilizzati dalla comunità scientifica. A ciascun biomarker è associato un "peso", diverso a seconda della rilevanza biologica della risposta e del livello di conoscenze sui meccanismi coinvolti; per ciascun biomarker inoltre, è stabilita anche una "soglia" (Threshold) che corrisponde alla variazione minima considerata biologicamente significativa in funzione della specie e del tessuto analizzato. Per calcolare l'indice cumulativo di pericolo per i biomarker, la variazione misurata per ciascun parametro è confrontata con la

“soglia” e corretta sia per la significatività statistica della differenza rispetto al controllo, che per l'importanza biologica della risposta (“peso”); ogni biomarker è quindi assegnato ad una classe di pericolo (da assente a molto grave) a seconda dell'entità della variazione rispetto alla soglia. I risultati di tutti i biomarker sono diversamente pesati nel calcolo del pericolo cumulativo e della sua attribuzione ad 1 di 5 classi di gravità. Il modello indica il numero di biomarker all'interno di ciascuna delle 5 classi, il valore di pericolo cumulativo e la classe di pericolo complessivo per i biomarker (Piva et al., 2011). Questo approccio è stato validato ed applicato in differenti contesti ambientali anche di grande complessità, come nel caso del monitoraggio associato al naufragio ed alla rimozione della Nave Concordia presso l'Isola del Giglio (Regoli et al., 2014).

Risultati

L'analisi della regressione lineare aggiornata alla campagna E-20 non ha evidenziato alcun trend significativo per nessuno dei tre biomarker analizzati. Anche il grado di danno 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 3 campagne di monitoraggio (Figura 108).

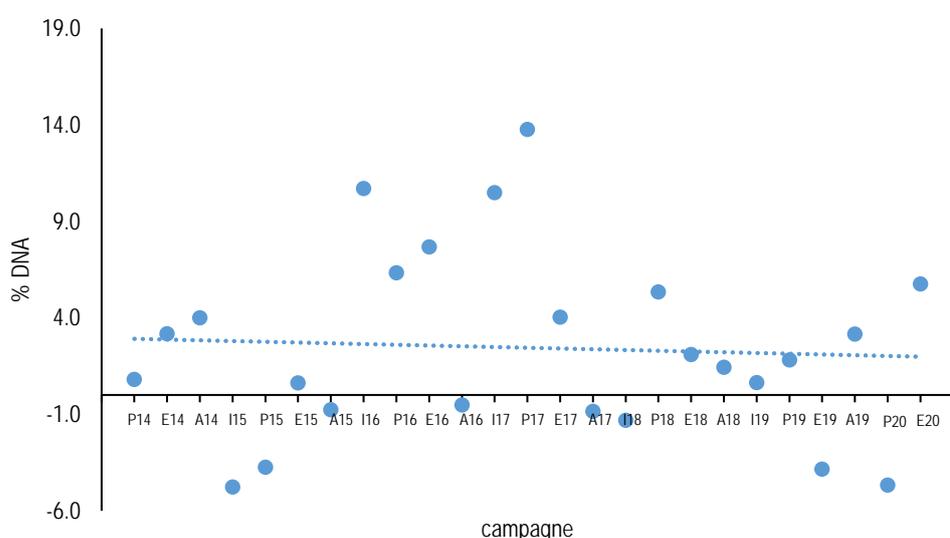
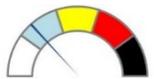
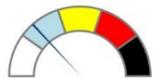
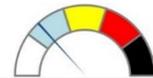
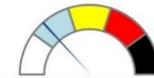
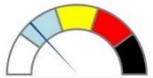
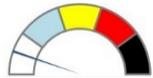
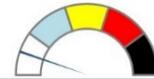
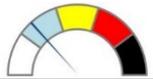
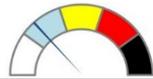


Figura 101 - Variazione temporale del grado di danno del DNA nelle cellule branchiali di mitilo (non significativa)

I risultati della elaborazione *Sediquasoft*, che integra i dati relativi a tutti i biomarker indagati, sono illustrati graficamente nella Figura 109, nella quale è riportata la classe di rischio per ciascuna delle 25 campagne di monitoraggio effettuate dall'inizio dell'attività. Anche in questo caso, i risultati delle 4 stazioni presso il Terminale FSRU sono stati cumulati. Il modello ha messo in evidenza che solo in una campagna (inverno 15) 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

Sample	Class	Sample	Class	Sample	Class
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 	A 19	SLIGHT 

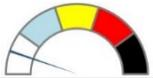
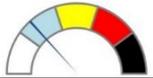
Sample	Class
I 20	-
P 20	ABSENT 
E 20	SLIGHT 

Figura 102 - Integrazione ponderata dei risultati dei biomarker mediante il programma *Sediquasoft*, da cui emerge un impatto assente o moderato del Terminale nella quasi totalità delle campagne di monitoraggio effettuate.

7.3.5 Fauna ittica bentonectonica

Metodi di elaborazione dati

Per lo studio delle risposte della componente demersale, monitorata attraverso 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/km², delle principali specie catturate nell'area di indagine: triglia di fango, *Mullus barbatus*, nasello, *Merluccius merluccius*, gambero rosa, *Parapenaeus longirostris*, e gattuccio, *Scyllorhinus canicula*. Queste specie sono anche i principali target della pesca professionale con rete a strascico.

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. Alla luce della lunga serie temporale, si è deciso di considerare la variabile Anno come variabile continua, a differenza di quanto fatto nelle precedenti revisioni, nelle quali la variabile era stata utilizzata come fattore. La formula del modello iniziale è la seguente:

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

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

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

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 modellizzare i dati relativi alle categorie faunistiche principali (Pesci Ossei, Pesci Cartilaginei, Cefalopodi e Crostacei Decapodi), sempre espressi come indici di biomassa, 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 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

Mullus barbatus

Per la triglia di fango, *M. barbatus*, la *backward selection analysis* ha mostrato che sia il fattore distanza dal terminale FSRU, che l'interazione tra questo ed tempo non hanno effetto significativo sulla variabile dipendente BI; pertanto sono stati rimossi dal modello.

Per la presenza di pattern non lineari nei residui, è stato utilizzato un modello GAM. Il modello migliore selezionato attraverso la *backward selection analysis* è pertanto risultato il seguente:

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

La **Tabella 95** 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*, indicando che la tendenza generale all'aumento della biomassa di questa specie, come confermato da altre evidenze scientifiche (STECF, 2020). Per quanto riguarda l'effetto stagionale, l'inverno sarebbe associato a valori di biomassa significativamente più alti rispetto all'estate. Questo fenomeno è in linea con la dinamica di popolazione della specie, che mostra una biomassa significativamente superiore nella zona interna. Di conseguenza, è possibile supporre un effetto positivo sulla biomassa della triglia di fango, legato alla presenza del terminale FSRU.

