

Piano di Monitoraggio dell'Ambiente Marino

Autunno 2022(A22), Inverno 2023 (I23)
Primavera 2023 (P23), Estate 2023 (E23)

Fase di esercizio X Report Annuale



Volume 2

<i>Rev. 1</i>	<i>6.06.24</i>	<i>Integrazione bioacustica</i>	<i>AMDB</i>	<i>AMDB</i>	<i>GBP</i>
<i>Rev. 0</i>	<i>30.05.24</i>	<i>Emissione per commenti committente</i>	<i>SL/AMDB</i>	<i>AMDB</i>	<i>GBP</i>
<i>Rev</i>		<i>Descrizione della revisione</i>	<i>Preparato da</i>	<i>Verificato da</i>	<i>Approvato da</i>

1	RISULTATI SURVEY PRIMAVERA 2023.....	13
1.1	COLONNA D'ACQUA.....	13
1.1.1	Profili idrologici.....	13
1.1.2	Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche.....	15
	Tensioattivi.....	22
	Analisi microbiologiche.....	24
1.1.3	Plancton.....	24
1.1.3.1	Fitoplancton.....	24
	Analisi quantitativa e qualitativa del fitoplancton da bottiglia.....	24
1.1.3.2	Zooplancton.....	30
1.2	BIOTA.....	34
1.2.1	Macrozoobenthos.....	34
1.2.2	Bioaccumulo.....	38
	Metalli.....	38
	Idrocarburi totali.....	38
	Cloroderivati.....	39
	Analisi microbiologiche.....	39
1.2.1	Biomarkers.....	40
	Neutral Red Retention Time (NRRT).....	40
1.2.2	Cetacei e tartarughe marine.....	41
1.3	INDGINI GENERALI.....	41
1.3.1	Bioacustica.....	41
2	RISULTATI SURVEY ESTATE 2023.....	44
2.1	COLONNA D'ACQUA.....	44
2.1.1	Profili idrologici.....	44
	Figura 23 – Profili di ossigeno disciolto (% saturazione), clorofilla (µg/l), e potenziale di ossidoriduzione (mV); survey estate 2023.....	45
	Misure di irradianza e irradianza spettrale.....	45
2.1.2	Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche.....	46
	Nutrienti inorganici disciolti.....	46
	Tensioattivi.....	53
	Cloroderivati.....	53
	Idrocarburi totali.....	54
2.1.3	Saggi eco tossicologici su campioni di acqua.....	55
	<i>Vibrio fischeri</i>	55
	<i>Pheodactylum tricorutum</i>	55
	<i>Paracentrotus lividus</i>	56
	<i>Acartia tonsa</i>	58
2.1.4	Plancton.....	59
2.1.4.1	Fitoplancton.....	59
2.1.4.2	Zooplancton.....	66
2.2	SEDIMENTI.....	70
2.2.1	Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche.....	70
	Analisi granulometrica.....	70
	Metalli.....	70
	Composti organici.....	70
	Cloroderivati.....	72
	Analisi microbiologiche.....	73
2.2.2	Saggi ecotossicologici su campioni di sedimento.....	74
	<i>Paracentrotus lividus</i>	74
	<i>Corophium orientale</i>	74
	<i>Vibrio fischeri</i>	75
	<i>Classificazione del pericolo ecotossicologico dei sedimenti</i>	76
2.3	BIOTA.....	76

2.3.1	Macrozoobenthos	76
2.3.2	Meiobenthos	80
2.3.3	Bioaccumulo	88
	Metalli.....	88
	Idrocarburi totali.....	88
	Cloroderivati.....	89
	Analisi microbiologiche	90
2.3.4	Biomarkers	90
	Neutral Red Retention Time (NRRT)	90
2.3.5	Fauna ittica bentonectonica	92
2.3.6	Fauna ittica pelagica	106
2.3.7	Cetacei e tartarughe marine.....	107
2.4	INDAGINI GENERALI.....	107
2.4.1	Bioacustica	107
3	CONFRONTO INTERSTAGIONALE E CON LA CAMPAGNA DI BIANCO	108
3.1	COLONNA D'ACQUA.....	108
3.1.1	Profili idrologici	108
	Metodi di elaborazione dati	108
	Risultati	108
3.1.2	Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	113
	Metodi di elaborazione dati	113
	Risultati	113
	Misure di irradianza e irradianza spettrale	113
	Clorofilla e diversità pigmentaria.....	115
	Tensioattivi, cloroderivati, Idrocarburi totali e analisi microbiologiche.....	116
3.1.3	Saggi ecotossicologici su campioni di acqua	117
3.1.4	Plancton	118
3.1.4.1	Fitoplancton	118
	Metodi di elaborazione dati	118
	Risultati	118
3.1.4.2	Zooplancton	120
	Metodi di elaborazione dati	120
	Risultati	120
3.2	SEDIMENTI.....	124
3.2.1	Caratteristiche fisiche	124
3.2.2	Caratteristiche chimiche	126
	Risultati	126
3.2.3	Caratteristiche ecotossicologiche	126
3.2.4	Valutazione della qualità dei sedimenti attraverso il Sediquelsoft.	127
3.3	BIOTA.....	127
3.3.1	Macrozoobenthos	127
	Metodi di elaborazione dati	127
	Risultati	128
3.3.2	Meiobenthos	133
	Metodi di elaborazione dati	133
	Risultati	133
3.3.3	Bioaccumulo	135
3.3.4	Biomarkers	135
	Metodi di elaborazione dati	135
	Risultati	136
3.3.5	Fauna ittica bentonectonica	139
	Metodi di elaborazione dati	139
	Risultati	140
3.3.1	Fauna ittica pelagica	146
3.3.2	Cetacei e tartarughe marine.....	146
3.3.3	Bioacustica	149

4	CONCLUSIONI	150
5	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	152

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 – Profili di temperatura (°C), salinità (ppt), pH e torbidità (NTU); survey primavera 2023.	13
Figura 2 – Profili di ossigeno disciolto (% saturazione), clorofilla (µg/l), e potenziale di ossidoriduzione (mV); survey primavera 2023.	14
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 P23 MG7 e P23 MG10.	14
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}).	15
Figura 5 - Profili delle concentrazioni (µM) dei nutrienti inorganici disciolti: NO ₂ (nitriti), NO ₃ (nitrati), PO ₄ (fosfati), SiO ₂ (silicati).....	17
Figura 6 - Profili delle concentrazioni (mg/l) dei solidi sospesi (TSM) e delle concentrazioni di particolato organico (POM).	18
Figura 7 - Profili degli assorbimenti (m ⁻¹) della CDOM a 325 nm ($a_{CDOM}(325)$).	19
Figura 8 - Profili delle concentrazioni (mg/m ³) di clorofilla a tot.	20
Figura 9 – Concentrazione relativa dei singoli pigmenti diagnostici in rapporto al totale delle concentrazioni dei nove Pigmenti Diagnostici (PD= Fuco+Perid+Hex-Fuco+But-Fuco+Allo+Prasino+Chl b +DVA+Zea).	22
Figura 10 - Profili delle densità fitoplanctoniche totali (cell/ml).....	26
Figura 11 – Abbondanza relativa delle classi fitoplanctoniche indicate in legenda in rapporto all'abbondanza totale.	27
Figura 12 - Ripartizione dell'abbondanza totale e del numero di specie tra i principali taxa rinvenuti nella Primavera 2023.	35
Figura 13 - Abbondanza totale e contributo percentuale cumulativo delle specie dominanti (P23).	36
Figura 14 - Risultati della cluster analysis (group average) a sinistra, piano di ordinamento ottenuto dal n-MDS, a destra. La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Bray-Curtis.	37
Figura 15 - Valutazione del danno cellulare mediante la misura del tempo di ritenzione del colorante vitale Rosso Neutro (NRRT) nei lisosomi degli emociti di mitilo. Valori alti del tempo di ritenzione corrispondono ad una maggiore integrità.	40
Figura 16 - Valutazione del grado di integrità del DNA mediante Comet assay. Valori elevati della percentuale di DNA migrato corrispondono ad una maggiore entità del danno.	40
Figura 17- Analisi istologica delle branchie. Nel grafico è rappresentato il punteggio medio (score) per ciascuna stazione. La scala va da 1 (condizione di integrità) a 5 (forte compromissione della struttura dei filamenti branchiali).	40
Figura 18 - Rotte percorse per il monitoraggio visivo, acustico e bioacustico e avvistamento TT, campagna P23.	41
Figura 19 - Esempio di spettro senza segnali biologici	42
Figura 20 -. Frame di registrazione di emissioni biologiche di delfini registrati in data 30 maggio 2023.	42
Figura 21 - Dettaglio della registrazione effettuata in data 30 maggio 2023.	43
Figura 22 – Profili di temperatura (°C), salinità (ppt), pH e torbidità (NTU); survey estate 2023.	44
Figura 23 – Profili di ossigeno disciolto (% saturazione), clorofilla (µg/l), e potenziale di ossidoriduzione (mV); survey estate 2023.	45
Figura 24 - 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 E23 MG7 e E23 MG10.	45
Figura 25 - 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}).	46
Figura 26 - Profili delle concentrazioni (µM) dei nutrienti inorganici disciolti: NO ₂ (nitriti), NO ₃ (nitrati), PO ₄ (fosfati), SiO ₂ (silicati).....	47
Figura 27 - Profili delle concentrazioni (mg/l) dei solidi sospesi (TSM) e delle concentrazioni di particolato organico (POM).	48
Figura 28 - Profili degli assorbimenti (m ⁻¹) della CDOM a 325 nm ($a_{CDOM}(325)$).	49
Figura 29 - Profili delle concentrazioni (mg/m ³) di clorofilla a tot.	50
Figura 30 – Concentrazione relativa dei singoli pigmenti diagnostici in rapporto al totale delle concentrazioni dei nove Pigmenti Diagnostici (PD= Fuco+Perid+Hex-Fuco+But-Fuco+Allo+Prasino+Chl b +DVA+Zea).	52
Figura 31 - Profili delle densità fitoplanctoniche totali (cell/ml).....	60
Figura 32– Abbondanza relativa delle classi fitoplanctoniche indicate in legenda in rapporto all'abbondanza totale.	61
Figura 33 - Ripartizione dell'abbondanza totale e del numero di specie tra i principali taxa rinvenuti nell'Estate 2023. Altro= nemertini, nematodi,.....	78
Figura 34 - Abbondanza totale e contributo percentuale cumulativo delle specie dominanti (E23).	78
Figura 35 - 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. I risultati sono riferiti alla campagna estiva del 2023.	79
Figura 36 - Stazione E23 MG1. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	80
Figura 37 - Stazione E23 MG2. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	81
Figura 38 - Stazione E23 MG4. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	81
Figura 39 - Stazione E23 MG6. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	82

Figura 40 - Stazione E23 MG7. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	82
Figura 41 - Stazione E23 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).	83
Figura 42 - Stazione E23 MG9. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	83
Figura 43 - Stazione E23 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).	84
Figura 44 - Stazione E23 MG11. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	84
Figura 45 - Stazione E23 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).	85
Figura 46 - Stazione E23 MG13. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	85
Figura 47 - Stazione E23 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).	86
Figura 48 - A sinistra: dendrogramma per il raggruppamento gerarchico delle stazioni basato sul valore delle abbondanze medie dei taxa principali e similarità di Bray-Curtis, previa trasformazione logaritmica dei dati. A destra: piano di ordinamento ottenuto dal non-metric Multi Dimensional Scaling (nMDS), basato sul valore delle abbondanze medie dei taxa principali e similarità di Bray-Curtis, previa trasformazione logaritmica dei dati.	87
Figura 49 - Valutazione del danno cellulare mediante la misura del tempo di ritenzione del colorante vitale Rosso Neutro (NRRT) nei lisosomi degli emociti di mitilo. Valori alti del tempo di ritenzione corrispondono ad una maggiore integrità.	90
Figura 50 - Valutazione del grado di integrità del DNA mediante Comet assay. Valori elevati della percentuale di DNA migrato corrispondono ad una maggiore entità del danno.	90
Figura 51 - Analisi istologica delle branchie di mitilo. Il parametro rappresentato nel grafico è il punteggio medio (score) per ciascuna delle stazioni indagate. La scala va da 1 a 5; il punteggio 1 indica una condizione di integrità mentre il punteggio 5 indica una forte compromissione della struttura dei filamenti branchiali.	91
Figura 52 - Reti da posta: composizione percentuale delle catture, espressa come n° individui/1000m/24h e kg/1000m/24h, dei principali gruppi tassonomici campionati nelle stazioni E23 P1-P4 e E23 PC.	92
Figura 53 - Reti da posta: indici di densità e biomassa, stimati per le stazioni E23 P1-P4 e per la stazione E23 PC, per specie. Sono riportati i valori medi + la deviazione standard. In blu n° individui/1000m/24h, in azzurro kg/1000m/24h.	94
Figura 54 - Reti da posta: distribuzione taglia-frequenza del gattuccio (<i>Scyllorhinus canicula</i>). N° individui: 243 (E23 P1-P4), 32 (E23 PC).	94
Figura 55 - Reti da posta: distribuzione taglia-frequenza della razza chiodata (<i>Raja clavata</i>). N° individui: 36 (E23 P1-P4).	95
Figura 56 - Rete a strascico: composizione percentuale delle catture, espressa come n° individui/km ² e kg/km ² , dei principali gruppi tassonomici campionati nelle stazioni E23 S1-S4 e E23 SC.	96
Figura 57 - Rete a strascico: indici di densità e biomassa, stimati per le stazioni E23 S1-S4 e per la stazione E23 SC, per specie. Sono riportati i valori medi + la deviazione standard. In blu n° individui/km ² , in azzurro chiaro kg/km ² .	98
Figura 58 - Reti a strascico: distribuzione taglia-frequenza della triglia di fango (<i>Mullus barbatus</i>). N° individui: 793 (E23 S1-S4), 73 (E23 SC).	99
Figura 59 - Reti a strascico: distribuzione taglia-frequenza del nasello (<i>Merluccius merluccius</i>). N° individui: 637 (E23 S1-S4), 66 (E23 SC).	99
Figura 60 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del sugarello (<i>Trachurus trachurus</i>). N° individui: 283 (E23 S1-S4), 39 (E23 SC).	100
Figura 61 - Reti a strascico: distribuzione taglia-frequenza del merluzzetto (<i>Trisopterus capelanus</i>). N° individui: 194 (E23 S1-S4), 51 (E23 SC).	100
Figura 62 - Reti a strascico: distribuzione taglia-frequenza del pagello fragolino (<i>Pagellus erythrinus</i>). N° individui: 56 (E23 S1-S4), 8 (E23 SC).	101
Figura 63 - Reti a strascico: distribuzione taglia-frequenza del sacchetto (<i>Serranus hepatus</i>). N° individui: 78 (E23 S1-S4).	101
Figura 64 - Reti a strascico: distribuzione taglia-frequenza del gattuccio (<i>Scyllorhinus canicula</i>). N° individui: 91 (E23 S1-S4).	102
Figura 65 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del gambero bianco (<i>Parapenaeus longirostris</i>). N° individui: 1001 (E23 S1-S4), 93 (E23 SC).	102
Figura 66 - Relazione taglia/peso del nasello (<i>Merluccius merluccius</i>). N° individui: 329 (I23-E23 S1-S4), 90 (I23-E23 SC).	103
Figura 67 - Relazione taglia/peso della triglia di fango (<i>Mullus barbatus</i>). N° individui: 817 (I23-E23 S1-S4), 249 (I23-E23 SC).	103
Figura 68 - Relazione taglia/peso del pagello fragolino (<i>Pagellus erythrinus</i>). N° individui: 165 (I23-E23 S1-S4), 33 (I23-E23 SC).	104
Figura 69 - Relazione taglia/peso del gambero bianco (<i>Parapenaeus longirostris</i>). N° individui: 694 (I23-E23 S1-S4), 110 (I23-E23 SC).	104
Figura 70 - Relazione taglia/peso del gattuccio (<i>Scyllorhinus canicula</i>). N° individui: 328 (I23-E23 S1-S4), 58 (I23-E23 SC).	105
Figura 71 - Relazione taglia/peso del sugarello (<i>Trachurus trachurus</i>). N° individui: 524 (I23-E23 S1-S4), 106 (I23-E23 SC).	105
Figura 72 - Relazione taglia/peso del merluzzetto (<i>Trisopterus capelanus</i>). N° individui: 328 (I23-E23 S1-S4), 82 (I23-E23 SC).	106
Figura 73 - Rotte percorse per il monitoraggio visivo, acustico e bioacustico e avvistamento TT, campagna E23.	107

Figura 74 – Andamento della temperatura media dal bianco (2012) all'estate 2023 nelle quattro stagioni (A=Autunno; I=Inverno, P=Primavera; E=Estate). Sono stati analizzati i dati relativi alla fascia di profondità compresa tra -13 e -12 metri ossia in quella relativa allo scarico maggiore (SF2).	109
Figura 75– Andamento della salinità media dal bianco (2012) all'estate 2023 nelle quattro stagioni (A=Autunno; I=Inverno, P=Primavera; E=Estate). Sono stati analizzati i dati relativi alla fascia di profondità compresa tra -13 e -12 metri ossia in quella relativa allo scarico maggiore (SF2).	110
Figura 76– Andamento del pH medio dal bianco (2012) all'estate 2023 nelle quattro stagioni (A=Autunno; I=Inverno, P=Primavera; E=Estate). Sono stati analizzati i dati relativi alla fascia di profondità compresa tra -13 e -12 metri ossia in quella relativa allo scarico maggiore (SF2).	110
Figura 77– Andamento della torbidità media dal bianco (2012) all'estate 2023 nelle quattro stagioni (A=Autunno; I=Inverno, P=Primavera; E=Estate). Sono stati analizzati i dati relativi alla fascia di profondità compresa tra -13 e -12 metri ossia in quella relativa allo scarico maggiore (SF2).	111
Figura 78– Andamento della percentuale di saturazione di ossigeno medio dal bianco (2012) all'estate 2023 nelle quattro stagioni (A=Autunno; I=Inverno, P=Primavera; E=Estate). Sono stati analizzati i dati relativi alla fascia di profondità compresa tra -13 e -12 metri ossia in quella relativa allo scarico maggiore (SF2).	111
Figura 79– Andamento della clorofilla <i>a</i> media dal bianco (2012) all'estate 2023 nelle quattro stagioni (A=Autunno; I=Inverno, P=Primavera; E=Estate). Sono stati analizzati i dati relativi alla fascia di profondità compresa tra -13 e -12 metri ossia in quella relativa allo scarico maggiore (SF2).	112
Figura 80– Andamento del potenziale di ossido-riduzione medio dal bianco (2012) all'estate 2023 nelle quattro stagioni (A=Autunno; I=Inverno, P=Primavera; E=Estate). Sono stati analizzati i dati relativi alla fascia di profondità compresa tra -13 e -12 metri ossia in quella relativa allo scarico maggiore (SF2).	112
Figura 81 – Variazione della profondità (m) della zona eufotica (Z_{eu}) nelle due stazioni rappresentative, per tutte le campagne effettuate; sono riportati inoltre i risultati dell'analisi ANOVA per i fattori anno e distanza.	114
Figura 82 - 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- <i>a</i> . 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.	114
Figura 83 - Andamenti temporali delle concentrazioni della chl- <i>a</i> , 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.	116
Figura 84 - Variazione stagionale delle densità cellulari medie totali per campagna e dei diversi gruppi fitoplanctonici.	119
Figura 85 – Piano di ordinamento ottenuto tramite n-MDS dei survey estivi relativo a copepodofauna.	123
Figura 86 – Piano di ordinamento ottenuto tramite n-MDS dei survey estivi relativo al meroplancton.	123
Figura 87 – Piano di ordinamento ottenuto tramite n-MDS dei survey estivi all'ittiofancton.	123
Figura 88 – Confronto dei valori di R dei pairwise tests nel confronto tra fase di bianco (B) e fase di esercizio estivo (E).	124
Figura 89 – Principali classi granulometriche nei sedimenti campionati durante la campagna di Bianco (E12) e nelle successive campagne estive (da E14 a E23).	125
Figura 90 – Piano di ordinamento ottenuto dal n-MultiDimensional Scaling applicato alla matrice generi x stazioni dopo aver selezionato i generi con contributo >5% e mediato le repliche. La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Brey-Curtis. Dall'analisi sono stati rimossi punti relativi all'A19, survey particolarmente povero e pertanto i punti risultano molto dispersi nel plot.	129
Figura 91 – Piano di ordinamento ottenuto dal n-MultiDimensional Scaling applicato alla matrice "generi con contributo >5% 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.	130
Figura 92 – 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-Wiever.	131
Figura 93 – Analisi grafica dei residui per valutare le assunzioni di omogeneità e normalità dei residui nella analisi di regressione lineare multipla sulla ricchezza specifica (S).	132
Figura 94 – 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 21 campagne di prelievo, dal Bianco (B) all'Estate 2023 (E23).	134
Figura 95 – 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 undici campagne estive, dal Bianco (B) all'Estate 2023 (E23). Nel plot sono sovrapposti i label in base alle distanze delle stazioni dal Terminale (FSRU: vicine al Terminale, I: distanze intermedie, C: controlli).	134
Figura 96 - Variazione temporale del grado di danno primario del DNA nelle cellule branchiali di mitilo (non significativa)	136
Figura 97- Variazione temporale dell'integrità della membrana lisosomiale negli emociti di mitilo (non significativa)	137
Figura 98 - Variazione temporale della frequenza di emociti nei filamenti branchiali (non significativa)	137
Figura 99- Variazione temporale dell'indice di integrità del tessuto branchiale di mitilo (non significativa)	137
Figura 100- 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.	139
Figura 101 - Dati storici sulla presenza di cetacei risalenti agli anni 2000	146
Figura 102 - Avvistamenti a partire dalla campagna di Bianco (B12) fino al 10° anno (A22-I23-P23-E23).	148

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 - Concentrazioni (μM) dei nutrienti inorganici disciolti.....	16
Tabella 2 - Concentrazioni (mg/l) dei solidi sospesi (TSM).....	18
Tabella 3 - Assorbimento (m^{-1}) della CDOM alla lunghezza d'onda di 325 nm.....	19
Tabella 4 - Concentrazioni (mg/m^3) della Clorofilla <i>a</i> totale (Chl <i>a</i> tot = Clorofilla <i>a</i> + Divinil Clorofilla <i>a</i> + Alloclorofilla <i>a</i> , se presenti).....	20
Tabella 5 - Concentrazioni (mg/m^3) dei principali pigmenti diagnostici fitoplanctonici (acronimi in Tabella 7).....	21
Tabella 6 - Concentrazione tensioattivi anionici e tensioattivi non ionici presenti nei campioni di acqua di mare lungo il profilo batimetrico (P23). Le profondità sono espresse in metri. I dati sono espressi in milligrammi/litro.....	22
Tabella 7 - Concentrazione dei cloroderivati nelle acque. I livelli indicano la profondità di prelievo del campione (P23).....	23
Tabella 8 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di acqua di mare lungo il profilo batimetrico (P23). I dati sono espressi in microgrammi/litro. In neretto (0,5 - 12,5 - 50 - 70) sono indicate le profondità di prelievo in metri.....	24
Tabella 9 - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di acqua superficiale (P23). I dati sono espressi in ufc/100 ml.....	24
Tabella 10 - Densità fitoplanctonica totale (cell/ml) e delle classi o gruppi identificati.....	25
Tabella 11 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni osservati (prelievo con Niskin).....	26
Tabella 12 - Lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative microscopiche.....	27
Tabella 13 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni osservati (prelievo con retino).....	28
Tabella 14 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni P23 MG6, P23 MG7, P23 MG10, P23 MG12 e P23 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13).....	29
Tabella 15- Oloplancton. O.le=orizzontale, 50-0=campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100-50=campionamento verticale da 100 a 50 metri. * presente in almeno un sub-campione, ** presente solo nell'osservazione <i>in toto</i>	31
Tabella 16- Biomassa: volumi di sedimentazione dell'oloplancton (espressi in ml). OR = campionamento orizzontale; 50-0 = campionamento verticale da 0 a 50 metri; 100-50: campionamento verticale da 100 a 50 metri.....	32
Tabella 17- Meroplancton. O.le = orizzontale, 50-0 = campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100-50 = campionamento verticale da 100 a 50 metri. * presente in almeno un sub-campione, ** presente solo nell'osservazione <i>in toto</i> . La lista include specie determinate a fresco.....	33
Tabella 18 - Ittioplancton. O.le = orizzontale, 50-0 = campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100-50 = campionamento verticale da 100 a 50 metri. * presente in almeno un sub-campione, ** presente solo nell'osservazione <i>in toto</i>	33
Tabella 19 - Lista delle specie macrobentoniche rinvenute nella primavera 2023 (P23).....	34
Tabella 20 - Indici strutturali ($\pm\text{DS}$) relativi al popolamento macrobentonico. Numero di taxa (S), Numero di individui (N), Ricchezza specifica di Margalef (d), Diversità specifica di Shannon-Weaver (H'), Equitabilità di Pielou (J). MG6, MG7, MG12, MG13: stazioni a 100 m dal Terminale.....	37
Tabella 21 - Concentrazione dei metalli nei mitili. Dati relativi alla campagna P23 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.....	38
Tabella 22 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna P23, sono espressi in mg/kg.....	38
Tabella 23 - Concentrazione degli IPA e dei composti organostannici presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna P23, sono espressi in mg/kg.....	38
Tabella 24 - Concentrazione degli cloroderivati presenti nei campioni di mitili. I dati relativi alla campagna P23 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.....	39
Tabella 25 - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna P23, sono espressi in ufc/g.....	39
Tabella 26- Analisi istologica. Lo score indica lo stato dell'epitelio branchiale secondo la seguente scala: 1, normale morfologia epitelio branchiale; 2, lieve riduzione dello spessore dell'epitelio branchiale e dello sviluppo delle ciglia; 3, marcata riduzione dello spessore dell'epitelio e delle ciglia; 4, erosione dell'epitelio branchiale e dello sviluppo ciliare; 5, destrutturazione dei filamenti con estesa erosione dell'epitelio branchiale ed assenza delle ciglia.....	41
Tabella 27 - Concentrazioni (μM) dei nutrienti inorganici disciolti.....	47
Tabella 28 - Concentrazioni (mg/l) dei solidi sospesi (TSM).....	48
Tabella 29 - Assorbimento (m^{-1}) della CDOM alla lunghezza d'onda di 325 nm.....	49
Tabella 30 - Concentrazioni (mg/m^3) della Clorofilla <i>a</i> totale (Chl <i>a</i> tot = Clorofilla <i>a</i> + Divinil Clorofilla <i>a</i> + Alloclorofilla <i>a</i> , se presenti).....	50
Tabella 31 - Concentrazioni (mg/m^3) dei principali pigmenti diagnostici fitoplanctonici (acronimi in Tabella 7).....	51
Tabella 32 - Concentrazione tensioattivi anionici e tensioattivi non ionici presenti nei campioni di acqua di mare lungo il profilo batimetrico. Le profondità sono espresse in metri. I dati sono espressi in milligrammi/litro.....	53
Tabella 33 - Concentrazione dei cloroderivati nelle acque. I livelli indicano la profondità di prelievo del campione.....	53
Tabella 34 - Risultati della ricerca di idrocarburi totali in acqua di mare lungo il profilo batimetrico. I dati sono espressi in microgrammi/litro. Le profondità di prelievo (0,5; 12,5; 50; 70) sono espresse in metri.....	54
Tabella 35 - Risultati delle analisi microbiologiche condotte nelle acque superficiali durante la stagione estiva 2023. I dati sono espressi in ufc/100ml.....	54
Tabella 36 - Parametri registrati nei campioni d'acqua testati (estate 2023).....	55

Tabella 37 - Risultati del test con il <i>V. fischeri</i> eseguito su campioni di acqua (incubazione 15', 30') prelevati a diverse profondità. EC20/50, max. effetto 15', max. effetto 30', espressi in %.	55
Tabella 38 - Risultati del test con <i>Phaeodactylum tricornutum</i> condotti sui campioni di acqua (incubazione 72 h) prelevati a diverse profondità (esprese in metri). EC20/50 (L.C. 95%) espressa in %.	56
Tabella 39- Risultati del test di embriotossicità (72 ore) con <i>P. lividus</i> e successiva stima della tossicità cronica.	56
Tabella 40 - Risultati relativi al saggio di tossicità acuta con <i>A. tonsa</i> . EC50 24h (L.C. 95%) con sostanza di riferimento NiCl ₂ *6H ₂ O = 0,26 mg Ni ²⁺ /L (0,22-0,31).	58
Tabella 41 - Risultati relativi al saggio di tossicità acuta con <i>A. tonsa</i> . EC50 48h (L.C. 95%) con sostanza di riferimento NiCl ₂ *6H ₂ O = 0,24 mg Ni ²⁺ /L (0,10-0,29).	59
Tabella 42 - Densità fitoplanctonica totale (cell/ml) e delle classi o gruppi identificati.	60
Tabella 43 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni osservati (prelievo con Niskin).	61
Tabella 44 - Lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative microscopiche.	62
Tabella 45 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni osservati (prelievo con retino).	63
Tabella 46 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni E23 MG6, E23 MG7, E23 MG10, E23 MG12 e E23 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13).	63
Tabella 47– 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> .	66
Tabella 48 - 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.	67
Tabella 49 – Meroplancton. O.le = orizzontale, 50-0 = campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100-50 = campionamento verticale da 100 a 50 metri. * presente in almeno un sub-campione, ** presente solo nell'osservazione <i>in toto</i> . La lista include specie determinate a fresco.	68
Tabella 50 – 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> .	69
Tabella 51 – Ripartizione delle principali classi granulometriche e relativa classificazione dei sedimenti. I dati sono espressi in percentuale.	70
Tabella 52 – Concentrazione dei metalli. I dati sono espressi in mg/kg, tranne Al e Fe espressi in %. Sono riportati gli Standard di Qualità (SQ DLgs.172/15 Tab.2/A e Tab.3/A)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.	70
Tabella 53 – Concentrazione dei contaminanti organici nei sedimenti campionati nell'estate 2023. Standard di Qualità (SQ DLgs.172/15 Tab.2/A e Tab.3/A), e Limite Chimico di Riferimento Nazionale L1 e L2 (DM 173/2016) sono espressi nella stessa unità di misura dei risultati come riportato nell'intestazione in grassetto. In neretto i valori >SQ e L1, in rosso >L2.	71
Tabella 54 – Concentrazione dei composti cloro derivati nei sedimenti campionati nell'Estate 2023.	72
Tabella 55 – Risultati delle analisi microbiologiche condotte nei sedimenti durante la stagione estiva 2023. I dati sono espressi in MPN/g.	73
Tabella 56 - Parametri registrati negli elutriati.	74
Tabella 57 - Risultati del saggio biologico di embriotossicità (72ore) su elutriati.	74
Tabella 58 - Parametri (chimico-fisici) dell'acqua al di spora dei sedimenti testati registrati all'inizio e al termine del test di tossicità con il <i>C. orientale</i> .	75
Tabella 59 - Percentuali di mortalità degli organismi di <i>C. orientale</i> osservate dopo 10gg nei sedimenti testati.	75
Tabella 60 - Risultati del test con il <i>V. fischeri</i> eseguito su elutriati (incubazione 15', 30') EC20/50, max. effetto 15', max. effetto 30', espressi in %.	75
Tabella 61 - Output ottenuto tramite software SediQualSoft 109.0® relativo alla classificazione del pericolo ecotossicologico dei sedimenti	76
Tabella 62 - Lista delle specie macrobentoniche rinvenute nell'Estate (E23).	76
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). MG6, MG7, MG12, MG13: stazioni a 100 m dal Terminale) calcolati per la campagna di monitoraggio estiva del 2023.	79
Tabella 64 - Struttura della comunità meiobentonica nelle stazioni E23 MG1, E23 MG2, E23 MG4, E23 MG6, E23 MG7, E23 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.	80
Tabella 65 - Struttura della comunità meiobentonica nelle stazioni E23 MG9, E23 MG10, E23 MG11, E23 MG12, E23 MG13, E23 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.	83
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').	86
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.	87

Tabella 68 - Concentrazione dei metalli nei mitili. Dati relativi alla campagna E23 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.	88
Tabella 69 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna E23, sono espressi in mg/kg.	88
Tabella 70 - Concentrazione degli IPA e dei composti organostannici presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna E23, sono espressi in mg/kg.	88
Tabella 71 - Concentrazione degli cloroderivati presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna E23, sono espressi in µg/kg.	89
Tabella 72 - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna E22, sono espressi in ufc/g.	90
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.	91
Tabella 74 – Lista delle specie catturate con le reti da posta. E23 P1-P4 = stazioni campionate in prossimità del terminale; E23 PC = stazione di controllo.	92
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	93
Tabella 76 – Lista delle specie catturate con la rete a strascico. E23 S1-S4 = stazioni campionate in prossimità del terminale; E23 SC = stazione di controllo.	95
Tabella 77 - 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	97
Tabella 78 - Coefficienti a e b e relativi errori standard della relazione taglia/peso: R ² = Coefficiente di regressione.	106
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.	108
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, E21, E22, E23). * 0,01<p<0,05; ** p<0,01	115
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, E21, E22, E23). * 0,01<p<0,05; ** p<0,01	116
Tabella 82– Coefficienti stimati attraverso analisi con modello GLM. Sono anche mostrati l'errore standard associato alla stima di ciascun parametro, il valore dello Z statistico, ed il corrispondente livello di significatività. NS: non significativo.	118
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, E21, E22, E23). * 0,01<p<0,05; ** p<0,01	119
Tabella 84 – PAIRWISE test tra Bianco (B) e le campagne estive. R (globale) = 0,546, p = 0,0001. Sono indicati gli R (**p<0,0001)	119
Tabella 85 - Pairwise test di confronto tra fase di Bianco (B) e stagioni estive (E) dal 2014 al 2022. Valore di R del global test = 0,497. P = 0,001. * = 0,01<P<0,05; ** = P<0,01	121
Tabella 86 – Valori medi delle frazioni principali calcolate sull'intero periodo di studio per singola stazione e confronto col Bianco. B = Bianco. In grigio le stazioni più vicine al Terminale.	125
Tabella 87– Output ottenuto tramite software SediQualSoft 109.0® relativo alla classificazione del pericolo chimico dei sedimenti.	126
Tabella 88– Classificazione ecotossicologica tabellare ottenuta nell'ambito della batteria di saggi ecotossicologici utilizzata. L'effetto ormetico è esclusivamente riferito alla biostimolazione nei saggi algali.	126
Tabella 89 – Quadro sinottico dei risultati ottenuti dalla classificazione ecotossicologica secondo criterio tabellare (DM173/16) a partire dal Bianco (B) fino all'estate 2022. I risultati dell'estate 2023 (E23) derivano invece dalla classificazione ecotossicologica secondo criterio ponderato (DM173/16). Tossicità: A=Assente, B=Bassa, M=Media, AA=Alta.	127
Tabella 90 – Classificazione della qualità del sedimento ottenuta tramite software SediQualSoft 109.0®. Dati relativi all' Estate 2023.	127
Tabella 91 – Risultati della routine 2 nd -stage e perdita di informazione dovuta ad una riduzione delle variabili analizzate. 5% indica che sono stati selezionati i generi con un contributo maggiore del 5%.	129
Tabella 92 – 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.	130
Tabella 93 – Risultati della analisi di regressione lineare multipla sull'indice di biodiversità di Shannon.	131
Tabella 94 – Risultati della analisi di regressione lineare multipla sull'indice di ricchezza specifica (D).	132
Tabella 95 – Risultati della PERMANOVA (Permutational Multivariate Analysis of Variance). T: Tempo, D: Distanza, S: Sito. I dati significativi sono indicati in neretto.	135
Tabella 96 – <i>Mullus barbatus</i> : coefficienti stimati attraverso analisi con modello GAM. EDF = Gradi di libertà della funzione di smoothing.	140
Tabella 97 – <i>Merluccius merluccius</i> : coefficienti stimati attraverso analisi con modello GAM. EDF = Gradi di libertà della funzione di smoothing.	140
Tabella 98 – <i>Parapenaeus longirostris</i> : coefficienti stimati attraverso analisi con modello GAM. EDF = Gradi di libertà della funzione di smoothing.	141
Tabella 99 – <i>Scylliorhinus canicula</i> : coefficienti stimati attraverso analisi con modello GAM. EDF = Gradi di libertà della funzione di smoothing.	141
Tabella 100 – Pesci Ossei: coefficienti stimati attraverso analisi con modello GAM. EDF = Gradi di libertà della funzione di smoothing.	142

Tabella 101 – Pesci Cartilaginei: coefficienti stimati attraverso analisi con modello GAM. EDF = Gradi di libertà della funzione di smoothing.	142
Tabella 102 – Molluschi Cefalopodi: coefficienti stimati attraverso analisi con modello GAM. EDF = Gradi di libertà della funzione di smoothing.	143
Tabella 103 – Crostacei Decapodi: coefficienti stimati attraverso analisi con modello GAM. EDF = Gradi di libertà della funzione di smoothing.	143
Tabella 104 – Indice di biodiversità di Shannon H': coefficienti stimati attraverso analisi con modello GAM. EDF = Gradi di libertà della funzione di smoothing.	144
Tabella 105 – Ricchezza specifica S: coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla.	144
Tabella 106 – <i>Scyliorhinus canicula</i> : coefficienti stimati attraverso analisi con modello GAM. EDF = Gradi di libertà della funzione di smoothing.	145
Tabella 107 – <i>Raja clavata</i> : coefficienti stimati attraverso analisi con modello GAM. EDF = Gradi di libertà della funzione di smoothing.	145
Tabella 108 – Tabella riassuntiva dei risultati con approccio "Traffic light".	146
Tabella 109 - Tabella riassuntiva avvistamenti	148

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 X anno di monitoraggio.

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

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

Allegato 4: Matrice di abbondanza specie x stazioni (Macrobenthos).

Allegato 5: Matrice di abbondanza e biomassa (Reti da posta).

Allegato 6: Matrice di abbondanza e biomassa (Reti a traino di fondo).

Allegato 7: Condizioni meteo-marine.

Allegato 8: Dati grezzi profili CTD.

Allegato 9 – Idrofono digit e sonda CTD.

Volume 2

1 RISULTATI SURVEY PRIMAVERA 2023

1.1 COLONNA D'ACQUA

1.1.1 Profili idrologici

Nel survey condotto nella primavera del 2023, i profili di **temperatura** (Figura 1) mostrano una iniziale formazione del termocline caratterizzato da uno strato superficiale dello spessore di 10 m con valori di temperatura di 19,2 °C che diminuiscono rapidamente fino ad arrivare a 17,2 °C a 20m di profondità per poi diminuire gradualmente fino a 14 °C alla profondità di 80 m e mantenersi costanti fino al fondo. La **salinità** presenta valori omogenei nel range 37,8-38,2 ppt dalla superficie al fondo. Il **pH** ha valori costanti intorno a 8,2 su tutta la colonna d'acqua. La **torbidità** raggiunge valori intorno a 1.3 NTU dalla superficie a 110 m di profondità per poi aumentare leggermente fino ad arrivare a 2 NTU in corrispondenza del fondo.

I profili di **ossigeno disciolto** (Figura 2) mostrano uno strato superficiale di 10m con valori che oscillano tra 103% e 112% e che diminuiscono quasi linearmente fino ad arrivare a valori intorno a 86% di saturazione sul fondo.

I profili di **clorofilla** hanno valori molto bassi su tutta la colonna d'acqua con valori che oscillano fra 0 µg/l e 0,66 µg/l, con un massimo a circa 70 metri di profondità. I profili di **ORP** risultano omogenei dalla superficie al fondo con valori compresi tra 176 e 210mV.

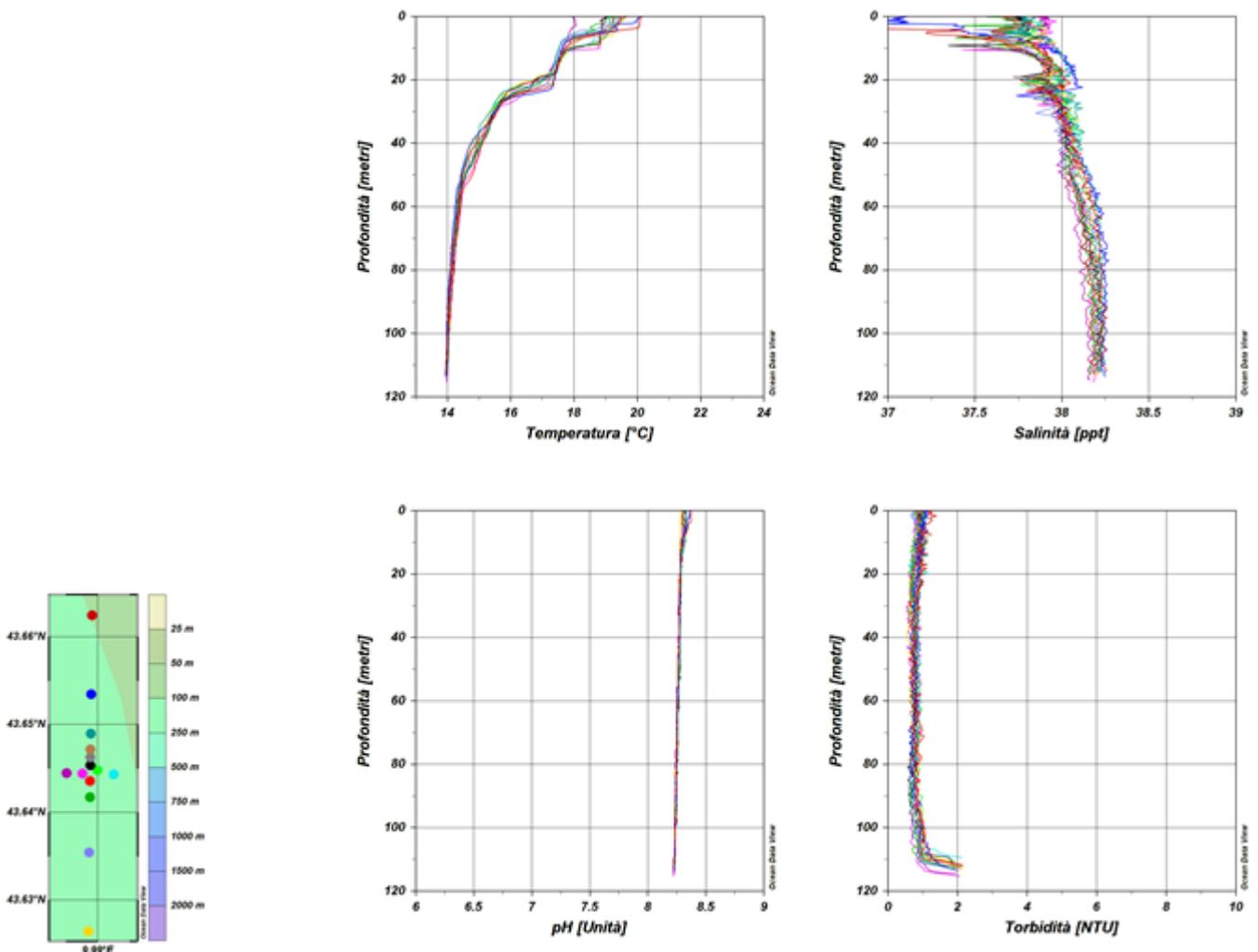


Figura 1 – Profili di temperatura (°C), salinità (ppt), pH e torbidità (NTU); survey primavera 2023.

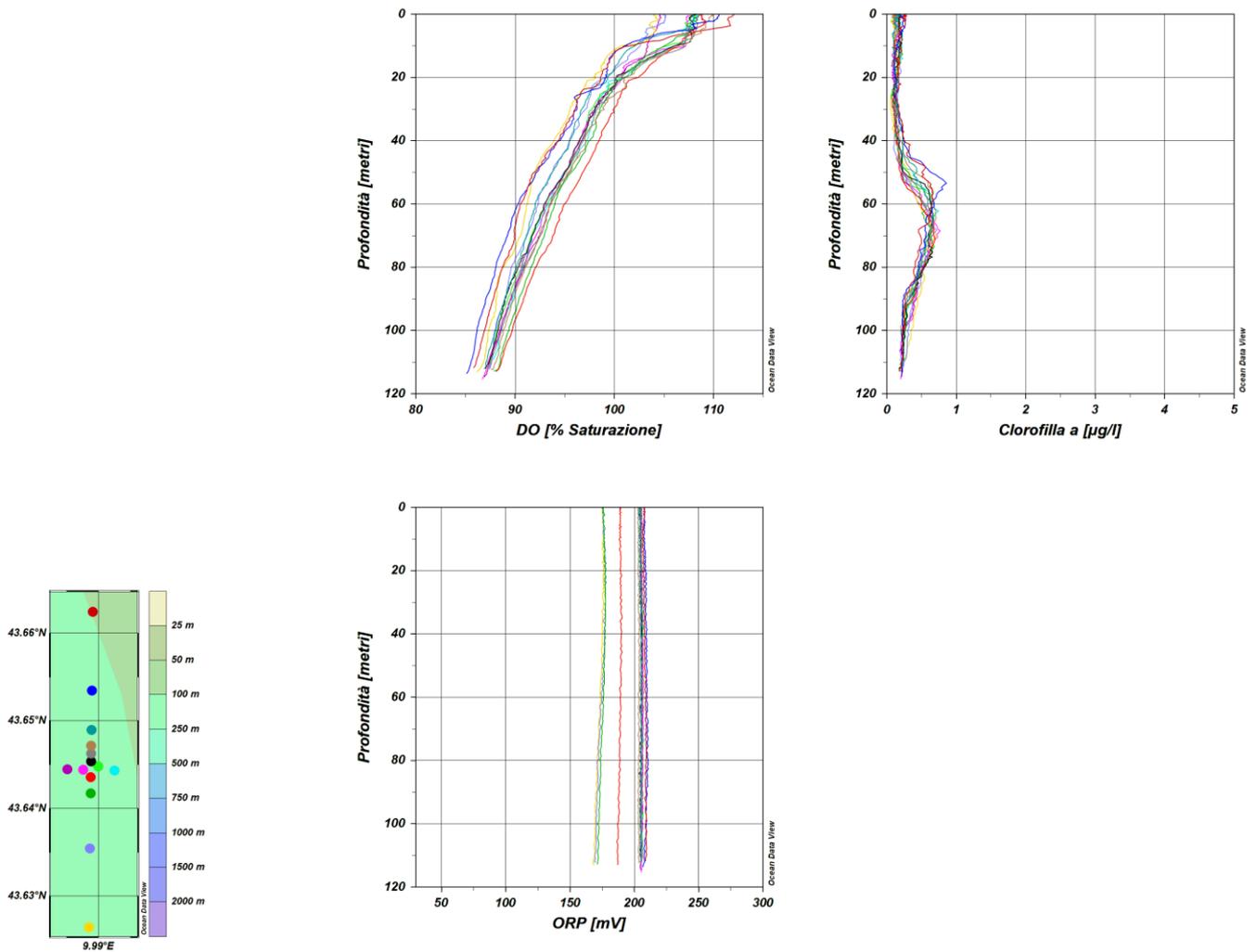


Figura 2 – Profili di ossigeno disciolto (% saturazione), clorofilla ($\mu\text{g/l}$), e potenziale di ossidoriduzione (mV); survey primavera 2023.