Tabella 95 – <i>Mullus barbatus</i> : coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla. EDF = Gradi di libertà della funzione di smooting; Ref.DF = gradi di libertà di riferimento; F = Test F				
Coefficienti:	Stima	Dev.St.	valore test t	livello di significatività
Intercetta	4,04	0,17	23,49	<0,05
fDistanza - I	0,51	0,16	3,25	<0,05
fStagione - I	0,50	0,11	4,47	<0,05
Coefficienti:	EDF	Ref.DF	F	livello di significatività
Anno	2,64	2,91	6,95	<0,05
Profondità	1,39	1,69	11,40	<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/km²) di questa specie è quello contenente come variabili esplicative il tempo (Anno) ed il fattore stagione. A differenza degli anni precedenti, la variabile Anno è stata usata come variabile continua, e non più come fattore.

Per la presenza di pattern non lineari nei residui, è stato utilizzato un modello GAM. Il modello migliore selezionato attraverso la *backward selection analysis* è pertanto risultato il seguente:

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

La **Tabella 96** mostra gli output del modello. Dalla stima dei coefficienti delle variabili incluse nel modello, si evince che la variabile temporale (Anno) non abbia un effetto significativo sulla biomassa del nasello. Per quanto riguarda il fattore stagionale, in inverno la biomassa di questa specie risulta inferiore a quella osservata in estate. 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 96 – <i>Merluccius merluccius</i> : coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla. EDF = Gradi di libertà della funzione di smooting; Ref.DF = gradi di libertà di riferimento; F = Test F				
Coefficienti:	Stima	Dev.St.	valore test t	livello di significatività
Intercetta	3,12	0,26	11,91	<0,05
fStagione - I	-0,84	0,20	-4,12	<0,05
Coefficienti:	EDF	Ref.DF	F	livello di significatività
Anno	1,01	1,01	2,97	NS

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/km²) di questa specie è quello contenente come variabili esplicative solo le variabili continue tempo, profondità ed il fattore stagione.

Per la presenza di pattern non lineari nei residui, è stato utilizzato un modello GAM. Il modello migliore selezionato attraverso la *backward selection analysis* è pertanto risultato il seguente:

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

La **Tabella 97** mostra gli output del modello. Dalla stima dei coefficienti delle variabili incluse nel modello, si osserva un aumento generale della biomassa del gambero rosa nel tempo. Questo è in linea con le conoscenze sulla dinamica della specie lungo le coste italiane nord-occidentali (STECF, 2020). Infine, in inverno la biomassa osservata risulta inferiore a quella presente in estate. In conclusione, non è possibile individuare alcun effetto sulla popolazione di gambero rosa legato alla presenza del terminale FSRU.

Tabella 97 – <i>Parapenaeus longirostris</i> : coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla. EDF = Gradi di libertà della funzione di smooting; Ref.DF = gradi di libertà di riferimento; F = Test F				
Coefficienti:	Stima	Dev.St.	valore test t	livello di significatività
Intercetta	3,38	0,13	26,39	<0,05
fStagione - I	-1,59	0,34	-4,68	<0,05
Coefficienti:	EDF	Ref.DF	F	livello di significatività
Anno	1,93	2,29	4,94	<0,05
Profondità	2,45	2,89	24,22	<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/km²) è quello contenente come variabili esplicative il tempo ed i fattori stagione e distanza.

Per la presenza di pattern non lineari nei residui, è stato utilizzato un modello GAM. Il modello migliore selezionato attraverso la *backward selection analysis* è pertanto risultato il seguente:

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

La **Tabella 98** 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. In generale, nel tempo la biomassa del gattuccio ha mostrato un aumento, con una leggera riduzione negli ultimi due anni.

Tabella 98 – <i>Scylliorhinus canicula</i> : coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla. EDF = Gradi di libertà della funzione di smooting; Ref.DF = gradi di libertà di riferimento; F = Test F				
Coefficienti:	Stima	Dev.St.	valore test t	livello di significatività
Intercetta	4,03	0,26	15,35	<0,05
fDistanza - I	0,73	0,25	2,93	<0,05
fStagione - I	0,45	0,13	3,50	<0,05
Coefficienti:	EDF	Ref.DF	F	livello di significatività
Anno	1,96	1,99	11,02	<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/km²) di questa categoria faunistica è quello contenente come variabili esplicative il tempo (Anno) ed il fattore stagione. A differenza degli anni precedenti, la variabile Anno è stata usata come variabile continua, e non più come fattore.

Per la presenza di pattern non lineari nei residui, è stato utilizzato un modello GAM. Il modello migliore selezionato attraverso la *backward selection analysis* è pertanto risultato il seguente:

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

La **Tabella 99** 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.

Tabella 99 – Pesci Ossei: coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla. EDF = Gradi di libertà della funzione di smooting; Ref.DF = gradi di libertà di riferimento; F = Test F				
Coefficienti:	Stima	Dev.St.	valore test t	livello di significatività
Intercetta	5,73	0,08	69,30	<0,05
fStagione - I	0,58	0,10	5,86	<0,05
Coefficienti:	EDF	Ref.DF	F	livello di significatività
Anno	1,93	1,99	6,50	<0,05

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

Pesci Cartilaginei

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

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

La **Tabella 100** mostra gli output del modello. Dalla stima dei coefficienti delle variabili incluse nel modello, 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.

Tabella 100 – Pesci Cartilaginei: coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla.				
Coefficienti:	Stima	Err.St.	valore test t	livello di significatività
Intercetta	-123,69	76,82	-1,61	NS
Anno	0,06	0,04	1,66	NS
fDistanza - I	0,68	0,23	2,97	<0,05
fStagione - I	0,89	0,19	4,56	<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/km²) di questa categoria faunistica è quello contenente come unica variabile esplicativa il fattore stagione. Il modello migliore selezionato attraverso la *backward selection analysis* è pertanto risultato il seguente:

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

La **Tabella 101** mostra gli output del modello. Dalla stima dei coefficienti delle variabili incluse nel modello, si evince che solo il fattore stagione ha un effetto significativo sulla biomassa 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.