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 P23 MG7 e P23 MG10. La profondità della zona eufotica (Z_{eu}) nelle due stazioni è rispettivamente 49,5 m e 50 m e in generale Z_{eu} ha mostrato una variazione piuttosto limitata compresa tra 46 m (P23 MG12) e 52 m (P23 MG5).

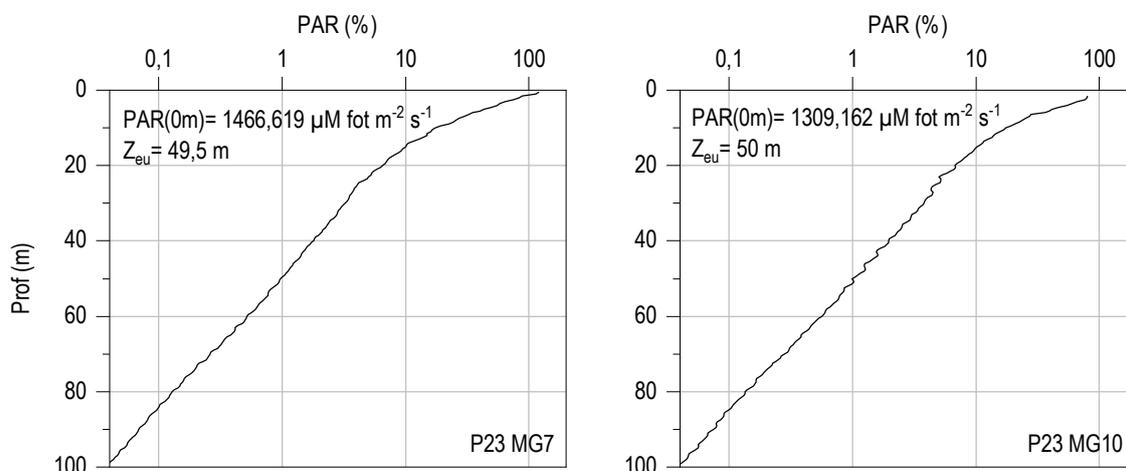


Figura 3 - Profilo del rapporto fra l'irradianza quantica PAR (Photosynthetic Available Radiation) disponibile alle varie profondità con quella contemporanea in superficie, PAR (0 m), nelle stazioni P23 MG7 e P23 MG10.

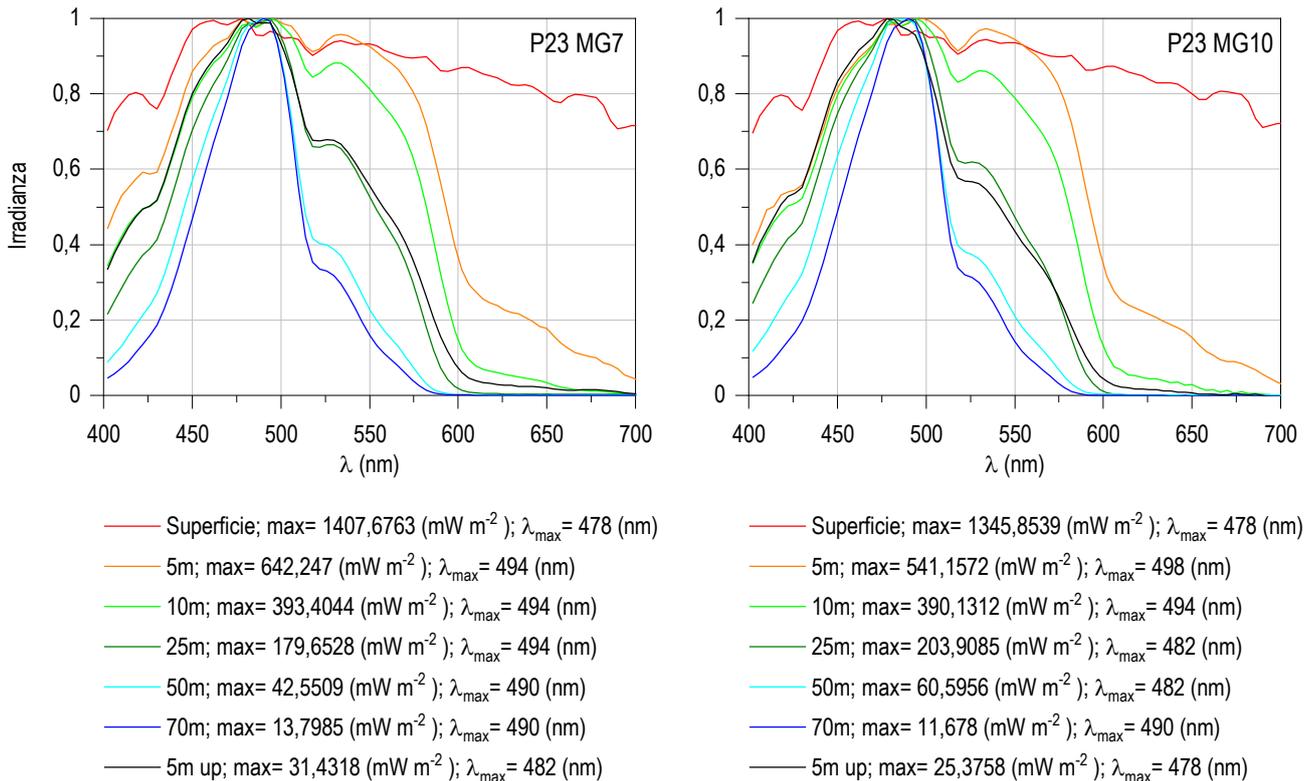


Figura 4 - Irradianza spettrale discendente superficiale e subacquea alle profondità indicate. E' inoltre riportata la irradianza spettrale ascendente a 5 m (5m up). Ogni spettro è stato normalizzato per il proprio massimo ($E_{max}(\lambda)$) riportato nella legenda insieme con la lunghezza d'onda dove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

In **Figura 4** sono riportati gli spettri della irradianza discendente tra 400 e 700 nm in superficie e alle varie profondità insieme con quelli della irradianza ascendente a 5 m, tutti normalizzati per i loro massimi, in P23 MG7 e P23 MG10. I massimi (λ_{max}) degli spettri dell'irradianza discendente si collocano 478 e 494 nm e la radiazione che raggiunge la maggior profondità, ovvero quella più penetrante (λ_{max} a 70 m), si trova a 490 nm in entrambe le stazioni.

1.1.2 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche

Nutrienti inorganici disciolti

In **Tabella 1** sono riportate le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ortofosfati (PO_4), silicati (SiO_2), rilevate nelle 8 stazioni campionate. Le concentrazioni sono in generale comparabili con quelle rilevate nella medesima stagione degli anni precedenti.

In **Figura 5** vengono riportati i profili batimetrici dei nutrienti inorganici disciolti. Per quanto riguarda i fosfati, la concentrazione è in media $0,088 \mu\text{M}$, con minimo di $0,033 \mu\text{M}$ in P23 MG10 12,5 m e massimo di $0,150 \mu\text{M}$ in P23 MG13 12,5 m (**Tabella 1**). La loro distribuzione verticale nella colonna d'acqua risulta abbastanza omogenea, la maggior parte delle stazioni hanno massimo nello strato profondo, ad eccezione di P23 MG6 e P23 MG12 con massimi a 0,5 m e P23 MG13 a 12,5 m. I minimi invece si collocano nella maggior parte delle stazioni nello strato superficiale (**Figura 5**).

I nitriti presentano una distribuzione verticale omogenea in tutte le stazioni con massimi prevalentemente a 70 m di profondità. I minimi, invece, si trovano prevalentemente a 50 m, ad eccezione di P23 MG5 e P23 MG10 che hanno minimo superficiale e P23 MG6 e P23 MG13 a 12,5 m. La concentrazione media è di $0,061 \mu\text{M}$, con un minimo di $0,027 \mu\text{M}$ in P23 MG9 50 m e un massimo di $0,172 \mu\text{M}$ in P23 MG10 70 m (**Tabella 1**).

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
P23 MG3	0,5	1,174	0,042	0,073	0,268	P23 MG9	0,5	0,957	0,063	0,037	0,128
	12,5	0,701	0,070	0,060	<0,03		12,5	1,212	0,085	0,039	0,031
	50	1,717	0,056	0,034	0,210		50	1,804	0,103	<0,03	0,125
	70	2,900	0,071	0,104	0,796		70	2,010	0,080	0,122	0,567
P23 MG5	0,5	2,057	0,075	0,040	0,146	P23 MG10	0,5	0,235	0,080	0,031	0,076
	12,5	1,566	0,063	0,057	0,207		12,5	1,247	0,033	0,041	0,107
	50	1,905	0,080	0,048	0,064		50	1,777	0,099	0,035	0,097
	70	2,080	0,057	0,053	0,217		70	1,656	0,128	0,172	0,205
P23 MG6	0,5	2,620	0,095	0,061	0,213	P23 MG12	0,5	2,617	0,142	0,052	0,101
	12,5	1,517	0,078	0,047	0,175		12,5	1,906	0,116	0,045	0,086
	50	1,826	0,039	0,063	0,068		50	1,449	0,123	0,039	0,266
	70	2,356	0,044	0,104	1,196		70	1,893	0,140	0,086	0,983
P23 MG7	0,5	0,530	0,081	0,055	0,076	P23 MG13	0,5	0,960	0,111	0,045	0,052
	12,5	1,207	0,050	0,038	0,070		12,5	0,571	0,150	0,038	0,137
	50	1,565	0,066	0,031	<0,03		50	1,620	0,142	0,055	0,111
	70	2,031	0,113	0,115	0,198		70	1,726	0,129	0,105	0,326

I profili batimetrici dei nitrati (**Figura 5**) hanno una distribuzione verticale molto simile in tutte le stazioni con massimi rilevati esclusivamente a 70 m e valori omogenei a tutte le altre profondità.

In media le concentrazioni dei nitrati sono $0,230 \mu\text{M}$ con un range di variazione tra $0,023 \mu\text{M}$ in P23 MG7 50 m e $1,196 \mu\text{M}$ in P23 MG6 70 m (**Tabella 1**).

Per i silicati i massimi si trovano nella maggior parte delle stazioni a 70 m, ad eccezione di P23 MG6 e P23 MG12 che hanno massimo a 0,5 m e P23 MG10 con massimo a 50 m. I minimi, invece, si collocano quasi esclusivamente nello strato superficiale, ad eccezione che in P23 MG12 dove si ha il minimo a 50 m (**Tabella 1**). In media le concentrazioni dei silicati sono di $1,606 \mu\text{M}$ e variano in un range compreso tra $0,235 \mu\text{M}$ in P23 MG10 0,5 m e $2,900 \mu\text{M}$ in P23 MG3 70 m.

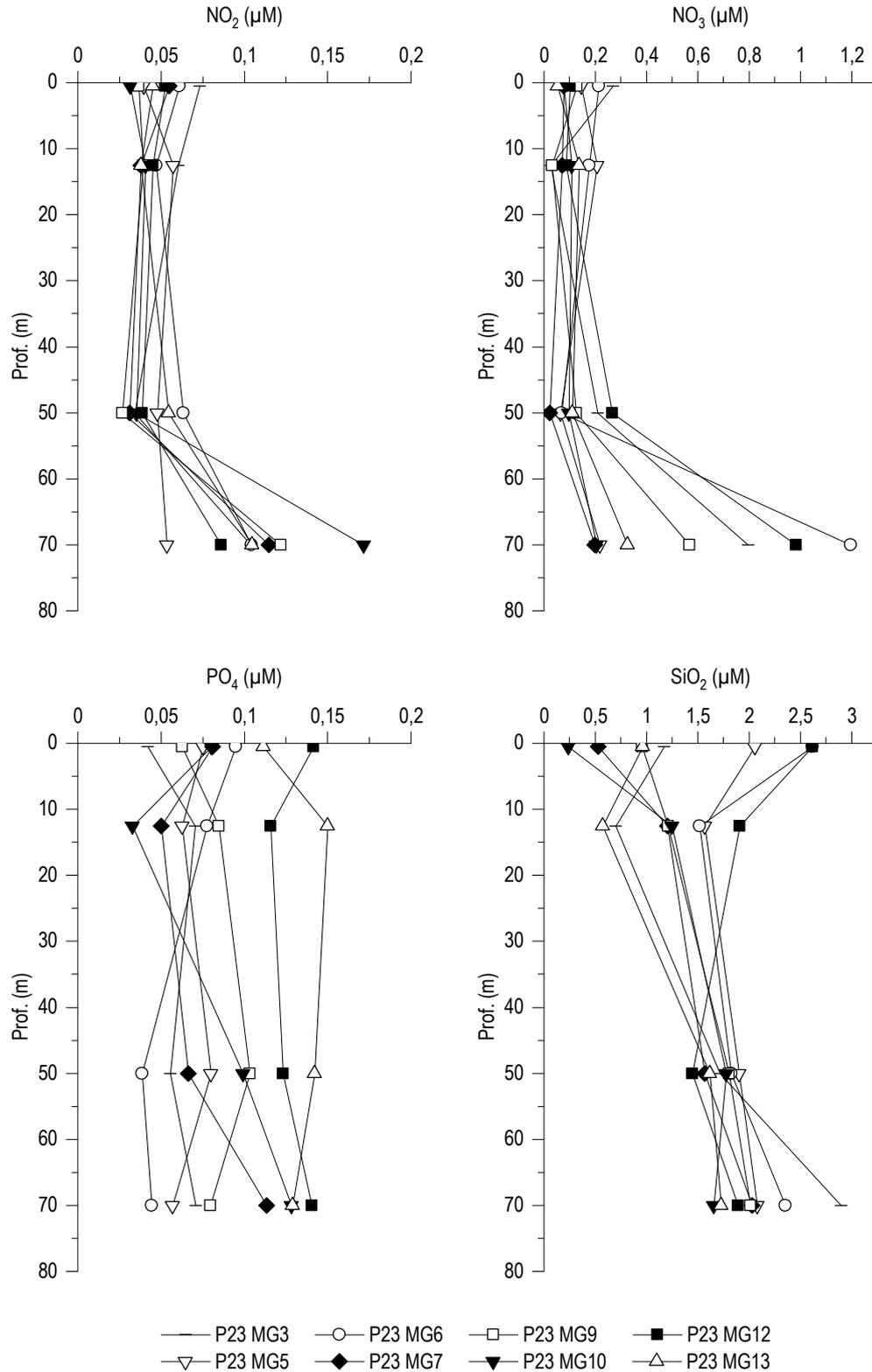


Figura 5 - Profili delle concentrazioni (μM) dei nutrienti inorganici disciolti: NO_2 (nitriti), NO_3 (nitrati), PO_4 (fosfati), SiO_2 (silicati).

Solidi sospesi (Total Suspended Matter)

Le concentrazioni di TSM in tutte le stazioni sono riportate in **Tabella 2**. Il valore medio generale è 1,1908 mg/l ($\pm 0,6$) con minimo di 0,4593 mg/l in P23 MG9 a 50 m e massimo di 2,544 mg/l in P23 MG10 in superficie.

Tabella 2 - Concentrazioni (mg/l) dei solidi sospesi (TSM).				
Prof. m	Stazione	TSM (mg/l)	Stazione	TSM (mg/l)
0,5	P23 MG3	1,9229	P23 MG9	2,1435
12,5		1,0427		0,6110
50		0,5645		0,4593
70		1,5728		1,1047
0,5	P23 MG5	1,9980	P23 MG10	2,5444
12,5		1,2260		1,4120
50		0,7337		0,7689
70		0,8480		0,8825
0,5	P23 MG6	2,3856	P23 MG12	2,2513
12,5		0,8880		1,5342
50		0,6240		0,6200
70		0,8248		0,7395
0,5	P23 MG7	1,7880	P23 MG13	1,6530
12,5		0,9205		1,2530
50		0,5673		0,6680
70		0,7453		0,8085

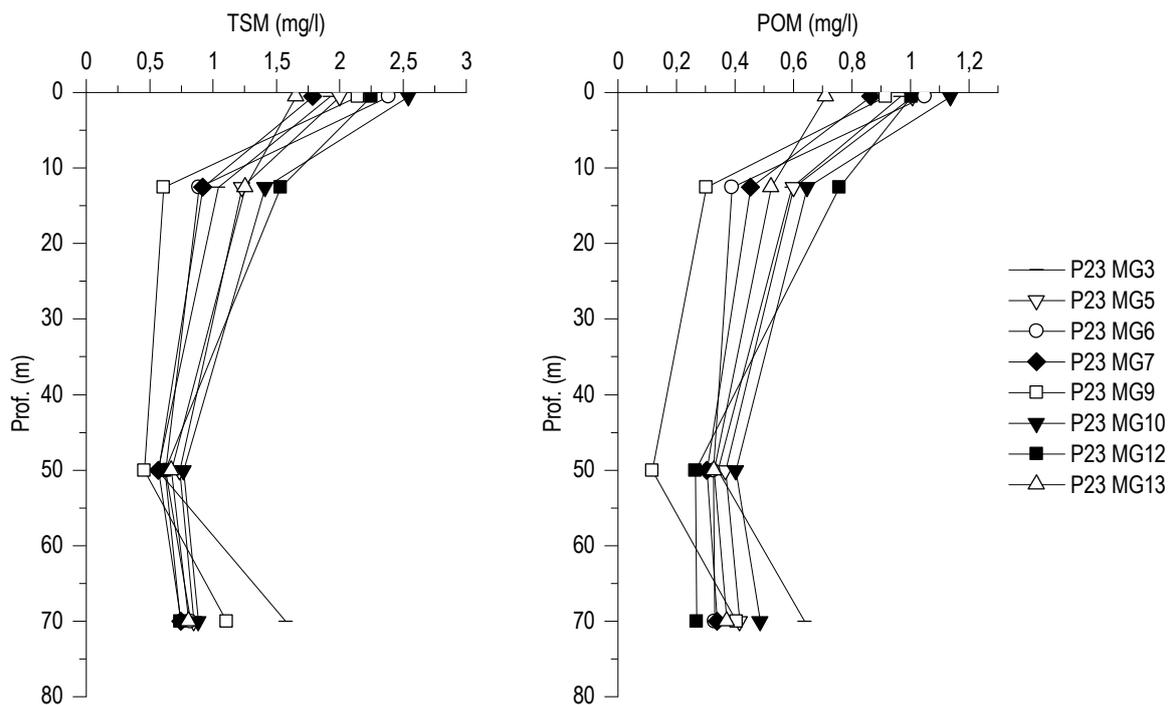


Figura 6 - Profili delle concentrazioni (mg/l) dei solidi sospesi (TSM) e delle concentrazioni di particolato organico (POM).

I profili di TSM (Figura 6) sono molto simili tra le diverse stazioni con minimi a 50 m e massimi in superficie. La concentrazione della frazione organica del TSM (POM) è in media 0,5506 mg/l ($\pm 0,3$) con minimo di 0,1155 mg/l in P23 MG9 a 50 m e massimo di 1,1375 mg/l alla P23 MG10 in superficie. I profili batimetrici del POM (Figura 6) nelle varie stazioni, come quelli di TSM, presentano concentrazioni minime a 50 m e massimi in superficie. La frazione organica particellata rappresenta in media il 46,47 % del TSM con minimo di 25,15% in P23 MG9 a 50 m e massimo di 60,39% in P23 MG3 sempre a 50 m.

Sostanza Organica Disciolta Cromoforica (CDOM)

Gli assorbimenti della CDOM a 325 nm $a_{CDOM(325)}$ sono in media $0,3347 \text{ m}^{-1} (\pm 0,2)$ e variano da un minimo di $0,1812 \text{ m}^{-1}$ in P23 MG6 a 70 m ad un massimo di $0,8046 \text{ m}^{-1}$ in P23 MG12 in superficie (Tabella 3). I profili batimetrici (Figura 7) evidenziano che la maggior parte delle stazioni hanno concentrazioni massime in superficie e valori simili alle altre profondità, con minimi a 70 m, mentre P23 MG5 e P23 MG10 presentano minimi rispettivamente a 50 m e 12,5 m (Figura 7). In P23 MG12 le concentrazioni di CDOM rimangono alte anche a 12,5 m a differenza di quanto si osserva nelle altre stazioni.

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	P23 MG3	0,6372	P23 MG9	0,5147
12,5		0,3465		0,2155
50		0,2636		0,2165
70		0,2339		0,2151
0,5	P23 MG5	0,6335	P23 MG10	0,4689
12,5		0,2272		0,1932
50		0,1884		0,2097
70		0,2542		0,2322
0,5	P23 MG6	0,7931	P23 MG12	0,8046
12,5		0,2021		0,7603
50		0,2388		0,2422
70		0,1812		0,1997
0,5	P23 MG7	0,4886	P23 MG13	0,4930
12,5		0,2142		0,2188
50		0,2025		0,2232
70		0,1965		0,2007

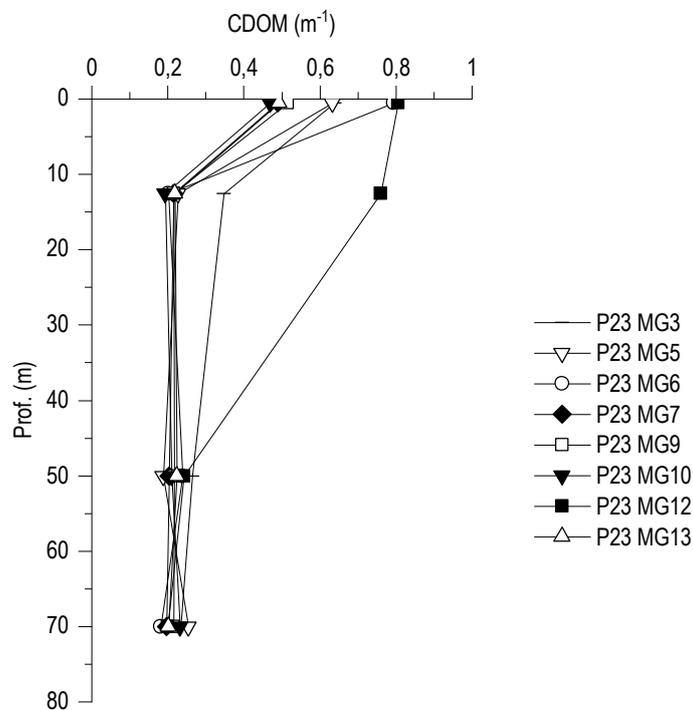


Figura 7 - Profili degli assorbimenti (m^{-1}) della CDOM a 325 nm ($a_{CDOM(325)}$).

Clorofilla a e diversità pigmentaria

La concentrazione di clorofilla a è in media $0,4459 \text{ mg/m}^3$ (dev. st. = $\pm 0,3$) e mostra un range di variazione compreso tra $0,1488 \text{ mg/m}^3$ in P23 MG6 a 12,5 m e $1,3919 \text{ mg/m}^3$ sempre in P23 MG6 ma a 0,5 m (Tabella 4). I profili batimetrici delle concentrazioni di Chl a lungo la

colonna d'acqua (**Figura 8**) mostrano evidenti massimi in superficie, minimi prevalentemente a 12,5 m e a 50 m. A 70 m è presente un nuovo massimo in tutte le stazioni che risulta quello principale alla stazione P23 MG7.

Tabella 4 - Concentrazioni (mg/m ³) della Clorofilla a totale (Chl a tot = Clorofilla a + Divinil Clorofilla a + Alloclorofilla a, se presenti).				
Prof. m	Stazione	Chl a mg/m ³	Stazione	Chl a mg/m ³
0,5	P23 MG3	1,0803	P23 MG9	0,6412
12,5		0,2935		0,2228
50		0,2206		0,2256
70		0,3846		0,4434
0,5	P23 MG5	1,2255	P23 MG10	0,7770
12,5		0,2089		0,2185
50		0,1780		0,2693
70		0,4383		0,5900
0,5	P23 MG6	1,3919	P23 MG12	0,9274
12,5		0,1488		0,4983
50		0,2312		0,2446
70		0,1566		0,2950
0,5	P23 MG7	0,4596	P23 MG13	0,4521
12,5		0,2359		0,2774
50		0,2827		0,3032
70		0,5285		0,4178

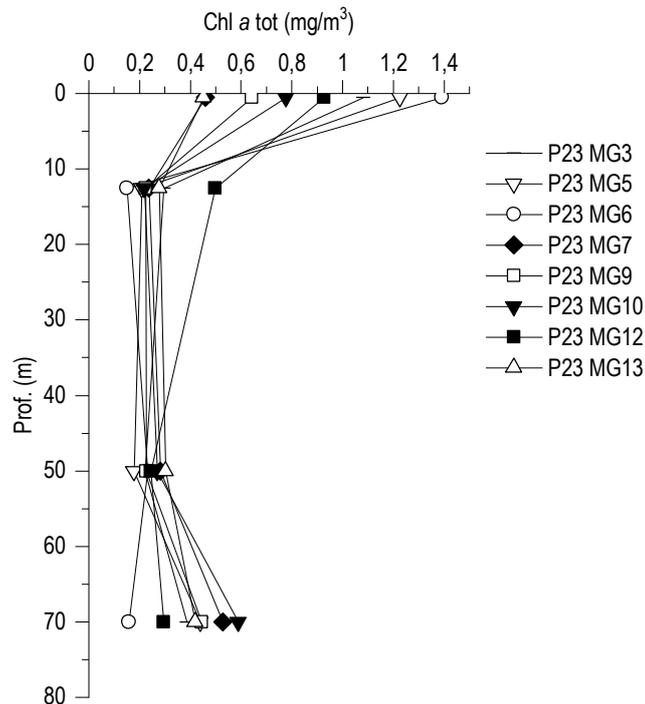


Figura 8 - Profili delle concentrazioni (mg/m³) di clorofilla a tot.

Le concentrazioni dei nove pigmenti diagnostici principali sono riportate in **Tabella 5**. Il pigmento a maggiore concentrazione media (mg/m³) è Fuco (media 0,0887, dev. st. = \pm 0,117), seguono Hex-Fuco (media 0,0851, dev. st. = \pm 0,029), Chl b (media 0,069, dev. st. = \pm 0,049), But-Fuco (media 0,048, dev. st. = \pm 0,03), Zea (media 0,041, dev. st. = \pm 0,026), DVA (media 0,026, dev. st. = \pm 0,037), Perid (media 0,019, dev. st. = \pm 0,009), Prasino (media 0,01, dev. st. = \pm 0,008) e Allo (media 0,005, dev. st. = \pm 0,007).

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/m³) dei principali pigmenti diagnostici fitoplanctonici (acronimi in Tabella 7).

Stazione	Prof.m	Fuco	Perid	Hex-Fuco	But-Fuco	Prasino	Allo	Zea	DVA	Chl b
P23 MG3	0,5	0,3405	0,0415	0,1333	0,0445	0,0150	0,0135	0,0177	0,0629	0,0000
	12,5	0,0892	0,0198	0,0561	0,0219	0,0028	0,0033	0,0214	0,0000	0,0391
	50	0,0124	0,0111	0,0843	0,0408	0,0050	0,0010	0,0339	0,0046	0,0311
	70	0,0190	0,0120	0,0401	0,0606	0,0178	0,0021	0,0570	0,1007	0,1744
P23 MG5	0,5	0,3959	0,0250	0,1294	0,0479	0,0244	0,0305	0,0408	0,0019	0,1119
	12,5	0,0299	0,0152	0,0590	0,0185	0,0028	0,0000	0,0239	0,0000	0,0393
	50	0,0174	0,0109	0,0542	0,0187	0,0029	0,0000	0,0191	0,0000	0,0322
	70	0,0191	0,0110	0,1353	0,0786	0,0104	0,0042	0,0735	0,0672	0,0813
P23 MG6	0,5	0,3900	0,0279	0,1876	0,0651	0,0287	0,0217	0,0274	0,0041	0,1319
	12,5	0,0137	0,0111	0,0423	0,0175	0,0036	0,0005	0,0290	0,0060	0,0275
	50	0,0131	0,0122	0,0836	0,0452	0,0046	0,0012	0,0300	0,0067	0,0348
	70	0,0196	0,0126	0,0331	0,0781	0,0090	0,0010	0,0113	0,0085	0,0130
P23 MG7	0,5	0,1722	0,0294	0,0865	0,0380	0,0084	0,0063	0,0271	0,0000	0,0587
	12,5	0,0580	0,0237	0,0507	0,0214	0,0023	0,0000	0,0288	0,0000	0,0498
	50	0,0142	0,0112	0,0781	0,0510	0,0058	0,0021	0,0535	0,0240	0,0431
	70	0,0182	0,0146	0,1224	0,0765	0,0183	0,0047	0,1040	0,1167	0,1418
P23 MG9	0,5	0,0341	0,0236	0,2050	0,1167	0,0163	0,0039	0,0804	0,0489	0,0955
	12,5	0,0446	0,0127	0,0539	0,0140	0,0016	0,0006	0,0147	0,0000	0,0264
	50	0,0643	0,0130	0,0381	0,0132	0,0026	0,0006	0,0119	0,0000	0,0242
	70	0,0315	0,0131	0,0673	0,0846	0,0199	0,0028	0,0488	0,0717	0,1348
P23 MG10	0,5	0,2970	0,0385	0,0934	0,0343	0,0064	0,0027	0,0415	0,0000	0,0654
	12,5	0,0491	0,0216	0,0564	0,0134	0,0022	0,0015	0,0180	0,0000	0,0385
	50	0,0150	0,0120	0,0706	0,0481	0,0061	0,0014	0,0574	0,0165	0,0506
	70	0,0186	0,0145	0,1208	0,1264	0,0274	0,0036	0,1117	0,1077	0,1876
P23 MG12	0,5	0,2502	0,0385	0,1283	0,0490	0,0178	0,0141	0,0357	0,0000	0,0949
	12,5	0,1467	0,0263	0,0768	0,0336	0,0060	0,0084	0,0225	0,0000	0,0512
	50	0,0131	0,0119	0,0903	0,0415	0,0051	0,0011	0,0378	0,0068	0,0347
	70	0,0203	0,0142	0,0412	0,0715	0,0172	0,0018	0,0427	0,0509	0,1103
P23 MG13	0,5	0,1484	0,0274	0,0731	0,0200	0,0054	0,0023	0,0283	0,0042	0,0475
	12,5	0,0559	0,0258	0,0685	0,0232	0,0035	0,0015	0,0348	0,0000	0,0562
	50	0,0128	0,0110	0,0927	0,0472	0,0070	0,0026	0,0580	0,0237	0,0490
	70	0,0132	0,0148	0,0708	0,0624	0,0152	0,0028	0,0824	0,0966	0,1475

In percentuale i pigmenti più abbondanti sono: Hex-Fuco, pigmento diagnostico dei coccolitofori con il 23,71%, Fuco (diatomee) in media il 19,94%, Chl b, pigmento diagnostico delle Chlorophyta, che costituisce circa il 17,72% della diversità pigmentaria, But-Fuco (Chrysophyceae) con il 12,95%, Zea (Cyanobatteri *Synechococcus*-like), con l' 11,42%, Perid (dinoflagellati) con il 5,6%, DVA (Cyanobatteri *Prochlorococcus*-like) in media il 5,45%, Prasino (Prasinophyceae) in media il 2,34%, e Allo (Cryptophyceae) che non supera l' 1% della diversità pigmentaria. La somma dei due pigmenti Zea (Cyanobatteri *Synechococcus*-like) e DVA (Cyanobatteri *Prochlorococcus*-like) rappresenta una stima della componente picoplanctonica che in P23 in media arriva al 16,87% con un contributo maggiore di Zea tra 0,5 e 12,5 m e di DVA tra 50 e 70 m.

In sintesi, nella maggioranza delle stazioni, il popolamento fitoplanctonico in superficie è dominato dalle diatomee con oltre il 40 % a 0,5 m e con il 20-30 % a 12,5 m. A 50 m il popolamento da coccolitofori con valori che oscillano dal 20 al 40 %, con presenze importanti di Chrysophyceae, Chlorophyta e Cianobatteri sia *Prochlorococcus*-like che *Synechococcus*-like. Generalmente queste ultime due componenti aumentano marcatamente a 70 m.

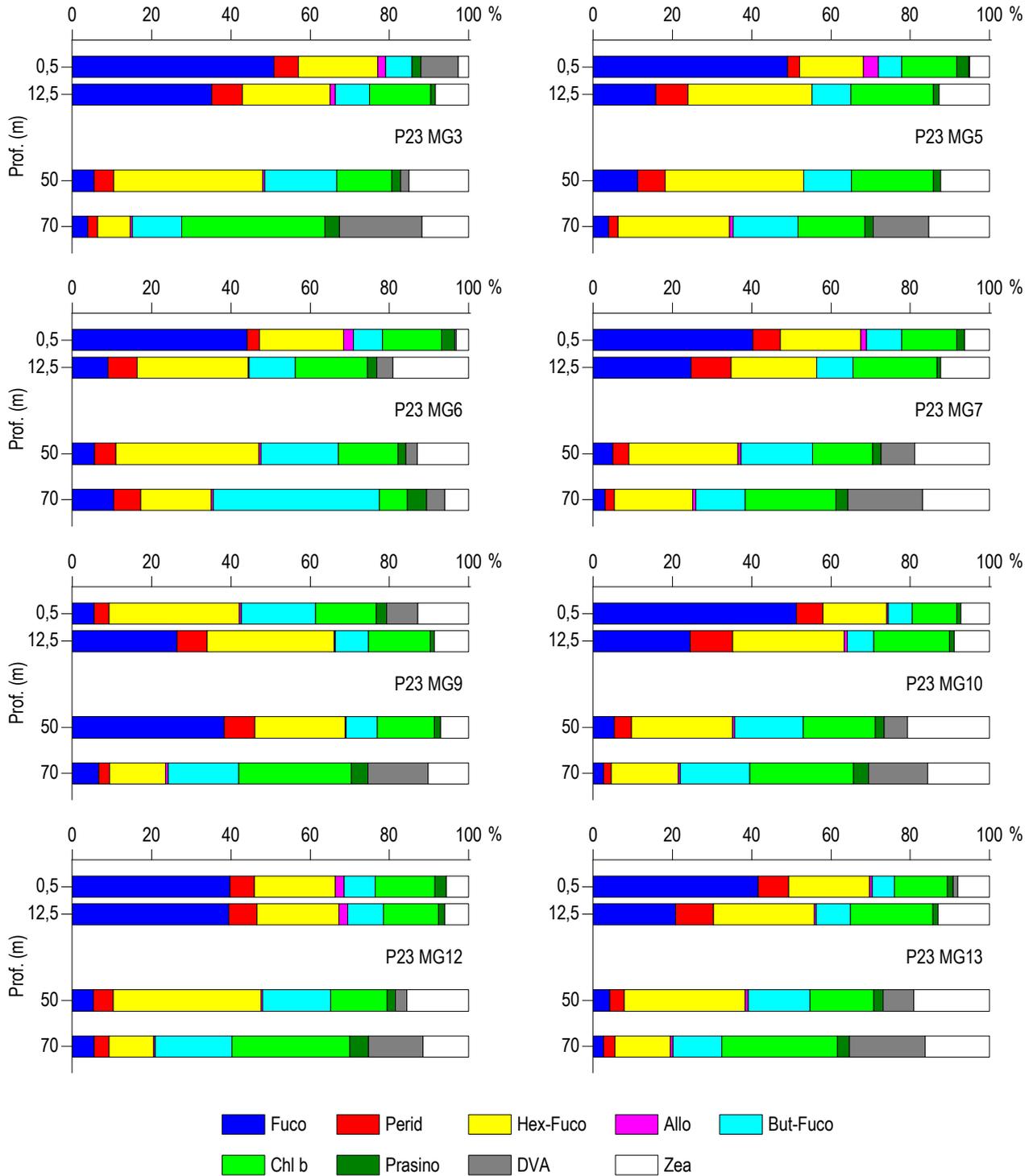


Figura 9 – Concentrazione relativa dei singoli pigmenti diagnostici in rapporto al totale delle concentrazioni dei nove Pigmenti Diagnostici (PD= Fuco+Perid+Hex-Fuco+But-Fuco+Allo+Prasino+Chlb+DVA+Zea).

Tensioattivi

Le concentrazioni dei tensioattivi anionici risultano al di sotto del limite di quantificazione della metodica in tutti i campioni (**Tabella 6**). I tensioattivi non ionici sono generalmente presenti con concentrazioni basse senza mostrare differenze tra le stazioni di prelievo.

Tabella 6 - Concentrazione tensioattivi anionici e tensioattivi non ionici presenti nei campioni di acqua di mare lungo il profilo batimetrico (P23). Le profondità sono espresse in metri. I dati sono espressi in milligrammi/litro.

Profondità	P23 MG3				P23 MG5				P23 MG6				P23 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

Tabella 6 - Concentrazione tensioattivi anionici e tensioattivi non ionici presenti nei campioni di acqua di mare lungo il profilo batimetrico (P23). Le profondità sono espresse in metri. I dati sono espressi in milligrammi/litro.

tensioattivi non ionici	0.10	0.099	0.10	0.10	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.10
	P23 MG9				P23 MG10				P23 MG12				P23 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	0.10	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.12	0.11	0.11	0.12	0.12	0.12	0.12	0.11	0.11

Cloroderivati

Questi composti non sono stati rilevati tranne il Dibromo Cloro Metano e Bromoformio entrambi presenti in una sola stazione e comunque con concentrazioni prossime al limite di quantificazione..

Tabella 7 - Concentrazione dei cloroderivati nelle acque. I livelli indicano la profondità di prelievo del campione (P23).

	P23 MG3				P23 MG5				P23 MG6				P23 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 Bromodicloroacetico	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Bromocloroacetico	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Dicloroacetico	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
Acido Tricloroacetico	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Monocloroacetico	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 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	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
1,1-Dicloro-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
Cloropicrina	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Alometani e VOC (µg/l)																
Cloroformio	< 0,01	< 0,01	0,010	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,010	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,010	< 0,01	< 0,01	0,010	0,010
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	0,013	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,012	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Bromoformio	< 0,01	0,011	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,015	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,016	< 0,01	< 0,01	0,045	0,036	< 0,01	< 0,01
1,2-Dibromo Etano	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,1,1-Tricloro Etano	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,1,2-Tricloro Etano	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Alofenoli (µg/l)																
2,4-Diclorofenolo	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
4-Cloro-3-Metilfenolo	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
2,4,6-Triclorofenolo	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Pentaclorofenolo	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
	P23 MG9				P23 MG10				P23 MG12				P23 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
Acido Bromodicloroacetico	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Bromocloroacetico	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Dicloroacetico	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
Acido Tricloroacetico	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Monocloroacetico	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0

Tabella 7 - Concentrazione dei cloroderivati nelle acque. I livelli indicano la profondità di prelievo del campione (P23).

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
Aloacetoni (µg/l)															
Dibromoacetone	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Dicloroacetone	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Tricloroacetone	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
1,1,1-Tricloro-2-Propanone	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
1,1-Dicloro-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
Cloropirina	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
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	0,013	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Bromoformio	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,16	0,011	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,2-Dibromo Etano	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
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 contaminanti sono generalmente presenti con concentrazioni che variano indipendentemente dalla profondità e dalla posizione dalla stazione di prelievo.

Tabella 8 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di acqua di mare lungo il profilo batimetrico (P23). I dati sono espressi in microgrammi/litro. In neretto (0,5 - 12,5 - 50 - 70) sono indicate le profondità di prelievo in metri.

P23 MG3				P23 MG5				P23 MG6				P23 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
120,57	212,33	177,12	263,36	191,03	174,38	121,17	147,55	125,13	163,81	117,99	175,19	156,92	166,68	120,85	212,58
P23 MG9				P23 MG10				P23 MG12				P23 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
86,57	134,47	121,09	168,40	132,25	195,11	126,54	152,85	104,52	153,37	251,64	136,11	206,17	155,76	163,04	224,15

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 (P23). I dati sono espressi in ufc/100 ml.

	P23 MG3	P23 MG5	P23 MG6	P23 MG7	P23 MG9	P23 MG10	P1 MG12	P23 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

1.1.3 Plancton

1.1.3.1 Fitoplancton

Analisi quantitativa e qualitativa del fitoplancton da bottiglia

Le densità fitoplanctoniche totali sono in media circa 467,79 cell/ml variando da un minimo di 34,87 cell/ml in P23 MG6 a 70 m ad un massimo di 1400,12 cell/ml in P23 MG6 in superficie. L'andamento delle densità lungo la colonna d'acqua mostra minimi tra 50 e 70 m e massimi in superficie (Figura 10). Mediamente le maggiori abbondanze sono date dalla classe delle diatomee che varia tra 4,46 cell/ml in P23 MG6 a 50 m e 1173,61 cell/ml sempre in P23 MG6 ma in superficie. Il gruppo denominato "Altro plancton" costituito dalle classi di nanoflagellati (Cryptophyceae, Chrysophyceae, Dictyochophyceae, Chlorophyceae, Euglenoidea, Prasinophyceae, Prymnesiophyceae non Coccolitofori, Cyanophyceae più i flagellati non identificati) rappresenta il secondo gruppo più abbondante variando tra 10,02 cell/ml in P23 MG6 a 70 m e 158,44 cell/ml in P23 MG6 in superficie. I dinoflagellati variano tra 7,31 cell/ml in P23 MG6 a 70 m e 56,33 cell/ml in P23 MG6 in superficie.

I coccolitofori, infine, risultano la classe meno abbondante abbondante variando tra 6,18 cell/ml in P23 MG10 a 12,5 m e 37,32 cell/ml alla P23 MG7 a 70 m.

Tabella 10 - Densità fitoplanctonica totale (cell/ml) e delle classi o gruppi identificati.						
Stazione	prof. (m)	Diatomee	Dinoflagellati	Coccolitofori	Altro	Totale
P23 MG6	0,5	1173,61	56,33	11,74	158,44	1400,12
	12,5	21,36	18,54	10,33	47,18	97,41
	50	4,46	15,26	21,36	71,36	112,43
	70	9,40	7,31	8,14	10,02	34,87
P23 MG7	0,5	902,51	28,17	14,08	82,15	1026,91
	12,5	565,68	23,47	14,08	77,46	680,69
	50	7,28	20,89	26,05	45,30	99,52
	70	6,34	19,01	31,22	50,70	107,27
P23 MG10	0,5	893,12	23,47	14,08	82,15	1012,83
	12,5	166,78	28,83	6,18	52,50	254,28
	50	4,93	22,53	24,18	72,76	124,40
	70	5,40	17,13	37,32	65,25	125,11
P23 MG12	0,5	1023,52	41,75	19,18	109,46	1193,92
	12,5	738,20	24,65	10,56	44,60	818,01
	50	9,15	23,47	20,19	87,32	140,13
	70	16,20	11,27	9,86	36,15	73,47
P23 MG13	0,5	1005,78	34,03	23,47	110,32	1173,61
	12,5	462,67	29,34	15,80	116,23	624,05
	50	7,75	11,50	15,96	73,00	108,21
	70	84,97	11,27	19,72	32,63	148,58

Osservando il contributo percentuale delle classi (**Figura 11**) si nota che nella primavera del 2023 il popolamento è rappresentato principalmente dalla classe delle diatomee che, come detto per i pigmenti (**Figura 9**), dominano nettamente tra 0,5 e 12,5 m raggiungendo in media nello strato il 77%. La classe contribuisce mediamente in tutta la colonna d'acqua con il 45,58% grazie a *Leptocylindrus danicus*, *Chaetoceros* spp., *Chaetoceros anastomosans*; *Chaetoceros compressus* e *Pseudo-nitzschia delicatissima*. Il gruppo Altro plancton invece prevale tra 50 e 70 m (in media il 32,36%) ed è rappresentato principalmente da *Phaeocystis* sp., *Telonema* sp e piccole forme flagellate di incerta collocazione tassonomica. In profondità sono più abbondanti anche i coccolitofori (in media l'11,44%), rappresentati quasi esclusivamente da *Emiliana huxleyi*, *Syracosphaera pulchra* e *Rhabdosphaera claviger*. I dinoflagellati (in media il 10,62%), infine, sono rappresentati principalmente da individui dei generi *Gymnodinium*, *Amphidinium* ed *Heterocapsa*. (**Figura 11**).

In totale sono stati identificati a diverso livello tassonomico 162 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 alle diatomee e ai dinoflagellati che sono rappresentati rispettivamente da 56 e 44 specie e da 5 e 4 forme identificate a livello di genere. I coccolitofori risultano meno diversificati con 21 specie insieme ad 1 categoria sopragenerica. Il gruppo "Altro plancton", infine, è rappresentato da un totale di 24 taxa suddivisi in 17 specie, 5 generi e 2 categorie superiori. Nella primavera del 2023 il popolamento fitoplanctonico presenta valori medi di diversità specifica (Shannon) e di equitabilità (Pielou) di 3,68 bit/cell e di 0,682 variando rispettivamente tra 2,79 (P23 MG13 50 m) e 4,48 (P23 MG6 12,5 m) bit/cell e tra 0,53 (P23 MG13 50 m) e 0,84 (P23 MG6 70 m).

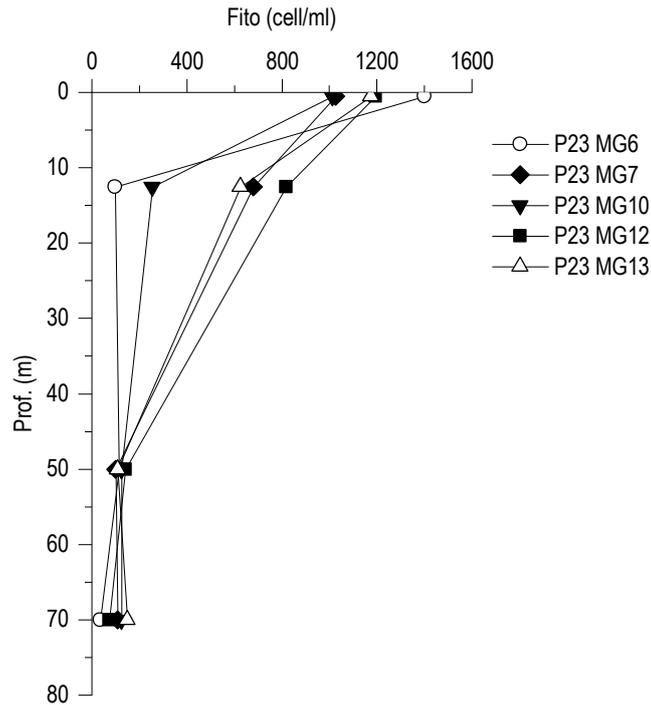


Figura 10 - Profili delle densità fitoplanctoniche totali (cell/ml).

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	56	5	4
Dinoflagellati	44	3	4
Prymnesiophyceae coccolitofori	21		1
Cryptophyceae	1		1
Chrysophyceae/Dictyochophyceae	6		
Chlorophyta/Euglenoidea	2		1
Prasinophyceae	3	2	
Prymnesiophyceae non coccolitofori		2	
Cyanophyceae			
Raphidophyceae	2		
Altro	3	1	
Totale	138	13	11

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

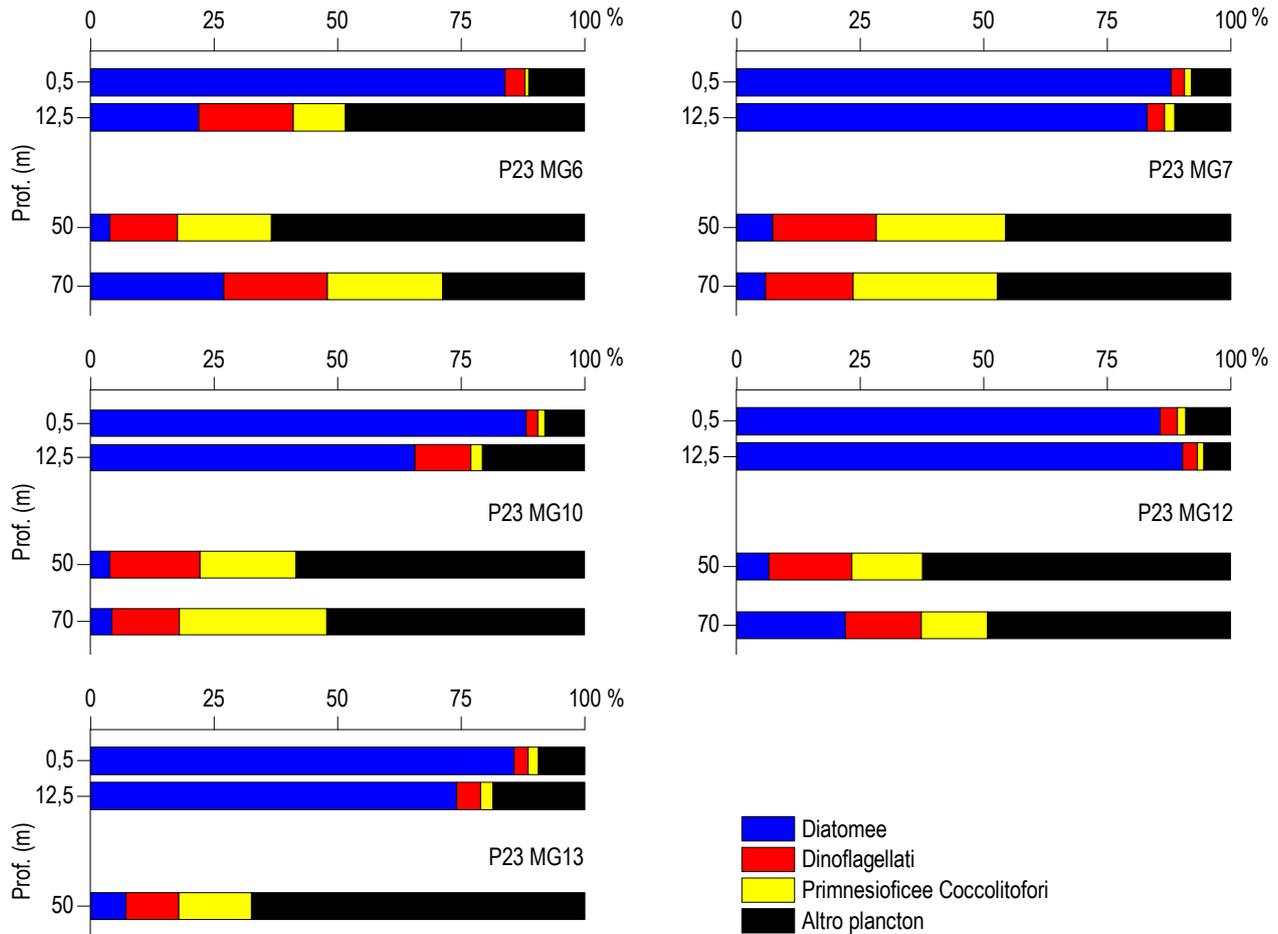


Figura 11 – Abbondanza relativa delle classi fitoplanctoniche indicate in legenda in rapporto all'abbondanza totale.

Tabella 12 - Lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative microscopiche.		
DIATOMEÈ		
<i>Amphora dubia</i> Gregory 1857	<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell 1856	<i>Licmophora flabellata</i> (Grev.) Agardh 1831
<i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castracane) Round 1990	<i>Chaetoceros</i> spp.	<i>Navicula</i> spp.
<i>Bacteriastrium delicatulum</i> Cleve 1897	<i>Chaetoceros tenuissimus</i> Meunier 1913	<i>Nitzschia</i> (sez. <i>sigmatae</i>) sp.
<i>Bacteriastrium furcatum</i> Shadbolt 1854	<i>Chaetoceros wighamii</i> Brightwell 1856	<i>Nitzschia bicapitata</i> Cleve 1901
<i>Bacteriastrium hyalinum</i> Lauder 1864	<i>Ctenophora pulchella</i> (Ralfs ex Kützing) Williams & Round 1986	<i>Nitzschia bilobata</i> Smith 1853
<i>Bacteriastrium jadrantum</i> Godrijan, Maric & Pfannkuchen 2012	<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & Lewin 1964	<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs 1861
<i>Bacteriastrium mediterraneum</i> Pavillard 1916	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i> (Bergon) Hasle 1996	<i>Plagiotropis</i> sp.
<i>Bacteriastrium parallelum</i> Sarno, Zingone & Marino 1997	<i>Diatomea pennata</i> n.i. (forma p)	<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström 1986
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey 1937	Diatomee centriche > 20 µm n.i.	<i>Psammodictyon panduriforme</i> (Gregory) Mann 1990
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder 1864	Diatomee pennate ≤ 20 µm n.i.	<i>Pseudo-nitzschia americana</i> (Hasle) Fryxell 1993
<i>Chaetoceros anastomosans</i> Grunow 1882	Diatomee pennate > 20 µm n.i.	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cleve) Heiden 1928
<i>Chaetoceros brevis</i> Schütt 1895	<i>Dimeregramma nanum</i> (Gregory) Ralfs 1861	<i>Pseudo-nitzschia galaxiae</i> Lundholm & Moestrup 2002
<i>Chaetoceros cf. costatus</i> Pavillard 1911	<i>Diploneis crabro</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1854	<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle 1993
<i>Chaetoceros compressus</i> Lauder 1864	<i>Eucampia cornuta</i> (Cleve) Grunow 1883	<i>Pseudo-nitzschia subfraudentula</i> (Hasle) Hasle 1993
<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve 1889	<i>Fragilaropsis</i> spp.	<i>Rhizosolenia decipiens</i> Sundström 1986
<i>Chaetoceros danicus</i> Cleve 1889	<i>Guinardia flaccida</i> (Castracane) Peragallo 1892	<i>Rhizosolenia hebetata</i> f. <i>semispina</i> (Hensen) Gran 1905
<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve 1873	<i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle 1996	<i>Thalassionema cf. bacillare</i> (Heiden) Kolbe 1955
<i>Chaetoceros didymus</i> Ehrenberg 1845	<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow 1880	<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Hallegraeff 1986
<i>Chaetoceros diversus</i> Cleve 1873	<i>Leptocylindrus convexus</i> Nanjappa & Zingone 2013	<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky 1902
<i>Chaetoceros lacinosus</i> Schütt 1895	<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve 1889	<i>Thalassiosira nana</i> Lohmann
<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow 1863	<i>Leptocylindrus mediterraneus</i> (Peragallo) Hasle 1975	<i>Thalassiosira</i> spp.
<i>Chaetoceros neogracile</i> Van Landingham 1968	<i>Leptocylindrus minimus</i> Gran 1915	
DINOFLAGELLATI		
<i>Achradina pulchra</i> Lohmann 1903	<i>Heterocapsa illdefina</i> (Herman & Sweeney) Morrill & Loeblich III 1981	<i>Prorocentrum balticum</i> (Lohmann) Loeblich 1970
<i>Alexandrium cf. minutum</i> Halim 1960	<i>Heterocapsa minima</i> Pomroy 1989	<i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) Abé ex Dodge 1975
<i>Amphidinium cf. globosum</i> Schröder 1911	<i>Heterocapsa niei</i> (Loeblich III) Morrill & Loeblich III 1981	<i>Prorocentrum gracile</i> Schütt 1895
<i>Amphidinium cf. sphenoides</i> Wulff 1916	<i>Heterocapsa rotundata</i> (Lohmann) Hansen 1995	<i>Prorocentrum lima</i> (Ehrenberg) Stein 1878

Tabella 12 - Lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative microscopiche.		
<i>Amphidinium</i> spp.	<i>Heterocapsa triquetra</i> (Ehrenberg) Stein 1883	<i>Prorocentrum minimum</i> (Pavillard) Schiller 1933
<i>Azadinium caudatum</i> var. <i>margalefii</i> Nézan & Chomérat 2012	<i>Karenia papilionacea</i> Haywood & Steidinger 2004	<i>Prorocentrum scutellum</i> Schröder 1900
<i>Azadinium poporum</i> Tillmann & Elbrächter 2011	<i>Karenia</i> spp.	<i>Prorocentrum triestinum</i> Schiller 1918
<i>Azadinium spinosum</i> Elbrächter & Tillmann 2009	<i>Lessardia elongata</i> Saldarriaga & Taylor 2003	<i>Protoperidinium bispinum</i> (Schiller, 1937) Balech, 1974
<i>Cochlodinium pulchellum</i> Lebour 1917	<i>Mesoporos adriaticus</i> (Schiller) Lillick	<i>Protoperidinium breve</i> Paulsen 1907
Dinoflagellati tecati $\leq 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Mesoporos perforatus</i> (Gran) Lillick 1937	<i>Protoperidinium cf. globulus</i> (Stein) Balech 1974
Dinoflagellati tecati $> 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Micracanthodinium setiferum</i> (Lohmann) Deflandre 1937	<i>Protoperidinium diabolum</i> (Cleve) Balech 1974
<i>Diplopsalis lenticula</i> Bergh 1881	<i>Minuscula bipes</i> (Paulsen) Lebour 1925	<i>Protoperidinium leonis</i> (Pavillard) Balech 1974
<i>Goniodoma polyedricum</i> (Pouchet) Jörgensen 1899	<i>Neoceratium furca</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Protoperidinium ovum</i> (Schiller) Balech 1974
Gymnodiniaceae $\leq 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Oxytoxum mediterraneum</i> Schiller	<i>Pyrophacus horologicum</i> Stein 1883
Gymnodiniaceae $> 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Oxytoxum scolopax</i> Stein 1883	<i>Scrippsiella spinifera</i> Honsell & Cabrini 1991
<i>Gyrodinium fusiforme</i> Kofoid & Swezy 1921	<i>Oxytoxum variabile</i> Schiller 1937	<i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Balech ex Loeblich III 1965
<i>Gyrodinium</i> spp.	<i>Pronoclituca pelagica</i> Fabre-Domergue 1889	<i>Torodinium robustum</i> Kofoid & Swezy 1921
PRYMNESIOPHYCEAE COCCOLITOFORI		
<i>Acanthoica quattrosina</i> Lohmann 1903	<i>Cyrtosphaera aculeata</i> (Kamptner) Kleijne 1992	<i>Syracosphaera anthos</i> (Lohman) Janin 1987
<i>Algirosphaera robusta</i> (Lohmann) Norris 1984	<i>Emiliana huxleyi</i> (Lohmann) Hay & Mohler 1967	<i>Syracosphaera cf. molischii</i> Schiller 1925
<i>Anacanthoica acanthos</i> (Schiller) Deflandre 1952	<i>Florisphaera profunda</i> Okada & Honjo 1973	<i>Syracosphaera histrica</i> Kamptner 1941
<i>Calciosolenia brasiliensis</i> (Lohmann) Young 2003	<i>Helicosphaera carterii</i> (Wallich) Kamptner 1954	<i>Syracosphaera prolongata</i> Gran ex Lohmann 1913
<i>Calyptosphaera sphaeroidea</i> Schiller 1913	<i>Helicosphaera hyalina</i> Gaarder 1970	<i>Syracosphaera pulchra</i> Lohmann 1902
Coccolitofori $\leq 10 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Helladosphaera cornifera</i> (Schiller) Kamptner 1937	<i>Zygospaera hellenica</i> Kamptner 1937
<i>Coronosphaera binodata</i> (Kamptner) Gaarder 1977	<i>Ophiaster hydroideus</i> (Lohmann) Lohmann 1913	
<i>Coronosphaera mediterranea</i> (Lohmann) Gaarder 1977	<i>Rhabdosphaera clavigera</i> Murray & Blackman 1898	
CRYPTOPHYCEAE		
Cryptophyceae n.i.	<i>Plagioselmis prolunga</i> Butcher ex Novarino, Lucas & Morrall 1994	
CHRYSOPHYCEAE/DICTYOCOPHYCEAE		
<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg 1839	<i>Dinobryon faculiferum</i> (Willén) Willén 1992	<i>Meringosphaera tenerima</i> Schiller 1925
<i>Dictyocha speculum</i> Ehrenberg 1839	<i>Meringosphaera mediterranea</i> Lohmann 1902	<i>Ollicola vangoorii</i> (Conrad) Vørs 1992
PRASINOPHYCEAE		
<i>Halosphaera viridis</i> Schmitz 1878	<i>Pseudoscourfieldia marina</i> (Thronsdén) Manton 1975	<i>Tetraselmis</i> sp.
<i>Pachysphaera pelagica</i> Ostenfeld 1899	<i>Pyramimonas</i> spp.	
PRYMNESIOPHYCEAE NON COCCOLITOFORI		
<i>Phaeocystis</i> forma coloniale	<i>Phaeocystis</i> sp.	<i>Prymnesium</i> sp.
CHLOROPHYCEAE/EUGLENOIDEA		
<i>Ankistrodesmus falcatus</i> (Corda) Ralfs 1848	<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 $< 10 \mu\text{m}$	<i>Mesodinium rubrum</i>	<i>Telonema</i> sp.
<i>Leucocryptos marina</i> (Braarud) Butcher 1967	<i>Paulinella ovalis</i> (Wulff) Johnson, Hargraves & Sieburth 1988	

Analisi qualitativa del fitoplancton da retino

Per l'identificazione della comunità microfitorplanctonica lungo tutta la colonna d'acqua, sono stati raccolti con retino 5 campioni nelle stazioni P23 MG6, P23 MG7, P23 MG10, P23 MG12 e P23 MG13.

Dall'analisi qualitativa dei campioni sono stati individuati 171 taxa, di cui 160 identificati a livello di specie, 8 come genere e 3 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	68	5	1
Dinoflagellati	76	1	2
Prymnesiophyceae coccolitofori	7		
Chrysophyceae/Dictyochophyceae	1		
Euglenoideae	5		
Chlorophyceae	1		
Prymnesiophyceae non Coccolitofori		1	
Cyanophyceae		1	
Raphidophyceae	1		
Altro	1		
Totale	160	8	3

*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, 74 taxa appartengono alle diatomee, 79 alla classe dei dinoflagellati e 7 ai coccolitofori; sono stati inoltre individuati 5 taxa attribuibili alle Euglenoideae e 1 taxon per ognuna delle seguenti classi: Chrysophyceae/Dictyochophyceae, Chlorophyceae, Prymnesiophyceae non Coccolitofori, Cyanophyceae e Raphidophyceae.

La numerosità dei taxa presenti nelle diverse stazioni va da un minimo di 81 in P23 MG10 ad un massimo di 102 in P23 MG6. Dall'osservazione non è emersa una differenza sostanziale nel numero dei taxa individuati nelle diverse stazioni ad eccezione che in P23 MG10 dove si ha un numero piuttosto inferiore di taxa rispetto alle altre stazioni.

Tabella 14 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni P23 MG6, P23 MG7, P23 MG10, P23 MG12 e P23 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13)											
Specie	6	7	10	12	13	Specie	6	7	10	12	13
DIATOMEE											
<i>Achnanthes</i> sp.		x				<i>Fragilariopsis</i> sp.			x	x	
<i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castracane) Round 1990	x	x	x	x	x	<i>Grammatophora oceanica</i> Ehrenberg 1840					x
<i>Bacteriastrium delicatulum</i> Cleve 1897	x	x	x	x	x	<i>Guinardia flaccida</i> (Castracane) Peragallo 1892	x	x	x	x	x
<i>Bacteriastrium furcatum</i> Shadbolt 1854	x					<i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle 1996	x	x	x	x	x
<i>Bacteriastrium hyalinum</i> Lauder 1864	x	x	x	x	x	<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow 1880					x
<i>Bacteriastrium jadrinum</i> Godrijan, Maric & Pfannkuchen 2012		x				<i>Haslea wawriake</i> (Hustedt) Simonsen 1974	x		x		
<i>Bacteriastrium mediterraneum</i> Pavillard 1916	x	x	x	x	x	<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow ex Van Heurck 1882	x	x		x	x
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey 1937	x	x	x	x	x	<i>Hemiaulus sinensis</i> Greville 1865	x				
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder 1864	x	x	x	x	x	<i>Leptocylindrus convexus</i> Nanjappa & Zingone 2013	x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros anastomosans</i> Grunow 1882	x	x	x	x	x	<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve 1889	x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros brevis</i> Schütt 1895	x	x				<i>Leptocylindrus mediterraneus</i> (Peragallo) Hasle 1975		x	x	x	x
<i>Chaetoceros cf. densus</i> (Cleve) Cleve 1899						<i>Leptocylindrus minimus</i> Gran 1915	x	x		x	x
<i>Chaetoceros circinalis</i> (Meunier) Jensen & Moestrup 1998		x				<i>Licmophora gracilis</i> (Ehrenberg) Grunow 1867			x		
<i>Chaetoceros compressus</i> Lauder 1864	x	x	x	x	x	<i>Navicula</i> spp.	x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros costatus</i> Pavillard 1911	x	x	x	x	x	<i>Navicula transitans</i> var. <i>delicatula</i> Heimdal 1970				x	
<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve 1889	x	x	x	x	x	<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs 1861	x	x			
<i>Chaetoceros dadayi</i> Pavillard 1913						<i>Plagiotropis</i> spp.	x	x			x
<i>Chaetoceros danicus</i> Cleve 1889	x	x	x	x		<i>Pleurosigma</i> cf. <i>nicobaricum</i> Grunow 1880	x				
<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve 1873	x	x	x	x	x	<i>Pleurosigma normanii</i> Ralfs 1861					x
<i>Chaetoceros didymus</i> Ehrenberg 1845	x	x				<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström 1986	x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros diversus</i> Cleve 1873	x	x	x	x		<i>Pseudo-nitzschia americana</i> (Hasle) Fryxell 1993	x	x		x	x
<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow 1863	x	x	x	x	x	<i>Pseudo-nitzschia cf. galaxiae</i> Lundholm & Moestrup 2002	x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell 1856	x	x	x	x	x	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cleve) Heiden 1928	x	x		x	x
<i>Chaetoceros socialis</i> Lauder 1864	x	x				<i>Pseudo-nitzschia fraudulenta</i> (Cleve) Hasle 1993	x	x	x		x
<i>Chaetoceros</i> spp.	x	x	x	x	x	<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle 1993	x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros tenuissimus</i> Meunier 1913	x	x	x	x	x	<i>Pseudo-nitzschia subfraudulenta</i> (Hasle) Hasle 1993	x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros tortissimus</i> Gran 1900	x	x	x	x	x	<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultze) Sundström 1986	x		x		
<i>Chaetoceros wighamii</i> Brightwell 1856	x	x	x	x	x	<i>Rhizosolenia decipiens</i> Sundström 1986	x	x	x	x	x
<i>Cocconeis scutellum</i> Ehrenberg 1838	x	x				<i>Rhizosolenia imbricata</i> Brightwell 1858					x
<i>Cyclophora tenuis</i> Castracane 1878					x	<i>Rhizosolenia styliformis</i> Brightwell 1858				x	
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & Lewin 1964	x	x	x	x	x	<i>Skeletonema pseudocostatum</i> Medlin 1991		x			
<i>Dactyliosolen fragillissimus</i> (Bergon) Hasle 1996	x	x	x	x	x	<i>Surirella fastuosa</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1843					x
Diatomee pennate > 20 µm n.i.	x	x	x			<i>Thalassionema bacillare</i> (Heiden) Kolbe 1955		x	x	x	x
<i>Diploneis bombus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1853	x	x				<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Hallegraeff 1986	x	x	x	x	x
<i>Diploneis didyma</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1845					x	<i>Thalassionema nitzschoioides</i> (Grunow) Mereschkowsky 1902	x	x	x	x	x
<i>Eucampia cornuta</i> (Cleve) Grunow 1883	x	x			x	<i>Thalassiosira aestivialis</i> Gran 1931					x
<i>Fragilaria cf. vitrea</i> var. <i>minima</i> (Ralfs) Grunow in Van Heurck 1881	x					<i>Thalassiosira angulata</i> (Gregory) Hasle 1978		x			
DINOFLAGELLATI											
<i>Alexandrium cf. minutum</i> Halim 1960			x			<i>Neoceratium tripos</i> (O.F.Müller) Gómez, Moreira & López-García 2010					x
<i>Alexandrium ostenfeldii</i> (Paulsen) Balech & Tangen, 1985				x		<i>Oxytoxum laticeps</i> Schiller 1937					x
<i>Alexandrium tamarense</i> (Lebour) Balech 1995			x			<i>Oxytoxum mediterraneum</i> Schiller	x				
<i>Amphidoma languida</i> Tillmann, Salas & Elbrächter 2012			x		x	<i>Oxytoxum scolopax</i> Stein 1883	x			x	x
<i>Azadinium spinosum</i> Elbrächter & Tillmann 2009			x			<i>Oxytoxum spinosum</i> Rampi				x	
<i>Cladopyxis brachiolata</i> Stein 1883				x		<i>Oxytoxum viride</i> Schiller 1937					x
<i>Corythodinium constrictum</i> (Stein) Taylor 1976			x		x	<i>Phalacroma rotundatum</i> (Claparède & Lachmann) Kofoid & Michener 1911	x	x		x	
Dinoflagellati tecati > 20 µm n.i.	x	x	x	x	x	<i>Podolampas bipes</i> Stein 1883				x	
<i>Dinophysis caudata</i> Saville-Kent 1881	x					<i>Podolampas palmipes</i> Stein 1883					x
<i>Dinophysis operculoides</i> (Schütt) Balech 1967			x			<i>Pronoctiluca pelagica</i> Fabre-Domergue 1889	x				x
<i>Dinophysis ovum</i> (Schütt) Abé					x	<i>Prorocentrum balticum</i> (Lohmann) Loeblich 1970				x	
<i>Dinophysis sacculus</i> Stein 1883	x	x	x	x	x	<i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) Abé ex Dodge 1975	x	x			x
<i>Dinophysis similis</i> Kofoid & Skogsberg 1928	x	x				<i>Prorocentrum gracile</i> Schütt 1895	x	x	x	x	x
<i>Dinophysis tripos</i> Gourret 1883					x	<i>Prorocentrum rathymum</i> Loeblich, Sherley & Schmidt 1979			x		
<i>Diplopsalis lenticula</i> Bergh 1881	x	x	x	x	x	<i>Prorocentrum triestinum</i> Schiller 1918				x	x
<i>Goniodoma polyedricum</i> (Pouchet) Jörgensen 1899	x	x	x			<i>Protoceratium reticulatum</i> (Claparède & Lachmann) Bütschli 1885	x			x	x
<i>Gonyaulax cf. sphaeroidea</i> Kofoid 1911	x	x			x	<i>Protoperidinium breve</i> Paulsen 1907		x	x	x	x
<i>Gonyaulax digitale</i> (Pouchet) Kofoid 1911					x	<i>Protoperidinium cerasus</i> (Paulsen) Balech 1973					x
<i>Gonyaulax fragilis</i> (Schütt) Kofoid 1911	x					<i>Protoperidinium cf. brevipes</i> (Paulsen) Balech 1974	x				
<i>Gonyaulax spinifera</i> (Claparède & Lachmann) Diesing 1866	x		x	x	x	<i>Protoperidinium crassipes</i> (Kofoid) Balech 1974	x			x	
Gymnodiniaceae > 20 µm n.i.						<i>Protoperidinium depressum</i> Bailey 1854	x		x	x	
<i>Gymnodinium</i> spp.	x	x	x	x	x	<i>Protoperidinium diabolum</i> (Cleve) Balech 1974	x		x	x	x
<i>Gyrodinium aciculatum</i> Hansen & Larsen 1992	x				x	<i>Protoperidinium divergens</i> (Ehrenberg) Balech 1974	x		x	x	x
<i>Heterocapsa cf. illedefina</i> (Herman & Sweeney) Morrill & Loeblich III 1981	x				x	<i>Protoperidinium globulus</i> (Stein) Balech 1974					x
<i>Heterocapsa circularisquama</i> Horiguchi 1995			x		x	<i>Protoperidinium granii</i> (Ostenfeld) Balech 1974			x		x
<i>Heterocapsa minima</i> Pomroy 1989	x					<i>Protoperidinium leonis</i> (Pavillard) Balech 1974	x			x	
<i>Heterocapsa niei</i> (Loeblich III) Morrill & Loeblich III 1981	x	x	x	x	x	<i>Protoperidinium mediterraneum</i> (Kofoid) Balech 1974				x	
<i>Histioneis cf. vouckii</i> Schiller 1928					x	<i>Protoperidinium oceanicum</i> (VanHöffen) Balech 1974		x			
<i>Karenia brevis</i> (Davis) Gert Hansen & Moestrup 2000					x	<i>Protoperidinium ovatum</i> Pouchet 1883			x		
<i>Lessardia elongata</i> Saldarriaga & Taylor 2003					x	<i>Protoperidinium oviforme</i> (Dangeard 1927) Balech 1974	x	x		x	x

Tabella 14 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni P23 MG6, P23 MG7, P23 MG10, P23 MG12 e P23 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13)

Specie	6	7	10	12	13	Specie	6	7	10	12	13
<i>Lingulodinium polyedrum</i> (Stein) Dodge 1989				x	x	<i>Protoberidinium ovum</i> (Schiller) Balech 1974	x		x		x
<i>Mesoporos adriaticus</i> (Schiller) Lillick	x	x	x	x	x	<i>Protoberidinium quarnerense</i> (Schröder) Balech 1974					x
<i>Mesoporos perforatus</i> (Gran) Lillick 1937	x	x	x	x	x	<i>Protoberidinium solidicome</i> (Mangin) Balech 1974					x
<i>Minuscula bipes</i> (Paulsen) Lebour 1925	x					<i>Protoberidinium steinii</i> (Jørgensen) Balech 1974	x		x	x	x
<i>Neoceratium declinatum</i> (Karsten) Gómez, Moreira & López-García 2010			x	x	x	<i>Protoberidinium subinermis</i> (Paulsen) Loeblich III 1969	x				
<i>Neoceratium furca</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x	x	x	x	<i>Protoberidinium tuba</i> (Schiller) Balech 1974					x
<i>Neoceratium fusus</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x	x	x	x	<i>Protoberidinium conicum</i> (Gran) Balech 1974	x				x
<i>Neoceratium longirostrum</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-García 2010					x	<i>Pyrophacus horologicum</i> Stein 1883					x
<i>Neoceratium pentagonum</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-García 2010	x				x	<i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Balech ex Loeblich III 1965	x	x	x	x	x
<i>Neoceratium pulchellum</i> (Schröder) Gómez, Moreira & López-García 2010	x										
PRYMNESIOPHYCEAE COCCOLITOFORI											
<i>Calyptosphaera oblonga</i> Lohmann 1902					x	<i>Syracosphaera histrica</i> Kamptner 1941		x			x
<i>Coronosphaera binodata</i> (Kamptner) Gaarder 1977			x			<i>Syracosphaera pulchra</i> Lohmann 1902	x	x	x	x	x
<i>Helicosphaera carterii</i> (Wallich) Kamptner 1954		x			x	<i>Zygosphaera hellenica</i> Kamptner 1937		x	x	x	x
<i>Rhabdosphaera stylifera</i> Lohmann	x	x	x	x	x						
CHRISOPHYCEAE/DICTYOCOPHYCEAE											
<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg 1839	x	x	x	x	x						
PRASINOPHYCEAE											
CHLOROPHYCEAE											
<i>Scenedesmus quadricauda</i>				x							
CYANOPHYCEAE											
<i>Merismopedia</i> sp.	x										
RAPHIDOPHYCEAE											
<i>Heterosigma akashiwo</i> (Hada) Hada ex Hara & Chihara 1987	x	x	x	x	x						
EUGLENOPHYCEAE											
<i>Euglena acusformis</i> Schiller 1925		x				<i>Eutreptiella eupharyngea</i> Moestrup & Norris 1986					x
<i>Euglena viridis</i> (Müller) Ehrenberg 1830					x	<i>Eutreptiella gymnastica</i> Thronsen 1969		x		x	x
<i>Eutreptia lanowii</i> Steuer 1904		x									
PRYMNESIOPHYCEAE NON COCCOLITOFORI											
<i>Phaeocystis</i> sp. (forma coloniale)	x	x			x						
ALTRO											
<i>Mesodinium rubrum</i> (Lohmann 1908)	x	x									

I taxa individuati, in tutte le stazioni, sono prevalentemente appartenenti alla classe delle diatomee (con rispettivamente 55 taxa in P23 MG6, 55 in P23 MG7, 43 in P23 MG10, 49 in P23 MG12 e 49 in P23 MG13) ed in secondo luogo ai dinoflagellati (con 42 taxa in P23 MG6 e in P23 MG12, 25 in P23 MG7, 31 in P23 MG10 e 40 in P23 MG13). Anche i coccolitofori risultano piuttosto differenziati con 7 taxa individuati tutti a livello di specie, diventando così la terza classe più rappresentativa. La frazione più piccola del popolamento è, invece, rappresentata dalle restanti classi sopra citate, che presentano un numero esiguo di taxa in tutte le stazioni. Sono stati, inoltre, identificati ed aggiunti 3 nuovi taxa che non erano stati rilevati nei campionamenti dei precedenti anni, 2 dei quali appartenenti alle diatomee (*Chaetoceros circinalis* e *Cyclophora tenuis*) e 1 taxon attribuibile alle Cyanophyceae (*Merismopedia* sp.)

Da segnalare anche la presenza di taxa appartenenti alla classe delle Chlorophyceae (*Scenedesmus quadricauda*), delle Euglenoideae (*Euglena acusformis*, *Euglena viridis*, *Eutreptia lanowii*, *Eutreptiella eupharyngea*, *Eutreptiella gymnastica*) e delle Cyanophyceae (*Merismopedia* sp.) tipicamente di acque dolci.

1.1.3.2 Zooplancton

Oloplancton

La copepodofauna rinvenuta nella stagione P23 risulta dominante in confronto alle altre componenti. I valori osservati, tuttavia, sono inferiori a quanto atteso in virtù delle abbondanti piogge verificatesi in concomitanza con il monitoraggio a fronte delle quali l'area è stata interessata da ingenti apporti di acqua dolce e detriti organici.

La distribuzione quantitativa della copepodofauna lungo il profilo verticale è comunque confrontabile con quanto osservato nella precedente campagna primaverile (P22). Le pescate orizzontali superficiali restituiscono valori di abbondanza media pari a 610,86 ind/m³ (max: 1006,49 ind/m³ MG13; min: 95,36 ind/m³ MG12). Le pescate verticali profonde, comprese tra i 50 e i 100 m di profondità, restituiscono dati medi sovrapponibili, pari a 701,87 ind/m³ (max: 967,02 ind/m³ MG6; min: 540,70 ind/m³ MG10), mentre le pescate verticali effettuate tra i 50 m di profondità e la superficie hanno abbondanze medie significativamente inferiori, pari a 315,16 ind/m³ (max: 447,12 ind/m³ MG6; min: 208,45 ind/m³ MG10).

Così come osservato nella campagna P22, i valori di abbondanza registrati in superficie (retinate orizzontali) nelle 5 stazioni investigate sono altamente eterogenei, variando anche di un ordine di grandezza (MG12 OR vs MG13 OR). Il discostamento quantitativo della distribuzione superficiale è principalmente riconducibile alla più o meno elevata presenza del taxon dominante *Paracalanus* spp, composta dagli stadi giovanili di copepodite. I suoi valori di abbondanza negli strati prossimi alla superficie variano, infatti, da un massimo di 463,31 ind/m³ MG13

a un minimo di 14,67 MG12. L'irregolare presenza di stadi giovanili del genere *Paracalanus* nelle diverse stazioni non deve essere interpretata come indice di una perturbazione di natura antropica, ma piuttosto conseguenza della composizione a *patches* della componente zooplanctonica (accentuata negli individui giovanili) ulteriormente incrementata dalla presenza del sopracitato sedimento organico di origine fluviale.

Nel complesso, la abbondanza media di Copepodi planctonici nella porzione superficiale della colonna d'acqua è inferiore a quanto osservato nella P22, ma in linea con le due precedenti stagioni primaverili P20 e P21. Tale trend sembra essere in relazione con l'abbondanza degli stadi giovanili e adulti di *Pelagia noctiluca* (Scyphozoa). Le precedenti campagne primaverili P15, P17, P18, P20 e P21 erano state caratterizzate da un'elevata pressione predatoria di *P. noctiluca*, mentre nelle campagne P14, P16 e P19, non sono stati riscontrati *blooms* di meduse favorendo la comunità a copepodi che ha mostrato, in queste campagne, abbondanze più alte.

La campagna P23 costituisce un'anomalia in quanto i valori di abbondanza sono bassi nonostante non sia stata riscontrata una significativa presenza di *P. noctiluca*. Inoltre, si registra l'assenza o la scarsa presenza di alcune specie di acque aperte tipicamente campionate nell'area (Augaptilidae, Heterorhabdidae, Lucicutidae, Metrinidae) e l'inconsueta presenza di specie tipiche di acque costiere e di transizione, come *Oithona nana*. Tali discrepanze sono riconducibili su menzionata anomala immissione di cospicui quantitativi d'acqua dolce e materiale organico di origine terrestre.

I *taxa* di Copepodi identificati sono 65 (**Tabella 15**) appartenenti a 20 famiglie, con una biodiversità del 30% inferiore alla media stagionale. La famiglia più rappresentata all'interno della colonna d'acqua è quella dei Calanoida Paracalanidae, con 6 *taxa*. La distribuzione verticale media di tale famiglia, soprattutto per quanto riguarda gli stadi di copepodite, è prettamente superficiale (orizzontali superficiali: 160,89 ind./m³; 0 – 50 m: 30,67 ind./m³; 50 – 100 m: 121,66 ind./m³). Fra i Paracalanidae adulti la specie più abbondante è *Paracalanus parvus* (superficiale media 112,50 ind./m³; 0 – 50 m: 36,39 ind./m³; 50 – 100 m: 96,70 ind./m³). Scarse abbondanze sono state registrate per il congenerico *Paracalanus nanus* e le specie appartenenti al genere *Calocalanus*.

Seconda per abbondanza è la famiglia Oithonidae (6 *taxa*), in cui predominano gli stadi giovanili di copepodite soprattutto negli strati più profondi (superficiale: 35,98 ind./m³; 0 – 50 m: 70,19 ind./m³; 50 – 100 m: 256,83 ind./m³). *Oithona similis* è la specie più abbondante, con valori crescenti andando dalla superficie ai 100 m di profondità (superficiale: 27,38 ind./m³; 0 – 50 m: 45,75 ind./m³; 50 – 100 m: 62,39 ind./m³).

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 Lucicutiidae				<i>Corycaeus typicus</i>		*	*
<i>Acartia (Acartia) negligens</i>	*	*	*	<i>Lucicutia flavicornis</i>			*	<i>Corycaeus spp</i>	*	*	*
<i>Acartia spp</i>	*	*	*	Famiglia Mecynoceridae				<i>Farranula rostrata</i>	*	*	*
Famiglia Calanidae				<i>Mecynocera clausi</i>			*	Famiglia Oithonidae			
<i>Calanus helgolandicus</i>	*	*	*	Famiglia Metridinidae				<i>Oithona decipiens</i>		*	*
<i>Nannocalanus minor</i>	*	*	*	<i>Pleuromamma gracilis</i>			*	<i>Oithona nana</i>	*	*	*
<i>Neocalanus gracilis</i>	*		*	Famiglia Paracalanidae				<i>Oithona plumifera</i>	*	*	*
Famiglia Candaciidae				<i>Calocalanus pavo</i>			*	<i>Oithona setigera</i>			*
<i>Candacia ethiopica</i>		*		<i>Calocalanus styliremis</i>	*	*	*	<i>Oithona similis</i>	*	*	*
<i>Candacia giesbrechti</i>		*		<i>Calocalanus spp</i>			*	<i>Oithona spp</i>	*	*	*
<i>Candacia juv spp</i>		*	*	<i>Paracalanus nanus</i>	*	*	*	Famiglia Oncaeiidae			
Famiglia Centropagidae				<i>Paracalanus parvus</i>	*	*	*	<i>Oncaea curta</i>	*	*	*
<i>Centropages typicus</i>	*	*	*	<i>Paracalanus spp</i>	*	*	*	<i>Oncaea media</i>	*	*	*
<i>Centropages violaceus</i>		*		Famiglia Pontellidae				<i>Oncaea scottodicarloi</i>	*	*	*
<i>Isias clavipes</i>	*	*	*	<i>Labidocera wollastoni</i>	*			<i>Oncaea venusta</i>	*	*	*
Famiglia Clausocalanidae				<i>Pontella lobiancoi</i>	*			<i>Oncaea spp</i>	*	*	*
<i>Clausocalanus arcuicornis</i>	*	*	*	<i>Pontella mediterranea</i>	*	*		<i>Triconia conifera</i>			
<i>Clausocalanus furcatus</i>	*	*	*	<i>Pontella juv</i>	*	*		Famiglia Ectinosomatidae			
<i>Clausocalanus jobei</i>			*	<i>Pontellina plumata</i>	*			<i>Microsetella rosea</i>	*	*	*
<i>Clausocalanus lividus</i>	*	*	*	<i>Pontellidae juv</i>			*	Famiglia Euterpinidae			
<i>Clausocalanus parapergens</i>	*	*	*	Famiglia Temoridae				<i>Euterpina acutifrons</i>	*	*	*
<i>Clausocalanus pergens</i>	*	*	*	<i>Temora stylifera</i>	*	*	*	Famiglia Miraciidae			
<i>Clausocalanus juv spp</i>	*	*	*	Famiglia Corycaeiidae				<i>Distiocolus minor</i>	*		*
<i>Ctenocalanus vanus</i>		*	*	<i>Corycaeus brehmi</i>	*	*	*	Famiglia Peltidiidae			
Famiglia Eucalanidae				<i>Corycaeus clausi</i>			*	<i>Clytemnestra scutellata</i>	*		*
<i>Pareucalanus attenuatus</i>			*	<i>Corycaeus flaccus</i>	*	*	*	<i>Goniopsyllus rostratus</i>	*	*	*
Famiglia Euchaetidae				<i>Corycaeus giesbrechti</i>	*	*	*				
<i>Euchaeta juv spp</i>		*	*	<i>Corycaeus limbatus</i>			*				
<i>Paraeuchaeta hebes</i>		*	*	<i>Corycaeus ovalis</i>	*	*	*				

La famiglia Clausocalanidae, con 8 *taxa* (generi *Clausocalanus* e *Ctenocalanus*) è scarsamente rappresentata nelle pescate orizzontali superficiali dagli organismi adulti, mentre i copepoditi hanno distribuzione omogenea (superficiale: 46,36 ind./m³; 0 – 50 m: 36,39 ind./m³; 50 – 100 m: 38,47 ind./m³). Le specie più abbondanti sono *Clausocalanus pergens* (media superficiale: 4,01 ind./m³; 0 – 50 m: 3,64 ind./m³; 50

– 100 m: 19,77 ind./m³), *C. furcatus* (media superficiale: 6,05 ind./m³; 0 – 50 m: 3,12 ind./m³; 50 – 100 m: 8,33 ind./m³) e *C. parapergens* (media superficiale: 1,34 ind./m³; 0 – 50 m: 3,66 ind./m³; 50 – 100 m: 12,48 ind./m³).

Centropages typicus, specie primaverile dominante nelle precedenti campagne, ha distribuzione omogenea, con valori di abbondanza inferiore a P22. I dati di abbondanza medi sono i seguenti: superficiale 74,37 ind./m³; 0 – 50 m: 25,48 ind./m³; 50 – 100 m: 48,87 ind./m³.

Fra i calanoidi costantemente presenti nell'area investigata è poco abbondante *Temora stylifera* (superficiale: 8,61 ind./m³; 0 – 50 m: 5,72 ind./m³; 50 – 100 m: 5,20 ind./m³) mentre è trascurabile la presenza di *Acartia negligens* e *Nannocalanus minor*. Fra i Pontellidae, è stata identificata *Pontella lobiancoi*, raramente campionata nell'area di studio.

Per quanto concerne i Corycaeidae (9 taxa) la specie più abbondante è *Corycaeus (Onchocorycaeus) giesbrechti* (superficiale: 16,20 ind./m³; 0 – 50 m: 4,68 ind./m³; 50 – 100 m: 13,52 ind./m³).

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

Nella tabella seguente (**Tabella 16**) sono indicati i volumi di sedimentazione (dopo 24 h) della componente mesozooplanctonica umida raccolta nel survey Primavera 2023. I valori di biomassa sono confrontabili, ma inferiori ai dati medi stagionali, soprattutto per quanto riguarda i primi metri di profondità.

I risultati relativi allo strato superficiale della colonna (OR) sono confrontabili per tutte le stazioni fatta eccezione per MG12, ove il valore è significativamente più alto. Ad un maggiore volume di sedimentazione corrisponde però, come discusso nella sezione riguardante la copepodofauna, una più bassa concentrazione di organismi planctonici. Tale anomalia è ascrivibile alla grande quantità di detrito organico rinvenuto in superficie che, se da una parte aumenta il volume del materiale pescato, dall'altra ha reso scarsamente popolata la sezione della colonna d'acqua più prossima alla superficie. Nel caso della stazione MG13 tali osservazioni possono essere estese anche ad elevate profondità.

Scarsa lungo la colonna d'acqua la presenza di stadi giovanili e adulti di *Pelagia noctiluca*, scifozoo predatore che alterna picchi stagionali primaverili significativamente impattanti per la restante componente mesozooplanctonica, come osservato per esempio nella campagna primaverile P21.

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)	P23 MG6	P23 MG7	P23 MG10	P23 MG12	P23 MG13
OR	48	38	39	85	34
50-0	11	7	9	6	21
100-50	9	6	7	5	17

Meroplancton

Nella campagna P23 (**Tabella 17**) sono stati identificati 44 taxa appartenenti a 9 phyla di invertebrati marini: Cnidaria, Mollusca, Sipuncula, Nemertea, Arthropoda, Echinodermata, Briozoa, Enteropneusta. Oltre ai taxa identificati almeno fino al livello tassonomico di genere, si segnalano forme larvali indifferenziate come la trocofora, larva comune a molti protostomi marini, (anellidi policheti e molluschi), primo e secondo stadio della larva degli echinodermi asteroidei (stelle marine), bipinnaria e brachiolaria, la larva Pelagosphaera che contraddistingue lo sviluppo precoce dei sipunculidi, il Pilidium (larva dei nemertini), la larva Ciphonauto tipica dei briozoi e la Tornaria, forma larvale generalizzata degli enteropneusti. Non si segnala la presenza di nuovi taxa per l'area investigata. In linea con le campagne precedenti il maggior numero di taxa raccolti e identificati è rappresentato dal Subphylum Crustacea, ordine Decapoda (es. brachiuri, caridei, dendrobranchiati), principale sorgente di biodiversità all'interno della frazione meroplanctonica e più in generale seconda solo alla copepodofauna (oloplancton). Le larve di decapodi identificate nelle cinque stazioni monitorate a tre livelli di profondità sono 27 (con pescate verticali dal fondo a – 50 m e da – 50 m alla superficie, e con pescate orizzontali). A livello qualitativo esse rappresentano il 61,3% del totale dei taxa totali identificati nella campagna primaverile P23. Le specie larvali di crostacei decapodi identificate sono inferiori rispetto ai 32 taxa nella campagna P22 – ma superiori a quella P21 (25 taxa), confermando la presenza di uno stock larvale di crostacei decapodi strutturato e definito da un pool di specie che si ripete stagionalmente con regolarità. Come in precedenza, i crostacei decapodi sono raccolti durante le pescate orizzontali in quanto, le migrazioni nictemerale dello zooplancton, concentrano il maggior numero di organismi nei primi metri della colonna d'acqua, sfruttando al massimo le ore notturne per alimentarsi al riparo dai principali predatori. Alcune di queste specie sono dominanti dell'area di monitoraggio fin dalle prime campagne condotte nell'area. Si tratta delle larve del caridee *Alpheus glaber* specie largamente dominante nelle acque dell'Oceano Atlantico e del Mediterraneo, necto-bentonico nella fase adulta.

Nel survey P23 la larva è stata raccolta in tutte le stazioni soprattutto nella fascia intermedia da – 50 m alla superficie (max in MG6 e MG10 = 3,39 ind/m³). Un'altra larva di alfeide ben rappresentata in questo settore nella stagione primaverile è quella di *Athanas nitescens* (max in MG6 nella fascia intermedia = 2,26 ind/m³) specie simile ad *A. glaber* e diffusa nell'atlantico orientale e in tutta l'area mediterranea. Tra le altre specie dominanti si segnala inoltre la presenza del brachiuro Xanthidae, *Xantho hydrophilus* (ex *Xantho granulicarpus*) i cui valori maggiori si riscontrano nelle stazioni intermedie (max in MG10 = 3,39 ind/m³), ma è assente nelle fasce più profonde della colonna d'acqua e ricompare in superficie (max in MG6 = 0,79 ind/m³). A completare il quadro dei crostacei decapodi maggiormente rappresentati nel survey P23 alcune fasi larvali del carideo *Processa edulis edulis*, in particolare rinvenuta nel settore più profondo (-100 e - 50 m) molto abbondante nella stazione MG12 (7,04 ind/m³). Tra gli anomuri ancora una volta è la larva di *Anapagurus breviaculeatus* – specie diffusa in tutto il Mediterraneo – a registrare il maggior numero di larve nel campione (max in MG 6 tra 50 m di profondità e la superficie = 4,52 ind/m³), risultato anch'esso in linea con le campagne precedenti.

Gli echinodermi sono l'altro gruppo mesozooplanctonico più rappresentato presenti con 5 taxa (11,3% dei taxa totali).

Gli echinodermi esibiscono abbondanze dipendenti prevalentemente dal fattore stagionale. *Bryssopsis lyrifera* e *Echinocardium* sp. risultano più abbondanti intorno ai 100 e ai 50 m di profondità. Le fasi larvali degli echinodermi, infatti sono solite privilegiare sezioni profonde della colonna d'acqua (più fredde).