Tabella 101 – Molluschi Cefalopodi: coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla.				
Coefficienti:	Stima	Err.St.	valore test t	livello di significatività
Intercetta	3,60	0,10	34,57	<0,05
fStagione - I	0,48	0,16	2,93	<0,05

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

Crostacei Decapodi

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

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

La **Tabella 102** mostra gli output del modello. Dalla stima dei coefficienti delle variabili incluse nel modello, si evince come la biomassa dei Crostacei Decapodi aumenti nel tempo. Questo è probabilmente legato al fatto che la specie più abbondante è il gambero rosa, *P. longirostris*, la cui biomassa sta mostrando un costante aumento lungo le coste nord-occidentali italiane (probabilmente legato all'aumento della temperatura del Mediterraneo). La biomassa dei crostacei è superiore in estate, rispetto all'inverno. In conclusione, anche per quanto riguarda i crostacei, non si individua alcun effetto sulla popolazione legato alla presenza del terminale FSRU.

Tabella 102 – Crostacei Decapodi: coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla.				
Coefficienti:	Stima	Err.St.	valore test t	livello di significatività
Intercetta	-37634	99,38	-3,79	<0,05
fStagione - I	-0,58	0,25	2,29	<0,05

Tabella 102 – Crostacei Decapodi: coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla.				
Anno	0,19	0,05	3,82	<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'

Per la presenza di pattern non lineari nei residui, è stato utilizzato un modello GAM. Il modello migliore selezionato attraverso la *backward selection analysis* è pertanto risultato il seguente:

$$H' = \alpha + s(\text{Profondità}) + f\text{Distanza} + \epsilon.$$

La Tabella 103 mostra gli output del modello. La biodiversità risulta positivamente correlata solo con la profondità.

Tabella 103 – Indice di diversità di Shannon H': coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla. EDF = Gradi di libertà della funzione di smooting; Ref.DF = gradi di libertà di riferimento; F = Test F				
Coefficienti:	Stima	Dev.St.	valore test t	livello di significatività
Intercetta	2,29	0,08	29,69	<0,05
fDistanza - l	-0,16	0,09	-1,84	NS
Coefficienti:	EDF	Ref.DF	F	livello di significatività
Profondità	2,46	3,12	8,09	<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:

$$S = \alpha + \text{Profondità} + \epsilon.$$

La Tabella 104 mostra gli output del modello. Dalla stima dei coefficienti si evince che la ricchezza specifica risulta positivamente correlata solo con la profondità.

Tabella 104 – Ricchezza specifica S: coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla.				
Coefficienti:	Stima	Dev.St.	valore test t	livello di significatività
Intercetta	-27,80	14,90	-1,87	NS
Profondità	11,66	3,66	3,68	<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

Scyllorhinus canicula

Per quanto riguarda i dati di cattura (espressi in kg/1000m/24h) del gattuccio, *S. canicula*, 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 rispetto ai report precedenti è che la variabile temporale (Anno) nell'analisi con GAM viene trattata come una variabile continua, e viene applicata una funzione di smooting.

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:

$$\text{kg}/1000\text{m}/24\text{h} = \alpha + s(\text{Anno}) + f(\text{Stagione}) + f(\text{Distanza}) + \epsilon.$$

La **Tabella 105** 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. In particolare, risulta che le catture di gattuccio siano state superiori negli ultimi anni (2015-2020) rispetto agli altri anni. L'effetto stagionale è dovuto ad una biomassa inferiore nella campagna invernale, rispetto a quella estiva. In ogni caso, non è possibile individuare alcun effetto sulla popolazione di gattuccio legato alla presenza del terminale FSRU. L'analisi dei residui non ha riscontrato la presenza di trend indicando il rispetto delle assunzioni di omogeneità della varianza, di indipendenza e normalità.

Tabella 105 – <i>Scylliorhinus canicula</i> : coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla. EDF = Gradi di libertà della funzione di smoothing; Ref.DF = gradi di libertà di riferimento; F = Test F				
Coefficienti:	Stima	Dev.St.	valore test t	livello di significatività
Intercetta	-0,53	0,09	-6,11	<0,05
fStagione - I	-0,29	0,15	-1,99	<0,05
Coefficienti:	EDF	Ref.DF	F	livello di significatività
Anno	1,00	1,00	5,28	<0,05

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/1000m/24h), la *backward selection analysis* ha mostrato che il modello migliore nel fittare i dati relativi alle catture in peso è quello contenente come variabili esplicative la profondità ed il tempo (anni). Il modello migliore selezionato attraverso la *backward selection analysis* è pertanto risultato il seguente:

$$\text{kg}/1000\text{m}/24\text{h} = \alpha + s(\text{Profondità}) + s(\text{Anno}) + \epsilon.$$

La **Tabella 106** 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 nel tempo. In ogni caso, anche per questa specie non è possibile individuare alcun effetto sulla popolazione legato alla presenza del terminale FSRU.

Tabella 106 – <i>Raja clavata</i> : coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla. EDF = Gradi di libertà della funzione di smoothing; Ref.DF = gradi di libertà di riferimento; F = Test F				
Coefficienti:	Stima	Dev.St.	valore test t	livello di significatività
Intercetta	-1,95	0,22	-8,75	<0,05
Coefficienti:	EDF	Ref.DF	F	livello di significatività
Profondità	7,11	8,07	6,36	<0,05
Anno	1,61	1,84	5,32	<0,05

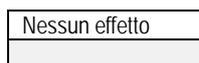
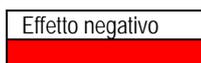
L'analisi dei residui non ha riscontrato la presenza di trend nei residui, il che sta ad indicare che le assunzioni di omogeneità della varianza, di indipendenza e normalità sono rispettate per il modello utilizzato.

I risultati ottenuti con le analisi statistiche sono stati sintetizzati tramite il *traffic light* che permette una immediata valutazione visiva dei risultati (**Tabella 107**). La differenza statisticamente significativa degli indici analizzati, ossia incremento dei valori all'aumentare della distanza dal Terminale, l'effetto è rappresentato da un rettangolo rosso. La colorazione è verde, al contrario, indica che gli indici sono significativamente più elevati presso il Terminale rispetto alle stazioni più lontane, grigio indica assenza di effetto in relazione alla distanza.