Da segnalare, in MG10 e MG12, la presenza consistente di efire (Cnidaria) concentrate in prevalenza nei settori superficiali (max nel campionamento orizzontale condotto in MG10 = 32,73 ind/m³) e tra 50 m e la superficie (max in MG10 = 29,45 ind/m³). Questa puntiforme concentrazione di larve medusoidi è da considerarsi del tutto normale in quanto come spesso accade le fasi larvali mesozooplantoniche del meroplancton, esse tendono a rimanere concentrate e a subire passivamente lo spostamento secondo uno schema a patches, o a mosaico.

Nel complesso, dai risultati quali-quantitativi in merito al comparto meroplanctonico per la stagione P23 non emergono discontinuità tra la stazione di controllo MG10 e le quattro stazioni posizionate in prossimità del terminale, così come non si registrano anomalie nella composizione della comunità che risulta sovrapponibile a quelle delle stagioni primaverili precedenti. Questi aspetti consentono, al momento, di escludere forme rilevanti di disturbo o impatto a carico della comunità meroplanctonica riconducibili al rigassificatore offshore.

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

	O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50
CNIDARIA				<i>Athanas nitescens</i>	*	*	*	<i>Plesionika</i> sp		*	*
Efira larvae ind	*	*	*	<i>Calcinus tubularis</i>	*	*		<i>Processa edulis edulis</i>	*	*	*
MOLLUSCA				<i>Callianassa</i> sp	*	*		<i>Sergia robusta</i>	*		
Gastropoda larvae ind	*	*	*	<i>Ebalia nux</i>	*	*		<i>Solenocera membranacea</i>		*	*
Bivalvia larvae ind	*	*	*	<i>Ebalia tuberosa</i>	*	*		<i>Upogebia</i> sp		*	*
ANNELIDA				<i>Inachus dorsettensis</i>			*	<i>Xantho granulicarpus</i>	*	*	
<i>Chaetopterus variopedatus</i>		*	*	<i>Herbstia condyliata</i>	*	*	*	Stomatopoda			
<i>Poecilochetus</i> sp	*	*	*	<i>Jaxea nocturna</i>		*	*	<i>Platysquilla eusebia</i>	*		
Spionidae ind		*	*	<i>Goneplax rhomboides</i>	*	*	*	ECHINODERMATA			
Trocofora larvae ind	*	*	*	<i>Liocarcinus</i> sp	*	*		Bipinnaria ind.	*	*	
NEMERTEA				<i>Lysmata seticaudata</i>	*	*	*	Brachiolaria ind.	*	*	
Pilidium larvae ind		*	*	<i>Maja brachydactyla</i>	*			<i>Brissopsis lyrifera</i>		*	*
SIPUNCULA				<i>Palaemon serratus</i>	*			<i>Echinocardium</i> sp	*	*	*
Pelagosphaera larvae ind	*	*		<i>Palinurus elephas</i>	*	*	*	<i>Ophiotrix fragilis</i>	*	*	*
CRUSTACEA				<i>Parapaeneus longirostris</i>		*	*	<i>Ophiura</i> sp		*	*
Cirripedia larvae ind	*			<i>Parasergestes vigilax</i>	*	*	*	<i>Spatangus purpureus</i>		*	*
Decapoda				<i>Periclimenes</i> sp	*			BRIZOA			
<i>Alpheus glaber</i>	*	*	*	<i>Pirimela denticulata</i>	*	*		Ciphonata larvae ind		*	*
<i>Anapagurus breviaculeatus</i>	*	*	*	<i>Planes minutus</i>	*			ENTROPNEUSTA			
								Tomaria larvae ind	*	*	

Ittioplancton

Il survey primaverile (P23) ha portato all'identificazione di 13 taxa rispettivamente appartenenti a 11 famiglie di osteitti o pesci ossei (**Tabella 18**) in linea con le campagne primaverili degli ultimi anni. Michtophidae e Sparidae sono le uniche famiglie rappresentate da due taxa. Come consuetudine, tra le larve di pesce raccolte in quest'area del basso Mar Ligure, spicca la presenza di specie ittiche abissali, nello specifico rappresentate da tre famiglie e 4 taxa. Gonostomatidae con la specie *Cyclothone braueri*, Michtophidae con *Myctophum punctatum* e *Ceratoscopelus maderensis* e Sternoptychidae con *Maurolicus muelleri*. Tale dato è legato ai locali fenomeni di upwelling determinati dalla presenza della vicina scarpata continentale che contribuiscono significativamente alla risalita di larve di pesci abissali che, frequentemente, sono catturate durante le peschate orizzontali e verticali. Tra esse la specie dominante è rappresentata dalle larve del Gonostomatidae *C. braueri* (boccatonda) piccolo pesce abissale in grado di sopravvivere anche oltre 2000 m di profondità.

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

	O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50
ATHERINIDAE				ENGRAULIDAE				SPARIDAE			
<i>Atherina boyeri</i>	*	*		<i>Engraulis encrasicolus</i>	*	*	*	<i>Boops boops</i>	*		
BLENNIDAE				GONOSTOMATIDAE				Sparidae ind	*	*	*
<i>Parablennius</i> sp	*			<i>Cyclothone braueri</i>	*	*	*	STERNOPTYCHIDAE			
CALLIONYMIDAE				GOBIIDAE				<i>Maurolicus muelleri</i>	*	*	*
<i>Callionymus maculatus</i>	*			Gobiidae ind	*	*		Yolk larvae	*	*	
CARANGIDAE				MICTOPHIDAE				Uova di <i>E. encrasicolus</i>	*	*	*
<i>Trachurus trachurus</i>	*	*	*	<i>Myctophum punctatum</i>		*	*	Uova di <i>Ophisurus serpens</i>	*	*	*
CLUPEIDAE				<i>Ceratoscopelus maderensis</i>	*			Uova ind	*	*	*
<i>Sardinella aurita</i>	*	*									

Le larve e gli individui giovanili sono planctivori e seguono le migrazioni nictemerali dello zooplankton per foraggiarsi. Nelle stazioni più profonde si concentra il maggior numero di larve (max in MG12 0-50 m = 3,39 ind/m³), mentre minima è la presenza nelle peschate orizzontali. La stagione primaverile è anche il momento dell'anno solare nel quale cominciano a comparire in questo settore del Mediterraneo nordoccidentale le larve di *Engraulis encrasicolus* (acciuga) della quale è presente anche un contingente di uova. Contemporaneamente scompare dall'ittioplancton la famiglia Clupeidae come *Sardinella pilchardus* (sardina). In questa campagna sono state raccolte solo alcune larve di un altro Clupeidae: *Sardinella aurita* (alaccia). Il risultato conferma, una volta ancora, la presenza di una struttura di comunità

ittioplanctonica che, per il basso Mar Ligure, è significativamente influenzata dalla stagionalità e definita prevalentemente dall'alternanza del ciclo riproduttivo di *E. encrasicolus* e *S. pilchardus* (sardina). Il ciclo vitale alternato stagionalmente tra le due fasi larvali e la sua persistenza negli anni rappresenta un buon indicatore in merito all'assenza di impatto e stress ambientale nell'area di survey a carico della comunità ittioplanctonica. Nel complesso, per quanto emerso dal contingente ittioplanctonico della stagione P23, non presenta alterazioni qualitative della comunità riconducibili all'esercizio del rigassificatore offshore, ma una variabilità ittica larvale associabile alla stagionalità ed appare in linea con le campagne precedenti.

1.2 BIOTA

1.2.1 Macrozoobenthos

Lo studio ha portato alla raccolta e determinazione di 9931 individui appartenenti a 161 specie comprendenti anellidi (policheti), molluschi, artropodi (crostacei), sipunculidi, echinodermi, e nemertini, **Tabella 19**.

Tabella 19 - Lista delle specie macrobentoniche rinvenute nella primavera 2023 (P23).

Annelida		
<i>Abyssoninoe hibemica</i> (McIntosh, 1903)	<i>Gallardoneris iberica</i> Martins, Carrera-Parra, Quintino & Rodrigues, 2012	<i>Paradiopatra lepta</i> (Chamberlin, 1919)
<i>Ampharete acutifrons</i> (Grube, 1860)	<i>Glycera alba</i> (O.F. Müller, 1776)	<i>Paradoneis lyra</i> (Southern, 1914)
<i>Amphicteis gunneri</i> (M. Sars, 1835)	<i>Glycera tessellata</i> Grube, 1863	<i>Paralacydonia paradoxa</i> Fauvel, 1913
<i>Ancistrosyllis groenlandica</i> Mc Intosh, 1879	<i>Glycera unicornis</i> Lamarck, 1818	<i>Paraprionospio pinnata</i> (Ehlers, 1901)
<i>Anobothrus gracilis</i> (Malmgren, 1866)	<i>Harmothoe antilopes</i> Mc Intosh, 1876	<i>Paucibranchia bellii</i> (Audouin & Milne Edwards, 1833)
<i>Aphelochaeta marioni</i> (Saint-Joseph, 1894)	<i>Harmothoe</i> sp.	<i>Phyllodoce mucosa</i> Örsted, 1843
<i>Apistobrachius tullbergi</i> (Théel, 1879)	<i>Heteromastus filiformis</i> (Claparède, 1864)	<i>Phyllodoce</i> sp.
<i>Aponuphis brementi</i> (Fauvel, 1916)	<i>Heterospio mediterranea</i> Laubier, Picard & Ramos, 1972	<i>Pilargis verrucosa</i> (Saint-Joseph, 1899)
<i>Aricidea assimilis</i> Tebble, 1959	<i>Hyalinoecia tubicola</i> (O. F. Müller, 1776)	<i>Pista cristata</i> (O. F. Müller, 1776)
<i>Aricidea claudiae</i> Laubier, 1967	<i>Kirkegaardia heterochaeta</i> (Laubier, 1961)	<i>Poecilochaetus fauchaldi</i> Pilato & Cantone, 1976
<i>Aricidea mariannae</i> Katzmann & Laubier, 1975	<i>Lagis koreni</i> (Malmgren, 1866)	<i>Polycirrus</i> sp.
<i>Aricidea monicae</i> Laubier, 1967	<i>Laonice</i> sp.	<i>Polygordius</i> sp.
<i>Auchenoplax crinita</i> Ehlers, 1887	<i>Leiocapitella dollfusi</i> (Fauvel, 1936)	<i>Praxillella affinis</i> (M. Sars, 1872)
<i>Chaetozone carpenteri</i> McIntosh, 1911	<i>Lepidasthenia brunnea</i> Day, 1960	<i>Praxillella gracilis</i> (M. Sars, 1861)
<i>Chaetozone setosa</i> Malmgren, 1867	<i>Levinsenia demiri</i> Çinar, Dagli & Acik, 2011	<i>Prionospio ehlersi</i> Fauvel, 1928
<i>Cirratulidae</i> ind.	<i>Levinsenia gracilis</i> (Tauber, 1879)	<i>Prionospio fallax</i> Soderstrom, 1920
<i>Cossura soyeri</i> Laubier, 1962	<i>Lumbrineris luciliae</i> Martins, Carrera-Parra, Quintino & Rodrigues, 2012	<i>Prionospio</i> sp.
<i>Dasybranchus caducus</i> (Grube, 1846)	<i>Lumbrineris</i> sp.	<i>Scalibregma inflatum</i> Rathke, 1843
<i>Diplocirrus glaucus</i> (Malmgren, 1867)	<i>Lysidice unicornis</i> (Grube, 1840)	<i>Schistomeringos rudolphi</i> (Delle Chiaje, 1828)
<i>Drilonereis filum</i> (Claparède, 1868)	<i>Maldane glebifex</i> Grube, 1860	<i>Scolecopsis</i> sp.
<i>Euclymene lombricoides</i> (Quatrefages, 1866)	<i>Malmgrenia lunulata</i> (Delle Chiaje, 1841)	<i>Sphaerodoridium</i> sp.
<i>Euclymene oerstedii</i> (Claparède, 1863)	<i>Melinna palmata</i> Grube, 1860	<i>Spio multioculata</i> (Rioja, 1918)
<i>Euclymene palermitana</i> (Grube, 1840)	<i>Nephtys incisa</i> Malmgren, 1865	<i>Spiophanes kroyeri</i> Grube, 1860
<i>Eunice vittata</i> (Delle Chiaje, 1828)	<i>Nereis rava</i> Ehlers, 1868	<i>Sternaspis scutata</i> (Ranzani, 1817)
<i>Eupanthalis kinbergi</i> McIntosh, 1876	<i>Ninoe armoricana</i> Glémarec, 1968	<i>Syllis alternata</i> Moore, 1908
<i>Exogone verugera</i> (Claparède, 1868)	<i>Notomastus profundus</i> (Eisig, 1887)	<i>Syllis amica</i> Quatrefages, 1866
<i>Fauveliopsis</i> sp.	<i>Ophelina abranchiata</i> Stöp-Bowitz, 1948	<i>Syllis parapar</i> San Martín & López, 2000
<i>Galathowenia oculata</i> Zachs, 1923	<i>Oxydromus flexuosus</i> (Delle Chiaje, 1827)	<i>Terebellides mediterranea</i> Parapar, Mikac & Fiege, 2013
Arthropoda		
<i>Akanthophoreus gracilis</i> (Krøyer, 1842)	<i>Eudorella nana</i> Sars, 1879	<i>Leucon (Epileucon) longirostris</i> Sars, 1871
<i>Alpheus glaber</i> (Olivi, 1792)	<i>Eurydice spinigera</i> Hansen, 1890	<i>Leucothoe oboa</i> G. Karaman, 1971
<i>Ampelisca</i> sp.	<i>Eurynome aspera</i> (Pennant, 1777)	<i>Medicorophium rotundirostre</i> (Stephensen, 1915)
<i>Araphura brevismanus</i> (Lilljeborg, 1864)	<i>Gnathia oxyraea</i> (Lilljeborg, 1855)	<i>Paraphoxus oculatus</i> (G.O. Sars, 1879)
<i>Campylaspis glabra</i> G.O. Sars, 1880	<i>Goneplax rhomboides</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Pardaliscella boeckii</i> (Malm, 1870)
<i>Carangoliopsis spinulosa</i> Ledoyer, 1970	<i>Haploops nirae</i> Kaim Malka, 1976	<i>Periciculodes longimanus</i> (Bate & Westwood, 1868)
<i>Cerapopsis longipes</i> Della Valle, 1893	<i>Harpinia antennaria</i> Meinert, 1890	<i>Photis longicaudata</i> (Bate & Westwood, 1862)
<i>Collettea cylindrata</i> (Sars, 1882)	<i>Harpinia crenulata</i> (Boeck, 1871)	<i>Phtisica marina</i> Slabber, 1769
<i>Deflexilodes acutipes</i> (Ledoyer, 1983)	<i>Harpinia dellavallei</i> Chevreux, 1910	<i>Pilumnus spinifer</i> H. Milne-Edwards, 1834

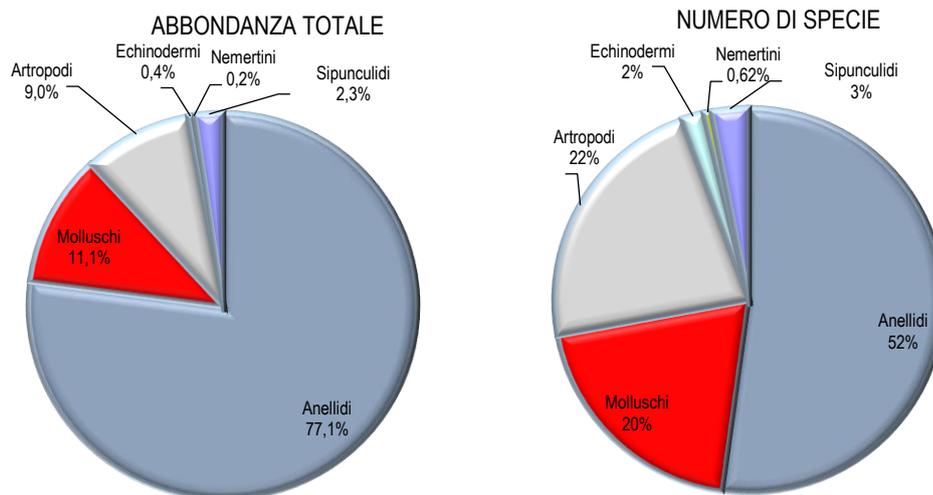
Tabella 19 - Lista delle specie macrobentoniche rinvenute nella primavera 2023 (P23).

<i>Desmosoma</i> sp.	<i>Hippomedon bidentatus</i> Chevreux, 1903	<i>Processa macrophthalma</i> Nouvel & Holthuis, 1957
<i>Diastylis rugosa</i> Sars, 1865	<i>Hippomedon massiliensis</i> Bellan-Santini, 1965	<i>Tuberapseudes echinatus</i> (Sars, 1882)
<i>Ebalia cranchii</i> Leach, 1817	<i>Kupellonura mediterranea</i> Barnard, 1925	<i>Westwoodilla rectirostris</i> (Della Valle, 1893)
Echinodermata		
<i>Amphiura chiajei</i> Forbes, 1843	<i>Amphiura filiformis</i> (O. F. Müller, 1776)	<i>Ophiothrix quinquemaculata</i> Müller-Troschel, 1842
Mollusca		
<i>Abra longicallus</i> (Scacchi, 1834)	<i>Hemilepton nitidum</i> (W. Turton, 1822)	<i>Pitar rudis</i> (Poli, 1795)
<i>Abra nitida</i> (O.F. Muller, 1776)	<i>Hiatella arctica</i> (Linnaeus, 1767)	<i>Prochaetoderma raduliferum</i> (Kowalevsky, 1901)
<i>Acteon tornatilis</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Hyalia vitrea</i> (Montagu, 1803)	<i>Pulsellum lofotense</i> (M. Sars, 1865)
<i>Antalis inaequicostata</i> (Dautzenberg, 1891)	<i>Kelliella abyssicola</i> (Forbes, 1844)	<i>Saccella commutata</i> (Philippi, 1844)
<i>Batharca pectunculoides</i> (Scacchi, 1834)	<i>Kurtiella bidentata</i> (Montagu, 1803)	<i>Tellimya ferruginosa</i> (Montagu, 1808)
<i>Cardiomya costellata</i> (Deshayes, 1835)	<i>Mendicula ferruginosa</i> (Forbes, 1844)	<i>Thyasira alleni</i> Carozza, 1981
<i>Cuspidaria cuspidata</i> (Olivi 1792)	<i>Myrtea spinifera</i> (Montagu, 1803)	<i>Thyasira biplicata</i> (Philippi, 1836)
<i>Cylindna cylindracea</i> (Pennant, 1777)	<i>Nucula sulcata</i> (Bronn, 1831)	<i>Thyasira granulosa</i> (Monterosato, 1874)
<i>Ennucula aegeensis</i> (Forbes, 1844)	<i>Pandora pinna</i> (Montagu, 1803)	<i>Timoclea ovata</i> (Pennant, 1777)
<i>Epilepton clarkiae</i> (W. Clark, 1852)	<i>Papillicardium minimum</i> (Philippi, 1836)	<i>Turritella communis</i> Risso, 1826
<i>Falcidens gutturosus</i> (Kowalevsky, 1901)	<i>Philine catena</i> (Montagu, 1803)	
Sipuncula		
<i>Golfingia (Golfingia) elongata</i> (Keferstein, 1862)	<i>Nephasoma diaphanes</i> (Gerould, 1913)	<i>Phascolion (Phascolion) strombus strombus</i> (Montagu, 1804)
<i>Golfingia (Golfingia) vulgaris vulgaris</i> (Blainville, 1827)	<i>Onchnesoma steenstrupii steenstrupii</i> Koren & Danilssen, 1876	
Nemertea ind.		

Gli anellidi, rappresentati unicamente dai policheti, risultano essere il gruppo dominante che con 7652 individui rappresentano il 77,1% dell'abbondanza totale. I molluschi e i crostacei, secondi e terzi in ordine di abbondanza, forniscono, rispettivamente, il 11,1 e il 9% di contributo, mentre i sipunculidi rimangono al 2,3%. Gli echinodermi (36 individui) arrivano allo 0,4% in totale (**Figura 12**). I nemertini sono presenti con pochi individui e rappresentano lo 0,2% in termini di abbondanza totale.

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 oltre la metà delle specie rinvenute (84 specie). Crostacei e Molluschi sono equamente rappresentati fornendo il 22% e il 20% delle specie totali.

Gli echinodermi e i sipunculidi forniscono, rispettivamente, il 2% e il 3% di specie al panorama faunistico.


Figura 12 - Ripartizione dell'abbondanza totale e del numero di specie tra i principali taxa rinvenuti nella Primavera 2023.

Ai policheti appartengono le specie rinvenute col maggior numero di individui. Le prime cinque specie dominanti, sono, infatti, policheti e rappresentano oltre la metà dell'abbondanza totale (58,36%).

La specie *Levinsenia demiri* (3881 individui) è in assoluto il polichete più abbondante e da solo rappresenta il 39% dell'abbondanza totale. *Paradiopatra lepta* seconda in ordine di abbondanza con 652 individui, fornisce il 6,56% di contributo all'abbondanza totale seguita da *Kirkegaardia heterochaeta* (608 individui) con un contributo del 6% circa (**Figura 13**). *Galathowenia oculata*, quarta specie in ordine di

abbondanza con 372 individui, non arriva al 4% di contributo. Questo risultato, che conferma quanto emerso dalla fase di “bianco”, e successivamente un po' in tutte le campagne di studio, dimostra che l'area intorno al rigassificatore FSRU Toscana è caratterizzata da un panorama faunistico dominato da poche specie molto abbondanti affiancate da un elevato numero di specie presenti con pochi individui.

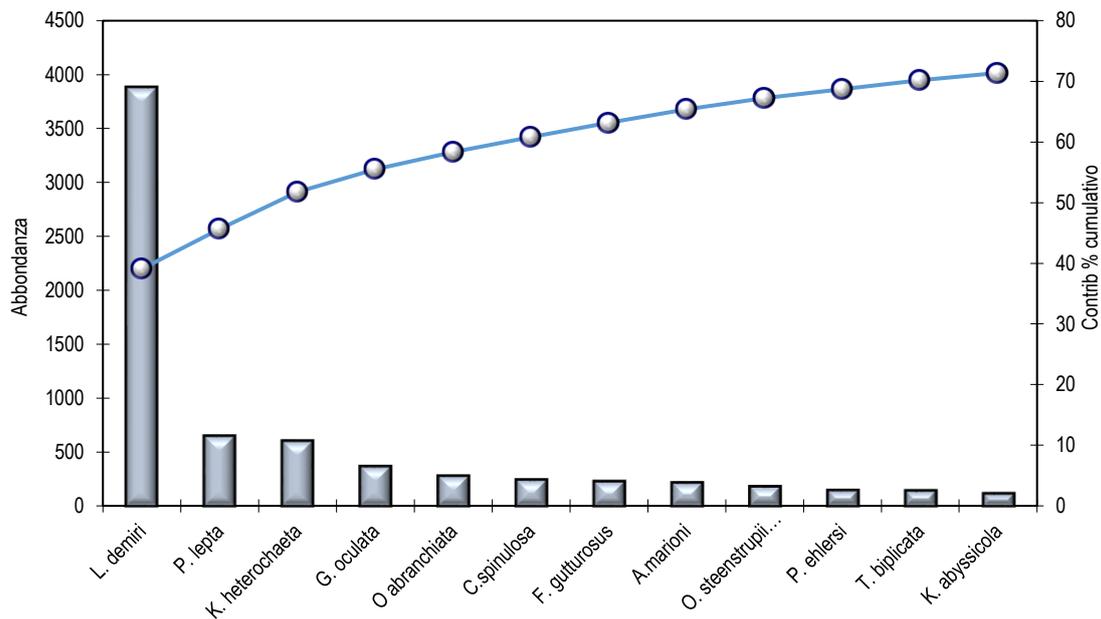


Figura 13 - Abbondanza totale e contributo percentuale cumulativo delle specie dominanti (P23).

Le specie dominanti e diffuse, fanno sì che le repliche mostrino una elevata similarità tra di loro, mai inferiore al 65%. Il valore minimo di similarità interna alle stazioni è stato rilevato in P23 MG9 (65,63%). In tre stazioni (P23 MG4, P23 MG11, P23 MG13) inoltre, tale percentuale supera l'80% con un picco in P23 MG13 pari a 86,45%.

L'anellide polichete *Levinsenia demiri* dà il contributo maggiore a tale similarità interna in tutte le stazioni. Il contributo percentuale fornito da questa specie alla similarità interna alle stazioni in alcuni casi (P23 MG14, P23 MG13, P23 MG11, P23 MG7) supera il 50%, con un picco in P23 MG13 pari a 66,74%. Nelle stazioni P23 MG1, P23 MG2 e P23 MG10 il contributo percentuale alla similarità interna alle stazioni fornito dalla suddetta specie è inferiore al 30%.

Mettendo a confronto le differenti stazioni analizzandone le dissimilarità, si osserva che i valori inferiori tra di esse si osservano tra le stazioni P23 MG4 e P23 MG14 (dissimilarità %=24,68), mentre i valori maggiori di dissimilarità sono quelli ottenuti confrontando le stazioni P23MG9 e P23MG13 (dissimilarità %=68,49). In entrambi i casi i contributi maggiori a tali dissimilarità sono da ricercare nelle variazioni di abbondanza del polichete *Levinsenia demiri*.

Nella figura sottostante a destra nel piano di ordinamento ottenuto dal non metric multidimensional scaling (n-MDS) non sono evidenziabili raggruppamenti relazionabili alla presenza del Terminale. La stazione P23 MG9, come già emerso dai monitoraggi precedenti, risulta particolarmente povera se confrontata con le altre stazioni, risultato corroborato da una elevata dissimilarità rispetto a tutte le altre stazioni di monitoraggio. Tale dato si evince chiaramente anche dalla cluster analysis, riportata nella parte sinistra della figura sottostante, in cui P23MG9 ha una similarità rispetto a tutte le altre stazioni che di poco supera il 40%. Nel piano di ordinamento ottenuto da n-MDS, in basso a sinistra risultano vicine le stazioni a distanza intermedia dal terminale P23MG1, P23MG2 e P23MG10 (tranne la già citata P23MG9), nella parte superiore destra del piano si osservano le stazioni P23MG7, P23MG12 e P23MG13 più prossime al terminale, assieme alla P23 MG11. L'ordinamento delle stazioni nel piano ottenuto dal n-MDS risulta in parte interpretabile in virtù delle oscillazioni di abbondanza della specie del polichete *Levinsenia demiri*. Infatti, le stazioni in alto a destra nel plot sono quelle in cui tale specie è maggiormente abbondante, mentre quelle rappresentate nella parte inferiore sono quelle in cui essa è meno presente (**Figura 14**).

Le stazioni poste sul lato basso del plot sono anche quelle con i maggiori valori di abbondanza del polichete *Kirkegardia heterochaeta*, mentre quelle in alto sono quelle in cui tale specie ha valori minori di abbondanza.

Analizzando i valori calcolati per i parametri strutturali della comunità studiate nell'area del rigassificatore, il numero di medio di taxa (media dei valori calcolati tra repliche in ciascuna stazione) varia tra 24,75 minimo rilevato in P23 MG9 e 55, valore massimo osservato in P23 MG4. Confrontando il numero di taxa medio di tutto il dataset con i valori medi calcolati in ciascuna stazione emerge che le stazioni P23 MG8, P23 MG9 e P23 MG13 hanno un numero di specie più basso rispetto alla media calcolata per S ($45,79 \pm 7,64$), mentre le stazioni P23 MG1, P23MG2, P23MG6, P23 MG11, P23 MG12, P23MG14 hanno un valore più alto rispetto ad essa.

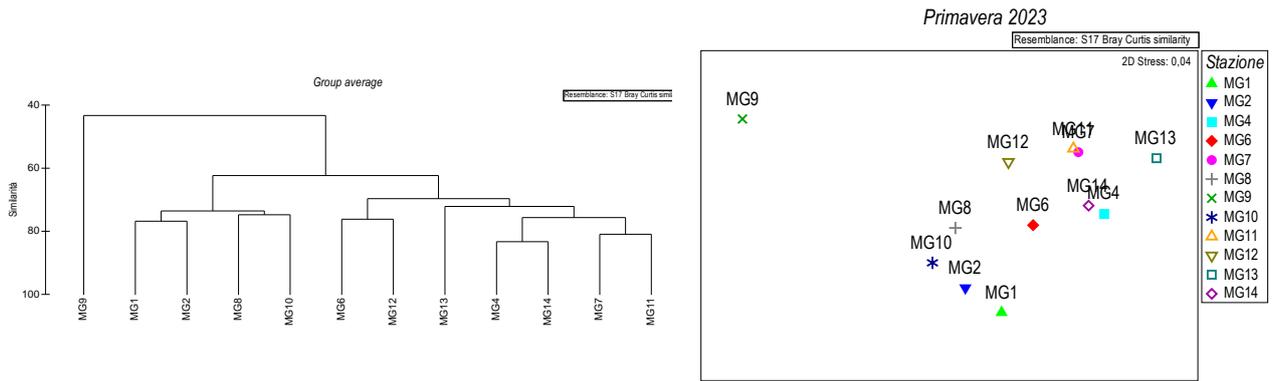


Figura 14 - Risultati della cluster analysis (group average) a sinistra, piano di ordinamento ottenuto dal n-MDS, a destra. La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Bray-Curtis.

Inoltre, il numero di specie rilevato complessivamente nelle quattro stazioni più vicine all'FSRU è pari a 125. Il numero totale di specie rilevato nelle stazioni più lontane (MG1, MG2, MG9, MG10) è 110, mentre quello trovato nelle stazioni intermedie (MG4, MG8, MG11, MG14) è pari a 117. Questo risultato associato al precedente non consente di individuare un trend evidente per il numero di specie/taxa relazionabile alla presenza del terminale FSRU Toscana.

L'abbondanza media di individui per stazione (N) raggiunge il valore minimo (72,5) in P23 MG9 e il massimo (304,75) in P23 MG4. Nel complesso, N, ha una elevata variabilità tra stazioni, oscillando intorno al valore medio (206,90±61,97). Il numero di individui (N), nel raggruppamento delle stazioni più vicine rispetto al terminale, ha valori che in 3 casi su 4 sono molto vicini al valore medio calcolato. Unica eccezione è rappresentata dal valore di P23 MG13 (280,75±6,13) in cui il valore calcolato è leggermente superiore al valore medio. Il numero di individui nelle stazioni di controllo è assimilabile a quello del valore medio complessivo calcolato, con la solita eccezione di P23 MG9, in cui ancora una volta il popolamento sembra più povero rispetto a quello riscontrato nelle altre stazioni (158±33,89).

Confrontando la ricchezza specifica di Margalef (d) media raggruppando le stazioni in ragione della loro distanza dal Terminale, si osserva che nel raggruppamento delle stazioni vicine al terminale ci sono due valori più bassi rispetto al valore medio (8,44±1,13) nelle stazioni P23 MG7 e P23 MG13 e due valori più alti (P23 MG12 e P23 MG6) rispetto ad esso. In particolare, la stazione P23 MG12 (9,49 ±0,30) ha il valore più alto calcolato per tale parametro strutturale rispetto a tutte le altre stazioni, e la stazione P23MG13 il valore più basso (7,05±0,57).

Tabella 20 – Indici strutturali (±DS) relativi al popolamento macrobentonico. Numero di taxa (S), Numero di individui (N), Ricchezza specifica di Margalef (d), Diversità specifica di Shannon-Weaver (H'), Equitabilità di Pielou (J). MG6, MG7, MG12, MG13: stazioni a 100 m dal Terminale.

Stazioni	S	N	d	H'(log ₂)	J
P23 MG1	49,25 ± 4,27	211,75 ± 24,38	9,01 ± 0,63	4,57 ± 0,13	0,81 ± 0,02
P23 MG2	48,25 ± 5,45	190,00 ± 24,15	9,00 ± 1,00	4,57 ± 0,24	0,82 ± 0,02
P23 MG4	55,00 ± 2,65	304,75 ± 11,85	9,45 ± 0,41	4,14 ± 0,10	0,72 ± 0,02
P23 MG6	47,50 ± 1,73	215,75 ± 9,32	8,65 ± 0,32	4,12 ± 0,06	0,74 ± 0,02
P23 MG7	45,25 ± 1,71	214,50 ± 7,50	8,24 ± 0,33	3,48 ± 0,14	0,63 ± 0,02
P23 MG8	42,75 ± 4,65	166,25 ± 33,95	8,16 ± 0,68	4,32 ± 0,24	0,80 ± 0,03
P23 MG9	24,75 ± 5,32	72,50 ± 14,12	5,56 ± 0,89	3,75 ± 0,21	0,81 ± 0,03
P23 MG10	47,50 ± 2,45	158,00 ± 33,89	9,20 ± 0,26	4,55 ± 0,14	0,82 ± 0,02
P23 MG11	46,50 ± 2,38	212,50 ± 18,93	8,49 ± 0,31	3,43 ± 0,33	0,62 ± 0,05
P23 MG12	50,50 ± 1,71	184,75 ± 9,98	9,49 ± 0,30	4,07 ± 0,25	0,72 ± 0,04
P23 MG13	40,75 ± 3,20	280,75 ± 6,13	7,05 ± 0,57	2,87 ± 0,22	0,54 ± 0,03
P23 MG14	51,50 ± 1,26	271,25 ± 9,85	9,02 ± 0,31	3,87 ± 0,15	0,68 ± 0,04

La diversità specifica di Shannon-Weaver raggiunge il suo minimo in P23 MG13 (2,87±0,22) ed il massimo in P23 MG1 e P23 MG2 (4,57 per entrambe) con una media complessiva di 3,98±0,53. Due delle stazioni campionate presso il Terminale, hanno una diversità specifica maggiore rispetto al valore medio (P23MG6 e P23MG12) e due, inferiori rispetto ad esso (P23MG7 e P23MG13) ma sempre con valori vicini al valor medio. Tra le stazioni più lontane dal terminale (P23MG1, P23MG2, P23MG9, P23MG10) solo P23 MG9 presenta un valore di diversità inferiore alla media (3,75±0,21), mentre tra quelle intermedie (P23MG4, P23MG8, P23MG11, P23MG14) due P23 MG11 e P23 MG14 hanno un valore inferiore alla media generale (rispettivamente 3,43±0,33 e 3,87±0,15). In nessun caso, quindi, si identifica un andamento relazionabile alla distanza dal Terminale.

Infine, l'indice di equitabilità di Pielou(J) oscilla tra $0,82 \pm 0,02$ (valore calcolato in P23 MG2 e P23MG10) e $0,54 \pm 0,03$ (P23 MG13) con un valore medio di $0,72 \pm 0,09$. Tra stazioni poste presso il Terminale 2 mostrano un valore inferiori a tale media (P23MG7 e P23MG13), uno sovrapponibile ad essa (P23MG12) e uno leggermente più elevato (P23MG6).

Quindi i risultati ottenuti per gli indici strutturali calcolati indicano che presso il Terminale non ci sono condizioni che comportano impoverimento del popolamento o più in generale evidenze della presenza di trend relazionabili alla presenza dell'FSRU Toscana.

1.2.2 Bioaccumulo

Metalli

Le concentrazioni rilevate nei mitili posizionati lungo il Terminale risultano nella maggior parte dei metalli in linea col tempo "0" e il bianco. Si evidenzino, anche dei cali di concentrazione come, in particolare, osservato per il Ferro.

La concentrazione dello Zinco presenta un lieve aumento nelle stazioni B, C e D che è da ritenersi trascurabile.

Tabella 21 - Concentrazione dei metalli nei mitili. Dati relativi alla campagna P23 espressi in mg/kg. Sono riportati i dati riferiti sia alla sostanza secca (s.s.) sia al peso fresco (p.f.) in accordo alla prescrizione 13 delle Determinazioni 2990 DVA R.D.R 0000100.04-04-2017 e 3337 DVA R.D.R 0000277.28-09-2017.

	Tempo zero		Stazione A (Pos. 1)		Stazione B (Pos.2)		Stazione C (Pos.3)		Stazione D (Pos.4)		Stazione E (Bianco Gorgona)	
	s.s.	p.f.	s.s.	p.f.	s.s.	p.f.	s.s.	p.f.	s.s.	p.f.	s.s.	p.f.
Arsenico	5,60	1,12	4,95	0,99	5,99	1,20	5,54	1,11	6,01	1,20	6,37	1,27
Bario	2,51	0,50	< 1	-	2,75	0,55	< 1	-	3,69	0,74	< 1	-
Cadmio	0,32	0,06	0,31	0,06	0,36	0,07	0,30	0,06	0,31	0,06	0,32	0,06
Cromo totale	2,29	0,46	< 1	-	1,18	0,24	1,14	0,23	1,61	0,32	< 1	-
Rame	6,87	1,37	3,88	0,78	4,14	0,83	4,05	0,81	3,96	0,79	4,09	0,82
Ferro	449,12	89,82	76,34	15,27	109,02	21,80	84,04	16,81	97,65	19,53	91,69	18,34
Manganese	14,64	2,93	< 5	-	< 5	-	< 5	-	< 5	-	< 5	-
Mercurio	0,15	0,029	0,11	0,022	0,11	0,023	0,11	0,021	0,11	0,022	0,22	0,0446
Nichel	1,67	0,33	< 1	-	< 1	-	< 1	-	< 1	-	< 1	-
Piombo	3,13	0,63	1,63	0,33	1,97	0,39	1,93	0,39	1,97	0,39	1,98	0,40
Vanadio	2,23	0,45	1,27	0,25	1,81	0,36	1,22	0,24	1,26	0,25	1,46	0,29
Zinco	95,55	19,11	89,38	17,88	110,66	22,13	102,60	20,52	119,13	23,83	94,28	18,86

Idrocarburi totali

Nella **Tabella 22** sono riportati i risultati ottenuti dalla ricerca degli idrocarburi (C<10 e C10-C40). Gli Idrocarburi C<10 risultano in tutte le stazioni inferiori al limite di quantificazione. Gli idrocarburi C10-C40 nelle stazioni A, B e D, presentano un lieve incremento rispetto al tempo zero.

Tabella 22 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna P23, sono espressi in mg/kg.

	Tempo zero	Stazione A Pos. 1	Stazione B Pos. 2	Stazione C Pos. 3	Stazione D Pos. 4	Stazione E (Bianco Gorgona)
Idrocarburi C<10 (mg/kg)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Idrocarburi C10-C40 (mg/kg)	255,8	299,7	312,43	173,6	284,8	150,6

IPA e composti organo stannici

Gli Idrocarburi policiclici aromatici e i composti organostannici sono generalmente assenti o 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 P23, sono espressi in mg/kg.

	Tempo zero	Stazione A Pos. 1	Stazione B Pos. 2	Stazione C Pos. 3	Stazione D Pos. 4	Stazione E (Bianco Gorgona)
Acenaftene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Acenafilene	0,002	0,001	0,002	0,003	0,002	0,001
Antracene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,001
Benzo (a) antracene	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001
Benzo (a) pirene	0,004	0,003	0,003	0,004	0,003	0,002
Benzo (b) fluorantene	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001
Benzo (g,h,i) perilene	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001
Benzo (k) fluorantene	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003

Tabella 23 - Concentrazione degli IPA e dei composti organostannici presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna P23, 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)
Crisene	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001
Dibenzo (a,h) antracene	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
Fenantrene	0,004	0,005	0,005	0,004	0,006	0,002
Fluorantene	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	< 0,001
Fluorene	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,005
Indeno (1,2,3 - c,d) pirene	0,013	0,013	0,013	0,012	0,012	0,000
Naftalene	0,013	0,012	0,013	0,013	0,013	0,001
Pirene	0,003	0,003	0,004	0,003	0,004	< 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 inferiori al limite di quantificazione **Tabella 24**.

Tabella 24 - Concentrazione degli cloroderivati presenti nei campioni di mitili. I dati relativi alla campagna P23 sono espressi in µg/kg. Per il calcolo delle medie, nel caso di valori al di sotto del limite di quantificazione, è stato usata una concentrazione pari alla metà di quest'ultimo.

	Tempo zero	Stazione A Pos. 1	Stazione B Pos. 2	Stazione C Pos. 3	Stazione D Pos. 4	Stazione E (Bianco Gorgona)
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-Tricloroetano	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
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
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
Tricloroetilene	0,43	0,35	0,69	< 0,25	< 0,25	< 0,25
Dibromoacetone nitrile	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Tricloroacetone nitrile	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2

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 P23, 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

1.2.1 Biomarkers

Neutral Red Retention Time (NRRT)

I risultati del test del Neutral Red Retention Time non hanno mostrato differenze statisticamente significative tra i mitili situati nella stazione di controllo (Stazione E – Gorgona) e quelli posizionati presso le stazioni di monitoraggio del Terminale FSRU e del Tempo zero. La stabilità lisosomiale degli emociti dei mitili, correlata al tempo di ritenzione del colorante, è risultata mediamente maggiore di 180 minuti in ogni stazione, indicando un ottimo stato di salute degli emociti (Figura 15).

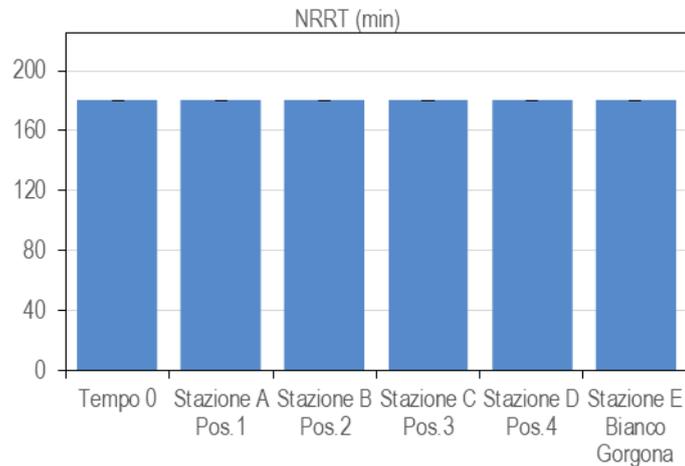


Figura 15 - Valutazione del danno cellulare mediante la misura del tempo di ritenzione del colorante vitale Rosso Neutro (NRRT) nei lisosomi degli emociti di mitilo. Valori alti del tempo di ritenzione corrispondono ad una maggiore integrità.

Comet Assay

Il grado di integrità delle molecole di DNA nelle cellule branchiali dei mitili nelle stazioni di monitoraggio non ha mostrato decrementi significativi rispetto ai valori del controllo (Stazione E-Gorgona) nelle stazioni B e C, mentre nei mitili trapiantati nelle stazioni A e D e del Tempo zero sono stati ottenuti valori statisticamente superiori al controllo. Tuttavia, trattandosi di valori non particolarmente elevati, è possibile escludere un marcato impatto da parte delle attività del Terminale FSRU (Figura 16).

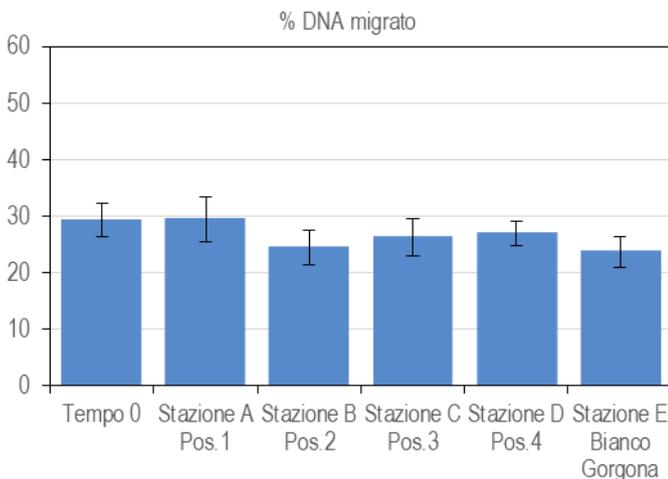


Figura 16 - Valutazione del grado di integrità del DNA mediante Comet assay. Valori elevati della percentuale di DNA migrato corrispondono ad una maggiore entità del danno.

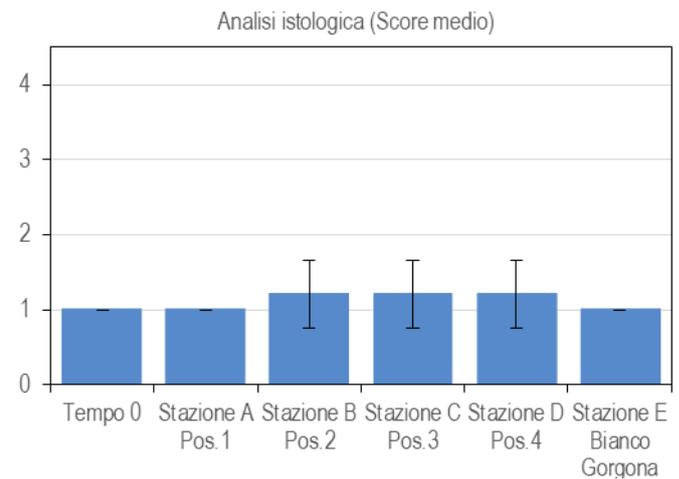


Figura 17- Analisi istologica delle branchie. Nel grafico è rappresentato il punteggio medio (score) per ciascuna stazione. La scala va da 1 (condizione di integrità) a 5 (forte compromissione della struttura dei filamenti branchiali).

Analisi istologica del tessuto branchiale

L'analisi istologica dell'epitelio branchiale dei mitili trapiantati presso il Terminale FSRU ha mostrato in tutte le stazioni indagate e nei mitili al Tempo zero (Tabella 26, Figura 3) una morfologia comparabile a quelli traslocati nella stazione di controllo.

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	1	1	1	1	1
Stazione A (Pos. 1)	1	1	1	1	1
Stazione B (Pos. 2)	1	1	1	1	2
Stazione C (Pos. 3)	1	1	1	2	1
Stazione D (Pos. 4)	1	1	1	2	1
Stazione E (Bianco Gorgona)	1	1	1	1	1

I risultati relativi ai biomarker indagati per la campagna primaverile 2023 non hanno mostrato alterazioni a carico dei mitili trapiantati lungo il Terminale FSRU rispetto a quelli di controllo (Stazione E - Gorgona).

Pertanto, nel periodo di riferimento, non è stato rilevato un impatto significativo sul benessere dei mitili trapiantati presso il terminale.

1.2.2 Cetacei e tartarughe marine

Per il monitoraggio visivo di cetacei, tartarughe, acustico e bioacustico durante la P23 è stato effettuato uno sforzo pari a 160 km per un tempo totale di 1.400 min. (Figura 18).

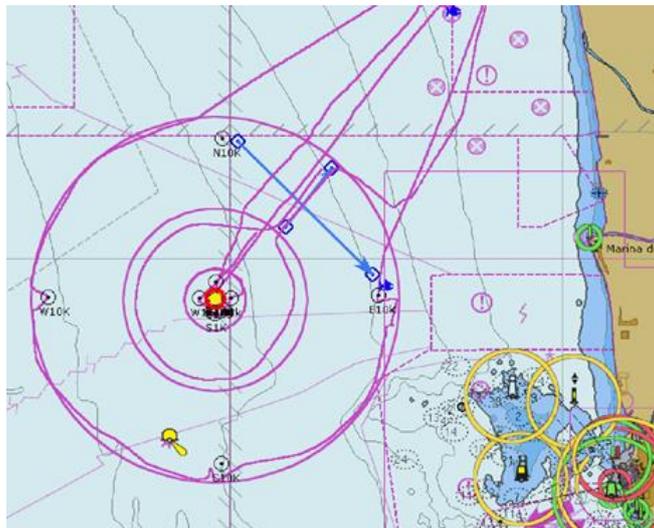


Figura 18 - Rotte percorse per il monitoraggio visivo, acustico e bioacustico e avvistamento TT, campagna P23.

Durante la Primavera 23 sono stati effettuati N° 2 (due) avvistamenti di cetacei: Il primo in data 27 maggio a 12nm NE dal Terminale in posizione Lat 43 48 125 e Long 10 10 080 in totale 5 individui adulti appartenenti alla specie *Tursiops truncatus*; il secondo in data 30 maggio a 6nm E dal Terminale in posizione Lat 43 39 114 e Long 10 07 098 in totale 6 individui di cui 4 adulti e 2 piccoli sempre appartenenti alla specie *Tursiops truncatus*. Totale delfini avvistati 11.

1.3 INDAGINI GENERALI

1.3.1 Bioacustica

I transetti di bioacustica sono stati effettuati in data 30 maggio. Seguendo tali transetti, su rotte prefissate, è stato effettuato l'ascolto in continuum attraverso uno specifico idrofono dedicato. Tale strumento è stato trainato ad una distanza di 35-40m dalla poppa dell'imbarcazione utilizzando entrambe le modalità da effettuare: a motore, alla velocità max di 2-4knt, in assenza di vento (la seconda modalità prevede la traina dell'idrofono ma a vela, sempre ad una velocità di 2-4knt, se in presenza di vento con direzione idonea ad effettuare

i transetti). Entrambe le modalità garantiscono in ogni caso di rendere l'ascolto il più possibile non inquinato dai rumori dell'imbarcazione e ascoltare prevalentemente il rumore ambientale.

La fase di ascolto è stata effettuata da biologi/naturalisti esperti in bioacustica che si sono alternati ogni 30' alla postazione del computer e all'osservazione con binocolo. Durante questa fase l'operatore in postazione rimane in ascolto tramite cuffie e osserva contemporaneamente il computer dove, attraverso un software dedicato, vengono visualizzati spettrogramma e sonogramma e gli eventuali suoni ambientali. L'ascolto è stato effettuato ad una sampling rate di 48.000Hz e visualizzazione di 24.000Hz che rappresenta l'intervallo ottimale di vocalizzazione e comunicazione dei tursiopi (i cetacei residenti in questa area di Pelagos). Il protocollo di ascolto in presenza di operatore prevede che in caso di percezione diretta (il suono biologico, fischio o klik, viene distintamente udito) e/o contemporanea osservazione visiva sullo spettrogramma di "segni marcati" **Figura 20** anche in assenza di suono udito, l'operatore deve far partire la registrazione per tutto il tempo della durata del suono biologico.

I transetti per la campagna P23, della lunghezza totale di circa 16 km, sono stati percorsi in circa 180 minuti, che rappresentano anche il tempo totale di ascolto. Durante questo intervallo di tempo è stato effettuato un avvistamento, come indicato nella mappa in **Figura 18** e rappresentato dallo spettrogramma e sonogramma in **Figura 20** e nel dettaglio di **Figura 21**

A titolo di esempio riportiamo uno spettro senza rilevazione di suoni biologici (**Figura 19**).

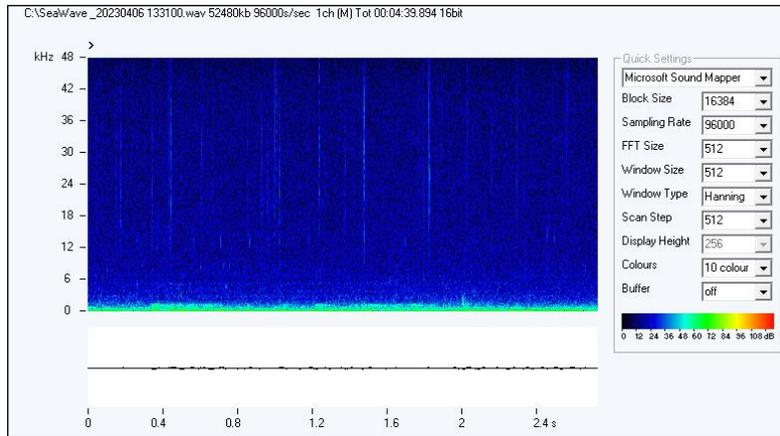


Figura 19 - Esempio di spettro senza segnali biologici

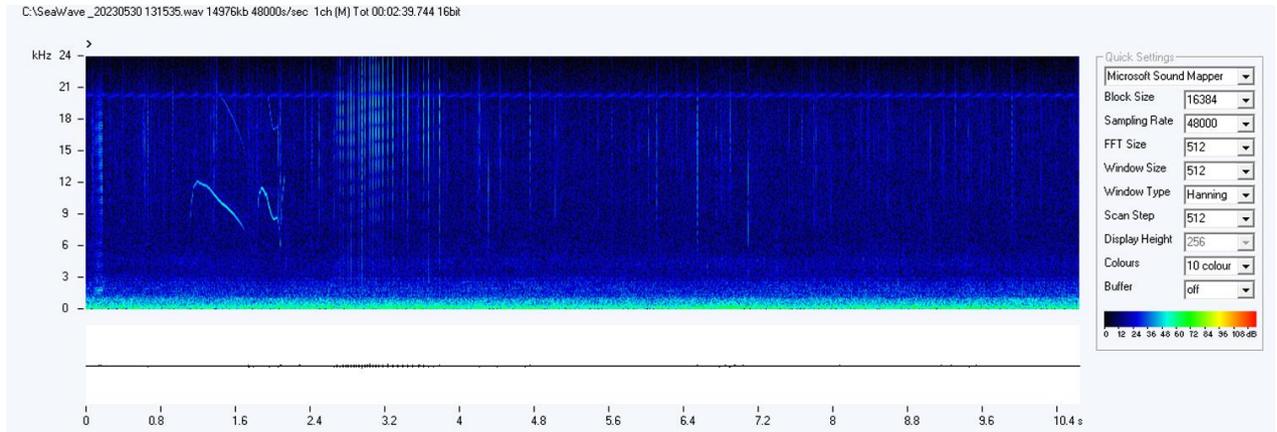


Figura 20 -. Frame di registrazione di emissioni biologiche di delfini registrati in data 30 maggio 2023.

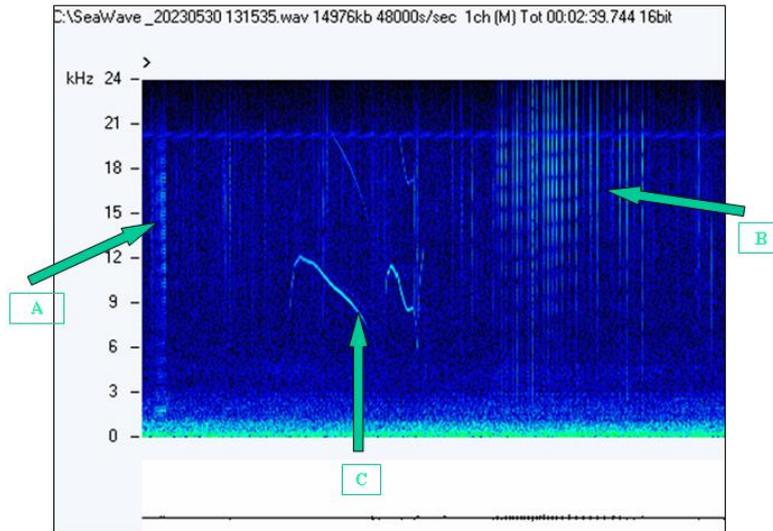


Figura 21 - Dettaglio della registrazione effettuata in data 30 maggio 2023.

In dettaglio nella **Figura 21** la registrazione mostra 3 differenti tipi di comunicazione tra i tursiopi confermati dalla presenza all'osservazione visiva di adulti e piccoli insieme. Queste comunicazioni sono evidenziate nella figura dalle sigle A, B e C e rappresentano rispettivamente:

- A – Guaiti di comunicazione madre/piccolo che coprono l'intero spettro ma con maggiore intensità tra 12kHz e 18kHz
- B – Clicks/biosonar utilizzati per la visione dell'ambiente circostante e la ricerca delle prede, anch'essi coprono l'intero spettro con maggiore intensità a 18kHz. I clicks per i tursiopi raggiungono 22-25kHz.
- C – fischi di comunicazione tra il gruppo, ben evidenti al centro dello spettro, entrambi con inizio a 8,2kHz, picco a 12kHz e scomparsa a 7,4kHz, della durata rispettivamente di 0,8 sec e 0,3 sec.

2 RISULTATI SURVEY ESTATE 2023

2.1 COLONNA D'ACQUA

2.1.1 Profili idrologici

Nel survey condotto in estate 2023, i profili di **temperatura (Figura 22)** mostrano un evidente termocline a circa 44m di profondità in accordo con le caratteristiche tipiche del periodo estivo. Questo strato d'acqua superficiale rimescolato esibisce valori intorno a 28°C che diminuiscono gradualmente fino a circa 14,6°C intorno agli 80m di profondità, per poi mantenersi pressochè costanti fino al fondo, tendendo ad una temperatura di 14.1°C.

La **salinità** esibisce valori intorno a 38,09-38,23 ppt dalla superficie fino a 24m. Dopo aver raggiunto un punto di minimo equivalente a 37.93, sul fondo mostra un leggero aumento e una maggiore eterogeneità, raggiungendo un valore di 38.23°C.

Il **pH** presenta valori omogenei su tutta la colonna d'acqua con valori intorno a 8,18-8,34.

In tutte le stazioni campionate, la torbidità esibisce valori bassi e omogenei nell'area di indagine intorno a 0.66 NTU con un lieve aumento a 1.94 NTU negli ultimi 15m dal fondo. I profili di **ossigeno disciolto (Figura 23)** presentano valori intorno a 127% nei primi 10m di profondità e da qui vanno a diminuire gradualmente fino ad arrivare a 74 % di saturazione sul fondo. I profili di **clorofilla** presentano bassi valori su tutta la colonna d'acqua compresi fra 0 µg/l e 0,7µg/l. I profili di **ORP** sono omogenei su tutta la colonna d'acqua con valori intorno a 200 mV.

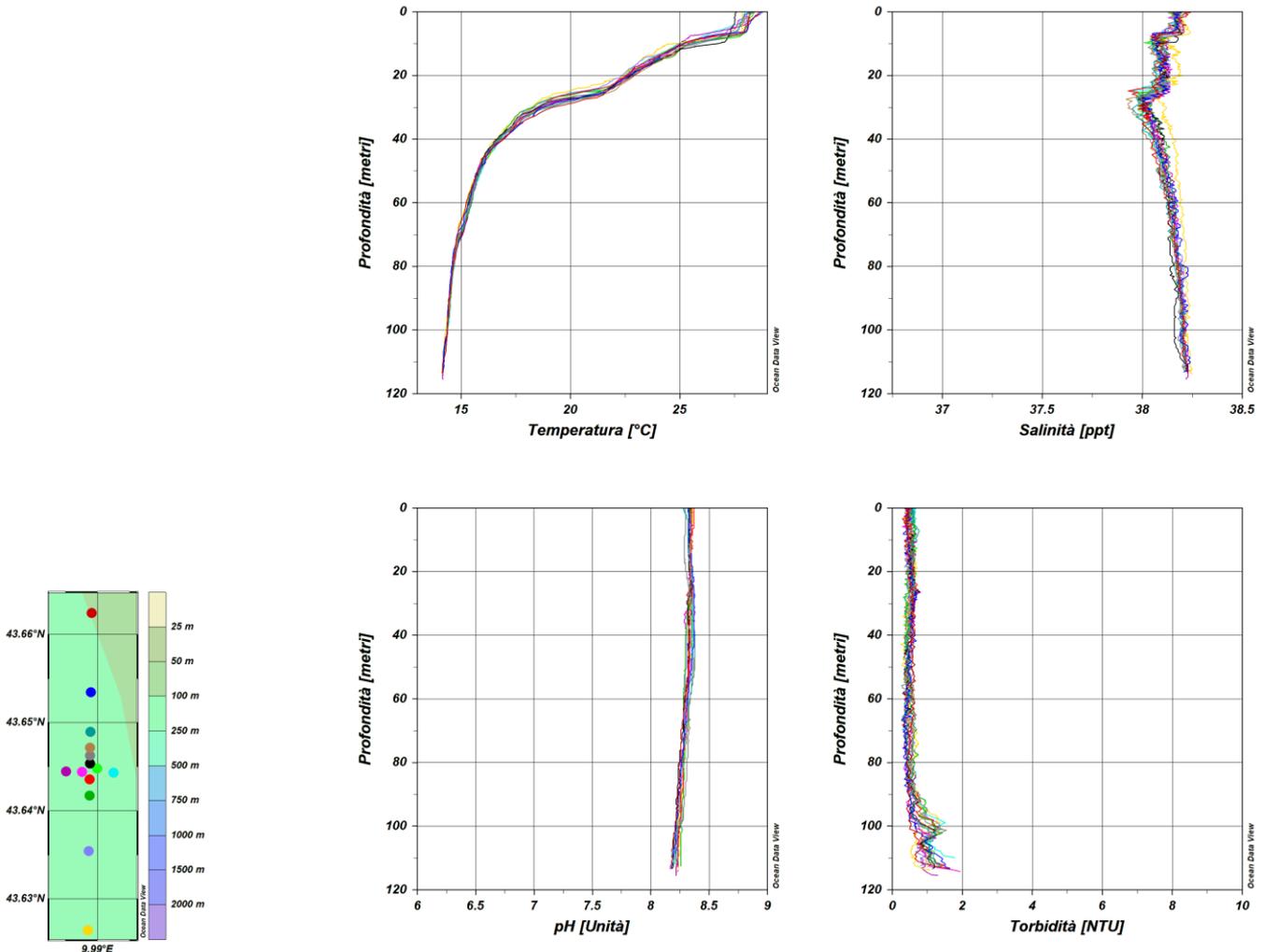


Figura 22 – Profili di temperatura (°C), salinità (ppt), pH e torbidità (NTU); survey estate 2023.

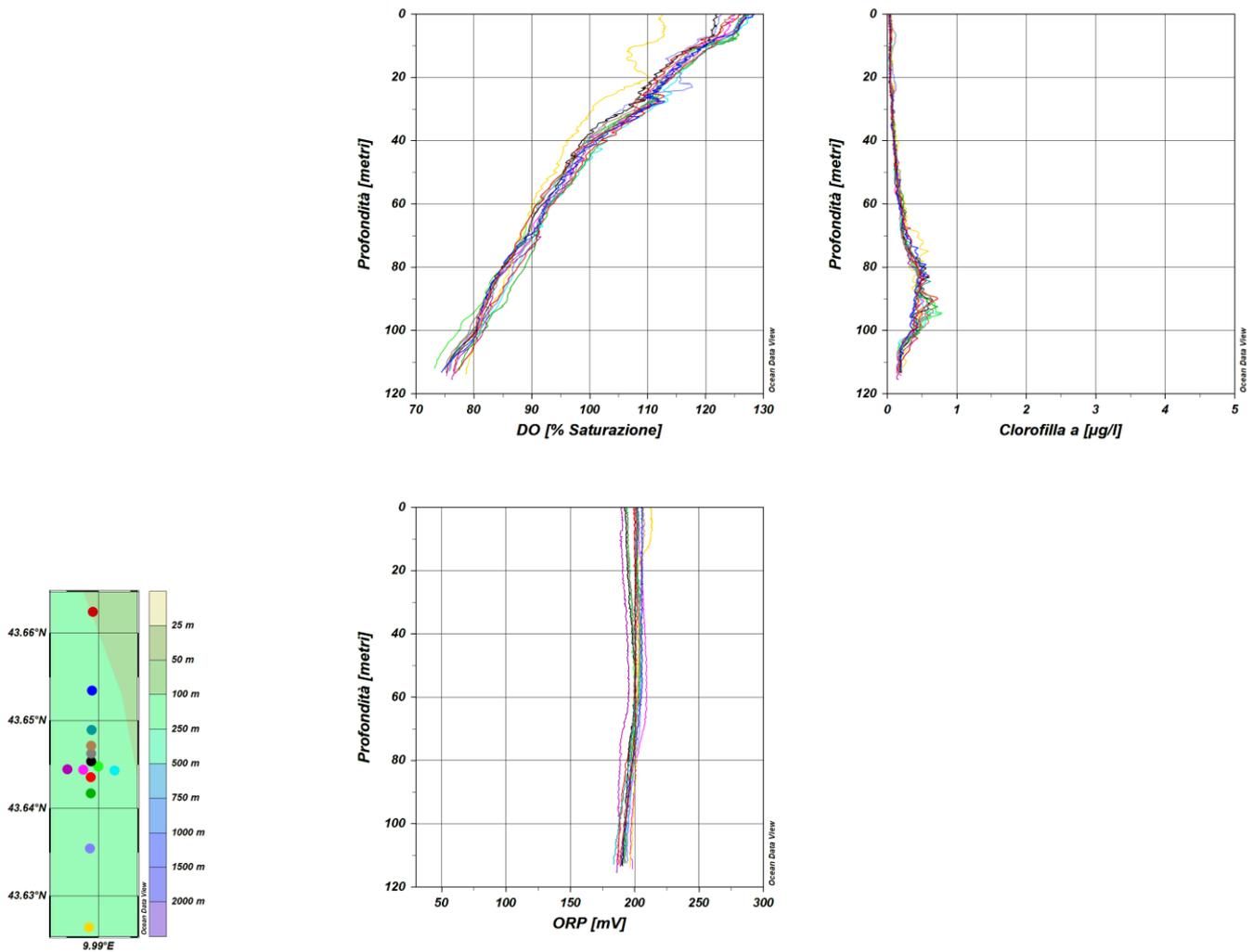


Figura 23 – Profili di ossigeno disciolto (% saturazione), clorofilla ($\mu\text{g/l}$), e potenziale di ossidoriduzione (mV); survey estate 2023

Misure di irradianza e irradianza spettrale

In **Figura 24** sono mostrati i profili di irradianza PAR (Photosynthetic Available Radiation) sottomarina normalizzati rispetto a quella contemporanea superficiale alle stazioni E23 MG7 e E23 MG10. La profondità della zona eufotica (Z_{eu}) nelle due stazioni è rispettivamente 68,5 m e 71 m e in generale Z_{eu} ha mostrato una variazione piuttosto limitata compresa tra 66,5 m (E23 MG6) e 71 m (E23 MG10).

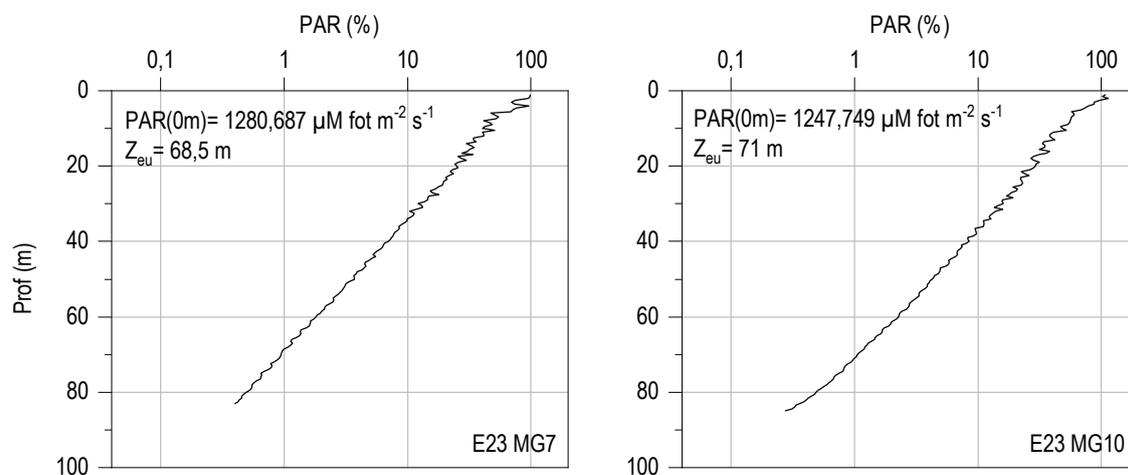


Figura 24 - Profilo del rapporto fra l'irradianza quantica PAR (Photosynthetic Available Radiation) disponibile alle varie profondità con quella contemporanea in superficie, PAR (0 m), nelle stazioni E23 MG7 e E23 MG10.

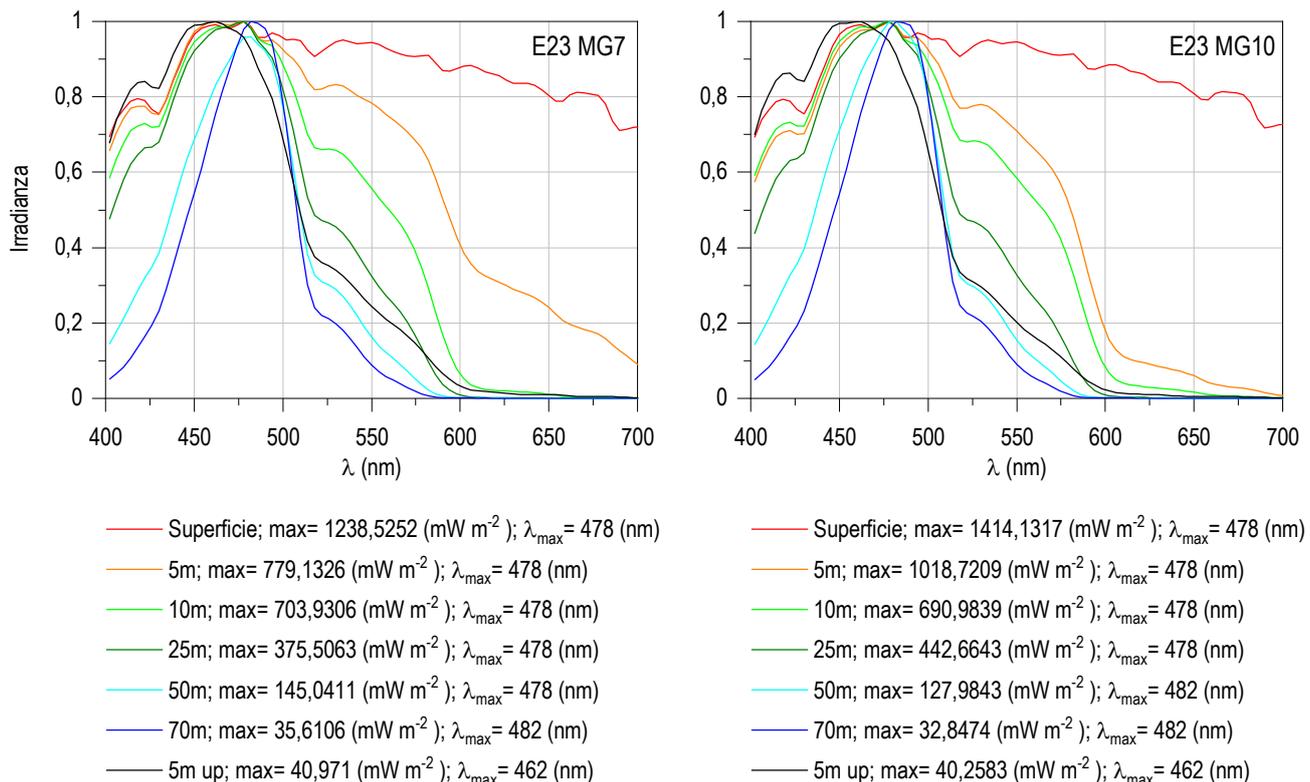


Figura 25 - Irradianza spettrale discendente superficiale e subacquea alle profondità indicate. E' inoltre riportata la irradianza spettrale ascendente a 5 m (5m up). Ogni spettro è stato normalizzato per il proprio massimo ($E_{max}(\lambda)$) riportato nella legenda insieme con la lunghezza d'onda dove si colloca (λ_{max}).

In **Figura 25** 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 E23 MG7 e E23 MG10. I massimi (λ_{max}) degli spettri dell'irradianza discendente si collocano nel range di lunghezze d'onda comprese fra 478 e 482 nm e la radiazione che raggiunge la maggior profondità, ovvero quella più penetrante (λ_{max} a 70 m), si trova a 482 nm in entrambe le stazioni.

2.1.2 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche

Nutrienti inorganici disciolti

In **Tabella 27** sono riportate le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ortofosfati (PO_4), silicati (SiO_2), rilevate nelle 8 stazioni campionate, mentre in **Figura 26** vengono riportati i loro profili batimetrici.

La concentrazione dei fosfati è in media $0,097 \mu\text{M}$, con minimo di $0,042 \mu\text{M}$ in EP23 MG3 12,5 m e massimo di $0,179 \mu\text{M}$ in E23 MG6 70 m (**Tabella 27**). La maggior parte delle stazioni hanno concentrazioni massime in superficie, ad eccezione di E23 MG3 e E23 MG6, con massimo a 70 m, e di E23 MG10 che presenta un massimo a 50 m. I minimi invece si collocano nella maggior parte delle stazioni tra i 12,5 m e i 50 m, mentre si ha un minimo a 0,5 m in E23 MG6 e in E23 MG10 (**Figura 26**).

La concentrazione media dei nitriti è di $0,091 \mu\text{M}$, con un minimo di $0,040 \mu\text{M}$ in E23 MG10 a 12,5 m e un massimo di $0,196 \mu\text{M}$ in E23 MG12 a 70 m (**Tabella 27**). I nitriti presentano una distribuzione verticale con massimi a 70 m in tutte le stazioni e minimi prevalentemente nello strato superficiale (0,5 m-12,5 m), ad eccezione di E23 MG12 dove il minimo si trova a 50 m.

Le concentrazioni medie dei nitrati sono di $0,441 \mu\text{M}$ con un range di variazione tra $0,026 \mu\text{M}$ in E23 MG12 12,5 m e $2,388 \mu\text{M}$ in E23 MG10 70 m (**Tabella 27**). I profili batimetrici (**Figura 26**) hanno esclusivamente massimi rilevati a 70 m. I minimi si trovano, invece, prevalentemente in superficie, ad eccezione che in E23 MG7 e E23 MG10, con minimo a 12,5 m, e E23 MG3 e E23 MG9, con un minimo a 50 m.

Le medie delle concentrazioni dei silicati sono di $1,739 \mu\text{M}$ e variano in un range compreso tra $1,235 \mu\text{M}$ in E23 MG7 a 0,5 m e $2,312 \mu\text{M}$ in E23 MG6 a 70 m (**Tabella 27**). I massimi si trovano nella maggior parte delle stazioni a 70 m, ad eccezione di E23 MG3, con massimo a 0,5 m, e E23 MG5 e E23 MG9, con un massimo a 50 m. I minimi, invece, si collocano esclusivamente tra gli 0,5 m e i 12,5 m.

Tabella 27 - Concentrazioni (μM) dei nutrienti inorganici disciolti.											
Stazione	Prof. m	SiO ₂	PO ₄	NO ₂	NO ₃	Stazione	Prof. m	SiO ₂	PO ₄	NO ₂	NO ₃
E23 MG3	0,5	2,032	0,050	0,048	0,346	E23 MG9	0,5	1,602	0,131	0,132	0,134
	12,5	1,802	0,042	0,051	0,206		12,5	1,880	0,100	0,052	0,116
	50	1,928	0,059	0,057	0,173		50	1,890	0,069	0,087	0,091
	70	1,941	0,069	0,165	0,929		70	1,838	0,088	0,163	1,092
E23 MG5	0,5	1,783	0,104	0,050	0,189	E23 MG10	0,5	1,359	0,060	0,062	0,037
	12,5	1,781	0,096	0,079	0,158		12,5	1,691	0,079	0,040	0,046
	50	1,872	0,085	0,062	0,163		50	1,525	0,119	0,078	0,142
	70	1,852	0,099	0,166	1,007		70	2,291	0,096	0,130	2,388
E23 MG6	0,5	1,715	0,127	0,063	0,313	E23 MG12	0,5	1,575	0,061	0,084	0,043
	12,5	1,486	0,155	0,042	0,106		12,5	1,317	0,126	0,082	<0,03
	50	1,798	0,133	0,056	0,134		50	1,670	0,055	0,069	0,037
	70	2,312	0,179	0,134	1,728		70	2,146	0,081	0,196	1,740
E23 MG7	0,5	1,235	0,145	0,070	0,101	E23 MG13	0,5	1,404	0,099	0,071	0,075
	12,5	1,547	0,112	0,050	0,119		12,5	1,676	0,043	0,077	0,033
	50	1,447	0,139	0,089	0,163		50	1,532	0,072	0,085	0,041
	70	1,953	0,143	0,157	1,686		70	1,763	0,076	0,175	0,538

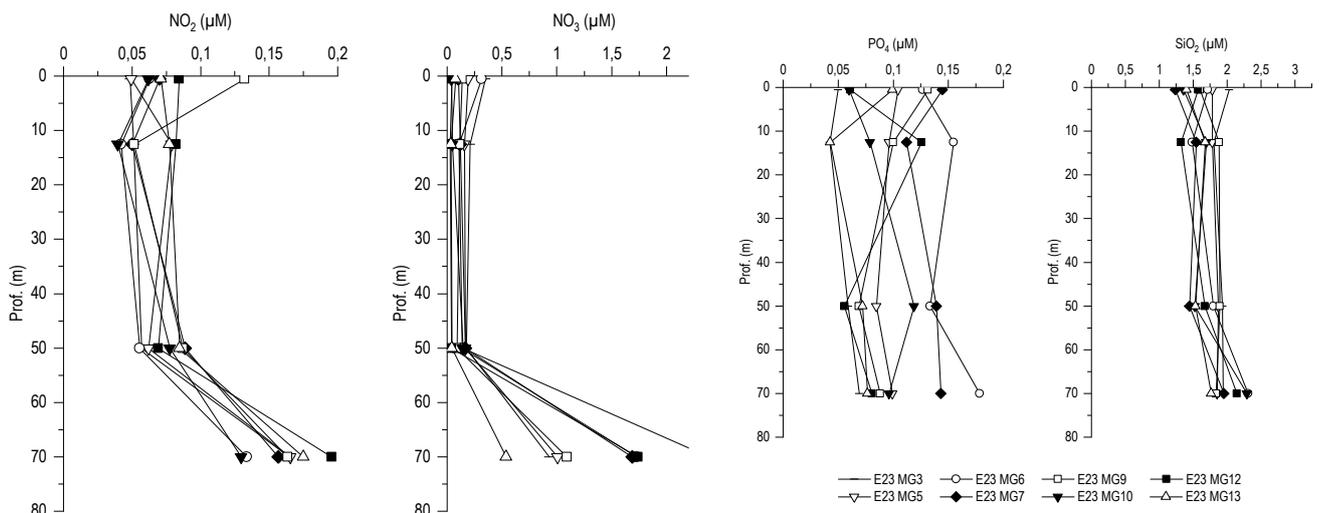


Figura 26 - Profili delle concentrazioni (μM) dei nutrienti inorganici disciolti: NO₂ (nitriti), NO₃ (nitrati), PO₄ (fosfati), SiO₂ (silicati).

Solidi sospesi (Total Suspended Matter)

Le concentrazioni di TSM in tutte le stazioni sono riportate in **Tabella 28**. Il valore medio generale è 0,8232 mg/l ($\pm 0,2$), il minimo è 0,535 mg/l in E23 MG3 a 70 m ed il massimo è 1,421 mg/l in E23 MG10 a 70 m.

Tabella 28 - Concentrazioni (mg/l) dei solidi sospesi (TSM).				
Prof. m	Stazione	TSM (mg/l)	Stazione	TSM (mg/l)
0,5	E23 MG3	0,9510	E23 MG9	0,8150
12,5		0,5865		0,7430
50		0,6553		0,7508
70		0,5350		1,1735
0,5	E23 MG5	0,8058	E23 MG10	1,0820
12,5		0,6835		0,8657
50		0,6825		0,6587
70		0,7262		1,4213
0,5	E23 MG6	0,7883	E23 MG12	0,7398
12,5		0,7440		0,8065
50		0,5750		0,5503
70		1,1145		1,3083
0,5	E23 MG7	1,0080	E23 MG13	0,8013
12,5		0,6260		0,7320
50		0,6970		0,6405
70		1,2660		0,8085

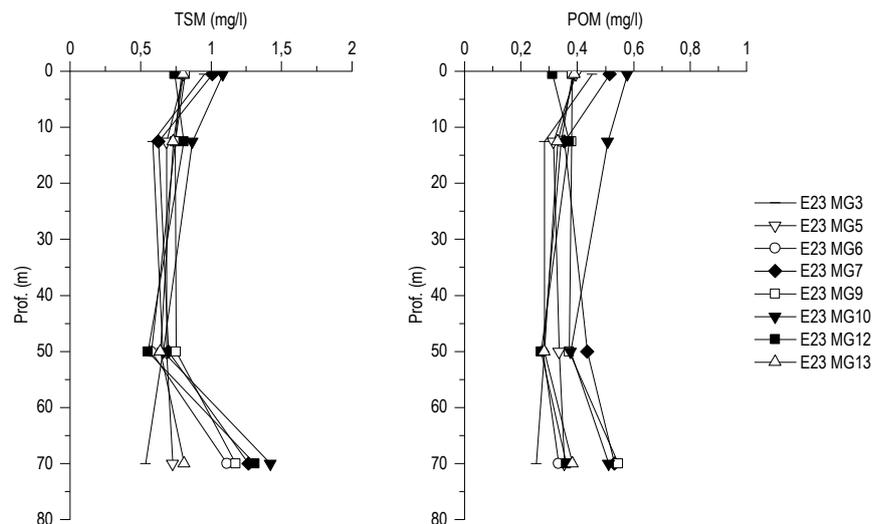


Figura 27 - Profili delle concentrazioni (mg/l) dei solidi sospesi (TSM) e delle concentrazioni di particolato organico (POM).

I profili batimetrici di TSM (Figura 27 - Profili delle concentrazioni (mg/l) dei solidi sospesi (TSM) e delle concentrazioni di particolato organico (POM).) mostrano che nella maggior parte delle stazioni i minimi si trovano tra 12,5 e 50 m (solo E23 MG3 con minimo a 70 m) e i massimi si trovano a 70 m ad eccezione di E23 MG3 ed E23 MG5 che presentano massimi in superficie. La concentrazione della frazione organica del TSM (POM) è in media 0,381 mg/l ($\pm 0,1$) con minimo di 0,255 mg/l in E23 MG3 a 70 m e massimo di 0,576 mg/l in E23 MG10 in superficie. I profili batimetrici del POM (Figura 27) presentano concentrazioni minime tra 12,5 e 50 m (con E23 MG3 con minimo a 70 m) e concentrazioni massime nello strato superficiale (solo E23 MG9 e E23 MG12 hanno il massimo a 70 m). La frazione organica particellata rappresenta in media il 47,26 % del TSM con minimo di 27,58% in E23 MG12 a 70 m e massimo di 62,41% in E23 MG7 a 50 m.

Sostanza Organica Disciolta Cromoforica (CDOM)

Gli assorbimenti della CDOM a 325 nm $a_{CDOM}(325)$ sono in media $0,2746 \text{ m}^{-1}$ ($\pm 0,1$) e variano da un minimo di $0,1467 \text{ m}^{-1}$ in E23 MG12 in superficie ad un massimo di $0,5955 \text{ m}^{-1}$ in E23 MG3 in superficie (Tabella 29). I profili batimetrici (Figura 28) evidenziano che la maggior parte delle stazioni ha concentrazioni minime tra la superficie e 12,5 m. Dai profili si nota come la stazione E23 MG3 mostri sia concentrazioni più alte di CDOM lungo tutta la colonna d'acqua che andamento diverso rispetto agli altri punti con minimo in profondità e massimo superficiale.

Tabella 29 - Assorbimento (m^{-1}) della CDOM alla lunghezza d'onda di 325 nm				
Prof. m	Stazione	$a_{CDOM}(325) m^{-1}$	Stazione	$a_{CDOM}(325) m^{-1}$
0,5	E23 MG3	0,5955	E23 MG9	0,1988
12,5		0,4670		0,2272
50		0,4522		0,3366
70		0,2983		0,2444
0,5	E23 MG5	0,1908	E23 MG10	0,2002
12,5		0,2032		0,2137
50		0,3303		0,3707
70		0,2614		0,2786
0,5	E23 MG6	0,2102	E23 MG12	0,1467
12,5		0,2071		0,1643
50		0,3436		0,3108
70		0,2391		0,2329
0,5	E23 MG7	0,2432	E23 MG13	0,1993
12,5		0,1949		0,1944
50		0,3437		0,3347
70		0,3008		0,2526

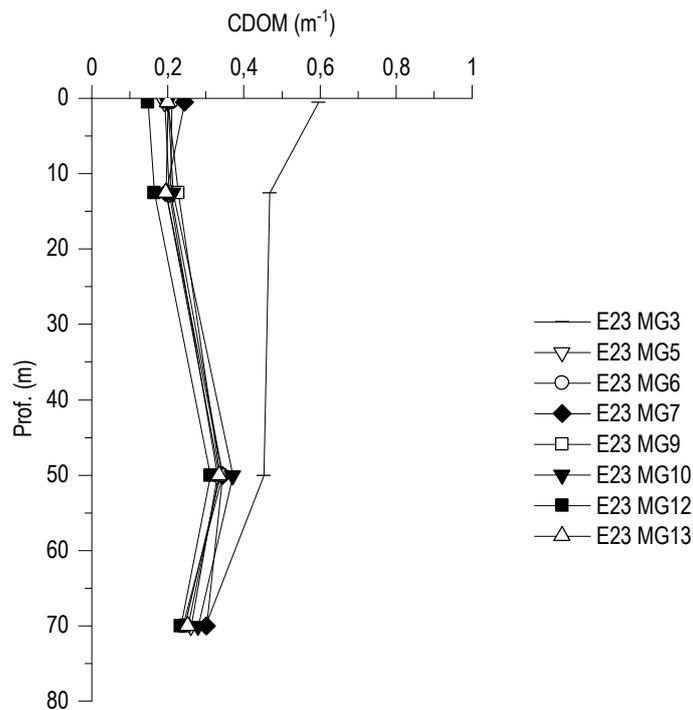


Figura 28 - Profili degli assorbimenti (m^{-1}) della CDOM a 325 nm ($a_{CDOM}(325)$).

Clorofilla a e diversità pigmentaria

La concentrazione di clorofilla a è in media $0,1591 \text{ mg/m}^3$ (dev. st. = $\pm 0,09$) e mostra un range di variazione compreso tra $0,053 \text{ mg/m}^3$ in E23 MG3 in superficie e $0,413 \text{ mg/m}^3$ in E23 MG9 a 70 m (**Tabella 30 - Concentrazioni (mg/m³) della Clorofilla a totale (Chl a tot = Clorofilla**

a + Divinil Clorofilla a + Alloclorofilla a, se presenti). I profili batimetrici delle concentrazioni di Chl a (**Figura 29**) mostrano minimi nello strato superficiale e concentrazioni massime in profondità a 70 m (solo E23 MG10 ha massimo a 50 m).

Prof. m	Stazione	Chl a mg/m^3	Stazione	Chl a mg/m^3
0,5	E23 MG3	0,0528	E23 MG9	0,0842
12,5		0,0883		0,0822
50		0,2248		0,2370
70		0,2446		0,4133
0,5	E23 MG5	0,0891	E23 MG10	0,0629
12,5		0,0860		0,0763
50		0,2290		0,2865
70		0,2377		0,1942
0,5	E23 MG6	0,0701	E23 MG12	0,0893
12,5		0,0792		0,0914
50		0,1632		0,1949
70		0,2367		0,2504
0,5	E23 MG7	0,0696	E23 MG13	0,0863
12,5		0,0706		0,0873
50		0,1943		0,1863
70		0,2641		0,2688

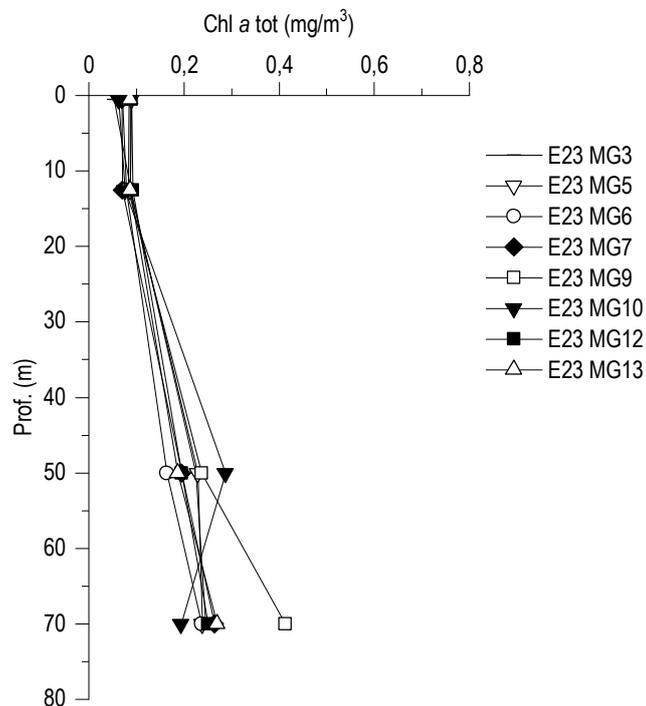


Figura 29 - Profili delle concentrazioni (mg/m^3) di clorofilla a tot.

Le concentrazioni dei nove pigmenti diagnostici principali sono riportate in **Tabella 31**. Il pigmento a maggiore concentrazione media (mg/m^3) è Chl b (media 0,062, dev. st. = $\pm 0,048$), seguono Zea (media 0,043, dev. st. = $\pm 0,014$), Hex-Fuco (media 0,0401, dev. st. = $\pm 0,002$), DVA (media 0,03, dev. st. = $\pm 0,03$), But-Fuco (media 0,027, dev. st. = $\pm 0,026$), Perid (media 0,014, dev. st. = $\pm 0,002$), Fuco (media 0,013, dev. st. = $\pm 0,008$), Prasino (media 0,005, dev. st. = $\pm 0,004$) e Allo (media 0,0008, dev. st. = $\pm 0,0007$).

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 30**).

Tabella 31 - Concentrazioni (mg/m³) dei principali pigmenti diagnostici fitoplanctonici (acronimi in Tabella 7).

Stazione	Prof.m	Fuco	Perid	Hex-Fuco	But-Fuco	Prasino	Allo	Zea	DVA	Chl b
E23 MG3	0,5	0,0039	0,0112	0,0202	0,0055	0,0008	0,0004	0,0224	0,0000	0,0207
	12,5	0,0087	0,0116	0,0298	0,0100	0,0020	0,0003	0,0417	0,0022	0,0216
	50	0,0122	0,0124	0,0562	0,0350	0,0047	0,0007	0,0753	0,0697	0,0727
	70	0,0238	0,0126	0,0482	0,0736	0,0088	0,0012	0,0371	0,0547	0,1162
E23 MG5	0,5	0,0079	0,0117	0,0294	0,0107	0,0017	0,0024	0,0442	0,0000	0,0247
	12,5	0,0078	0,0124	0,0348	0,0107	0,0016	0,0002	0,0323	0,0013	0,0239
	50	0,0130	0,0141	0,0579	0,0357	0,0048	0,0009	0,0656	0,0687	0,0710
	70	0,0221	0,0128	0,0474	0,0668	0,0112	0,0009	0,0204	0,0547	0,1192
E23 MG6	0,5	0,0055	0,0118	0,0213	0,0080	0,0008	0,0003	0,0407	0,0034	0,0214
	12,5	0,0046	0,0118	0,0240	0,0087	0,0018	0,0002	0,0344	0,0058	0,0200
	50	0,0111	0,0116	0,0415	0,0219	0,0043	0,0011	0,0399	0,0508	0,0476
	70	0,0215	0,0135	0,0489	0,0617	0,0097	0,0009	0,0345	0,0640	0,1370
E23 MG7	0,5	0,0063	0,0160	0,0225	0,0087	0,0012	0,0002	0,0316	0,0031	0,0269
	12,5	0,0055	0,0165	0,0236	0,0071	0,0012	0,0000	0,0479	0,0026	0,0306
	50	0,0112	0,0158	0,0456	0,0257	0,0053	0,0005	0,0813	0,0575	0,0611
	70	0,0244	0,0161	0,0476	0,0717	0,0121	0,0009	0,0471	0,0709	0,1603
E23 MG9	0,5	0,0059	0,0120	0,0274	0,0072	0,0016	0,0008	0,0343	0,0015	0,0183
	12,5	0,0071	0,0120	0,0328	0,0088	0,0015	0,0001	0,0349	0,0015	0,0259
	50	0,0170	0,0131	0,0604	0,0377	0,0056	0,0011	0,0610	0,0680	0,0709
	70	0,0300	0,0148	0,0808	0,1083	0,0163	0,0013	0,0294	0,0973	0,1805
E23 MG10	0,5	0,0042	0,0163	0,0173	0,0041	0,0010	0,0000	0,0356	0,0033	0,0325
	12,5	0,0059	0,0162	0,0254	0,0087	0,0013	0,0002	0,0500	0,0032	0,0338
	50	0,0169	0,0174	0,0779	0,0405	0,0088	0,0026	0,0549	0,0592	0,0845
	70	0,0260	0,0182	0,0375	0,0511	0,0076	0,0008	0,0398	0,0489	0,1260
E23 MG12	0,5	0,0062	0,0120	0,0273	0,0082	0,0020	0,0001	0,0255	0,0072	0,0232
	12,5	0,0062	0,0124	0,0296	0,0105	0,0017	0,0005	0,0417	0,0051	0,0216
	50	0,0112	0,0123	0,0469	0,0249	0,0052	0,0007	0,0508	0,0605	0,0566
	70	0,0318	0,0144	0,0484	0,0641	0,0091	0,0015	0,0323	0,0613	0,1330
E23 MG13	0,5	0,0071	0,0114	0,0262	0,0101	0,0019	0,0003	0,0399	0,0067	0,0223
	12,5	0,0063	0,0121	0,0291	0,0106	0,0017	0,0005	0,0396	0,0053	0,0198
	50	0,0086	0,0127	0,0595	0,0220	0,0033	0,0008	0,0602	0,0511	0,0363
	70	0,0224	0,0130	0,0573	0,0021	0,0084	0,0018	0,0355	0,0666	0,1148

In percentuale i pigmenti più abbondanti sono: Chl b, pigmento diagnostico delle Chlorophyta che costituisce in media circa il 23,67% della diversità pigmentaria; Zea (Cyanobatteri *Synechococcus*-like), in media il 22,61%; Hex-Fuco, pigmento diagnostico dei coccolitofori con il 18,79%; DVA (Cyanobatteri *Prochlorococcus*-like) in media il 10,44%; But-Fuco (Chrysophyceae) con il 9,8%; Perid (dinoflagellati) con il 7,47%; Fuco (diatomee) in media il 5,2%; Prasino (Prasinophyceae) in media l' 1,7%, e Allo (Cryptophyceae) che non arriva a rappresentare l'1% della diversità pigmentaria. La somma dei due pigmenti Zea (Cyanobatteri *Synechococcus*-like) e DVA (Cyanobatteri *Prochlorococcus*-like) rappresenta una stima della componente picoplanctonica che in E23 in media arriva al 33% circa con un contributo maggiore di Zea negli strati superficiali e di DVA tra 50 e 70 m (**Figura 30**).