Tabella 107 – 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>	

Tabella 107 – Tabella riassuntiva dei risultati con approccio "Traffic light".		
Attrezzo campionatore	Specie	Effetto del terminale
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

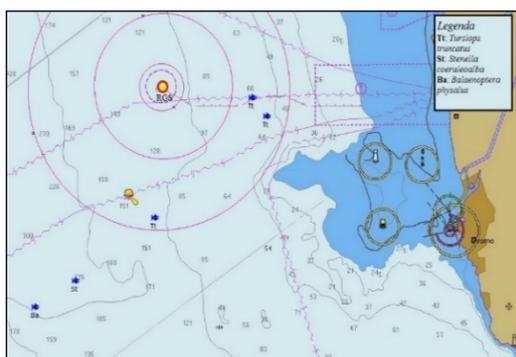
L'area scelta per il posizionamento del Terminale FSRU Toscana ricade all'interno del Santuario Pelagos. Il primo monitoraggio della presenza di cetacei e tartarughe risale agli anni 2000. Nella **Figura 103** sono riportati gli avvistamenti nell'area di monitoraggio antecedenti alla campagna di Bianco B12.



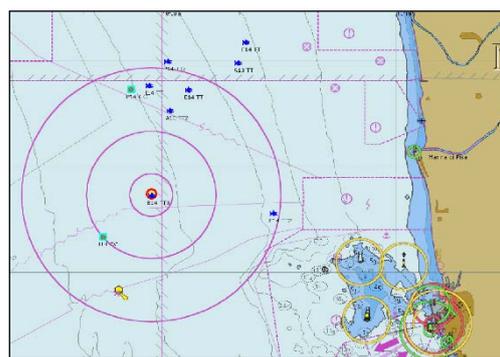
Figura 103 - Dati storici sulla presenza di cetacei risalenti agli anni 2000

Al termine della campagna di Bianco (B12) (**Figura 104**) 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.

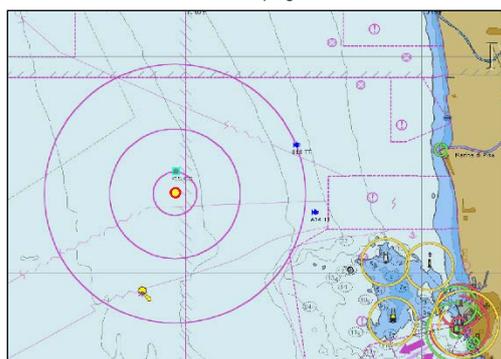
Nel settimo anno di monitoraggio (A19-I20-P20-E20) all'interno dell'area di monitoraggio sono stati effettuati in totale cinque avvistamenti: di cui 3 avvistamenti di delfini tursiopi (*Tursiops truncatus*), uno a 4,5nm a Nord, uno a 3,7nm a Nord Est, ed uno a 0,8nm a Est; due avvistamenti di delfini stenelle (*Stenella coeruleoalba*), uno a 6nm a Ovest ed uno a 200m dalla prua del Terminale. La distribuzione degli avvistamenti rispetta il comportamento caratteristico di entrambe le specie e cioè rispetto al Terminale maggiormente a Est per i tursiopi, più a Ovest per le stenelle (con l'eccezione dell'avvistamento di stenella in P20). Rispetto alle precedenti sei campagne di monitoraggio, questo è l'anno con avvistamenti in tutte le campagne trimestrali, il terzo anno rimane ancora quello con il maggior numero. Caratteristiche di questa campagna sono gli avvistamenti A20TT e P20ST in stretta vicinanza al Terminale verificatisi così vicini solo nel 5° anno (anche se solo di tursiopi e durante la campagna Invernale). Di seguito le mappe con gli avvistamenti per campagna annuale.



Avvistamenti nella campagna di Bianco B12.



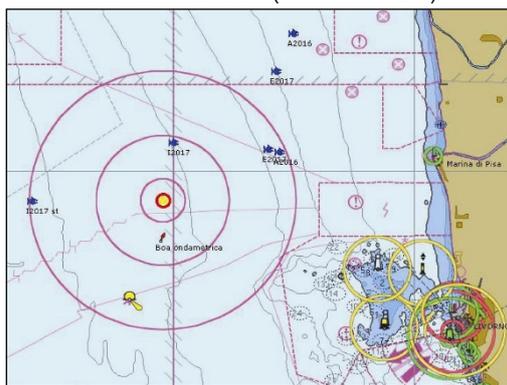
Avvistamenti 1° anno (A13-I14-P14-E14).



Avvistamenti 2° anno (A14-I15-P15-E15).



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



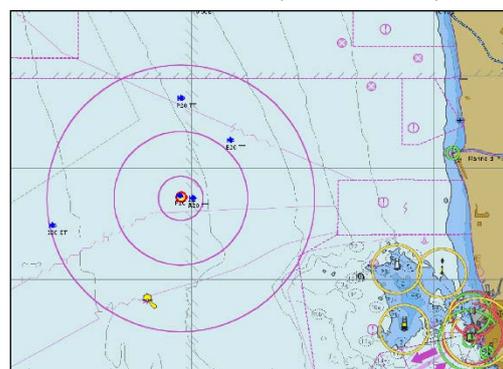
Avvistamenti 4° anno (A16-I17-P17-E17).



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



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



Avvistamenti 7° anno (A19-I20-P20-E20).

Figura 104 - Avvistamenti a partire dalla campagna di Bianco (B12) fino al 7° anno (A19-I20-P20-E20).

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 sempre una delle attività principali. Caratteristica tipica dei tursiopi è l'apprendimento e la 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). Molti degli avvistamenti nella zona Nord-Est ed Est infatti sono avvenuti osservando i pescherecci a strascico in attività nell'area. Il posizionamento del Terminale e la creazione della corrispondente area di interdizione ha modificato le precedenti rotte dei pescherecci a strascico e può aver inizialmente influenzato anche gli spostamenti dei tursiopi. Tuttavia in condizioni di necessità (ad esempio la ricerca di cibo) la presenza del Terminale potrebbe risultare ininfluente. Si può osservare come gli avvistamenti, in linea con le altre annualità si concentrano prevalentemente nei settori Nord ed Est, dove infatti si concentrano le attività di strascico. Questa osservazione si contrappone comunque ai rilevamenti antecedenti il posizionamento del Terminale. La modifica degli spostamenti dei delfini nell'area sia di monitoraggio che perimetrale esterna è evidente dal confronto tra tutti e sette gli anni di monitoraggio e il Bianco. Una maggiore corrispondenza con gli avvistamenti dei dati storici si osserva per i soli avvistamenti nelle zone Nord ed Est, ma non verso il lato NordOvest, presumibilmente per la assenza di pesca a strascico in tale area dopo il posizionamento del Terminale. Non è ancora possibile tuttavia definire tali evidenze positive, negative o nulle stante ancora la presenza dei tursiopi. Anche gli avvistamenti a poche centinaia di metri dal Terminale del 2018 e 2020 non sono indicativi di un'assenza di disturbo in quanto, dalla letteratura il comportamento opportunistico del tursiopo lo spinge 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.