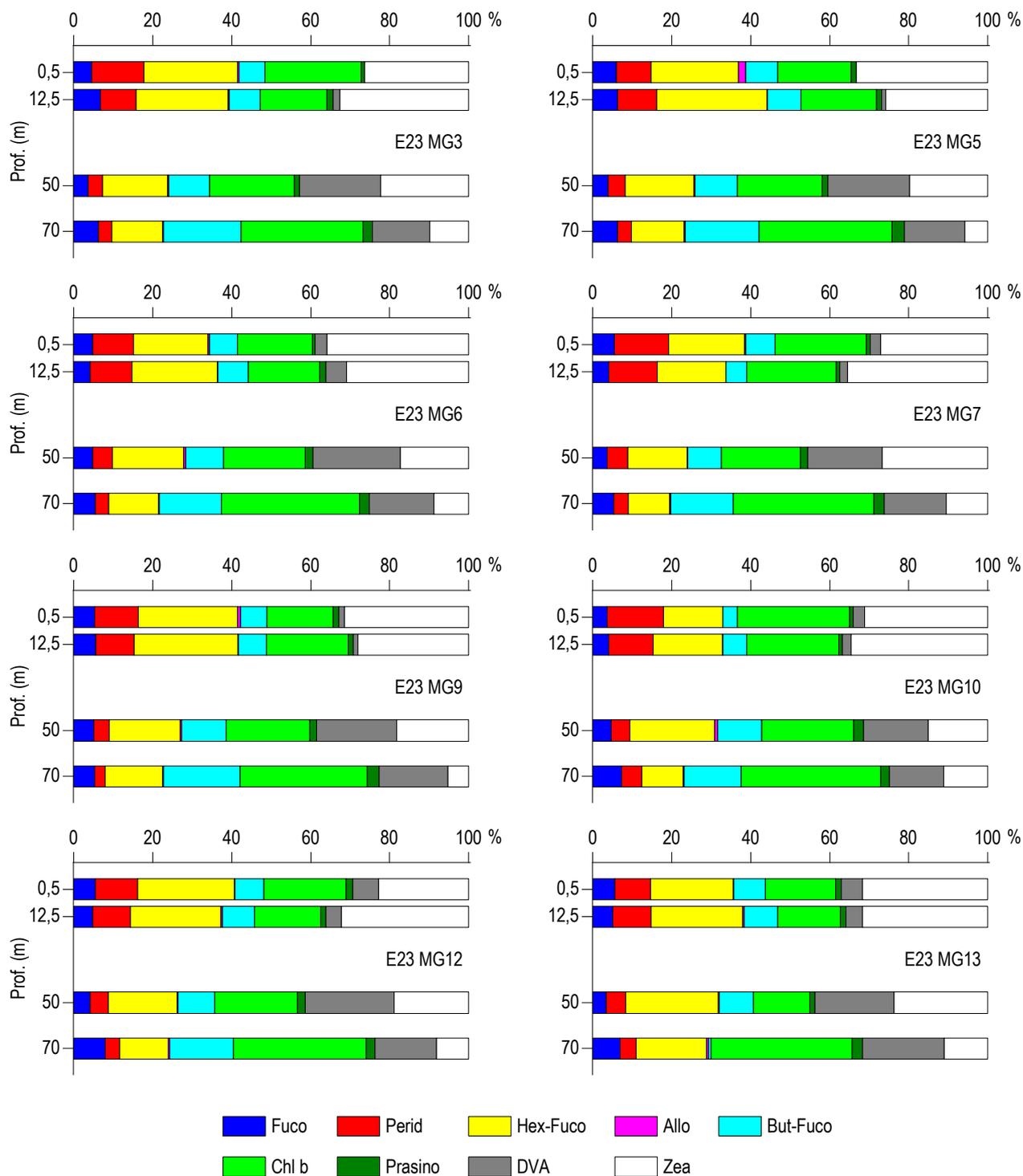


Figura 30 – Concentrazione relativa dei singoli pigmenti diagnostici in rapporto al totale delle concentrazioni dei nove Pigmenti Diagnostici (PD= Fuco+Perid+Hex-Fuco+But-Fuco+Allo+Prasino+Chlb+DVA+Zea).

Tensioattivi

Le concentrazioni dei **tensioattivi** risultano al di sotto del limite di quantificazione della metodica in tutti i campioni **Tabella 32**. I tensioattivi non ionici sono generalmente presenti con concentrazioni basse.

Tabella 32 - Concentrazione tensioattivi anionici e tensioattivi non ionici presenti nei campioni di acqua di mare lungo il profilo batimetrico. Le profondità sono espresse in metri. I dati sono espressi in milligrammi/litro.

Profondità	E23 MG3				E23 MG5				E23 MG6				E23 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	0.051	0.046	0.038	0.10	0.11	0.11	0.11	0.10	0.041	0.043	0.048	0.072	0.081	0.076	0.076	0.075

Profondità	E23 MG9				E23 MG10				E23 MG12				E23 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	0.14	0.15	0.14	0.12	0.11	0.11	0.14	0.12	0.050	0.046	0.086	0.085	0.091	0.11	0.12	0.11

Cloroderivati

Questi composti non sono stati rilevati tranne il Cloroformio e i Carbonio Tetra cloruro presenti un po' ovunque, ma con concentrazioni prossime al limite di quantificazione (**Tabella 33**).

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

Profondità (m)	E23 MG3				E23 MG5				E23 MG6				E23 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	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Acido Dibromoacetico	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Acido Tribromoacetico	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Acido Monobromoacetico	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5
Acido Bromodichloroacetico	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Acido Bromocloroacetico	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Acido Dichloroacetico	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4
Acido Tricloroacetico	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Acido Monocloroacetico	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Acido Clorodibromoacetico	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Aloacetoniirili (µg/l)																
Dibromoacetoniirile	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
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	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Alometani e VOC (µg/l)																
Cloroformio	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,016	< 0,01	0,027	0,063	0,081	0,067	0,050
Carbonio Tetracloruro	0,021	0,019	0,020	0,018	0,019	0,018	0,020	0,019	0,019	0,021	0,021	0,022	0,020	0,023	0,021	0,020
Tricloro Etilene	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Dicloro Bromo Metano	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Tetracloro Etilene	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Dibromo Cloro Metano	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Bromoformio	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,2-Dibromo Etano	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,1,1-Tricloro Etano	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,1,2-Tricloro Etano	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Alofenoli (µg/l)																
2,4-Diclorofenolo	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
4-Cloro-3-Metilfenolo	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
2,4,6-Triclorofenolo	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Pentaclorofenolo	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Acidi aloacetici (µg/l)																

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

Profondità (m)	E23 MG3				E23 MG5				E23 MG6				E23 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
Dalapon	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Acido Dibromoacetico	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Acido Tribromoacetico	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Acido Monobromoacetico	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
Acido Bromodichloroacetico	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Acido Bromocloroacetico	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Acido Dichloroacetico	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4
Acido Tricloroacetico	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Acido Monocloroacetico	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Acido Clorodibromoacetico	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Aloacetoni nitrili (µg/l)																
Dibromoacetone nitrile	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Dicloroacetone nitrile	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Tricloroacetone nitrile	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
1,1,1-Tricloro-2-Propanone	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
1,1-Dicloro-2-Propanone	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Cloropirina	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Alometani e VOC (µg/l)																
Cloroformio	0,055	0,056	0,069	0,058	0,099	0,069	0,082	<0,01	0,020	<0,01	0,067	0,038	0,081	0,076	0,089	0,093
Carbonio Tetracloruro	0,020	0,020	0,021	0,020	0,021	0,020	0,021	0,020	0,021	0,020	0,021	0,019	0,020	0,021	0,022	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	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,048	0,021	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,2-Dibromo Etano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,1,1-Tricloro Etano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,1,2-Tricloro Etano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Alofenoli (µg/l)																
2,4-Diclorofenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
4-Cloro-3-Metilfenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
2,4,6-Triclorofenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Pentaclorofenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2

Idrocarburi totali

Nella **Tabella 34** si riportano i risultati degli Idrocarburi totali: questi composti sono diffusamente presenti con concentrazioni che variano indipendentemente dalla distanza dal terminale e dal livello di profondità indagato lungo la colonna d'acqua.

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

E23 MG3				E23 MG5				E23 MG6				E23 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
135,01	83,00	115,86	118,37	100,54	97,52	94,37	130,90	108,36	154,09	124,72	66,38	119,91	84,25	126,49	133,29
E23 MG9				E23 MG10				E23 MG12				E23 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
128,15	140,44	113,44	128,64	83,35	167,42	91,30	142,58	119,96	117,56	85,84	71,04	88,48	107,33	<50	94,83

Analisi microbiologiche

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

Tabella 35 - Risultati delle analisi microbiologiche condotte nelle acque superficiali durante la stagione estiva 2023. I dati sono espressi in ufc/100ml.

	E23 MG3	E23 MG5	E23 MG6	E23 MG7	E23 MG9	E23 MG10	E23 MG12	E23 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

2.1.3 Saggi eco tossicologici su campioni di acqua

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

Campione	Prof. (m)	Salinità (‰)	pH	Ossigeno disciolto (mg/l)	Stazione	prof. (m)	Salinità (‰)	pH	Ossigeno disciolto (mg/l)
Controllo		38	8,17	7,98					
E23 MG3	0,5	38	8,05	6,90	E23 MG9	0,5	38	8,19	7,65
	12,5	38	8,09	6,99		12,5	38	8,17	7,24
	50	38	8,14	7,10		50	38	8,15	7,11
E23 MG5	0,5	38	8,12	7,84	E23 MG10	0,5	38	8,04	7,00
	12,5	38	8,07	7,65		12,5	38	8,09	7,01
	50	38	8,13	7,24		50	38	8,04	6,38
E23 MG6	0,5	38	8,15	7,39	E23 MG12	0,5	38	8,05	6,95
	12,5	38	8,17	6,82		12,5	38	8,11	6,74
	50	38	8,00	6,76		50	38	8,14	6,82
E23 MG7	0,5	38	8,12	7,14	E23 MG13	0,5	38	8,00	6,86
	12,5	38	8,14	7,94		12,5	38	8,01	6,85
	50	38	8,16	7,45		50	38	8,16	6,82

Vibrio fischeri

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

Campione	Effetto massimo 15' (± DS)		EC20	EC50	Effetto massimo 30' (± DS)		EC20	EC50
E23 MG3 0,5	-0,91	± 3,05	≥90	≥90	-3,98	± 1,21	≥90	≥90
E23 MG3 12,5	1,31	± 2,33	≥90	≥90	-1,74	± 1,90	≥90	≥90
E23 MG3 50	-0,62	± 0,04	≥90	≥90	-6,06	± 0,44	≥90	≥90
E23 MG5 0,5	-0,74	± 2,21	≥90	≥90	0,98	± 1,50	≥90	≥90
E23 MG5 12,5	-1,63	± 1,78	≥90	≥90	4,22	± 2,32	≥90	≥90
E23 MG5 50	3,72	± 4,19	≥90	≥90	1,83	± 2,97	≥90	≥90
E23 MG6 0,5	-3,06	± 0,93	≥90	≥90	1,76	± 1,40	≥90	≥90
E23 MG6 12,5	1,25	± 0,13	≥90	≥90	1,57	± 0,71	≥90	≥90
E23 MG6 50	0,64	± 2,57	≥90	≥90	-1,42	± 2,52	≥90	≥90
E23 MG7 0,5	-2,67	± 0,11	≥90	≥90	-0,95	± 0,56	≥90	≥90
E23 MG7 12,5	-1,33	± 2,69	≥90	≥90	-3,61	± 2,00	≥90	≥90
E23 MG7 50	-2,47	± 0,45	≥90	≥90	3,89	± 1,03	≥90	≥90
E23 MG9 0,5	-0,89	± 0,17	≥90	≥90	-2,36	± 1,15	≥90	≥90
E23 MG9 12,5	-2,51	± 3,50	≥90	≥90	0,99	± 2,04	≥90	≥90
E23 MG9 50	-2,72	± 1,75	≥90	≥90	0,82	± 0,64	≥90	≥90
E23 MG10 0,5	-2,38	± 0,28	≥90	≥90	-2,54	± 1,09	≥90	≥90
E23 MG10 12,5	-1,85	± 1,12	≥90	≥90	-1,56	± 0,80	≥90	≥90
E23 MG10 50	-2,15	± 1,12	≥90	≥90	-1,67	± 3,01	≥90	≥90
E23 MG12 0,5	-0,05	± 1,43	≥90	≥90	-0,29	± 0,93	≥90	≥90
E23 MG12 12,5	-2,26	± 0,75	≥90	≥90	-1,87	± 1,69	≥90	≥90
E23 MG12 50	-3,94	± 2,14	≥90	≥90	-1,17	± 0,14	≥90	≥90
E23 MG13 0,5	-2,97	± 1,82	≥90	≥90	-1,39	± 3,59	≥90	≥90
E23 MG13 12,5	-2,50	± 2,51	≥90	≥90	-1,67	± 3,68	≥90	≥90
E23 MG13 50	-4,14	± 4,60	≥90	≥90	-0,03	± 3,17	≥90	≥90

Pheodactylum tricornutum

Nella **Tabella 38** sono riportati i risultati del test d'inibizione della crescita algale (72 h) con *P. tricornutum*. I risultati sono espressi come la 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 (bicromato di potassio) ha fornito un valore della EC50 = 50,27 mg/l (43,26-61,81). Tale valore risulta all'interno della carta di controllo del laboratorio. Il test è stato ritenuto valido in quanto la crescita algale nei controlli negativi, rispetto all'inoculo iniziale, ha superato il fattore 16, mantenendo un coefficiente di variazione tra le repliche del controllo < 7%, come indicato nelle linee guida.

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

Campione	Densità algale media alla max concentrazione (N° cellule ± dev.st.)		%	EC20%	EC50%
Controllo	1747778	± 26885	-	-	-
E23 MG3 0,5	1792000	± 67304	-0,48	≥100	>100
E23 MG3 12,5	1767111	± 28514	-0,21	≥100	>100
E23 MG3 50	1748444	± 46977	-0,01	≥100	>100
E23 MG5 0,5	1673778	± 46977	0,84	≥100	>100
E23 MG5 12,5	1773333	± 32332	-0,28	≥100	>100
E23 MG5 50	1848000	± 116573	-1,08	≥100	>100
E23 MG6 0,5	1773333	± 67304	-0,28	≥100	>100
E23 MG6 12,5	1767111	± 86218	-0,21	≥100	>100
E23 MG6 50	1418667	± 744564	4,04	≥100	>100
E23 MG7 0,5	1381333	± 727521	4,56	≥100	>100
E23 MG7 12,5	1406222	± 718202	4,21	≥100	>100
E23 MG7 50	1680000	± 18667	0,77	≥100	>100
E23 MG9 0,5	1792000	± 64663	-0,48	≥100	>100
E23 MG9 12,5	1798222	± 65555	-0,55	≥100	>100
E23 MG9 50	1729778	± 70671	0,20	≥100	>100
E23 MG10 0,5	1686222	± 70671	0,69	≥100	>100
E23 MG10 12,5	1711111	± 84173	0,41	≥100	>100
E23 MG10 50	1717333	± 85541	0,34	≥100	>100
E23 MG12 0,5	1592889	± 102808	1,80	≥100	>100
E23 MG12 12,5	1686222	± 43109	0,69	≥100	>100
E23 MG12 50	1767111	± 102808	-0,21	≥100	>100
E23 MG13 0,5	1711111	± 95790	0,41	≥100	>100
E23 MG13 12,5	1698667	± 49387	0,55	≥100	>100
E23 MG13 50	1692444	± 10777	0,62	≥100	>100

Paracentrotus lividus

QA-QC – Il test eseguito con la sostanza di riferimento ha fornito una EC₅₀ di 25,77 µg l⁻¹ di Cu (LC=23,89 e UC=27,81), che rientra nei limiti della carta di controllo del laboratorio. La percentuale media di embrioni allo stadio di pluteo (89 ± 0,58%) è risultata conforme, in quanto superiore al limite del 75% e inferiore al limite del 95%.

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

Tabella 39- Risultati del test di embriotossicità (72 ore) con <i>P. lividus</i> e successiva stima della tossicità cronica.							
Campione/ Prof. (m)	Concentrazione (%) del campione	% media di plutei (± dev.st. %)		% media di embrioni non sviluppati	Correzione ABBOTT (embrioni non sviluppati)	EC 20 (%)	EC 50 (%)
Controllo		89	± 0,58	11	0	-	-
E23 MG3/0,5	100	76	± 1,53	24	14	≥100	>100
	50	83	± 1,53	17	6		
	25	85	± 1,53	15	4		
E23MG3/12,5	100	75	± 1,73	25	15	≥100	>100
	50	83	± 2,08	17	6		
	25	87	± 1,73	13	2		
E23 MG3/50	100	66	± 2,65	34	26	76,3	>100
	50	77	± 2,00	23	13		
	25	85	± 2,08	15	4		
E23 MG5/0,5	100	71	± 2,65	29	20	≥100	>100
	50	81	± 1,53	19	9		
	25	85	± 1,53	15	4		
E23 MG5/12,5	100	75	± 3,00	25	15		>100

Tabella 39- Risultati del test di embriotossicità (72 ore) con <i>P. lividus</i> e successiva stima della tossicità cronica.								
Campione/ Prof. (m)	Concentrazione (%) del campione	% media di plutei (\pm dev.st. %)		% media di embrioni non sviluppati	Correzione ABBOTT (embrioni non sviluppati)	EC 20 (%)	EC 50 (%)	
	50	83	\pm 1,53	17	7	\geq 100		
	25	85	\pm 1,73	15	4			
E23 MG5/50	100	66	\pm 1,53	34	26			
	50	78	\pm 2,65	22	12	77,1	>100	
	25	84	\pm 1,00	16	5			
E23 MG6/0,5	100	71	\pm 1,15	29	20			
	50	82	\pm 2,08	18	8	\geq 100	>100	
	25	86	\pm 2,08	14	3			
E23 MG6/12,5	100	71	\pm 1,00	29	20			
	50	80	\pm 1,53	20	9	\geq 100	>100	
	25	86	\pm 2,08	14	3			
E23 MG6/50	100	56	\pm 1,00	44	37			
	50	77	\pm 2,52	23	14	60,8	>100	
	25	82	\pm 2,08	18	7			
E23 MG7/0,5	100	72	\pm 2,52	28	18			
	50	83	\pm 1,53	17	6	\geq 100	>100	
	25	87	\pm 1,53	13	2			
E23 MG7/12,5	100	74	\pm 2,08	26	17			
	50	82	\pm 2,00	18	8	\geq 100	>100	
	25	85	\pm 1,73	15	4			
E23 MG7/50	100	58	\pm 2,08	42	35			
	50	77	\pm 2,08	23	14	63,4	>100	
	25	84	\pm 2,65	16	5			
E23 MG9/0,5	100	72	\pm 1,53	28	19			
	50	80	\pm 2,52	20	9	\geq 100	>100	
	25	85	\pm 2,08	15	4			
E23 MG9/12,5	100	76	\pm 2,08	24	14			
	50	83	\pm 2,08	17	7	\geq 100	>100	
	25	85	\pm 1,53	15	4			
E23 MG9/50	100	65	\pm 2,31	35	27			
	50	78	\pm 2,52	22	12	74,4	>100	
	25	84	\pm 2,08	16	5			
E23 MG10/0,5	100	69	\pm 1,15	31	22			
	50	81	\pm 2,08	19	8	94,4	>100	
	25	85	\pm 2,08	15	4			
E23 MG10/12,5	100	73	\pm 1,73	27	18			
	50	83	\pm 1,53	17	7	\geq 100	>100	
	25	85	\pm 2,65	15	4			
E23 MG10/50	100	72	\pm 2,08	28	19			
	50	82	\pm 2,08	18	8	\geq 100	>100	
	25	84	\pm 2,65	16	5			
E23 MG12/0,5	100	74	\pm 1,53	26	16			
	50	82	\pm 1,00	18	8	\geq 100	>100	
	25	86	\pm 1,15	14	3			
E23 MG12/12,5	100	72	\pm 2,08	28	19			
	50	83	\pm 1,00	17	6	\geq 100	>100	
	25	85	\pm 1,15	15	4			
E23 MG 12/50	100	75	\pm 1,53	25	15			
	50	83	\pm 1,73	17	6	\geq 100	>100	
	25	86	\pm 1,53	14	3			
E23 MG13/0,5	100	76	\pm 1,53	24	15			>100

Tabella 39- Risultati del test di embriotossicità (72 ore) con *P. lividus* e successiva stima della tossicità cronica.

Campione/ Prof. (m)	Concentrazione (%) del campione	% media di plutei (± dev.st. %)		% media di embrioni non sviluppati	Correzione ABBOTT (embrioni non sviluppati)	EC 20 (%)	EC 50 (%)
	50	84	± 2,52	16	6	≥100	
	25	85	± 1,00	15	4		
E23 MG13/12,5	100	74	± 2,08	26	16	≥100	>100
	50	84	± 1,15	16	6		
	25	86	± 1,00	14	3		
E23 MG13/50	100	67	± 2,08	33	25	83,4	>100
	50	80	± 1,00	20	10		
	25	86	± 2,00	14	3		

Acartia tonsa

Nelle due tabelle successive sono riportati i risultati relativi al saggio di tossicità acuta condotto sui campioni di colonna d'acqua utilizzando uova di *Acartia tonsa*. Il numero di naupli mobili per replica è stato conteggiato a 24 e 48 ore di esposizione.

Tutti i campioni hanno mostrato assenza di tossicità alla massima concentrazione.

Tabella 40 - Risultati relativi al saggio di tossicità acuta con *A. tonsa*. EC50 24h (L.C. 95%) con sostanza di riferimento NiCl₂·6H₂O = 0,26 mg Ni²⁺/L (0,22-0,31).

Campione/Prof. (m)	Effetto alla massima concentrazione Naupli mobili ± dev.st. (%)			Effetto alla massima concentrazione Naupli immobili ± dev.st. (%)			Immobilizzazione % media Corretta Abbott
Controllo	100,00	±	0,00	0,00	±	0,00	
E23 MG3 0,5	100,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00
E23 MG3 12,5	100,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00
E23 MG3 50	93,33	±	0,58	6,67	±	0,58	6,67
E23 MG5 0,5	96,66	±	0,58	3,33	±	0,58	3,33
E23 MG5 12,5	100,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00
E23 MG5 50	100,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00
E23 MG6 0,5	96,66	±	0,58	3,33	±	0,58	3,33
E23 MG6 12,5	93,33	±	0,58	6,67	±	0,58	6,67
E23 MG6 50	100,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00
E23 MG7 0,5	100,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00
E23 MG7 12,5	100,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00
E23 MG7 50	96,66	±	0,58	3,33	±	0,58	3,33
E23 MG9 0,5	100,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00
E23 MG9 12,5	100,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00
E23 MG9 50	93,33	±	0,58	6,67	±	0,58	6,67
E23 MG10 0,5	96,66	±	0,58	3,33	±	0,58	3,33
E23 MG10 12,5	100,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00
E23 MG10 50	100,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00
E23 MG12 0,5	100,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00
E23 MG12 12,5	100,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00
E23 MG12 50	96,66	±	0,58	3,33	±	0,58	3,33
E23 MG13 0,5	93,33	±	0,58	6,67	±	0,58	6,67
E23 MG13 12,5	100,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00
E23 MG13 50	100,00	±	0,00	0	±	0,00	0,00

Tabella 41 - Risultati relativi al saggio di tossicità acuta con *A. tonsa*. EC50 48h (L.C. 95%) con sostanza di riferimento $NiCl_2 \cdot 6H_2O$ = 0,24 mg Ni^{2+}/L (0,10-0,29)

Campione Prof.(m)	Effetto alla massima concentrazione Naupli mobili \pm dev.st. (%)			Effetto alla massima concentrazione Naupli immobili \pm dev.s.t (%)			Immobilizzazione % media Corretta Abbott
		\pm			\pm		
Controllo	96,67	\pm	0,58	3,33	\pm	0,58	
E23 MG3 0,5	100,00	\pm	0,00	0,00	\pm	0,00	-0,58
E23 MG3 12,5	100,00	\pm	0,00	0,00	\pm	0,00	-0,58
E23 MG3 50	93,33	\pm	0,58	6,67	\pm	0,58	6,12
E23 MG5 0,5	96,67	\pm	0,58	3,33	\pm	0,58	2,77
E23 MG5 12,5	100,00	\pm	0,00	0,00	\pm	0,00	-0,58
E23 MG5 50	96,67	\pm	0,58	3,33	\pm	0,58	2,77
E23 MG6 0,5	93,33	\pm	0,58	6,67	\pm	0,58	6,12
E23 MG6 12,5	90,00	\pm	1,00	10,00	\pm	1,00	9,48
E23 MG6 50	100,00	\pm	0,00	0,00	\pm	0,00	-0,58
E23 MG7 0,5	96,67	\pm	0,58	3,33	\pm	0,58	2,77
E23 MG7 12,5	96,67	\pm	0,58	3,33	\pm	0,58	2,77
E23 MG7 50	93,33	\pm	0,58	6,67	\pm	0,58	6,12
E23 MG9 0,5	100,00	\pm	0,00	0,00	\pm	0,00	-0,58
E23 MG9 12,5	100,00	\pm	0,00	0,00	\pm	0,00	-0,58
E23 MG9 50	93,33	\pm	0,58	6,67	\pm	0,58	6,12
E23 MG10 0,5	93,33	\pm	0,58	6,67	\pm	0,58	6,12
E23 MG10 12,5	100,00	\pm	0,00	0,00	\pm	0,00	-0,58
E23 MG10 50	96,67	\pm	0,58	3,33	\pm	0,58	2,77
E23 MG12 0,5	96,67	\pm	0,58	3,33	\pm	0,58	2,77
E23 MG12 12,5	93,33	\pm	0,58	6,67	\pm	0,58	6,12
E23 MG12 50	93,33	\pm	0,58	6,67	\pm	0,58	6,12
E23 MG13 0,5	93,33	\pm	0,58	6,67	\pm	0,58	6,12
E23 MG13 12,5	100,00	\pm	0,00	0,00	\pm	0,00	-0,58
E23 MG13 50	100,00	\pm	0,00	0,00	\pm	0,00	-0,58

2.1.4 Plancton

2.1.4.1 Fitoplancton

Analisi quantitativa e qualitativa del fitoplancton da bottiglia

Le densità fitoplanctoniche totali sono in media circa 36,34 cell/ml variando da un minimo di 19,21 cell/ml in E23 MG13 a 70 m ad un massimo di 58,88 cell/ml in E23 MG10 a 50 m (**Tabella 42**). L'andamento delle densità lungo la colonna d'acqua mostra minimi a 70 m in tutte le stazioni tranne E23 MG6 che presenta il minimo a 12,5 m e massimi a 50 m ed E23 MG7 che presenta il massimo in superficie (**Figura 31**). Mediamente le maggiori abbondanze sono da attribuire al gruppo denominato "Altro plancton" costituito dalle classi di nanoflagellati (Cryptophyceae, Chrysophyceae, Dictyochophyceae, Chlorophyceae, Euglenoidea, Prasinophyceae, Pymnesiophyceae non Coccolitofori, Cyanophyceae più i flagellati non identificati) che varia tra 6,98 cell/ml in E23 MG13 a 70 m e 36,84 cell/ml in E23 MG10 a 50 m. I dinoflagellati sono la seconda classe più abbondante variando tra 2,39 cell/ml in E23 MG7 a 70 m e 11,13 cell/ml alla E23 MG13 a 50 m. Le diatomee variano tra 1,87 cell/ml in E23 MG13 a 0,5 m e 9,56 cell/ml in E23 MG10 a 50 m. I coccolitofori, infine, risultano i meno abbondanti variando tra 0,51 cell/ml in E23 MG12 a 70 m e 10,13 cell/ml in E23 MG6 in superficie.

Tabella 42 - Densità fitoplanctonica totale (cell/ml) e delle classi o gruppi identificati.						
Stazione	prof. (m)	Diatomee	Dinoflagellati	Coccolitofori	Altro	Totale
E23 MG6	0,5	2,35	7,31	10,13	25,08	44,87
	12,5	3,96	7,04	7,71	23,20	41,91
	50	7,96	10,24	3,90	27,78	49,88
	70	6,08	10,51	1,97	30,21	48,77
E23 MG7	0,5	2,44	7,88	8,02	29,86	48,20
	12,5	3,15	6,84	9,03	21,96	40,98
	50	4,05	7,53	3,07	18,28	32,93
	70	6,43	2,39	2,05	13,62	24,49
E23 MG10	0,5	3,82	8,79	9,99	19,31	41,91
	12,5	2,53	6,09	7,12	17,86	33,59
	50	9,56	7,10	5,38	36,84	58,88
	70	8,70	4,38	1,46	13,67	28,21
E23 MG12	0,5	3,45	6,84	1,22	15,85	27,37
	12,5	2,51	7,26	0,71	19,99	30,47
	50	9,51	7,59	0,64	22,50	40,24
	70	8,55	3,86	0,51	12,47	25,39
E23 MG13	0,5	1,87	5,80	4,70	18,10	30,47
	12,5	2,65	4,32	5,09	10,60	22,67
	50	3,24	11,13	2,54	19,36	36,26
	70	8,08	2,56	1,59	6,98	19,21

Osservando il contributo percentuale delle classi si nota che in estate 2023 il popolamento è rappresentato principalmente dal gruppo denominato Altro plancton, in media il 55,53%, con *Phaeocystis* sp. e Chryptophyceae n.i.; dalla classe dei dinoflagellati (in media il 18,64%), rappresentati principalmente da individui del genere *Gymnodinium*; dalla classe delle diatomee che contribuisce mediamente con il 13,88% grazie a *Cylindrotheca closterium*, *Thalassionema frauenfeldii* e *Pseudo-nitzschia delicatissima* e infine dalla classe dei coccolitofori, in media l'11,95%, rappresentati quasi esclusivamente da *Emiliania huxleyi*.

In totale sono stati identificati a diverso livello tassonomico 205 taxa (più la categoria Flagellati indeterminati) (Tabella 43) suddivisi tra le principali classi o raggruppamenti fitoplanctonici di cui si fornisce l'elenco completo in Tabella 44.

La maggior parte dei taxa appartiene alle diatomee e ai dinoflagellati che sono rappresentati rispettivamente da 80 e 49 specie e da 11 e 3 forme identificate a livello di genere. I coccolitofori risultano meno diversificati con 25 specie insieme ad 1 categoria sopragenerica. Il gruppo "Altro plancton", infine, è rappresentato da un totale di 27 taxa suddivisi in 19 specie, 6 generi e 2 categorie superiori. Il popolamento fitoplanctonico estivo del 2023 presenta valori medi di diversità specifica (Shannon) e di equitabilità (Pielou) di 3,59 bit/cell e di 0,64 variando rispettivamente tra 2,44 (E23 MG6 70 m) e 4,31 (E23 MG13 70 m) bit/cell e tra 0,49 (E23 MG6 70 m) e 0,79 (E23 MG13 70 m).

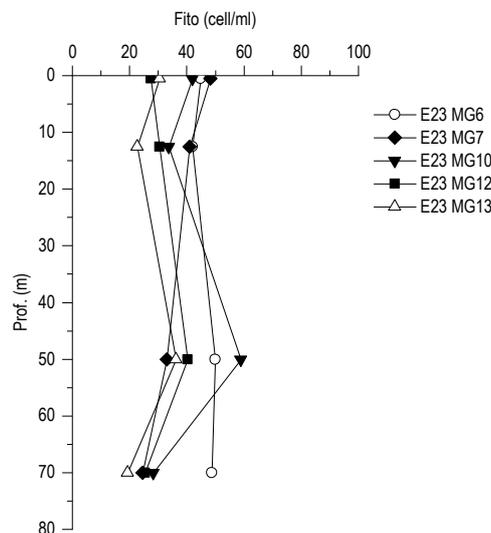


Figura 31 - Profili delle densità fitoplanctoniche totali (cell/ml).

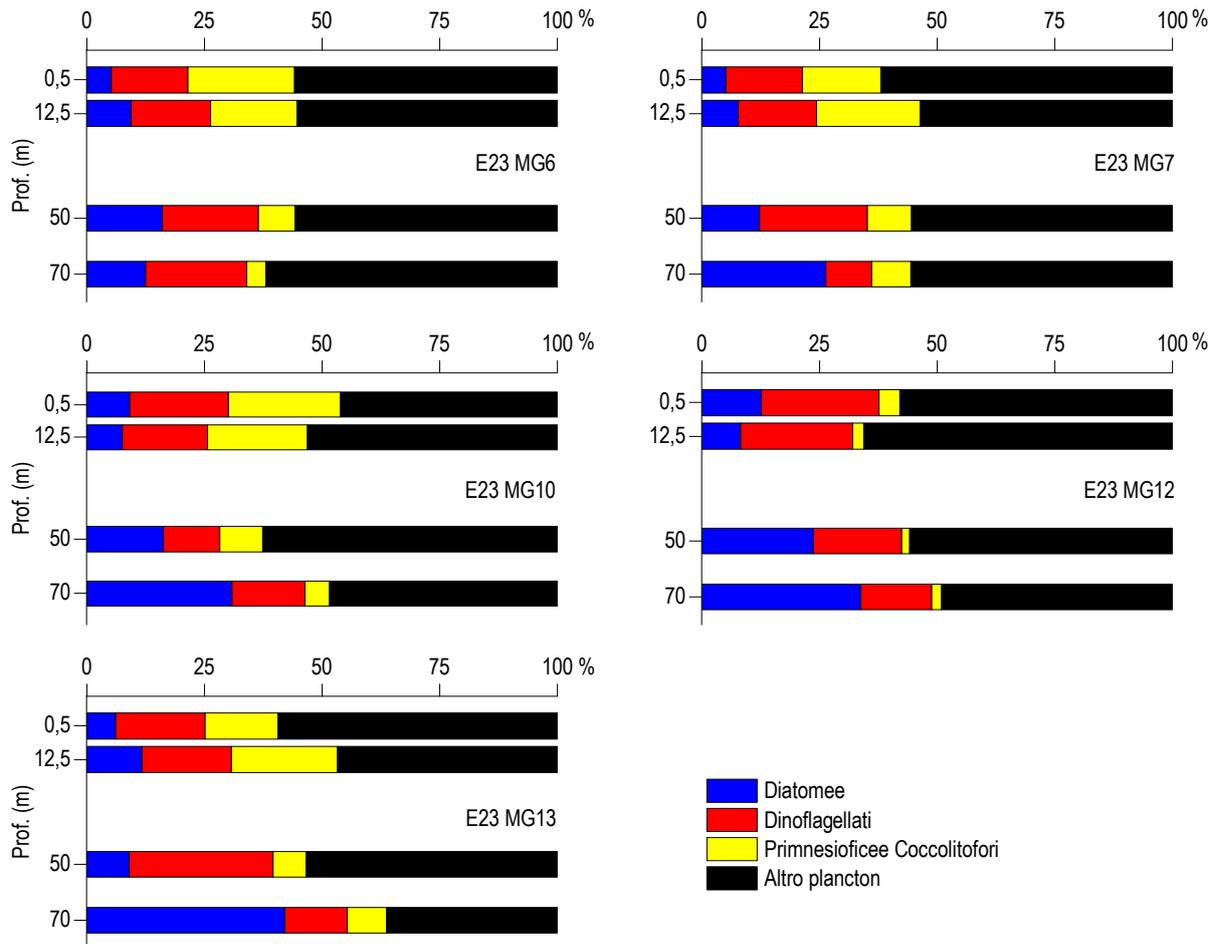


Figura 32– Abbondanza relativa delle classi fitoplanctoniche indicate in legenda in rapporto all'abbondanza totale.

Tabella 43 - 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	80	11	5
Dinoflagellati	49	3	4
Prymnesiophyceae coccolitofori	25		1
Cryptophyceae	1		1
Chrysophyceae/Dictyochophyceae	6		
Chlorophyta/Euglenoidea	2	1	1
Prasinophyceae	3	2	
Prymnesiophyceae non coccolitofori		1	
Cyanophyceae		1	
Raphidophyceae	4		
Altro	3	1	
Totale	173	20	12

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

Tabella 44 - Lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative microscopiche.

DIATOMEE		
<i>Achnanthes brevipes</i> Agardh 1824	Diatomea pennata n.i. (forma p)	<i>Nitzschia macilenta</i> Gregory
<i>Amphora crassa</i> Gregory 1857	Diatomee centriche $\leq 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Nitzschia sicula</i> (Castracane) Hustedt
<i>Amphora laevis</i> Gregory 1857	Diatomee centriche $> 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Nitzschia</i> spp.
<i>Amphora</i> spp.	Diatomee pennate $\leq 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Odontella aurita</i> (Lyngbye) Agardh 1832
<i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castracane) Round 1990	Diatomee pennate $> 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Plagiogramma</i> sp.
<i>Asterolampra marylandica</i> Ehrenberg 1844	<i>Dimeregramma nanum</i> (Gregory) Ralfs 1861	<i>Plagiotropis</i> sp.
<i>Bacteriastrium delicatulum</i> Cleve 1897	<i>Diploneis bombus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1853	<i>Planktoniella sol</i> (Wallich) Schütt 1892
<i>Campylosira cymbelliformis</i> (Schmidt) Grunow ex Van Heurck 1885	<i>Diploneis crabro</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1854	<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström 1986
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey 1937	<i>Diploneis</i> spp.	<i>Psammodictyon panduriforme</i> (Gregory) Mann 1990
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder 1864	<i>Entomoneis</i> spp.	<i>Pseudo-nitzschia americana</i> (Hasle) Fryxell 1993
<i>Chaetoceros cf. costatus</i> Pavillard 1911	<i>Fragilaria hyalina</i> (Kützing) Grunow ex Van Heurck 1880	<i>Pseudo-nitzschia cf. pungens</i> (Grunow ex Cleve) Hasle 1993
<i>Chaetoceros compressus</i> Lauder 1864	<i>Fragilariopsis doliolus</i> (Wallich) Medlin & Sims 1993	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cleve) Heiden 1928
<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve 1889	<i>Fragilariopsis</i> spp.	<i>Pseudo-nitzschia galaxiae</i> Lundholm & Moestrup 2002
<i>Chaetoceros dadayi</i> Pavillard 1913	<i>Guinardia flaccida</i> (Castracane) Peragallo 1892	<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle 1993
<i>Chaetoceros danicus</i> Cleve 1889	<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow 1880	<i>Pseudo-nitzschia serjata</i> (Cleve) Peragallo 1899
<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve 1873	<i>Haslea wawriake</i> (Hustedt) Simonsen 1974	<i>Pseudo-nitzschia subfraudulenta</i> (Hasle) Hasle 1993
<i>Chaetoceros densus</i> (Cleve) Cleve 1899	<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow ex Van Heurck 1882	<i>Rhizosolenia hebetata</i> f. <i>semispina</i> (Hensen) Gran 1905
<i>Chaetoceros diversus</i> Cleve 1873	<i>Lauderia confervacea</i> Cleve 1896	<i>Rhizosolenia</i> sp.
<i>Chaetoceros lauderi</i> Ralfs 1864	<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve 1889	<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve 1873
<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow 1863	<i>Leptocylindrus mediterraneus</i> (Peragallo) Hasle 1975	<i>Skeletonema pseudocostatum</i> Medlin 1991
<i>Chaetoceros neogratile</i> Van Landingham 1968	<i>Leptocylindrus minimus</i> Gran 1915	<i>Synedra cf. affinis</i> Kützing 1844
<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell 1856	<i>Licmophora flabellata</i> (Grev.) Agardh 1831	<i>Tabularia gailionii</i> (Bory de Saint-Vincent) Bukhtiyarova 1995
<i>Chaetoceros pseudocurvisetus</i> Mangin 1910	<i>Lithodesmium undulatum</i> Ehrenberg 1839	<i>Thalassionema cf. bacillare</i> (Heiden) Kolbe 1955
<i>Chaetoceros rostratus</i> Lauder 1864	<i>Navicula consanguinea</i> Cleve 1895	<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Hallegraeff 1986
<i>Chaetoceros socialis</i> Lauder 1864	<i>Navicula directa</i> (Smith) Ralfs 1861	<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky 1902
<i>Chaetoceros</i> spp.	<i>Navicula distans</i> (Smith) Ralfs 1861	<i>Thalassiosira angulata</i> (Gregory) Hasle 1978
<i>Chaetoceros tenuissimus</i> Meunier 1913	<i>Navicula humerosa</i> Brébisson ex Smith 1856	<i>Thalassiosira delicatula</i> Ostenfeld 1908
<i>Chaetoceros wighamii</i> Brightwell 1856	<i>Navicula</i> spp.	<i>Thalassiosira minima</i> Gaarder 1951
<i>Ctenophora pulchella</i> (Ralfs ex Kützing) Williams & Round 1986	<i>Nitzschia bicapitata</i> Cleve 1901	<i>Thalassiosira nana</i> Lohmann
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & Lewin 1964	<i>Nitzschia bilobata</i> Smith 1853	<i>Thalassiosira</i> spp.
<i>Dactyliosolen fragillissimus</i> (Bergon) Hasle 1996	<i>Nitzschia distans</i> Gregory 1857	<i>Thalassiothrix longissima</i> Cleve & Grunow 1880
<i>Dactyliosolen phuketensis</i> (Sundstrom) Hasle 1996	<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs 1861	<i>Tryblionella punctata</i> Smith 1853
DINOFLAGELLATI		
<i>Achradina pulchra</i> Lohmann 1903	<i>Gonyaulax sphaeroidea</i> Kofoid 1911	<i>Neoceratium fusus</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010
<i>Alexandrium cf. minutum</i> Halim 1960	Gymnodiniaceae $\leq 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Neoceratium macroceros</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010
<i>Alexandrium ostenfeldii</i> (Paulsen) Balech & Tangen 1985	Gymnodiniaceae $> 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Neoceratium pulchellum</i> (Schröder) Gómez, Moreira & López-García 2010
<i>Amphidinium cf. flagellans</i> Schiller	<i>Gymnodinium coeruleum</i> Dogiel 1906	<i>Oxytoxum adriaticum</i> Schiller 1937
<i>Amphidinium cf. globosum</i> Schröder 1911	<i>Gyrodinium aciculatum</i> Hansen & Larsen 1992	<i>Oxytoxum scolopax</i> Stein 1883
<i>Amphidinium cf. sphenoides</i> Wulff 1916	<i>Gyrodinium fusiforme</i> Kofoid & Swezy 1921	<i>Oxytoxum sphaeroideum</i> Stein 1883
<i>Amphidinium</i> spp.	<i>Gyrodinium</i> spp.	<i>Oxytoxum variabile</i> Schiller 1937
<i>Amphidoma languida</i> Tillmann, Salas & Elbrächter 2012	<i>Heterocapsa circularisquama</i> Horiguchi 1995	<i>Oxytoxum viride</i> Schiller 1937
<i>Azadinium poporum</i> Tillmann & Elbrächter 2011	<i>Heterocapsa minima</i> Pomroy 1989	<i>Phalacroma rotundatum</i> (Claparède & Lachmann) Kofoid & Michener 1911
<i>Azadinium spinosum</i> Elbrächter & Tillmann 2009	<i>Heterocapsa niei</i> (Loeblich III) Morrill & Loeblich III 1981	<i>Podolampas bipes</i> Stein 1883
<i>Cochlodinium involutum</i> Kofoid & Swezy 1921	<i>Heterocapsa orientalis</i> Iwataki Botes & Fukuyo 2003	<i>Pronoctiluca pelagica</i> Fabre-Domergue 1889
<i>Cochlodinium helix</i> (Pouchet) Lemmermann 1899	<i>Heterocapsa rotundata</i> (Lohmann) Hansen 1995	<i>Prorocentrum balticum</i> (Lohmann) Loeblich 1970
<i>Cochlodinium pulchellum</i> Lebour 1917	<i>Heterocapsa triquetra</i> (Ehrenberg) Stein 1883	<i>Prorocentrum maximum</i> (Gouret) Schiller 1937
<i>Cochlodinium</i> sp.	<i>Lessardia elongata</i> Saldarriaga & Taylor 2003	<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg 1833
Dinoflagellati tectati $\leq 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Mesoporos adriaticus</i> (Schiller) Lillick	<i>Prorocentrum rathymum</i> Loeblich, Sherley & Schmidt 1979
Dinoflagellati tectati $> 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Mesoporos perforatus</i> (Gran) Lillick 1937	<i>Prorocentrum triestinum</i> Schiller 1918
<i>Dinophysis amandula</i> (Balech) Sournia 1973	<i>Micracanthodinium setiferum</i> (Lohmann) Deflandre 1937	<i>Protoperidinium steinii</i> (Jørgensen) Balech 1974
<i>Goniodoma polyedricum</i> (Pouchet) Jørgensen 1899	<i>Minuscula bipes</i> (Paulsen) Lebour 1925	<i>Torodinium robustum</i> Kofoid & Swezy 1921
<i>Gonyaulax diegensis</i> Kofoid 1911	<i>Neoceratium extensum</i> (Gouret) Gómez, Moreira & López-García 2010	
PRYMNESIOPHYCEAE COCCOLITOFORI		
<i>Acanthoica quattrosina</i> Lohmann 1903	<i>Coronosphaera binodata</i> (Kamptner) Gaarder 1977	<i>Rhabdosphaera clavigera</i> Murray & Blackman 1898
<i>Algirosphaera robusta</i> (Lohmann) Norris 1984	<i>Coronosphaera mediterranea</i> (Lohmann) Gaarder 1977	<i>Scyphosphaera apsteinii</i> Lohmann 1902
<i>Alisphaera ordinata</i> (Kamptner) Heimdal 1973	<i>Cyrtosphaera aculeata</i> (Kamptner) Kleijne 1992	<i>Sphaerocalyptra quadridentata</i> (Schiller) Deflandre 1952
<i>Calciosolenia brasiliensis</i> (Lohmann) Young 2003	<i>Daktylothra pirus</i> (Kamptner) Norris 1985	<i>Syracosphaera anthos</i> (Lohman) Janin 1987
<i>Calciosolenia murrayi</i> Gran 1912	<i>Discosphaera tubifer</i> (Murray & Blackman) Ostenfeld 1900	<i>Syracosphaera cf. molischii</i> Schiller 1925
<i>Calyptosphaera oblonga</i> Lohmann 1902	<i>Emiliana huxleyi</i> (Lohmann) Hay & Mohler 1967	<i>Syracosphaera histrica</i> Kamptner 1941
<i>Calyptosphaera sphaeroidea</i> Schiller 1913	<i>Florisphaera profunda</i> Okada & Honjo 1973	<i>Syracosphaera pulchra</i> Lohmann 1902
<i>Ceratolithus cristatus</i> Kamptner 1950	<i>Helicosphaera carterii</i> (Wallich) Kamptner 1954	<i>Zygospaera hellenica</i> Kamptner 1937
Coccolitofori $\leq 10 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Helladosphaera cornifera</i> (Schiller) Kamptner 1937	
CRYPTOPHYCEAE		
Cryptophyceae n.i.	<i>Plagioselmis prolunga</i> Butcher ex Novarino, Lucas & Morrall 1994	
CHRYSPHYCEAE/DICTYOCOPHYCEAE		
<i>Apedinella radians</i> (Lohmann) Campbell 1973	<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg 1839	<i>Meringosphaera mediterranea</i> Lohmann 1902
<i>Dictyocha aculeata</i> Ehrenberg 1840	<i>Dinobryon faculiferum</i> (Willén) Willén 1992	<i>Ollicola vangoorii</i> (Conrad) Vørs 1992
PRASINOPHYCEAE		
<i>Halosphaera viridis</i> Schmitz 1878	<i>Pseudoscourfieldia marina</i> (Thronsdén) Manton 1975	<i>Tetraselmis</i> sp.
<i>Pachysphaera pelagica</i> Ostenfeld 1899	<i>Pyramimonas</i> spp.	