Riguardo le tartarughe marine l'assenza di rilevamenti dalla terza campagna ad oggi (con l'eccezione di 3 avvistamenti rispettivamente nelle prime due campagne) non risulta allarmante. Questo si pensa 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, piuttosto che pelagica.

Dai risultati ottenuti e la quantità di informazioni risulta quindi presente un impatto, di difficile definizione, del Terminale sul comportamento dei delfini (nel nostro caso prevalentemente per i tursiopi) nell'area di interesse. Mentre per le tartarughe la scarsità di avvistamenti non permette valutazioni.

7.4 INDAGINI GENERALI

7.4.1 Misura del rumore

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

Per i confronti del presente capitolo è stata scelta per ogni singola campagna la misura del rumore (SPL) a 12KHz della stazione E100 a 55 metri di profondità; dalla quale è stata calcolata la SL valore alla sorgente. Per le ultime due campagne (tale metodo verrà mantenuto per le prossime campagne e report), cioè la P20 e la E20, si è fatto un calcolo più avanzato: la SL è stata costruita a partire dal SPL misurata in ciascuna delle stazioni a 100 m dalla sorgente, a 55 metri di profondità; il valore della SL viene poi valutato come media dei quattro valori, e corredato da un errore che è la standard deviation degli stessi, che fornisce un livello di confidenza del numero fornito (il metodo statistico a 100m, MS100).

Nella **Tabella 108** è rappresentata la sintesi di queste analisi fatte (SL calcolato dalla misura di SPL a 100m a cui viene opportunamente sottratta la TL – transmission loss) partendo dalle misure effettuate nelle singole campagne per la stazione E100 a 55 metri di profondità, ad eccezione di P20 ed E20 (per cui si è usato il MS100 appena descritto)..

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 100,74 dB re 1µPa @ 1m e risulta superiore di 53,74 dB rispetto al Bianco, mentre il valore massimo di 113 dB re 1µPa @ 1m, sempre per quella stazione, risulta maggiore di 66 dB re 1µPa @ 1m. 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 e 1000 metri dal Terminale hanno reso impossibile stimare i valori di emissione dello stesso.

Come definito dal capitolo Materiali e Metodi, tali valori alla sorgente (SL) sono stati confrontati con i limiti definiti dalle linee guida ISPRA che definisce in 110-120 dB re 1µPa @ 1m il limite al di sopra del quale vengono provocate le prime risposte comportamentali nei cetacei a media frequenza presenti nell'area di interesse, First Behaviour Response (FBR) e 224-230 dB re 1µPa @1m per i danni temporanei (TTS) e permanenti (PTS) per qualsiasi tipo di cetaceo. Il livello di 113 dB re 1µPa @1m si colloca entro i limiti di riferimento FBR ed è ampiamente inferiore ai livelli soglia di trauma sia Temporaneo che Permanente, rispettivamente Temporary noise-induced Threshold Shift (TTS) e Permanent noise-induced Threshold Shift (PTS).

Infine è utile confrontare il valore di emissione del Terminale con i valori contenuti nella Valutazione Previsionale redatta durante la fase di progetto: valore atteso di 185 dB re 1µPa @ 1m.

Il livello massimo finora registrato di 113 dB re 1µPa @ 1m è dunque ampiamente inferiore a quello calcolato in fase di progetto ed approvato dall'Autorità preposta.

Possiamo quindi affermare che non vi sono superamenti rispetto a quanto previsto in fase di progetto e a quanto affermato dalle attuali linee guida ISPRA.

Tabella 108¹ - Riepilogo dei livelli alla sorgente (frequenza 12 kHz) delle emissioni acustiche del Terminale I valori di E18 non sono riportati come indicato nel testo A partire dalle campagne P20 ed E20, le SL sono state calcolate come media dei valori ricostruiti per le quattro stazioni a 100 m, fornendo una confidenza statistica al valore del *source level* riportato.

Campagna	Valore stimato alla sorgente [dB re 1 μ Pa @1m]	Campagna	Valore stimato alla sorgente [dB re 1 μ Pa @1m]
A13	107	P17	91
I14	99	E17	93
P14	102	A17	96
E14	99	I18	99
A14	98	P18	92
I15	107	E18	non calcolabili
P15	98	A18	87,1
E15	113	I19	96,4
A15	112	P19	97,1
I16	111	E19	110,2
P16	103	A19	103,8
E16	107	I20	93,28
A16	109	P20	84,1 \pm 10,3
I17	111	E20	86,3 \pm 5,6
Massimo	113	Valore rilevato in B12	47
Media	100,74	Valutazione Previsionale di progetto	185
Deviazione Standard	7,44	Valore soglia pirme risposte comportamentali	110-120
Minimo	87,1		

Quanto sin qui riportato attiene al calcolo della SL, fatto per la banda attorno ai 12kHz mediante il modello BELLHOP. Tuttavia, per caratterizzare meglio l'ambiente acustico nell'area del Terminale in tutto lo spettro di frequenze di interesse (si indagano le bande 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 **Figura 105**. Di queste curve è stato calcolato il valore minimo, massimo e la media per l'intero spettro di frequenza rappresentato in terzi d'ottava, sulla statistica di tutte le campagne pregresse. 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 (**Figura 105**). 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.

¹ I valori riportati in tabella per le campagne A18, I19, P19 e E19 sostituiscono quelli erroneamente riportati in Tabella 103 del report "Piano di monitoraggio dell'ambiente marino VI anno di monitoraggio Volume 2 – Marzo 2020" e quelli di Tabella 1 del documento "Piano di monitoraggio del Rumore del Terminale "FSRU Toscana" APPENDICE 1: Risultati "stand-alone" – strumentazione– Gennaio 2021. Nei documenti citati non era stato preso, erroneamente, il valore E100 (stazione scelta per il confronto), ma un valore a differenti direttrici sempre a 100m. Si precisa che dalla campagna P20 SL (inserito in tabella) calcolato risulta la media dei valori ricostruiti per le quattro stazioni a 100 m. Tale nuovo approccio risulta maggiormente cautelativo anche per le prossime analisi di confronto.

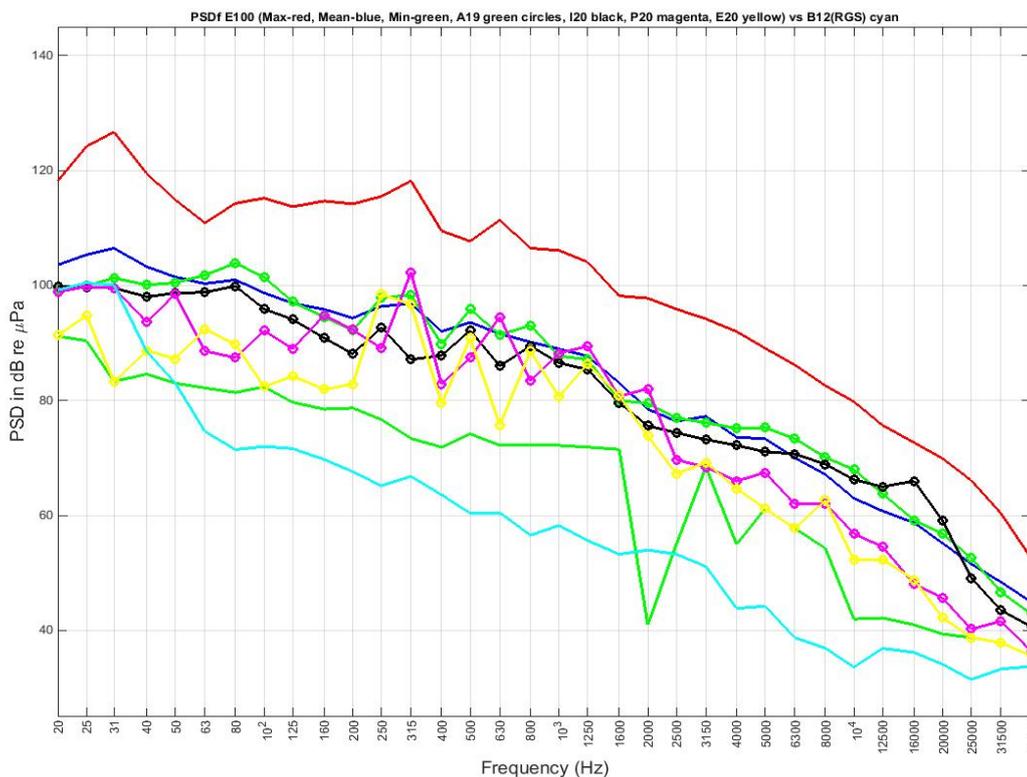


Figura 105 - Confronto fra i livelli PSDf in terze d'ottava dei valori minimi, medi e massimi calcolati tra le campagne P15 ed E20 e le singole campagne A19, I20, P20 ed E20 (escluso A15 ed E18). In ciano è, infine, rappresentato il PSDf della campagna B12.

Nella **Figura 105** è utile precisare che disponiamo di una sola campagna di Bianco, che quindi rappresenta una base affidabile per qualità, ma non consistente per quantità di dati, considerando che soprattutto la presenza di sorgenti di rumore di tipo antropico, lo stato del mare e le condizioni ambientali possono modificare il rumore presente sia in termini di frequenze sia di livelli. Dal confronto con i valori massimi e medi misurati nelle successive campagne (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), a conferma di come il Terminale modifichi l'ambiente acustico dell'area. Le basse frequenze, al di sotto dei 50Hz, mostrano invece un risultato inverso. Il rumore a bassa frequenza, fino a 1.000 Hz 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 la curva media differisce dal Bianco in maniera significativa nell'intorno dei 12kHz. Ciò, pertanto, giustifica l'aver scelto tale frequenza come riferimento per le emissioni del Terminale.

Si evidenzia che le curve delle campagne A19, I20, P20 ed E20 si sviluppano in prossimità della curva del PSDf medio calcolato considerando tutte le campagne, essendo tutte e tre contenute fra la curva dei massimi e dei minimi degli spettri. In particolare, A19 è la più prossima al PSDf medio, E20 quella che maggiormente coincide con la curva dei minimi. In tutte e quattro (A19, I20, P20, E20) gli spettri sono al di sopra dello spettro del Bianco (B12) per frequenze superiori ai 50 Hz, come prima riportato. Questo risultato conforta rigorosamente l'approccio sin qui seguito.

Inoltre allo scopo di integrare i risultati ad oggi acquisiti con dati di rumore subacqueo a bassa frequenza, sono state considerate anche le due bande in terzi d'ottava centrate rispettivamente a 63Hz e a 125Hz in ottemperanza alle disposizioni di legge per quel che riguarda il rumore generato da navi (Dlgs. 190/2010 in attuazione della direttiva 2008/56/CE). A tale fine è stato eseguito un test sull'utilizzo del modello Bellhop per il calcolo della TL a tali frequenze (Allegato 11).

I risultati del test evidenziano che il rumore alla sorgente (SL) calcolato alle frequenze indicate (63 e 125 Hz), risulta ben al di sotto delle soglie dei danni temporali o permanenti (TTS e PTS) per il sistema uditivo dei mammiferi marini, indipendentemente dalla loro classificazione, mentre risulta superiore ai valori di prima risposta comportamentale FBR descritti nelle linee guida ISPRA per i cetacei a bassa e media frequenza in presenza di rumori non impulsivi (tipo navi). Tuttavia, risulta evidente che già a 100 m dalla sorgente (considerata puntiforme), per entrambe le campagne analizzate, sia al di sopra sia al di sotto del termoclino, non si verifica nessun superamento (i valori risultano ben al di sotto dei valori soglia FBR). Si rimanda all'Allegato 11 per ulteriori approfondimenti.

Per quel che concerne il limite al di sopra del quale vengono rilevate le prime risposte comportamentali nei cetacei, First Behaviour Response (FBR), cioè la soglia dei 110-120 dB re 1 μ Pa @ 1m (Linee Guida Ispra) per i cetacei a media frequenza (maggiormente presenti nell'area), nessuna delle SL calcolate per la campagna del VII anno risulta superiore a tale soglia, confermando quanto era già stato appurato precedentemente².

Si sottolinea inoltre che durante tutte le campagne di monitoraggio sino ad ora eseguite, i valori di SL ricavati sono risultati ampiamente inferiori ai livelli soglia di trauma sia Temporaneo che Permanente, rispettivamente Temporary noise-induced Threshold Shift (TTS) e Permanent noise-induced Threshold Shift (PTS).

E' importante sottolineare, a valle di tutta l'analisi qui descritta, che il livello di soglia da FBR, cioè la soglia dei 110-120 dB re 1 μ Pa @ 1m (Linee Guida Ispra), non risulta mai superato dalla SL calcolata in nessuna delle campagne del VII anno. Questo ci consente di dire che, nonostante i già molti anni di esercizio del terminale, si conferma quanto era già stato appurato precedentemente, cioè il non impatto traumatico per le emissioni a 12 kHz.