Tabella 44 - Lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative microscopiche.		
PRYMNESIOPHYCEAE NON COCCOLITOFORI		
<i>Phaeocystis</i> sp.		
CHLOROPHYCEAE/EUGLENOPHYCEAE		
Euglenoidea n.i. <i>Monoraphidium griffithii</i> (Berkeley) Komárková-Legnerová 1969	<i>Pseudopediastrum boryanum</i> (Turpin) Hegewald 2005	<i>Radiococcus</i> sp.
RAPHIDOPHYCEAE		
<i>Chattonella marina</i> (Subrahmanyam) Hara & Chihara 1982 <i>Chattonella subsalsa</i> Biecheler 1936	<i>Commation cryoporinum</i> Thomsen & Larsen 1993	<i>Heterosigma akashiwo</i> (Hada) Hada ex Hara & Chihara 1987
CYANOPHYCEAE		
<i>Spirulina</i> sp.		
ALTRO		
Flagellati indeterminati < 10 µm <i>Leucocryptos marina</i> (Braarud) Butcher 1967	<i>Mesodinium rubrum</i> <i>Paulinella ovalis</i> (Wulff) Johnson, Hargraves & Sieburth 1988	<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 E23 MG6, E23 MG7, E23 MG10, E23 MG12 e E23 MG13.

Dall'analisi qualitativa dei campioni sono stati individuati 214 taxa, di cui 197 identificati a livello di specie, 13 come genere e 4 attribuibili a categorie soprageneriche (**Tabella 45**).

Tabella 45 - 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	78	8	1
Dinoflagellati	95	4	2
Prymnesiophyceae coccolitofori	17		
Chrysophyceae/Dictyochophyceae	4		
Chlorophyceae	1	1	
Prymnesiophyceae non Coccolitofori	1		
Cyanophyceae			1
Raphidophyceae	1		
Totale	197	13	4

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

In **Tabella 46** è fornito l'elenco completo dei taxa presenti nelle diverse stazioni di campionamento. Nell'insieme di tutte le stazioni, 87 taxa appartengono alle diatomee, 101 alla classe dei dinoflagellati e 17 ai coccolitofori; sono stati inoltre individuati 4 taxa attribuibili alle Chrysophyceae/Dictyochophyceae, 2 taxa alle Chlorophyceae, 1 taxon appartenente alle Cyanophyceae e 1 alle Raphidophyceae.

La numerosità dei taxa presenti nelle diverse stazioni va da un minimo di 80 in E23 MG10 ad un massimo di 106 in E23 MG12.

Dall'osservazione non è emersa una differenza sostanziale nel numero dei taxa individuati nelle diverse stazioni ad eccezione che in E23 MG10 dove si ha un numero inferiore di taxa rispetto alle altre stazioni.

I taxa individuati sono prevalentemente appartenenti alle diatomee in E23 MG10 ed E23 MG12 e ai dinoflagellati nelle restanti stazioni. Anche i coccolitofori risultano piuttosto differenziati, diventando così la terza classe più rappresentativa. La frazione più piccola del popolamento è, invece, rappresentata dalle restanti classi sopra citate, che presentano un numero esiguo di taxa in tutte le stazioni. Sono stati, inoltre, identificati ed aggiunti 5 nuovi taxa che non erano stati rilevati nei campionamenti dei precedenti anni, 4 dei quali appartenenti alle diatomee (*Amphora ovalis*, *Bacillaria socialis*, *Orthoneis binotata*, *Toxarium hennedyanum*) e 1 attribuibile ai dinoflagellati (*Corythodinium radiosum*).

Da segnalare anche la presenza di taxa appartenenti alla classe delle Chlorophyceae (*Ankistrodesmus falcatus*, *Monoraphidium* sp.) e delle Cyanophyceae (Cianobatteri filamentosi n.i.) tipicamente di acque dolci.

Tabella 46 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni E23 MG6, E23 MG7, E23 MG10, E23 MG12 e E23 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13)											
Specie	6	7	10	12	13	Specie	6	7	10	12	13
DIATOMEE											
<i>Amphiprora sulcata</i> var. <i>aequatorialis</i> (Cleve) Peragallo in Peragallo & Peragallo 1898				x	x	<i>Leptocylindrus mediterraneus</i> (Peragallo) Hasle 1975		x	x	x	x
<i>Amphora</i> cf. <i>laevis</i> Gregory 1857					x	<i>Licmophora flabellata</i> (Grev.) Agardh 1831			x		x
<i>Amphora ovalis</i> (Kützing) Kützing 1844				x		<i>Licmophora gracilis</i> (Ehrenberg) Grunow 1867		x	x		x
<i>Amphora</i> spp.		x		x		<i>Navicula distans</i> (Smith) Ralfs 1861			x	x	x
<i>Asteromphalus flabellatus</i> Ehrenberg 1844		x			x	<i>Navicula</i> spp.		x	x		x
<i>Asteromphalus heptactis</i> (Brébisson) Ralfs 1861			x		x	<i>Nitzschia</i> (sez. <i>sigmatae</i>) sp.			x	x	x
<i>Bacillaria paxillifera</i> (Müller) Marsson 1901					x	<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs 1861		x	x	x	x

Tabella 46 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni E23 MG6, E23 MG7, E23 MG10, E23 MG12 e E23 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13)

<i>Bacillaria socialis</i> (Gregory) Raifs 1861				x	<i>Nitzschia sicula</i> (Castracane) Hustedt				x	
<i>Bacteriastrium biconicum</i> Pavillard 1916				x	<i>Odontella mobiliensis</i> (Bailey) Grunow 1884				x	
<i>Bacteriastrium delicatulum</i> Cleve 1897		x			<i>Orthonais binotata</i> (Grunow) Grunow 1867				x	
<i>Bacteriastrium furcatum</i> Shadbolt 1854				x	<i>Plagiotropis</i> spp.					x
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey 1937		x	x	x	<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström 1986				x	x
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder 1864		x	x		<i>Psammodictyon panduriforme</i> (Gregory) Mann 1990				x	x
<i>Chaetoceros atlanticus</i> Cleve 1873				x	<i>Pseudo-nitzschia</i> cf. <i>galaxiae</i> Lundholm & Moestrup 2002				x	x
<i>Chaetoceros compressus</i> Lauder 1864				x	<i>Pseudo-nitzschia</i> cf. <i>pungens</i> (Grunow ex Cleve) Hasle 1993			x		
<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve 1889				x	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cleve) Heiden 1928					x
<i>Chaetoceros dadayi</i> Pavillard 1913		x		x	<i>Pseudo-nitzschia fraudulenta</i> (Cleve) Hasle 1993				x	x
<i>Chaetoceros danicus</i> Cleve 1889				x	<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle 1993				x	x
<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve 1873				x	<i>Pseudo-nitzschia subfraudulenta</i> (Hasle) Hasle 1993			x	x	x
<i>Chaetoceros diversus</i> Cleve 1873		x	x	x	<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultze) Sundström 1986				x	x
<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow 1863		x		x	<i>Rhizosolenia acuminata</i> (Peragallo) Peragallo 1907					x
<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell 1856		x		x	<i>Rhizosolenia castracanei</i> H.Peragallo 1888					x
<i>Chaetoceros rostratus</i> Lauder 1864				x	<i>Rhizosolenia</i> cf. <i>clevei</i> Ostenfeld 1902				x	
<i>Chaetoceros simplex</i> Ostenfeld 1901				x	<i>Rhizosolenia</i> cf. <i>temperei</i> Peragallo 1888					x
<i>Chaetoceros</i> spp.		x	x	x	<i>Rhizosolenia decipiens</i> Sundström 1986					x
<i>Chaetoceros tetrastichon</i> Cleve 1897		x		x	<i>Rhizosolenia hebetata</i> f. <i>semispina</i> (Hensen) Gran 1908			x	x	x
<i>Cocconeis scutellum</i> Ehrenberg 1838		x		x	<i>Rhizosolenia imbricata</i> Brightwell 1858			x	x	x
<i>Coccinodiscus granii</i> Gough 1905		x		x	<i>Rhizosolenia setigera</i> f. <i>pungens</i> (Cleve-Euler) Brunel 1962				x	x
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & Lewin 1964		x	x	x	<i>Skeletonema pseudocostatum</i> Medlin 1991					x
<i>Dactyliosolen fragillissimus</i> (Bergon) Hasle 1996				x	<i>Striatella unipunctata</i> (Lyngbye) Agardh 1832			x		
<i>Dactyliosolen phuketensis</i> (Sundström) Hasle 1996				x	<i>Surirella fastuosa</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1843				x	x
<i>Detonula confervacea</i> (Cleve) Gran 1896				x	<i>Tabularia gallonii</i> (Bory de Saint-Vincent) Bukhtiyarova 1995				x	
Diatomee pennate > 20 µm n.i.		x		x	<i>Thalassionema bacillare</i> (Heiden) Kolbe 1955				x	x
<i>Diploneis bombus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1853		x	x	x	<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Hallegraeff 1986				x	x
<i>Entomoneis</i> spp.		x	x	x	<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky 1902				x	x
<i>Eucampia cornuta</i> (Cleve) Grunow 1883				x	<i>Thalassiosira aestivalis</i> Gran 1931				x	x
<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières 1830				x	<i>Thalassiosira angulata</i> (Gregory) Hasle 1978				x	
<i>Guinardia flaccida</i> (Castracane) Peragallo 1892				x	<i>Thalassiosira</i> cf. <i>delicatula</i> Ostenfeld 1908					x
<i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle 1996				x	<i>Thalassiosira</i> spp.				x	x
<i>Haslea wawriake</i> (Hustedt) Simonsen 1974				x	<i>Thalassiosira weissflogii</i> (Grunow) Fryxell & Hasle 1977				x	
<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow ex Van Heurck 1882		x	x	x	<i>Thalassiothrix longissima</i> Cleve & Grunow 1880				x	
<i>Hemidiscus cuneiformis</i> Wallich 1860		x		x	<i>Toxarium hennedyanum</i> (Gregory) Pelletan 1889					x
<i>Leptocylindrus convexus</i> Nanjappa & Zingone 2013		x		x	<i>Triceratium</i> sp.					x
<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve 1889		x	x	x						
DINOFLAGELLATI										
<i>Achradina sulcata</i> Lohmann 1920				x	<i>Neoceratium arietinum</i> (Cleve) Gómez, Moreira & López-García 2010				x	x
<i>Actiniscus pentasterias</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1844		x		x	<i>Neoceratium concilians</i> (Jørgensen) Gómez, Moreira & López-García 2010				x	x
<i>Alexandrium</i> cf. <i>minutum</i> Halim 1960		x		x	<i>Neoceratium declinatum</i> (Karsten) Gómez, Moreira & López-García 2010				x	x
<i>Alexandrium tamarense</i> (Lebour) Balech 1995				x	<i>Neoceratium furca</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010				x	
<i>Amphidoma languida</i> Tillmann, Salas & Elbrächter 2012		x	x	x	<i>Neoceratium fusus</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010				x	x
<i>Azadinium spinosum</i> Elbrächter & Tillmann 2009				x	<i>Neoceratium macroceros</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010				x	x
<i>Ceratium buceros</i> Zacharias 1906		x			<i>Neoceratium pentagonum</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-García 2010				x	x
<i>Ceratocorys gourreti</i> Paulsen 1931		x	x	x	<i>Neoceratium pulchellum</i> (Schröder) Gómez, Moreira & López-García 2010				x	
<i>Citharistes regius</i> Stein 1883				x	<i>Neoceratium symmetricum</i> (Pavillard) Gómez, Moreira & López-García 2010					x
<i>Cladopyxis brachiolata</i> Stein 1883				x	<i>Neoceratium trichoceros</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010				x	
<i>Cochlodinium</i> sp.				x	<i>Ornithocercus heteroporus</i> Kofoid 1907				x	
<i>Corythodinium constrictum</i> (Stein) Taylor 1976				x	<i>Ornithocercus quadratus</i> Schütt 1900				x	x
<i>Corythodinium radiosum</i> (Rampi) Gómez 2017				x	<i>Oxytoxum adriaticum</i> Schiller 1937				x	x
<i>Corythodinium reticulatum</i> (Stein) Taylor 1976				x	<i>Oxytoxum crassum</i> Schiller 1937					x
Dinoflagellati tecati > 20 µm n.i.		x	x	x	<i>Oxytoxum globosum</i> Schiller				x	
<i>Dinophysis amandula</i> (Balech) Sournia 1973				x	<i>Oxytoxum laticeps</i> Schiller 1937				x	x
<i>Dinophysis ellipsoidea</i> Mangin		x			<i>Oxytoxum longiceps</i> Schiller				x	x
<i>Dinophysis infundibula</i> Schiller 1928		x			<i>Oxytoxum mediterraneum</i> Schiller				x	x
<i>Dinophysis mitra</i> (Schütt) Abé 1967				x	<i>Oxytoxum milneri</i> Murray & Whitting 1899					x
<i>Dinophysis operculoides</i> (Schütt) Balech 1967				x	<i>Oxytoxum parvum</i> Schiller 1937				x	x
<i>Dinophysis ovum</i> (Schütt) Abé		x		x	<i>Oxytoxum sceptrum</i> (Stein) Schröder 1906					x
<i>Dinophysis parva</i> Schiller 1928		x		x	<i>Oxytoxum scolopax</i> Stein 1883				x	x
<i>Dinophysis parvula</i> (Schütt) Balech 1967				x	<i>Oxytoxum</i> sp.					x
<i>Dinophysis sacculus</i> Stein 1883		x			<i>Oxytoxum sphaeroideum</i> Stein 1883					x
<i>Dinophysis tripos</i> Gourret 1883				x	<i>Oxytoxum spinosum</i> Rampi				x	
<i>Goniodoma polyedricum</i> (Pouchet) Jørgensen 1899				x	<i>Oxytoxum viride</i> Schiller 1937				x	x
<i>Gonyaulax</i> cf. <i>sphaeroidea</i> Kofoid 1911		x	x	x	<i>Phalacroma doryphorum</i> Stein 1883				x	
<i>Gonyaulax polygramma</i> Stein 1883		x	x	x	<i>Phalacroma rotundatum</i> (Claparède & Lachmann) Kofoid & Michener 1911				x	x
<i>Gonyaulax spinifera</i> (Claparède & Lachmann) Diesing 1866				x	<i>Podolampas bipes</i> Stein 1883				x	x
Gymnodiniaceae > 20 µm n.i.		x	x	x	<i>Podolampas palmipes</i> Stein 1883				x	
<i>Gymnodinium</i> spp.		x	x	x	<i>Podolampas spinifer</i> Okamura 1912				x	x

Tabella 46 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni E23 MG6, E23 MG7, E23 MG10, E23 MG12 e E23 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13)									
<i>Gyrodinium aciculatum</i> Hansen & Larsen 1992	x	x	x	x	x	<i>Prorocentrum aporum</i> (Schiller) Dodge 1975	x		x
<i>Gyrodinium</i> spp.						<i>Prorocentrum balticum</i> (Lohmann) Loeblich 1970	x		x
<i>Heterocapsa minima</i> Pomroy 1989					x	<i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) Abé ex Dodge 1975	x	x	x
<i>Heterocapsa niei</i> (Loeblich III) Morrill & Loeblich III 1981	x	x				<i>Prorocentrum dactylus</i> (Stein) Dodge 1975			x
<i>Heterocapsa orientalis</i> Iwataki, Botes & Fukuyo 2003					x	<i>Prorocentrum dentatum</i> Stein 1883			x
<i>Heterocapsa ovata</i> Iwataki & Fukuyo 2003						<i>Prorocentrum gracile</i> Schütt 1895	x	x	x
<i>Heterocapsa pseudotriquetra</i> Iwataki, Hansen & Fukuyo 2002					x	<i>Prorocentrum lima</i> (Ehrenberg) Stein 1878		x	x
<i>Heterocapsa triquetra</i> (Ehrenberg) F.Stein 1883						<i>Prorocentrum maximum</i> (Gourret) Schiller 1937	x		x
<i>Heterodinium</i> cf. <i>dispar</i> Kofoid & Adamson 1933					x	<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg 1833			x
<i>Heterodinium milneri</i> (Murray & Whitting) Kofoid 1906					x	<i>Prorocentrum triestinum</i> Schiller 1918	x		
<i>Histioneis</i> cf. <i>vouckii</i> Schiller 1928					x	<i>Protoperidinium breve</i> Paulsen 1907		x	x
<i>Histioneis depressa</i> Schiller 1928						<i>Protoperidinium crassipes</i> (Kofoid) Balech 1974			x
<i>Histioneis hyalina</i> Kofoid & Michener 1911						<i>Protoperidinium depressum</i> Bailey 1854		x	
<i>Histioneis oxypteris</i> Schiller 1928						<i>Protoperidinium pellucidum</i> Bergh ex Loeblich Jr. & Loeblich III 1881		x	
<i>Histioneis variabilis</i> Schiller 1933						<i>Protoperidinium pyriforme</i> (Paulsen) Balech 1974		x	
<i>Karenia brevis</i> (Davis) Gert Hansen & Moestrup 2000						<i>Protoperidinium steinii</i> (Jørgensen) Balech 1974	x		x
<i>Lessardia elongata</i> Saldarriaga & Taylor 2003	x					<i>Protoperidinium tuba</i> (Schiller) Balech 1974	x		
<i>Mesoporos adriaticus</i> (Schiller) Lillick	x	x	x	x	x	<i>Pyrocystis lunula</i> (Schütt) Schütt 1896	x	x	x
<i>Mesoporos perforatus</i> (Gran) Lillick 1937	x					<i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Balech ex Loeblich III 1965	x	x	x
<i>Micrakanthodinium setiferum</i> (Lohmann) Deflandre 1937									
PRYMNESIOPHYCEAE COCCOLITOFORI									
<i>Calcidiscus leptoporus</i> (Murray & Blackman) Loeblich & Tappan 1978						<i>Pontosphaera syracusana</i> Lohmann 1902			x
<i>Calyptrosphaera oblonga</i> Lohmann 1902	x					<i>Rhabdosphaera clavigera</i> Murray & Blackman 1898	x		x
<i>Ceratolithus cristatus</i> Kämtner 1950	x					<i>Rhabdosphaera stylifera</i> Lohmann	x	x	x
<i>Coronosphaera binodata</i> (Kämtner) Gaarder 1977	x	x	x	x	x	<i>Scyphosphaera apsteinii</i> Lohmann 1902			x
<i>Coronosphaera mediterranea</i> (Lohmann) Gaarder 1977	x	x				<i>Syracosphaera histrica</i> Kämtner 1941			x
<i>Daktylethra pirus</i> (Kämtner) 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					<i>Syracosphaera quadriperforata</i> Kämtner 1937	x		x
<i>Helicosphaera carterii</i> (Wallich) Kämtner 1954	x	x	x	x	x	<i>Zygosphaera hellenica</i> Kämtner 1937			x
<i>Lohmannosphaera paucoscyphos</i> Schiller 1914									
CHRISOPHYCEAE/DICTYOCOPHYCEAE									
<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg 1839	x	x	x	x	x	<i>Octactis octonaria</i> (Ehrenberg) Hovasse 1946	x	x	x
<i>Dictyocha speculum</i> Ehrenberg 1839						<i>Meringosphaera mediterranea</i> Lohmann 1902			x
PRASINOPHYCEAE									
<i>Halosphaera viridis</i> Schmitz 1878 (forma coloniale)									
CHLOROPHYCEAE									
<i>Ankistrodesmus falcatus</i> (Corda) Ralfs 1848	x					<i>Monoraphidium</i> sp.			x
CYANOPHYCEAE									
Cianobatteri filamentosi n.i.	x	x							
ALTRO									
<i>Heterosigma akashiwo</i> (Hada) Hada ex Hara & Chihara 1987	x								x

2.1.4.2 Zooplancton

Oloplancton

Nel comparto oloplantonico analizzato i crostacei copepodi risultano dominanti. I dati medi complessivi relativi al numero di individui/metro cubo sono paragonabili a quanto raccolto nelle precedenti campagne estive, ma con sostanziale modifica della distribuzione verticale. La copepodofauna appare uniformemente distribuita lungo il gradiente batimetrico, fatta eccezione per i primi metri della colonna d'acqua, nella quale la presenza di copepodi è sensibilmente superiore alle precedenti campagne estive (E22 e E21).

Le abbondanze medie maggiori (E23) sono state registrate nei campioni raccolti mediante pescate orizzontali nello strato superficiale compreso tra la superficie e 5 m di profondità, con media di 923,08 ind. m⁻³ (max= 1149,84 ind. m⁻³ E23 MG17; min= 610,82 ind. m⁻³ E23 MG10). I valori di abbondanza lungo la colonna d'acqua decrescono all'aumento della profondità: le pescate verticali tra 0 e -50 m hanno registrato la media di 778,38 ind. m⁻³ (max= 1035,66 ind. m⁻³ E23 MG7; min= 536,47 ind. m⁻³ E23 MG10) mentre l'abbondanza media nello strato più profondo è pari a 718,98 ind. m⁻³ (max= 939,07 ind. m⁻³ E23 MG13; min= 520,71 ind. m⁻³ E23 MG6).

Nel survey E23 i taxa di copepodi identificati sono 98 appartenenti a 26 famiglie. La biodiversità osservata è largamente confrontabile con quella riscontrata nelle stagioni estive (E15 - E22).

All'interno della colonna d'acqua è confermata la dominanza della famiglia Clausocalanidae, (medie: 789,76 ind/m³ 0 – 5 m; 524,13 ind/m³ 0 – 50 m; 380,39 ind/m³ 50 – 100 m), rappresentata complessivamente da 9 taxa, 8 dei quali appartenenti al genere *Clausocalanus*. Gli stadi giovanili (copepoditi), concentrati principalmente nello strato prossimo alla superficie, costituiscono la grande maggioranza degli individui campionati. I Clausocalanidae rappresentano in media il 68,6% del comparto a copepodi con valori percentuali nettamente superiori alle precedenti stagioni estive E18-E22 (85,6% 0 – 5 m; 67,4% 0 – 50 m; 52,91% 50 – 100 m).

Tra i Clausocalanidae le specie dominanti estive sono *Clausocalanus paululus* (medie: 6,64 ind/m³ 0 – 5 m; 42,63 ind/m³ 0 – 50 m; 157,108 ind/m³ 50 – 100 m), *C. arcuicornis* (medie: 0,46 ind/m³ 0 – 5 m; 9,88 ind/m³ 0 – 50 m; 29,24 ind/m³ 50 – 100 m) e *C. parapergens* (medie: 4,59 ind/m³ 0 – 5 m; 10,40 ind/m³ 0 – 50 m; 18,72 ind/m³ 50 – 100 m). *Clausocalanus furcatus*, regolarmente abbondante nel periodo estivo all'interno dell'area investigata, in E23 raggiunge picchi di abbondanza mai toccati, divenendo di fatto la specie dominante superficiale del presente Survey (medie: 449,65 ind/m³ 0 – 5 m; 82,66 ind/m³ 0 – 50 m; 33,86 ind/m³ 50 – 100 m). In termini qualitativi, il pool specifico dell'area investigata resta confrontabile a quanto osservato nelle precedenti campagne estive. A livello quantitativo viene inoltre confermata la riduzione di due delle specie normalmente dominanti nel periodo estivo già peraltro osservata nella stagione E22: il Calanoida *Nannocalanus minor* (medie: 9,77 ind/m³ 0 – 5 m; 18,72 ind/m³ 0 – 50 m; 6,27 ind/m³ 50 – 100 m) e il Cyclopoida *Farranula rostrata* (medie: 13,80 ind/m³ 0 – 5 m; 15,60 ind/m³ 0 – 50 m; 4,19 ind/m³ 50 – 100 m). Caratterizzati da abbondanze ridotte anche il Temoridae tardo estivo/autunnale *Temora stylifera* (medie: 4,22 ind/m³ 0 – 5 m; 12,48 ind/m³ 0 – 50 m; 7,34 ind/m³ 50 – 100 m) e il Centropagidae primaverile *Centropages typicus* (medie: 8,61 ind/m³ 0 – 5 m; 13,52 ind/m³ 0 – 50 m; 17,74 ind/m³ 50 – 100 m). Le famiglie Oithonidae (8 taxa; medie complessive: 1,80 ind/m³ 0 – 5 m; 57,22 ind/m³ 0 – 50 m; 84,89 ind/m³ 50 – 100 m), Paracalanidae (9 taxa; medie complessive: 22,72 ind/m³ 0 – 5 m; 68,12 ind/m³ 0 – 50 m; 51,73 ind/m³ 50 – 100 m) e Corycaidae (11 taxa; medie complessive: 35,37 ind/m³ 0 – 5 m; 26,13 ind/m³ 0 – 50 m; 25,26 ind/m³ 50 – 100 m) sono rispettivamente la seconda, terza e quarta famiglia per abbondanza. Fra gli Oithonidae sono dominanti gli stadi giovanili e *Oithona plumifera* (medie: assente a 0 – 5 m; 13,52 ind/m³ 0 – 50 m; 12,62 ind/m³ 50 – 100 m). Nella famiglia Paracalanidae la specie più abbondante è *Paracalanus parvus*, anche se con abbondanze inferiori alle medie stagionali (medie: 8,25 ind/m³ 0 – 5 m; 14,04 ind/m³ 0 – 50 m; 6,39 ind/m³ 50 - 100 m). I Corycaidae più abbondanti sono, come per E22, il già citato *Farranula rostrata* e *Corycaeus (Onychocorycaeus) giesbrechti* (medie: 15,92 ind/m³ 0 – 5 m; 4,18 ind/m³ 0 – 50 m; 5,20 ind/m³ 50 - 100 m).

Così come per le ultime campagne estive (E21-E22), l'estate 2023 è caratterizzata da bassa biodiversità (2 taxa), ma importanti valori di abbondanza della Famiglia Acartiidae (medie: 21,82 ind/m³ 0 – 5 m; 20,32 ind/m³ 0 – 50 m; 14,64 ind/m³ 50 – 100 m), principalmente rappresentata dalla specie *Acartia negligens* nella porzione superficiale della colonna (medie: 19,57 ind/m³ 0 – 5 m; 8,85 ind/m³ 0 – 50 m; 5,20 ind/m³ 50 – 100 m) e dagli stadi giovanili di copepodite in profondità (media 47,83 ind/m³ 0 – 5 m). La famiglia Oncaeidae (7 taxa) ha regolarmente nel periodo estivo distribuzione prevalentemente profonda (medie: 5,19 ind/m³ 0 – 5 m; 15,76 ind/m³ 0 – 50 m; 52,59 ind/m³ 50 – 100 m).

L'iponeuston è rappresentato dalla famiglia Pontellidae (4 taxa), sempre con abbondanze piuttosto contenute. Da segnalare l'identificazione di specie tipicamente di profondità appartenenti alla famiglia Aetideidae (*Euchirella rostrata*) e Augaptilidae (*Haloptilus longicornis* e *H. oxycephalus*). Risulta presente con individui isolati o in piccolo numero il Sapphirinidae *Vettoria granulosa*, descritta in letteratura come specie pelagica con distribuzione verticale tra 50 e 200 m di profondità. Identificato per la prima volta nell'area di studio un isolato individuo di *Xanthocalanus minor* (Phaennidae).

Così come osservato nel corso delle campagne estive E19 - E22, sono stati raccolti alcuni rappresentanti dell'ordine Monstrilloida, aventi forma larvale parassita e adulta effimera, priva di apparato digestivo.

Tabella 47– Oloplancton. O.le=orizzontale, 50-0=campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100-50=campionamento verticale da 100 a 50 metri. * presente in almeno un sub-campione, ** presente solo nell'osservazione *in toto*.

	O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50
Famiglia Acartiidae				<i>Lucicutia flavicornis</i>	*	*		Famiglia Oithonidae			
<i>Acartia negligens</i>	*	*	*	<i>Lucicutia gause</i>	*	*		<i>Oithona decipiens</i>		*	*
<i>Acartia</i> spp	*	*	*	Famiglia Mecynoceridae				<i>Oithona longispina</i>		*	*
Famiglia Aetideidae				<i>Mecynocera clausi</i>	*	*		<i>Oithona nana</i>	*	*	
<i>Euchirella rostrata</i>			*	Famiglia Metridinidae				<i>Oithona plumifera</i>	*	*	*
Famiglia Augaptilidae				<i>Pleuromamma abdominalis</i>	*	*		<i>Oithona setigera</i>		*	*

Tabella 47– 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>Pleuromamma gracilis</i>	*	*	*	<i>Oithona similis</i>	*	*
<i>Haloptilus oxycephalus</i>		*	Famiglia Paracalanidae				<i>Oithona tenuis</i>	*	*
Famiglia Candaciidae			<i>Calocalanus contractus</i>		*	*	<i>Oithona spp</i>	*	*
<i>Mesocalanus tenuicornis</i>	*	*	<i>Calocalanus longisetosus</i>		*		Famiglia Oncaeidae		
<i>Nannocalanus minor</i>	*	*	<i>Calocalanus neptunus</i>		*	*	<i>Oncaea curta</i>	*	*
<i>Neocalanus gracilis</i>	*	*	<i>Calocalanus pavo</i>		*	*	<i>Oncaea media</i>	*	*
Famiglia Candaciidae			<i>Calocalanus styliremis</i>	*	*	*	<i>Oncaea mediterranea</i>	*	*
<i>Candacia ethiopica</i>	*	*	<i>Calocalanus spp</i>	*	*	*	<i>Oncaea scottodicarloi</i>	*	*
<i>Candacia giesbrechti</i>	*	*	<i>Paracalanus nanus</i>	*	*	*	<i>Oncaea venusta</i>	*	*
<i>Candacia simplex</i>	*	*	<i>Paracalanus parvus</i>	*	*	*	<i>Oncaea spp</i>	*	*
<i>Candacia juv.</i>	*	*	<i>Paracalanus spp</i>	*	*	*	<i>Triconia conifera</i>	*	*
Famiglia Centropagidae			Famiglia Phaenidae				Famiglia Sapphirinidae		
<i>Centropages bradyi</i>	*	*	<i>Xanthocalanus minor</i>		*	*	<i>Sapphirina intestinata</i>	*	
<i>Centropages krøyeri</i>	*	*	Famiglia Pontellidae				<i>Sapphirina lactens</i>	*	
<i>Centropages ponticus</i>		*	<i>Pontella mediterranea</i>	*			<i>Sapphirina nigromaculata</i>	*	*
<i>Centropages typicus</i>	*	*	<i>Pontella juv</i>	*	*		<i>Sapphirina opalina</i>	*	
<i>Centropages violaceus</i>	*	*	<i>Pontellina plumata</i>	*			<i>Sapphirina ovatolanceolata</i>	*	
<i>Isias clavipes</i>	*		<i>Pontellopsis villosa</i>	*			<i>Sapphirina sali</i>	*	
Famiglia Clausocalanidae			Famiglia Scolecitrichidae				<i>Sapphirina juv</i>	*	*
<i>Clausocalanus arcuicornis</i>	*	*	<i>Scolecithricella dentata</i>			*	<i>Vettoria granulosa</i>	*	*
<i>Clausocalanus furcatus</i>	*	*	<i>Scolecithrix bradyi</i>			*	Famiglia Ectinosomatidae		
<i>Clausocalanus lividus</i>	*	*	<i>Scolecithrix danae</i>	*		*	<i>Microsetella norvegica</i>	*	*
<i>Clausocalanus mastigophorus</i>	*	*	Famiglia Temoridae				<i>Microsetella rosea</i>	*	*
<i>Clausocalanus parapergens</i>	*	*	<i>Temora stylifera</i>	*	*	*	Famiglia Euterpinidae		
<i>Clausocalanus paululus</i>	*	*	Famiglia Corycaeidae				<i>Euterpina acutifrons</i>	*	*
<i>Clausocalanus pergens</i>	*	*	<i>Corycaeus anglicus</i>		*	*	Famiglia Miracidae		
<i>Clausocalanus spp</i>	*	*	<i>Corycaeus brehmi</i>	*		*	<i>Distiocolus minor</i>	*	*
<i>Ctenocalanus vanus</i>	*	*	<i>Corycaeus clausi</i>			*	<i>Macrosetella gracilis</i>	*	*
Famiglia Euchaetidae			<i>Corycaeus flaccus</i>		*	*	Famiglia Peltidiidae		
<i>Euchaeta acuta</i>	*	*	<i>Corycaeus furcifer</i>		*	*	<i>Clytemnestra scutellata</i>	*	*
<i>Euchaeta juv</i>		*	<i>Corycaeus giesbrechti</i>	*	*	*	<i>Goniopsyllus rostratus</i>	*	*
<i>Paraeuchaeta hebes</i>	*	*	<i>Corycaeus limbatus</i>		*	*	Famiglia Monstrillidae		
<i>Euchaetide juv</i>	*	*	<i>Corycaeus ovalis</i>	*	*	*	<i>Cymbasoma sp</i>	*	
Famiglia Heterorhabdidae			<i>Corycaeus typicus</i>		*	*			
<i>Heterorhabdus papilliger</i>	*	*	<i>Corycaeus spp</i>	*	*	*			
Famiglia Lucicutiidae			<i>Farranula rostrata</i>	*	*	*			

Nella tabella seguente (**Tabella 48**) sono indicati i biovolumi di sedimentazione (dopo 24 h), espressi in ml, della componente oloplanctonica raccolta nella campagna estiva 2023. In termini generali, tutte le stazioni investigate hanno valori di biomassa umida inversamente proporzionali alla profondità delle pesche. Le differenze apprezzabili nei volumi di sedimentazione, tra pesche orizzontali e verticali, possono essere generalmente ricondotte al differente volume di acqua filtrato dai retini, costantemente superiore nelle pesche orizzontali. L'andamento della biomassa estiva risulta essere, dopo due anni di significativa riduzione, in crescita e confrontabile ai valori del primo decennio di monitoraggio, soprattutto nei campioni orizzontali superficiali. Complessivamente, le stazioni M10 e MG12 sono caratterizzate dalla presenza di una maggior biomassa mesozooplanctonica.

Tabella 48 - 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)	E23 MG6	E23 MG7	E23 MG10	E23 MG12	E23 MG13
OR	33	39	61	66	48
50-0	8	7	9	8	9,5
100-50	6	6,5	6	5	4,5

Meroplancton

Nella campagna di monitoraggio estivo del 2023 sono stati identificati 44 *taxa* appartenenti a 9 *phyla* di invertebrati marini: Cnidaria, Mollusca, Sipuncula, Nemertea, Arthropoda, Echinodermata, Briozoa, Enteropneusta, congiuntamente a forme larvali come la larva trocofora, comune a molti protostomi marini, (anellidi policheti e molluschi), il primo e secondo stadio della larva degli echinodermi asteroidei (stelle marine), bipinnaria e brachiolaria, la larva Pelagosphaera che contraddistingue lo sviluppo precoce dei sipunculidi, il Piliidium (larva tipica dei nemertini), la larva Ciphonauto dei briozoi e la Tornaria, forma larvale generalizzata degli enteropneusti.

Non si segnalano presenze di nuovi taxa in tutta l'area investigata e il maggior numero di taxa identificati appartiene al Subphylum Crustacea, ordine Decapoda (es. brachiuri, caridei, dendrobranchiati), seconda solo alla copepodofauna (oloplancton).

Sono in totale 27 le larve di crostacei decapodi identificate nelle cinque stazioni monitorate a tre livelli di profondità: pescate verticali dal fondo (circa 100 m); a – 50 m e da – 50 m alla superficie; pescate orizzontali. A completare il Subphylum dei crostacei anche larve di stomatopodi (*Platysquilla eusebia*) e forme larvali indifferenziate di cirripedi.

I crostacei decapodi rappresentano il 61.3% del totale dei taxa identificati nel survey estivo. Si tratta di una percentuale inferiore al survey estivo dell'anno precedente (69.3%), ma confrontabile con quello dell'estate 2021 (58.8%). Più in generale la presenza dei crostacei decapodi nei campioni estivi è sempre largamente dominante (es. 82.2% in E19). Anche il numero di taxa (27) è inferiore a quello dell'estate 2022 (34), ma prossimo a quello dell'anno 2021 (30). I taxa di crostacei decapodi identificati in E23 sono concentrati in prevalenza nelle stazioni superficiali.

La specie dominante è rappresentata dalla fase larvale dell'anomuro paguroideo *Calcinus tubularis* (max in MG10 con valore medio di 8.89 ind m⁻³, in MG12 e in MG13 rispettivamente 4.54 e 4.53 ind m⁻³), un numero di individui per m³ assai elevato trattandosi di larve meroplanctoniche seguita da larve di *Anapagurus breviaculeatus*, *Clibanarius erythropus*, *Cestopagurus timidus*, *Dardanus arrosor*, la prima raccolta nelle stazioni profonde, le altre concentrate in superficie (campioni orizzontali).

Tra le altre forme larvali di crostacei decapodi si segnalano specie ricorrenti, ovvero taxa caratterizzanti lo stock mesozooplanctonico meroplanctonico fin dalle prime fasi del monitoraggio ambientale. Tra esse figurano i caridei *Processa edulis edulis* (max in MG6 = 0.17 ind m³), *Alpheus glaber* (max in MG6 = 1.77 ind m³), ma anche i brachiuri *Xantho poressa* e *Herbstia condyliata* (entrambe le specie con max in MG6, rispettivamente con 1.2 ind m³ e 0.51 ind m³).

Il campione nel complesso non presenta alcuna anomalia che non risulti attribuibile alle fluttuazioni stagionali del mesozooplancton anche osservando i valori quantitativi delle larve dei gasteropodi, per esempio, che attraversano un'intensa fase riproduttiva per tutto il periodo estivo. Anche in questo caso i valori maggiori sono stati registrati in MG6 = 1.79 ind m³. Da segnalare in quanto non frequente la presenza di esemplari di larve di cefalopodi appartenenti ai generi *Loligo* (calamaro) e *Sepiola* (seppia) entrambe presenti nel campione MG6, nei campioni più profondi e quelli intermedi della colonna.

Nel gruppo degli echinodermi, si segnala la presenza di *Ophiotrix fragilis*, tra le specie più rappresentate in termini quantitativi nei campioni dell'area investigata e del genere *Ophiura*, oltre a larve dell'echinoide irregolare appartenente al genere *Echinocardium*.

Infine, si segnala la presenza di efire, comuni nel mesozooplancton soprattutto quando le temperature della colonna tendono a rimanere alte (max in MG13 OR = 2.41 ind m³).

Nel complesso, dai risultati quali-quantitativi in merito al comparto meroplanctonico non emergono discontinuità significative tra stazione di controllo E23 MG10 e le quattro stazioni di esercizio posizionate in prossimità del terminale, così come non si registrano anomalie nella composizione della comunità, in pratica sovrapponibile a quelle delle stagioni estive precedenti.

Tabella 49 – 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									
Efira larvae ind	*	*	*						
MOLLUSCA									
Gastropoda laervae ind	*	*	*						
Bivalvia larvae ind	*	*	*						
ANNELIDA									
<i>Chaetopterus variopedatus</i>		*	*						
<i>Poecilochetus</i> sp	*	*	*						
Spionidae ind	*	*	*						
Trocofora larvae ind	*	*	*						
NEMERTEA									
Pilidium larvae ind		*	*						
SIPUNCULA									
Pelagospira larvae ind	*	*	*						
CRUSTACEA									
Cirripedia larvae ind	*								
Decapoda									
<i>Alpheus glaber</i>	*	*	*						
<i>Anapagurus breviaculeatus</i>	*	*	*						
<i>Athanas nitescens</i>				*	*	*			
<i>Calcinus tubularis</i>				*	*	*			
<i>Callinassa</i> sp				*	*	*			
<i>Ebalia nux</i>				*	*	*			
<i>Ebalia tuberosa</i>				*	*	*			
<i>Inachus dorsettensis</i>						*			
<i>Herbstia condyliata</i>				*	*	*			
<i>Jaxea nocturna</i>				*	*	*			
<i>Goneplax rhomboides</i>				*	*	*			
<i>Liocarcinus</i> sp				*	*	*			
<i>Lysmata seticaudata</i>				*	*	*			
<i>Maja brachydactyla</i>				*	*	*			
<i>Palaemon serratus</i>				*	*	*			
<i>Palinurus elephas</i>				*	*	*			
<i>Parapaeneus longirostris</i>						*			
<i>Parasergestes vigilax</i>				*	*	*			
<i>Periclimenes</i> sp				*	*	*			
<i>Pirimela denticulata</i>				*	*	*			
<i>Planes minutus</i>				*	*	*			
<i>Plesionika</i> sp						*			
<i>Processa edulis edulis</i>				*	*	*			
<i>Sergia robusta</i>				*	*	*			
<i>Solenocera membranacea</i>						*			
<i>Upogebia</i> sp						*			
<i>Xantho granulicarpus</i>				*	*	*			
Stomatopoda									
<i>Platysquilla eusebia</i>				*	*	*			
ECHINODERMATA									
Bipinnaria ind.				*	*	*			
Brachiolaria ind.				*	*	*			
<i>Brissopsis lyrifera</i>						*			
<i>Echinocardium</i> sp				*	*	*			
<i>Ophiotrix fragilis</i>				*	*	*			
<i>Ophiura</i> sp				*	*	*			
<i>Spatangus purpureus</i>				*	*	*			
BRIOZOA									
Ciphonaura larvae ind				*	*	*			
ENTROPNEUSTA									
Tomaria larvae ind				*	*	*			

Ittioplancton

Il survey estivo del 2023 condotto sulle fasi larvali dell'ittiofauna ha consentito l'identificazione di 25 taxa di osteitti o pesci ossei (Tabella 50). Gran parte del contingente ittioplanctonico è stato raccolto nei campionamenti superficiali. Le larve di *Myctophum punctatum* sono le uniche ad essere state rinvenute esclusivamente nei campioni profondi. Trattandosi di un campione estivo la specie larvale dominante è rappresentata da *Engraulis encrasicolus* (acciuga) che quindi conferma, in questo settore del settentrionale del Mediterraneo occidentale la presenza di cicli asincroni di riproduzione rispetto a *Sardina pilchardus* (sardina) che assicura biomasse ittioplanctoniche sufficienti ad alimentare una complessa rete trofica per tutto l'anno solare.

In particolare, *E. encrasicolus* concentra il maggior numero di larve in MG6 (0.9 ind/m³). Un dato ricorrente evidenziato nell'area di raccolta dei campioni ittioplanctonici è la presenza di larve appartenenti a specie ittiche abissali attribuibili alla famiglia Gonostomatidae con le specie

Cyclothone braueri, e *Gonostoma denudatum*, Michtophidae con *Myctophum punctatum* e *Ceratoscopelus maderensis* e Sternophychidae con *Maurolicus muelleri*. Di quest'ultima specie sono stati rinvenuti nel campione anche le caratteristiche uova. In linea con le precedenti campagne estive si osserva una variabilità ittica larvale associabile alla stagionalità, indipendente dalle attività del rigassificatore FSRU Toscana.

Tabella 50 – 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
<i>Anthias anthias</i>		*		<i>Hygophium benoiti</i>	*	*		<i>Scomber colias</i>	*	*	
<i>Arnoglossus rueppellii</i>	*			<i>Lepidotrigla cavillone</i>		*		<i>Scorpaena porcus</i>	*		
<i>Auxis rochei rochei</i>	*			<i>Maurolicus muelleri</i>		*	*	<i>Serranus hepatus</i>	*		
<i>Ceratoscopelus maderensis</i>		*	*	<i>Mugil cephalus</i>	*			SPARIDAE ind	*	*	
<i>Coris julis</i>	*			<i>Mullus sp</i>	*			<i>Uranoscopus scaber</i>	*		
<i>Coryphaena hippurus</i>		*		<i>Myctophum punctatum</i>			*	Yolk larvae	*	*	*
<i>Cyclothone braueri</i>	*	*	*	<i>Ophisurus serpens</i>	*	*		Uova di <i>E. encrasicolus</i>	*	*	*
<i>Engraulis encrasicolus</i>	*	*	*	<i>Pagrus pagrus</i>	*			Uova di <i>Maurolicus muelleri</i>	*	*	
GOBIIDAE ind	*			<i>Parablennius sp</i>	*			Uova di <i>Ophisurus serpens</i>	*	*	
<i>Gonostoma denudatum</i>		*	*	<i>Parophidion vassali</i>	*			Uova ind	*	*	*

2.2 SEDIMENTI

2.2.1 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche

A partire dall'estate 2023, per l'adeguamento al D.M.173/16 e successiva elaborazione tramite il software SediQualSoft 109.0® utilizzato per la definizione della qualità (pericolo) dei sedimenti marino-salmastri, sono stati introdotti i seguenti analiti Idrocarburi C>12 e C<12, Policlorobifenili, Pesticidi organoclorurati, Sostanza organica e Vanadio riportati di seguito con i relativi risultati nelle tabelle.

Analisi granulometrica

Le stazioni E23 MG6, E23 MG07, E23 MG10, E23 MG13 sono state classificate come pelite sabbiosa presentando un sedimento costituito da silt e argilla la cui unione mostra un valore percentuale maggiore rispetto alla sabbia. La stazione E23 MG9, classificata come pelite, esibisce un'elevata percentuale di silt (77,6%) rispetto all'argilla (11,6%) e alla sabbia (10,5%).