In sintesi, i risultati evidenziano che nelle diverse stagioni si registrano incrementi differenti rispetto alla campagna di bianco in quanto nelle diverse stagioni risulta differente il profilo della velocità del suono in funzione della profondità.

Inoltre, sebbene le misure siano eseguite a notevole distanza di tempo l'una dell'altra (anche giorni), i risultati sono stati contestualizzati con le condizioni operative del Terminale e con il traffico marittimo nelle vicinanze dello stesso (ivi incluse le navi di supporto al Terminale).

Si riportano di seguito una serie di azioni che verranno implementate nelle future campagne di monitoraggio:

1. Al fine di poter selezionare gli intervalli di suono di durata di almeno 1 minuto in maniera da offrire un supporto migliore all'analisi statistica, a partire dalle future campagne di monitoraggio, la durata delle registrazioni sarà estesa per tutti i punti e per tutte le quote a 10 minuti.
2. Al fine di verificare la propagazione del suono anche negli strati più profondi della colonna d'acqua, nella campagna del VIII° anno di monitoraggio del rumore, laddove possibile, verranno effettuate delle misurazioni ad una profondità superiore a quella che sino ad oggi è stata considerata la quota massima di campionamento, (-55 m), sia durante i mesi estivi, sia durante quelli invernali. Gli esiti del monitoraggio permetteranno di definire i profili di velocità a maggior profondità ed in prossimità del fondale, al fine di verificare la buona approssimazione del modello di propagazione scelto per monitorare il rumore emesso dal Terminale.
3. Per il confronto tra i valori di rumore rilevati e le soglie di sensibilità di effetti temporanei (TTS) e permanenti (PTS) nei cetacei, verrà introdotta la suddivisione in gruppi funzionali proposta da Southall et al. 2019³.
4. Le simulazioni e le misurazioni di PSD, oltre che alla frequenza di 12 kHz, verranno estese ad un range a più bassa frequenza, coinvolgendo le bande in terze d'ottava centrate rispettivamente a 63 e 125 Hz, in conformità alle esigenze di ottemperanza previste dalle disposizioni di legge (quali ad esempio quelle del Dlgs. 190/2010 in attuazione della direttiva 2008/56/CE). A tal riguardo si ribadisce che già in questa fase è stato eseguito un test sull'utilizzo del modello Bellhop per il calcolo della TL a tali frequenze, al fine di valutare, in condizione sia di termoclino superficiale primaverile (campagna P20) che estivo (campagna E20) la differenza della TL prevista rispetto alla frequenza di 12.5 kHz (Allegato 11).

² I due valori al di sopra di tale soglia, pari a 124,2 dB re 1 μ Pa @ 1m e 126,7 dB re 1 μ Pa @ 1m sono stati registrati solo durante la campagna P16.

³ Southall, BL, Finneran, JJ, Reichmuth, C, Nachtigall, PE, Ketten, DR, Bowles, AE, Ellison, WT, Nowacek, DP, Tyack, PL. 2019. Marine Mammal Noise Exposure Criteria: Updated Scientific Recommendations for Residual Hearing Effects. *Aquatic Mammals* 2019, 45(2), 125-232, DOI 10.1578/AM.45.2.2019.125

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 ampiamente inferiori al valore della "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 settimo 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 (A19, I20, P20, E20) in grafici utilizzando colori differenti, così da rendere inequivocabilmente identificabili le diverse stazioni. L'elenco dei campioni con le date di campionamento relative al settimo 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 settimo 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 settimo 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 settimo 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 settimo 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 settimo 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 settimo 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

- Abella A., Mancusi C., Serena F. 2017. *Scyliorhinus canicula*. In: Sartor P., Mannini A., Carlucci R., Massaro E., Queirolo S., Sabatini A., Scarcella G., Simoni R. (eds), Sintesi delle conoscenze di biologia, ecologia e pesca delle specie ittiche dei mari italiani / Synthesis of the knowledge on biology, ecology and fishery of the halieutic resources of the Italian seas. *Biol. Mar. Mediterr.*, 24 (Suppl. 1): 157-164.
- Baldrighi E., Semprucci F., Franzo A., Cvitkovic I., Bogner D., Despalatovic M., Berto D., Formalewicz M. M., Scarpato A., Frapiccini E., Marini M., Grego M. 2019. Meiofaunal communities in four Adriatic ports: Baseline data for risk assessment in ballast water management. *Mar. Pollut. Bull.* 147: 171-184.
- Baraldi E., Virno-Lamberti C., Pellegrini D., Leasi F., Todaro M. A. 2003. Biomonitoring of a dumping area: the meiobenthic community. *Biol. Mar. Medit.* 10: 640-643.
- Belcari P., Cuccu D. 2017. *Eledone cirrhosa*. In: Sartor P., Mannini A., Carlucci R., Massaro E., Queirolo S., Sabatini A., Scarcella G., Simoni R. (eds), Sintesi delle conoscenze di biologia, ecologia e pesca delle specie ittiche dei mari italiani / Synthesis of the knowledge on biology, ecology and fishery of the halieutic resources of the Italian seas. *Biol. Mar. Mediterr.*, 24 (Suppl. 1): 72-80.
- 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.
- Borsani J.F., Farchi C. 2011. "Linee guida per lo studio e la regolamentazione del rumore di origine antropica introdotto in mare e nelle acque interne", ISPRA. Parte seconda.
- Carlucci R., Gancitano V. 2017. *Parapenaeus longirostris*. In: Sartor P., Mannini A., Carlucci R., Massaro E., Queirolo S., Sabatini A., Scarcella G., Simoni R. (eds), Sintesi delle conoscenze di biologia, ecologia e pesca delle specie ittiche dei mari italiani / Synthesis of the knowledge on biology, ecology and fishery of the halieutic resources of the Italian seas. *Biol. Mar. Mediterr.*, 24 (Suppl. 1): 44-53
- Carman K. R., Fleeger J. W., Means J. C., Pomarico S., McMillin D. J. 2005. Experimental investigation of the effects of polynuclear aromatic hydrocarbons on an estuarine sediment food web. *Mar. Environ. Res.* 40: 289-318.
- Clarke K. R., Gorley R. N. 2006. PRIMER v.6: User Manual/Tutorial. Primer-E, Plymouth, UK.
- Clarke K. R., Warwick R. M. 2001. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation, 2nd edition, Primer-E, Plymouth, UK.
- Colloca F., Mannini A., Fiorentino F. 2017. *Merluccius merluccius*. In: Sartor P., Mannini A., Carlucci R., Massaro E., Queirolo S., Sabatini A., Scarcella G., Simoni R. (eds), Sintesi delle conoscenze di biologia, ecologia e pesca delle specie ittiche dei mari italiani / Synthesis of the knowledge on biology, ecology and fishery of the halieutic resources of the Italian seas. *Biol. Mar. Mediterr.*, 24 (Suppl. 1): 292-303.
- 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.
- Dal Zotto M., Santulli A., Simonini R., Todaro M. A. 2016. Organic enrichment effects on a marine meiofauna community, with focus on Kinorhyncha. *Zool. Anz.* 265: 127-140.
- 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.
- Fiorentini L., Cosimi G., Sala A., Palumbo V., 1994. Characteristic and performance of the fishing gears used for demersal stock assessment in Italy. *Biol. Mar. Medit.*, 1(2): 115-134.
- 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. 2009. Generalized additive models. Monogr. Stat. Appl. Probability, 43, Chapman & Hall, Boca Raton, 335 pp.
- Massi L., Frittitta L., Melillo C., Polonelli F., Bianchi V., De Biasi A.M., Nuccio C., 2020. Seasonal Dynamic of CDOM in a Shelf Site of the South-Eastern Ligurian Sea (Western Mediterranean). *J. Mar. Science and Engineering*, 8, 703. doi:10.3390/jmse8090703
- Meadows A. S., Ingels J., Widdicombe S., Hale H., Rundle S. D. 2015. Effects of elevated CO₂ and temperature on an intertidal meiobenthic community. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 469: 44-56.
- Morel A, Prieur L. 1977. Analysis of variation in ocean color. *Limnology and Oceanography*, 22, 709-722.
- Piva F., Ciaprini 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. 2008. Sampling processing. In: R. P. Higgins & H. Thiel (eds), Introduction to the Study of Meiofauna. Smithsonian Institution Press, Washington D.C. pp. 134-145.
- Polese G., Semprucci F., Campoli L., Maselli V., Ribera D'Alcalà M., Balsamo M., Di Cosmo A. 2018. Meiofaunal assemblages of the bay of Nisida and the environmental status of the Phlegraean area (Naples, Southern Italy). *Mar. Biodiv.* 48: 127-137.
- R Core Team, 2017. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Salvini-Plawen L. von. 2077. Caudofoveata (Mollusca), Priapulida und apode Holothurien (*Labidoplax*, *Myriotrochus*) bei Banyuls und im Mittelmeer allgemein. *Vie Milieu* 27: 55-81.

- Santos, M.N., Gaspar, M.B., Monteiro, C.C. and Vasconcelos, P. 2002. Gill net and long-line catch comparisons in a hake fishery: the case of southern Portugal. *Scientia Marina*, 66, 4 (Dec. 2002), 433–441. DOI:<https://doi.org/10.3989/scimar.2002.66n4433>.
- Sartor P., Mannini A., Carlucci R., Massaro E., Queirolo S., Sabatini A., Scarcella G., Simoni R. (eds) 2017. Sintesi delle conoscenze di biologia, ecologia e pesca delle specie ittiche dei mari italiani / Synthesis of the knowledge on biology, ecology and fishery of the halieutic resources of the Italian seas. *Biol. Mar. Mediterr.*, 24 (Suppl. 1): 607 pp.
- Semprucci F., Balsamo M., Sandulli R. 2016. Assessment of the ecological quality (EcoQ) of the Venice lagoon using the structure and biodiversity of the meiofaunal assemblages. *Ecol. Indic.* 67: 451-457.
- Semprucci F., Balsamo M., Appolloni L., Sandulli R. 2018. Assessment of ecological quality status along the Apulian coasts (eastern Mediterranean Sea) based on meiobenthic and nematode assemblages. *Mar. Biodiv.* 48: 105-115.
- Semprucci F., Frontalini F., Sbrocca C., du Chatelet E. A., Bout-Roumazelles V., Coccioni R., Balsamo M. 2015. Meiobenthos and free-living nematodes as tools for biomonitoring environments affected by riverine impact. *Environ. Monit. Assess.* 187, doi: 10.1007/s10661-015-4493-7.
- Semprucci F., Sbrocca C., Baldelli G., Tramontana M., Balsamo M. 2017. Is meiofauna a good bioindicator of artificial reef impact?. *Mar. Biodiv.* 47: 511-520.
- Sparre, P. and Venema, S.C. 1998. Introduction to tropical fish assessment - Part 1: Manual. FAO Fisheries Technical Paper, 306/1, 407 pp.
- Southall, B. L., Bowles, A. E., Ellison, W. T., Finneran, J. J., Gentry, R. L., Greene, C. R., Jr., Tyack, P. L. (2007). Marine mammal noise exposure criteria. *Aquatic Mammals*, 33(4). <https://doi.org/10.1578/AM.33.4.2007.411>
- 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.
- Voliani A., Pesci P., Abella A. 2017. *Mullus barbatus*. In: Sartor P., Mannini A., Carlucci R., Massaro E., Queirolo S., Sabatini A., Scarcella G., Simoni R. (eds), Sintesi delle conoscenze di biologia, ecologia e pesca delle specie ittiche dei mari italiani / Synthesis of the knowledge on biology, ecology and fishery of the halieutic resources of the Italian seas. *Biol. Mar. Mediterr.*, 24 (Suppl. 1): 311-321.
- Warwick R. M., Platt H. M., Clarke K. R., Agard J., Gobin J. 2090. Analysis of macrobenthic and meiobenthic community structure in relation to pollution and disturbance in Hamilton Harbour, Bermuda. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 138: 120-142.
- Zeppilli D., Sarrazin J., Leduc D., Martinez-Arbizu P., Fontaneto D., Fontanier C., Gooday A.J., Kristensen R. M., Ivanenko V. N., Sørensen M. V., Vanreusel A., Thébaud J., Mea M., Allio N., Andro T., Arvigo A., Castrec J., Danielo M., Foulon V., Fumeron R., Hermabessiere L., Hulot V., James T., Langonne-Augen R., Le Bot T., Long M., Mahabror D., Morel Q., Pantalos M., Pouplard E., Raimondeau L., Rio-Cabello A., Seite S., Traisnel G., Urvoy K., Van Der Stegen T., Weyand M., Fernandes D. 2015. Is the meiofauna a good indicator for climate change and anthropogenic impacts? *Mar. Biodiv.* doi10.1007/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.