La stazione E23 MG12 è stata classificata come sabbia pelitica perché le frazioni più rappresentate sono caratterizzate da sabbia (52,8%) rispetto al silt (29,1%) e all'argilla (4%) che unite originano una percentuale di pelite pari a 33,1%. Nelle stazioni prossime al terminale E23 MG12 e E23 MG06 è presente una percentuale di ghiaia pari al 14,1% nel primo caso e 16,2% nel secondo. Le altre stazioni esibiscono una piccola frazione di ghiaia compresa tra lo 0,3% (E23 MG09) e 5,2% (E23 MG07).

	Ghiaia %	Sabbia %	Silt %	Argilla %	Classificazione (Shepard)
E23 MG6	16,2	33,4	42,3	8,1	Pelite sabbiosa
E23 MG7	5,2	43,6	43,5	7,7	Pelite sabbiosa
E23 MG9	0,3	10,5	77,6	11,6	Pelite
E23 MG10	0,9	40,7	53,1	5,3	Pelite sabbiosa
E23 MG12	14,1	52,8	29,1	4,0	Sabbia pelitica
E23 MG13	4,3	31,8	55,1	8,8	Pelite sabbiosa

Metalli

Le concentrazioni dei metalli in tracce indagati nelle sei stazioni di sedimento mostrano per lo più valori omogenei e generalmente inferiori al LCRN (L1) ad eccezione di As, Cr, Ni, Pb e Zn (**Tabella 52**).

L'arsenico supera il limite L2 in tutte le stazioni ad eccezione della stazione E23 MG13 dove esibisce una concentrazione superiore solamente al livello chimico L1.

Le concentrazioni di Cromo presentano in tutte le stazioni tenori superiori al livello chimico L1 mentre, nel caso del Piombo, tali superamenti sono presenti unicamente nelle stazioni E23 MG06, E23 MG07 e E23MG09 con concentrazioni modeste.

Il Nichel supera il limite L1 in tutte le stazioni e L2 nelle stazioni prossime al terminale (E23 MG06 e E23 MG07) e nel controllo E23 MG09.

Per quanto riguarda lo Zinco le concentrazioni rilevate in tutte le stazioni sono maggiori di L1 ad eccezione del controllo MG10 che risulta inferiore ad esso. I risultati confermano ancora una volta la localizzazione del Terminale in area soggetta, in passato, a sversamenti di fanghi portuali.

Tabella 52 – Concentrazione dei metalli. I dati sono espressi in mg/kg, tranne Al e Fe espressi in %. Sono riportati gli Standard di Qualità (SQ DLgs.172/15 Tab.2/A e Tab.3/A) 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	V	Zn
E23 MG6	4,44	3,53	21,81	108,14	119,34	34,75	0,06	675,82	0,21	80,20	33,54	89,18	130,26
E23 MG7	4,15	3,47	22,61	99,13	113,93	31,93	0,06	777,22	0,21	77,11	39,68	83,70	121,21
E23 MG9	6,32	4,93	36,69	99,52	125,84	33,09	0,05	1037,10	0,24	91,00	36,72	100,95	125,85
E23 MG10	2,69	2,42	22,21	200,69	84,43	18,57	0,04	717,77	0,17	63,20	20,32	62,18	77,40
E23 MG12	2,65	2,57	20,36	66,37	88,08	28,13	0,07	719,18	0,19	66,86	29,95	63,15	102,05
E23 MG13	2,70	2,43	16,07	65,98	91,46	28,09	0,08	513,47	0,21	64,70	26,96	62,39	101,10
S.Q.							0,30		0,30		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 (IPA), sono ampiamente presenti nei pressi del Terminale, in particolare modo nella stazione E23 MG06, esibendo concentrazioni superiori agli standard di qualità e di conseguenza al LCRN (L1) del (DM 173/2016). Nella stazione E23 MG6 si osservano anche numerosi sforamenti relativi al Livello Chimico L2 (DM 173/2016) per quanto riguarda l'Antracene, il Benzo(a) antracene, il Benzo(a)pirene, il Fluorantene, il Pirene e relativa sommatoria (IPA). Anche la stazione E23 MG13 mostra una concentrazione di Benzo(a)pirene superiore all'L2.

Gli IPA sono presenti anche nella stazione di controllo (E23 MG9) limitatamente ad alcuni parametri e con sforamenti relativi unicamente al livello chimico L1.

Il carbonio organico totale presenta presso l'FSRU andamenti in linea con i controlli E23 MG09 ed E23 MG10 fatta eccezione per la stazione E23 MG7 (8092 mg/kg) che mostra una concentrazione maggiore rispetto alle altre stazioni indagate.

La sostanza organica mostra concentrazioni confrontabili tra le stazioni ad eccezione del campione E23 MG09 che presenta un valore % maggiore (9,43%) in linea con la composizione granulometrica dei sedimenti (pelite) di questa stazione.

Gli idrocarburi C<12 sono inferiori al limite di quantificazione, mentre i C>12 sono presenti nei pressi del Terminale (E23 MG06, E23 MG07 e E23MG13) con concentrazioni superiori al Livello Chimico L2 del (DM 173/2016).

I composti organostannici sono stati rilevati nei pressi del terminale limitatamente al tributilstagno che supera il limite L1 nelle stazioni E23 MG06, E23 MG07, E23 MG12 e E23 MG13.

Per quanto riguarda i PCB totali si osserva un modesto superamento del livello chimico L1 nelle stazioni MG006, MG07 e MG12 nei pressi del terminale.

I pesticidi organoclorurati mostrano lievi superamenti nel caso del livello chimico L1 per quanto riguarda la Σ DDD nelle stazioni E23 MG06, E23 MG07 e E23 MG12 e nel caso della Σ DDT unicamente nella stazione E23 MG07. Si osserva un lieve superamento del livello chimico L1 per l'esaclorobenzene anche nel caso del controllo E23 MG09.

Anche per questi parametri, i risultati confermano la localizzazione del Terminale in area soggetta, in passato, a sversamenti di fanghi portuali.

Tabella 53 – Concentrazione dei contaminanti organici nei sedimenti campionati nell'estate 2023. Standard di Qualità (SQ DLgs.172/15 Tab.2/A e Tab.3/A), e Limite Chimico di Riferimento Nazionale L1 e L2 (DM 173/2016) sono espressi nella stessa unità di misura dei risultati come riportato nell'intestazione in grassetto. In neretto i valori >SQ e L1, in rosso >L2.

	E23 MG6	E23 MG7	E23 MG9	E23 MG10	E23 MG12	E23 MG13	S.Q	L1	L2
Idrocarburi policiclici aromatici (µg/kg)									
Acenaftene	20,01	9,26	5,57	1,76	7,08	9,56			
Acenaftilene	39,11	24,37	14,77	2,80	19,12	29,99			
Antracene	263,67	56,04	34,38	6,91	45,33	59,93	24	24	245
Benzo (a) antracene	829,90	62,26	26,50	11,05	55,32	66,25		75	500
Benzo (a) pirene	675,45	92,12	44,43	16,96	82,90	105,03	30	30	100
Benzo (b) fluorantene	784,61	106,40	67,48	23,95	105,07	137,58	40	40	
Benzo (g, h, i) perilene	409,39	65,51	37,90	15,05	49,84	69,30	55	55	
Benzo (k) fluorantene	375,79	53,57	31,29	10,21	54,36	57,75	20	20	
Crisene	769,44	57,66	27,92	11,55	58,34	62,16		108	846
Dibenzo (a, h) antracene	120,23	17,52	9,88	3,70	14,54	18,46			
Fenantrene	367,58	41,14	21,55	9,44	33,86	47,84		87	544
Fluorantene	2.533,45	106,82	44,04	18,42	84,63	127,29	110	110	1.494
Fluorene	45,13	10,21	5,44	1,79	7,41	10,91		21	144
Indeno (1,2,3 - c, d) pirene	513,37	83,43	51,20	18,71	71,53	99,13	70	70	
Naftalene	13,70	11,41	8,49	3,09	10,34	14,02	35	35	391
Pirene	1454,58	104,37	47,83	19,17	86,57	125,98		153	1398
IPA Totali	9215,43	902,07	478,67	174,55	786,23	1041,18		900	4000
Idrocarburi C<12 (mg/kg)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5			
Idrocarburi C>12 (mg/kg)	87,5	63,1	35,2	26,3	14,4	70,3			50
Composti organostannici (µg/kg)									
Monobutilstagno	5,19	8,79	1,89	1,25	6,39	6,6			
Dibutilstagno	13,7	22,8	3,50	1,95	13,4	18			
Tributilstagno	35	208	7,35	3,8	39,8	46,5			
Σ composti organostannici	53,9	24	12,7	7	59,5	71			
Valori espressi come Sn organico totale (µg/kg)									
Monobutilstagno	3,4	5,8	1,2	0,8	4,2	4,3			
Dibutilstagno	7,0	11,6	1,8	1,0	6,8	9,2			
Tributilstagno	14,3	85,2	3,0	1,6	16,3	19,1	5	5	
Σ composti organostannici	24,7	102,6	6,0	3,4	27,3	32,6			72
Carbonio organico totale (TOC) (mg/kg)	6822	8092	6984	5653	7356	7883			
Sostanza organica (%)	6,18	6,75	9,43	6,01	5,25	7,53			
Policlorobifenili (µg/kg)									
PCB 28	0,18	0,16	< 0,1	0,05	0,18	0,19			

Tabella 53 – Concentrazione dei contaminanti organici nei sedimenti campionati nell'estate 2023. Standard di Qualità (SQ DLgs.172/15 Tab.2/A e Tab.3/A), e Limite Chimico di Riferimento Nazionale L1 e L2 (DM 173/2016) sono espressi nella stessa unità di misura dei risultati come riportato nell'intestazione in grassetto. In neretto i valori >SQ e L1, in rosso >L2.

	E23 MG6	E23 MG7	E23 MG9	E23 MG10	E23 MG12	E23 MG13	S.Q	L1	L2
PCB 52	0,66	0,66	0,14	< 0,1	1,35	< 0,1			
PCB 77	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,19	< 0,1			
PCB 81	< 0,1	0,09	< 0,1	0,05	< 0,1	< 0,1			
PCB 101	2,76	1,74	0,31	0,15	4,18	1,05			
PCB 118	1,21	1,04	0,29	0,17	2,28	0,66			
PCB 126	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1			
PCB 128	0,36	0,40	0,11	< 0,1	0,41	0,19			
PCB 138	2,44	2,00	0,55	0,24	2,61	1,00			
PCB 153	4,94	3,28	0,82	0,26	5,10	1,77			
PCB 156	0,24	0,21	< 0,1	< 0,1	0,22	< 0,1			
PCB 169	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,10	< 0,1			
PCB 180	2,77	2,06	0,49	0,17	4,48	0,82			
PCB Totali	15,56	11,64	2,71	1,08	21,12	5,69		8	60
Pesticidi organoclorurati (µg/kg)									
DDD-o,p	0,24	0,40	< 0,1	1,16	0,25	0,17			
DDD-p,p	0,66	1,07	0,19	1,06	0,58	0,59			
Σ DDD	0,90	1,47	0,19	2,22	0,84	0,76	0,8	0,8	7,8
DDE o,p	0,14	0,18	0,11	0,17	0,14	0,12			
DDE-p,p	0,68	0,86	0,39	0,51	0,68	0,56			
Σ DDE	0,82	1,04	0,50	0,68	0,83	0,68	1,8	1,8	3,7
DDT-o,p	0,24	0,21	0,15	0,17	0,32	0,20			
DDT-p,p	0,54	0,97	0,24	0,19	0,64	0,88			
Σ DDT	0,78	1,18	0,39	0,36	0,96	1,08	1,0	1,0	4,8
Aldrin	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,2	0,2	
Dieldrin	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,2	0,7	4,3
Endrin	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1		2,7	10
Heptachlor-epoxide-B-exo	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1		0,6	2,7
Hexachlorobenzene	0,28	0,29	0,49	0,20	0,24	0,27	0,4	0,4	
Hexachlorocyclohexane-alfa	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,2	0,2	
Hexachlorocyclohexane-beta	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,2	0,2	
Lindane-gamma	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,2	0,2	1,0
Clordano cis	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1			
Clordano trans	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1			
Σ Clordano	< 0,1		2,3	4,8					

Cloroderivati

Questi composti risultano al di sotto del limite di rilevabilità del metodo ed eccezione dell'Acido Dibromoacetico, Acido Tribromoacetico, Acido Monobromoacetico, Acido Bromocloroacetico e Acido Monocloroacetico che sono stati rilevati in quasi tutte le stazioni indagate indipendentemente dalla distanza dal Terminale. L'acido Clorodibromoacetico è presente unicamente nel controllo E23 MG10. (Tabella 54).

Tabella 54 – Concentrazione dei composti cloro derivati nei sedimenti campionati nell'Estate 2023.

	E23 MG6	E23 MG7	E23 MG9	E23 MG10	E23 MG12	E23 MG13
Acidi Aloacetici (µg/kg s.s.)						
Dalapon	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Acido Dibromoacetico	< 2	2,5	8,0	< 2	3,5	< 2
Acido Tribromoacetico	9,8	< 4	7,5	26,0	9,0	6,3
Acido Monobromoacetico	72,7	111,4	77,1	11,5	85,6	67,3
Acido Bromodichloroacetico	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Acido Bromocloroacetico	2,3	2,5	2,6	2,6	3,7	2,7
Acido Dichloroacetico	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8
Acido Tricloroacetico	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Acido Monocloroacetico	23,5	30,2	89,9	15,2	34,5	23,3

Tabella 54 – Concentrazione dei composti cloro derivati nei sedimenti campionati nell'Estate 2023.

Acido Clorodibromoacetico	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4
(VOC) (µg/kg)						
1,1,1-Tricloro-2-propanone	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
1,1,1-Tricloroetano	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
1,1,2-Tricloroetano	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
1,1-dicloro-2-propanone	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
1,2,3-Tricloropropano	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
1,2-Dibromo-3-Cloro-propano	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
1,2-Dibromoetano	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Bromodiclorometano	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Bromoformio	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Cloroformio	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Cloropricrina	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Dibromoacetoneitrile	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Dibromoclorometano	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Dicloroacetoneitrile	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
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	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Tricloroetilene	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Alofenoli (SVOC) (µg/kg s.s.)						
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
Pentaclorofenolo	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5

Analisi microbiologiche

Nella seguente tabella sono riportati i risultati delle analisi microbiologiche dalle quali si evidenzia l'assenza di contaminazione fecale (Tabella 55).

Tabella 55 – Risultati delle analisi microbiologiche condotte nei sedimenti durante la stagione estiva 2023. I dati sono espressi in MPN/g.

	E23 MG6	E23 MG7	E23 MG9	E23 MG10	E23 MG12	E23 MG13
Conta di Streptococchi fecali (Enterococchi)	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
Conta di Coliformi Fecali	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
Conta di coliformi totali	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3

2.2.2 Saggi ecotossicologici su campioni di sedimento

I risultati dei saggi ecotossicologici eseguiti sui campioni di sedimento sono riportati nel paragrafo relativo al rischio ecotossicologico calcolato mediante Sediqualsoft 109.0® utilizzato per la definizione della qualità (pericolo) dei sedimenti marino-salmastri come da DM 173/2016.

Paracentrotus lividus

Nella **Tabella 56** sono riportati i parametri registrati negli elutriati estratti dai sedimenti testati.

Campione	Salinità (‰)	pH	Ossigeno disciolto (mg/l)	Campione	Salinità (‰)	pH	Ossigeno disciolto (mg/l)
Controllo	36	8,22	7,98				
E23 MG6	36	8,12	7,58	E23 MG10	36	8,05	7,09
E23 MG7	36	8,06	7,46	E23 MG12	36	8,04	6,88
E23 MG9	36	8,05	7,32	E23 MG13	36	8,05	6,90

QA-QC – Il test eseguito con la sostanza di riferimento ha fornito una EC50 di 25,77 µg l⁻¹ di Cu (LC=23,89 e UC=27,81), che rientra nei limiti della carta di controllo del laboratorio. La percentuale media di embrioni allo stadio di pluteo (89 ± 0,58%) è risultata conforme, in quanto superiore al limite del 75% e inferiore al limite del 95%,

Le percentuali degli embrioni che hanno raggiunto lo stadio di pluteo nel test di embriotossicità (72ore) con *P. lividus* e successiva stima della tossicità cronica (EC20/50) degli elutriati sono riportati nella **Tabella 57**.

Campione	Concentrazione (%) dell'elutriato	% media di plutei (± dev.st %)		% media di embrioni non sviluppati	Correzione ABBOTT (embrioni non sviluppati)	EC 20 (%)	EC 50 (%)
Controllo		89	± 0,58	10	0	-	
E23 MG6	100	46	± 0,58	54	48	44,6	>100
	50	66	± 2,08	34	25		
	25	84	± 1,53	16	6		
E23 MG7	100	63	± 1,53	37	29	60,2	>100
	50	72	± 2,08	28	19		
	25	84	± 2,08	16	6		
E23 MG9	100	27	± 2,08	73	70	30,8	63,6
	50	54	± 2,00	46	39		
	25	76	± 2,52	24	14		
E23 MG10	100	61	± 1,15	39	32	60,9	>100
	50	74	± 2,08	26	16		
	25	83	± 1,53	17	7		
E23 MG12	100	72	± 2,08	28	18	≥100	>100
	50	81	± 2,52	19	9		
	25	85	± 1,53	15	4		
E23 MG13	100	67	± 1,15	33	25	78	>100
	50	77	± 1,53	23	13		
	25	84	± 1,53	16	5		

Corophium orientale

Nella **Tabella 58** sono riportati i parametri (chimico-fisici) dell'acqua al di sopra dei sedimenti, registrati all'inizio ed al termine del test di tossicità acuta (10gg) con *C. orientale*.

Tabella 58 - Parametri (chimico-fisici) dell'acqua al di sopra dei sedimenti testati registrati all'inizio e al termine del test di tossicità 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	8,18	0			36	8,20	0	
E23 MG6		35	8,10	0,5-1			36	8,15	0	
E23 MG7		35	8,09	0,5-1			36	8,12	0	
E23 MG9	14±1	36	8,09	0	>85	15±1	36	8,12	0	>85
E23 MG10		36	8,06	0,5			36	8,10	0	
E23 MG12		36	8,04	0,5			36	8,09	0	
E23 MG13		36	8,00	0-0,5			36	8,09	0	

QA-QC - Il valore della LC50(96h) = 3,63mg/l (LC=3,34 mg/l e UC=3,95mg/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 10 giorni è risultata conforme, in quanto superiore al 85%.

Le percentuali di mortalità degli organismi di *C. orientale*, registrate nel test di tossicità acuta sono riportate nella **Tabella 59**.

Tabella 59 - Percentuali di mortalità degli organismi di <i>C. orientale</i> osservate dopo 10gg nei sedimenti testati.								
Campione	Numero degli organismi esposti	Sopravvivenza media (± Dev. st. %)			Mortalità media (± incertezza %)			Mortalità media corretta (%) ABBOTT
Controllo	100	99	±	2,00	1	±	3,18	0
E23 MG6	100	94	±	2,31	6	±	3,67	5
E23 MG7	100	85	±	2,83	15	±	6,09	14
E23 MG9	100	90	±	2,31	10	±	3,67	9
E23 MG10	100	83	±	2,00	17	±	3,18	16
E23 MG12	100	95	±	2,00	5	±	3,18	4
E23 MG13	100	81	±	2,00	19	±	3,18	18

Vibrio fischeri

QA-QC- Il test è stato effettuato con il lotto batterico n. BL11400223(scadenza 02/25) Il valore della EC50(15') = 10,10mg/l (LC= 9,17mg/l e UC=11,13mg/l) conseguito con la sostanza di riferimento ZnSO₄ · 7H₂O rientra nei limiti della carta di controllo del laboratorio.

Tabella 60 - Risultati del test con il <i>V. fischeri</i> eseguito su elutriati (incubazione 15', 30') EC20/50, max. effetto 15', max. effetto 30', espressi in %.										
Campione	Effetto massimo 15' (± DS)			EC20	EC50	Effetto massimo 30' (± DS)			EC20	EC50
E23 MG6	-3,86	±	1,36	≥90	≥90	-3,98	±	1,17	≥90	≥90
E23 MG7	-1,74	±	3,17	≥90	≥90	-1,74	±	3,18	≥90	≥90
E23 MG9	-6,07	±	1,27	≥90	≥90	-6,06	±	1,26	≥90	≥90
E23 MG10	0,98	±	4,39	≥90	≥90	0,98	±	4,39	≥90	≥90
E23 MG12	4,22	±	3,05	≥90	≥90	4,22	±	3,06	≥90	≥90
E23 MG13	1,83	±	1,24	≥90	≥90	1,83	±	1,24	≥90	≥90

Classificazione del pericolo ecotossicologico dei sedimenti

Di seguito si riporta l'output ottenuto mediante sediquaifsoft per la definizione della classe di pericolo ecotossicologico elaborato dall'integrazione ponderata dei risultati della batteria di saggi ecotossicologici. Gli HQ di batteria ottenuti dall'elaborazione originano un livello di pericolo ecotossicologico basso nel campione MG9.

Campione	HQ Batteria	Livello di pericolo ecotossicologico	N. Saggi	% elutriato
E23 MG6	0,71	ASSENTE	3	75
E23 MG7	0,83	ASSENTE	3	39
E23 MG9	1,15	BASSO	3	70
E23 MG10	0,93	ASSENTE	3	38
E23 MG12	0,39	ASSENTE	3	63
E23 MG13	0,94	ASSENTE	3	31

2.3 BIOTA

2.3.1 Macrozoobenthos

Lo studio ha portato alla raccolta e determinazione di 8576 individui appartenenti a 171 specie comprendenti anellidi (policheti), molluschi, artropodi (crostacei), sipunculidi, echinodermi, nemertini e nematodi.

Annelida		
<i>Abyssoninoe hibernica</i> (McIntosh, 1903)	<i>Eunice vittata</i> (Delle Chiaje, 1828)	<i>Metasychis gotoi</i> (Izuka, 1902)
<i>Ampharete acutifrons</i> (Grube, 1860)	<i>Exogone verugeta</i> (Claparède, 1868)	<i>Nephtys incisa</i> Malmgren, 1865
<i>Amphicteis gunneri</i> (M. Sars, 1835)	<i>Fauvelopsis</i> sp.	<i>Ninoe armoricana</i> Glémarec, 1968
<i>Ancistrosyllis groenlandica</i> Mc Intosh, 1879	<i>Galathowenia oculata</i> Zachs, 1923	<i>Notomastus profundus</i> (Eisig, 1887)
<i>Anobothrus gracilis</i> (Malmgren, 1866)	<i>Gallardoneris iberica</i> Martins, Carrera-Parra, Quintino & Rodrigues, 2012	<i>Ophelina abranchiata</i> Støp-Bowitz, 1948
<i>Aphelocheata marioni</i> (Saint-Joseph, 1894)	<i>Glycera alba</i> (O.F. Müller, 1776)	<i>Paradiopatra lepta</i> (Chamberlin, 1919)
<i>Apistobranchus tullbergi</i> (Théel, 1879)	<i>Glycera tessellata</i> Grube, 1863	<i>Paralacydonia paradoxa</i> Fauvel, 1913
<i>Aponuphis bilineata</i> (Baird, 1870)	<i>Glycera unicornis</i> Lamarck, 1818	<i>Paucibranchia bellii</i> (Audouin & Milne Edwards, 1833)
<i>Aponuphis brementii</i> (Fauvel, 1916)	<i>Harmothoe antilopes</i> Mc Intosh, 1876	<i>Phyllodoce</i> sp.
<i>Aricidea assimilis</i> Tebble, 1959	<i>Harmothoe</i> sp.	<i>Pilargis verrucosa</i> (Saint-Joseph, 1899)
<i>Aricidea catherinae</i> Laubier, 1967	<i>Hesionidae</i> ind.	<i>Pista cristata</i> (O. F. Müller, 1776)
<i>Aricidea claudiae</i> Laubier, 1967	<i>Heteromastus filiformis</i> (Claparède, 1864)	<i>Poecilochaetus fauchaldi</i> Pilato & Cantone, 1976
<i>Aricidea mariannae</i> Katzmann & Laubier, 1975	<i>Heterospio mediterranea</i> Laubier, Picard & Ramos, 1972	<i>Polygordius</i> sp.
<i>Aricidea monicae</i> Laubier, 1967	<i>Hyalinoecia tubicola</i> (O. F. Müller, 1776)	<i>Praxillella gracilis</i> (M. Sars, 1861)
<i>Auchenoplax crinita</i> Ehlers, 1887	<i>Kirkegaardia heterochaeta</i> (Laubier, 1961)	<i>Praxillella praetermissa</i> (Malmgren, 1865)
<i>Chaetozone carpenteri</i> McIntosh, 1911	<i>Laonice grimaldii</i> Sikorski, Nygren & Mikac, in Sikorski et al. 2021	<i>Prionospio ehlersi</i> Fauvel, 1928
<i>Chaetozone setosa</i> Malmgren, 1867	<i>Laonice mediterranea</i> Sikorski, Nygren & Mikac, in Sikorski et al. 2021	<i>Prionospio fallax</i> Soderstrom, 1920
<i>Chloëia venusta</i> Quatrefages, 1865	<i>Leiocapitella dollfusi</i> (Fauvel, 1936)	<i>Prionospio</i> sp.
<i>Cirratulidae</i> ind.	<i>Leiochone leiopygos</i> (Grube, 1860)	<i>Scalibregma inflatum</i> Rathke, 1843
<i>Dasybranchus caducus</i> (Grube, 1846)	<i>Levinsenia demiri</i> Çinar, Dagli & Acik, 2011	<i>Schistomeringos rudolphi</i> (Delle Chiaje, 1828)
<i>Diplocirrus glaucus</i> (Malmgren, 1867)	<i>Levinsenia gracilis</i> (Tauber, 1879)	<i>Scoletepis</i> sp.
<i>Ditrupa arietina</i> (O.F. Müller, 1776)	<i>Lumbrineris luciliae</i> Martins, Carrera-Parra, Quintino & Rodrigues, 2012	<i>Sigambra tentaculata</i> (Treadwell, 1941)
<i>Drilonereis filum</i> (Claparède, 1868)	<i>Lumbrineris</i> sp.	<i>Spio multicolata</i> (Rioja, 1918)
<i>Euclymene lombricoides</i> (Quatrefages, 1866)	<i>Lysidice ninetta</i> Audouin & Milne-Edwards, 1833	<i>Spiophanes kroyeri</i> Grube, 1860
<i>Euclymene oerstedii</i> (Claparède, 1863)	<i>Lysidice unicornis</i> (Grube, 1840)	<i>Sternaspis scutata</i> (Ranzani, 1817)
<i>Euclymene palermitana</i> (Grube, 1840)	<i>Maldane glebifex</i> Grube, 1860	<i>Syllis alternata</i> Moore, 1908
<i>Euclymene</i> sp.	<i>Malmgrenia lunulata</i> (Delle Chiaje, 1841)	<i>Syllis parapar</i> San Martín & López, 2000

<i>Eulalia</i> sp.	<i>Melinna palmata</i> Grube, 1860	<i>Terebellides mediterranea</i> Parapar, Mikac & Fiege, 2013
Arthropoda		
<i>Akanthophoreus gracilis</i> (Krøyer, 1842)	<i>Eurynome aspera</i> (Pennant, 1777)	<i>Medicorophium rotundirostre</i> (Stephensen, 1915)
<i>Alpheus glaber</i> (Olivi, 1792)	<i>Gnathia oxyuraea</i> (Lilljeborg, 1855)	<i>Metaphoxus fultoni</i> (Scott, 1890)
<i>Ampelisca</i> sp.	<i>Goneplax rhomboides</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Metaphoxus simplex</i> Bate, 1857
<i>Araphura brevismanus</i> (Lilljeborg, 1864)	<i>Haploops nirae</i> Kaim Malka, 1976	<i>Paraphoxus oculatus</i> (G.O. Sars, 1879)
<i>Callianassa subterranea</i> (Montagu, 1898)	<i>Harpinia crenulata</i> (Boeck, 1871)	<i>Pardaliscella boeckii</i> (Malm, 1870)
<i>Carangoliopsis spinulosa</i> Ledoyer, 1970	<i>Harpinia dellavallei</i> Chevreux, 1910	<i>Periocolodes longimanus</i> (Bate & Westwood, 1868)
<i>Collettea cylindrata</i> (Sars, 1882)	<i>Hippomedon bidentatus</i> Chevreux, 1903	<i>Photis longicaudata</i> (Bate & Westwood, 1862)
<i>Deflexilodes acutipes</i> (Ledoyer, 1983)	<i>Kupellonura mediterranea</i> Barnard, 1925	<i>Pilumnus spinifer</i> H. Milne-Edwards, 1834
<i>Diastylis rugosa</i> Sars, 1865	<i>Leucon (Epileucon) longirostris</i> Sars, 1871	<i>Processa macrophthalma</i> Nouvel & Holthuis, 1957
<i>Eriopisa elongata</i> (Bruzelius, 1859)	<i>Leucothoe oboa</i> G. Karaman, 1971	<i>Tuberapseudes echinatus</i> (Sars, 1882)
<i>Eudorella nana</i> Sars, 1879	<i>Liocarcinus maculatus</i> (Risso, 1827)	<i>Upogebia deltaura</i> (Leach, 1815)
<i>Eurydice spinigera</i> Hansen, 1890	<i>Maera grossimana</i> (Montagu, 1808)	<i>Westwoodilla rectirostris</i> (Della Valle, 1893)
Echinodermata		
<i>Amphipholis squamata</i> (Delle Chiaje, 1828)	<i>Leptopentacta elongata</i> (Düben Koren, 1846)	<i>Ophiacantha setosa</i> (Bruzelius, 1805)
<i>Amphiura chiajei</i> Forbes, 1843	<i>Neocucumis marionii</i> (Marenzeller von, 1877)	<i>Ophiura albida</i> Forbes, 1839
<i>Amphiura filiformis</i> (O. F. Müller, 1776)	<i>Oestergrenia digitata</i> (Montagu, 1815)	
Mollusca		
<i>Abra nitida</i> (O.F. Muller, 1776)	<i>Hiatella arctica</i> (Linnaeus, 1767)	<i>Papillicardium minimum</i> (Philippi, 1836)
<i>Acteon tornatilis</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Hyala vitrea</i> (Montagu, 1803)	<i>Philine catena</i> (Montagu, 1803)
<i>Antalis inaequicostata</i> (Dautzenberg, 1891)	<i>Kelliella abyssicola</i> (Forbes, 1844)	<i>Pitar rudis</i> (Poli, 1795)
<i>Bathyarca pectunculoides</i> (Scacchi, 1834)	<i>Lembulus pella</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Poromya granulata</i> (Nyst & Westendorp, 1839)
<i>Cardiomya costellata</i> (Deshayes, 1835)	<i>Mangelia costulata</i> Risso, 1826	<i>Prochaetoderma raduliferum</i> (Kowalevsky, 1901)
<i>Clathrella clathrata</i> (Philippi, 1844)	<i>Megastomia conoidea</i> (Brocchi, 1814)	<i>Pulsellum lofotense</i> (M. Sars, 1865)
<i>Coracuta obliquata</i> (Chaster, 1897)	<i>Mendicula ferruginosa</i> (Forbes, 1844)	<i>Saccella commutata</i> (Philippi, 1844)
<i>Cuspidaria cuspidata</i> (Olivi 1792)	<i>Myrtea spinifera</i> (Montagu, 1803)	<i>Tellimya ferruginosa</i> (Montagu, 1808)
<i>Cyllichna cylindracea</i> (Pennant, 1777)	<i>Neopycnodonte cochlear</i> (Poli, 1795)	<i>Thyasira alleni</i> Carozza, 1981
<i>Ennucula aegeensis</i> (Forbes, 1844)	<i>Nucula nitidosa</i> Winckworth, 1930	<i>Thyasira buplicata</i> (Philippi, 1836)
<i>Epilepton clarkiae</i> (W. Clark, 1852)	<i>Nucula sulcata</i> (Bronn, 1831)	<i>Thyasira granulosa</i> (Monterosato, 1874)
<i>Falcidens gutturosus</i> (Kowalevsky, 1901)	<i>Pandora pinna</i> (Montagu, 1803)	<i>Timoclea ovata</i> (Pennant, 1777)
Sipuncula		
<i>Golfingia (Golfingia) elongata</i> (Keferstein, 1862)	<i>Nephasoma diaphanes</i> (Gerould, 1913)	<i>Phascolion (Phascolion) strombus strombus</i>
<i>Golfingia (Golfingia) vulgaris vulgaris</i> (Blainville, 1827)	<i>Onchnesoma steenstrupii steenstrupii</i> Koren & Danilssen, 1876	
Nemertea ind.		
Nematoda ind.		

Gli anellidi, rappresentati unicamente dalla classe dei policheti, risultano essere il taxon dominante e con 6323 individui rappresentano il 73,7% dell'abbondanza totale. I molluschi e i crostacei, secondi e terzi in ordine di abbondanza, forniscono, rispettivamente, il 13,1 e il 9,3% di contributo al numero di organismi, mentre i sipunculidi (236 individui) arrivano al 2,8% e gli echinodermi (32 individui) non raggiungono l'1% (**Figura 33**).

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 gruppo dominante avendo circa la metà (49%) delle specie rinvenute (84 specie). Crostacei e Molluschi sono abbastanza equamente rappresentati raggiungendo entrambi il 21% delle specie totali (36 specie).

Gli echinodermi e i sipunculidi forniscono, rispettivamente, il 5% e il 3% di specie al panorama faunistico (rispettivamente con 8 e 5 specie).

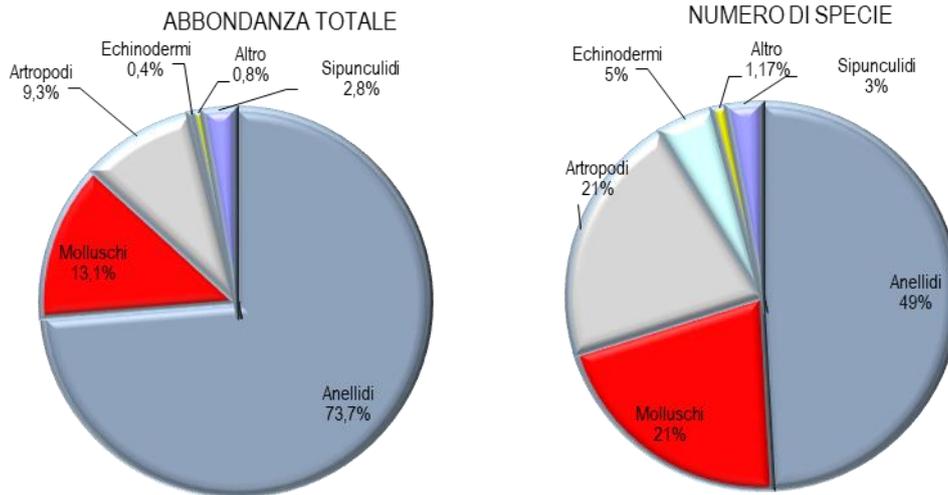


Figura 33 - Ripartizione dell'abbondanza totale e del numero di specie tra i principali taxa rinvenuti nell'Estate 2023. Altro= nemertini, nematodi,

Ai policheti appartengono le specie rinvenute col maggior numero di individui. Le prime quattro specie dominanti, sono, infatti, policheti e rappresentano oltre la metà dell'abbondanza totale raggiungendo il 52,31% della somma degli organismi rinvenuti. *Levinsenia demiri* (3093 individui) è in assoluto il polichete più abbondante e da solo rappresenta il 35,32% dell'abbondanza totale. *Kirkegaardia heterochaeta* seconda in ordine di abbondanza (603 individui), fornisce meno del 4,96% di contributo all'abbondanza totale seguita da *Paradiopatra lepta* (588 individui) con un contributo di poco inferiore al 4,56% (Figura 34). Il polichete *Ophelina abranchiata* (296 individui) e il crostaceo *Carangoliopsis spinulosa* (244 individui), la quarta e quinta specie in ordine di abbondanza, non raggiungono il 4% di contributo. Questo risultato, 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, 154 specie (ossia 90% del totale) contribuiscono per meno dell'1% (nell'insieme apportano un contributo del 24,59%) all'abbondanza totale. Le restanti 17 specie che rappresentano circa il 10% del totale delle specie contribuiscono per il 73,31% all'abbondanza totale. Infine il 17,54% delle specie è presente con un solo individuo.

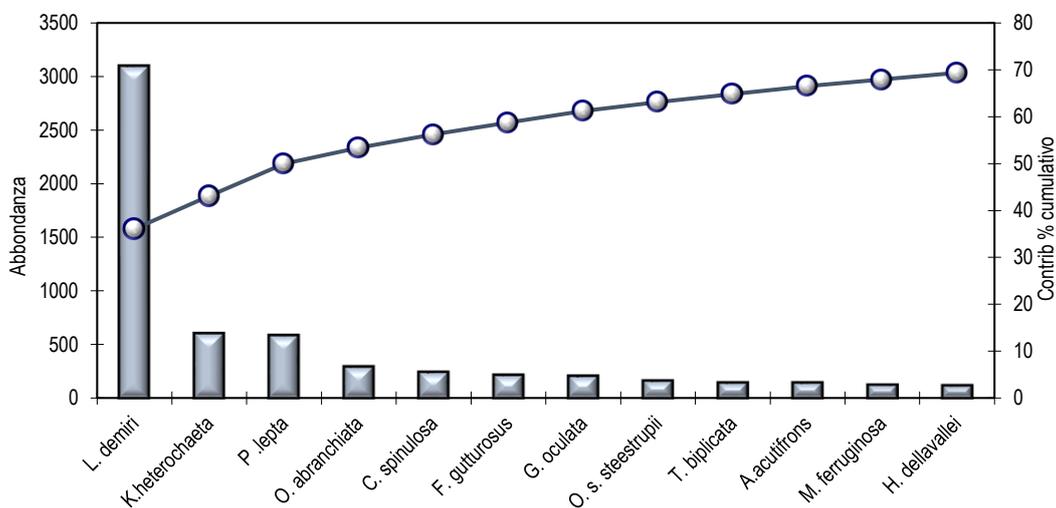


Figura 34 - Abbondanza totale e contributo percentuale cumulativo delle specie dominanti (E23).

Le specie dominanti e diffuse, fanno sì che le stazioni abbiano una elevata similarità interna, che risulta superiore al 72% in tutte le stazioni. La similarità interna maggiore si osserva nella stazione E23 MG14 (83,60%), mentre la similarità interna più bassa si osserva in E23 MG11 (72,7%).

Ancora una volta come già evidenziato nelle campagne precedenti *Levinsenia demiri* dà il contributo maggiore a tale similarità in tutte le stazioni, contributo percentuale che raggiunge il suo massimo in E23MG14 in cui supera il 59%. Seguendo in ordine di contributo alla similarità interna alle stazioni, le specie che contribuiscono maggiormente sono due specie di Anellidi policheti *K. heterochaeta* e *P. lepta*. La seconda specie che determina la similarità interna alle stazioni è *Kirkegaardia heterochaeta* in sei stazioni e *Paradiopatra lepta* anch'essa in sei stazioni. Tuttavia in tutti i casi tale contributo è ben lontano da quello apportato da *L. demiri* e generalmente non supera il 9%.

Osservando il plot della cluster analysis nella figura sottostante a sinistra (**Figura 35**) si possono individuare una elevata dissimilarità tra le stazioni E23MG6 vs E23MG8 (52,46%). La dissimilarità più bassa tra le stazioni si osserva tra E23MG4 vs E23MG6 (26,66%). In entrambi i casi le differenze paiono riconducibili alle abbondanze di specie di Policheti.

Nel piano di ordinamento ottenuto dal non-Metric Multidimensional Scaling (n-MDS) nella figura sottostante in basso a destra si osservano nella parte inferiore del plot le stazioni più distanti dal terminale FSRU Toscana (E23MG1, E23MG2, E23MG9 e E23MG10), mentre nella parte alta è presente la stazione E23MG12, ad esse contrapposte e prossima al terminale. Nel centro del plot sono inframezzate stazioni vicine a FSRU e stazioni a distanza intermedia da esso, non consentendo una interpretazione del risultato riconducibile alle distanze relative delle varie stazioni rispetto alla nave gasiera.

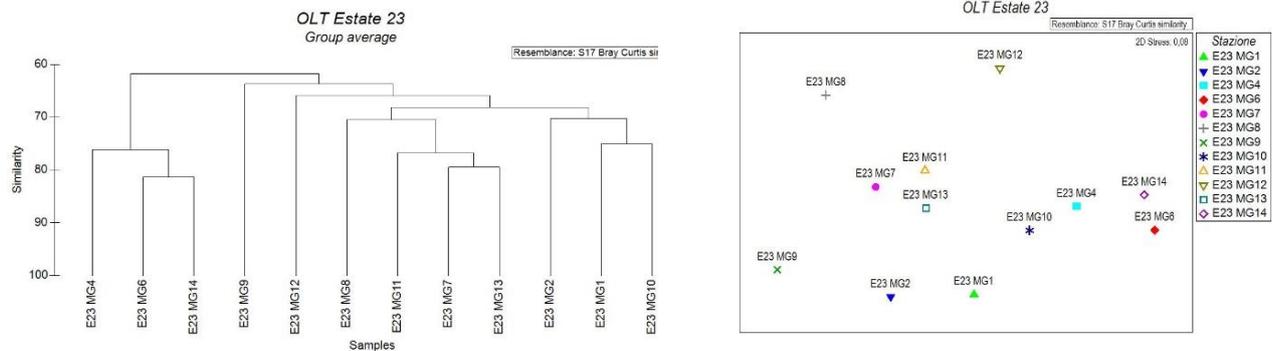


Figura 35 - Risultati della cluster analysis (group average) a sinistra, piano di ordinamento ottenuto dal n-MDS, a destra. La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Bray-Curtis. I risultati sono riferiti alla campagna estiva del 2023.

Analizzando la struttura della comunità oggetto di studio si osserva che i parametri indagati risultano variabili da stazione a stazione. In totale il numero di specie rilevato complessivamente nelle quattro stazioni più vicine all'FSRU è pari a 136 di cui 26 esclusive ossia non rilevate nelle altre stazioni. Il numero totale di specie rilevato nelle stazioni più lontane (MG1, MG2, MG9, MG10) è di 117 specie (di cui 12 esclusive), mentre le specie trovate nelle stazioni intermedie (MG4, MG8, MG11, MG14) sono 119 (di cui 12 esclusive).

Il numero medio di specie per stazione (ossia ottenuto dopo il calcolo della media tra repliche) varia tra 29,5 minimo rilevato in E23 MG9 e 53, massimo osservato in E23 MG12. Le stazioni più vicine al terminale hanno un numero di taxa medio assimilabile al valore medio ($S=42,42\pm 6,49$) calcolato per tutte le stazioni di monitoraggio, con due valori inferiori alla media (E23 MG6 e E23 MG7) e due valori (E23MG12 e E23MG13) superiori ad essa (tabella sottostante).

Il numero medio di individui per stazione raggiunge il valore minimo nella stazione E23MG9 ($112,5\pm 12,12$) ed il massimo nella stazione E23MG14 ($258,75\pm 11,87$), mentre il valore medio calcolato per questo parametro per tutte le stazioni è pari a $178,67\pm 46,93$. I valori del numero di individui nelle stazioni intorno al terminale sono sovrapponibili al valore medio per tutte le stazioni non consentendo l'individuazione di un trend ben evidente.

La ricchezza specifica di Margalef raggiunge il valore minimo in E23 MG9 ($6,03\pm 0,71$) ed il massimo in E23 MG12 ($9,99\pm 0,24$) con una media complessiva di $8,02\pm 1,10$. Due delle stazioni campionate presso il Terminale, hanno una diversità specifica maggiore rispetto al valore medio e due leggermente inferiore rispetto ad esso.

La diversità specifica di Shannon-Weaver (H') ha un valore medio di $4,08\pm 0,48$ con il valore minimo nella stazione E23MG4 ($3,13\pm 0,13$) ed il massimo calcolato nella stazione E23MG2 ($4,72\pm 0,05$).

Il valore medio relativo all'equitabilità di Pielou (J) ha un massimo nella stazione E23MG2 ($0,85\pm 0,01$) e un minimo nella stazione E23MG14 a fronte di un valore medio calcolato complessivamente per tutte le stazioni pari a $0,76\pm 0,08$.

Quindi i risultati dell'analisi della struttura della comunità non supportano l'ipotesi secondo cui presso il Terminale FSRU toscana ci siano condizioni che comportano impoverimento o arricchimento del popolamento oggetto di monitoraggio.

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). MG6, MG7, MG12, MG13: stazioni a 100 m dal Terminale) calcolati per la campagna di monitoraggio estiva del 2023

Stazioni	S	N	d	$H'(\log_2)$	J
E23 MG1	46,25 ± 1,71	209,25 ± 14,91	8,47 ± 0,41	4,53 ± 0,12	0,82 ± 0,02
E23 MG2	47,00 ± 2,94	150,25 ± 20,12	9,18 ± 0,35	4,72 ± 0,05	0,85 ± 0,01
E23 MG4	34,50 ± 1,29	191,00 ± 18,80	6,39 ± 0,31	3,31 ± 0,13	0,65 ± 0,02
E23 MG6	41,25 ± 5,56	240,75 ± 28,94	7,33 ± 0,87	3,41 ± 0,25	0,64 ± 0,04
E23 MG7	38,00 ± 2,58	133,75 ± 5,50	7,56 ± 0,53	4,09 ± 0,26	0,78 ± 0,03
E23 MG8	40,50 ± 2,38	128,50 ± 7,14	8,13 ± 0,42	4,49 ± 0,17	0,84 ± 0,03
E23 MG9	29,50 ± 3,70	112,50 ± 12,12	6,03 ± 0,71	3,80 ± 0,29	0,78 ± 0,03

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). MG6, MG7, MG12, MG13: stazioni a 100 m dal Terminale) calcolati per la campagna di monitoraggio estiva del 2023

	45,50 \pm 5,51	224,75 \pm 17,63	8,22 \pm 0,94	4,24 \pm 0,28	0,77 \pm 0,03
E23 MG10	45,50 \pm 5,51	224,75 \pm 17,63	8,22 \pm 0,94	4,24 \pm 0,28	0,77 \pm 0,03
E23 MG11	41,00 \pm 5,16	157,00 \pm 13,11	7,91 \pm 1,00	4,26 \pm 0,36	0,79 \pm 0,04
E23 MG12	53,00 \pm 2,16	182,25 \pm 16,56	9,99 \pm 0,24	4,43 \pm 0,11	0,77 \pm 0,02
E23 MG13	43,00 \pm 4,97	155,25 \pm 24,19	8,32 \pm 0,75	4,27 \pm 0,29	0,79 \pm 0,04
E23 MG14	49,50 \pm 4,80	258,75 \pm 11,87	8,73 \pm 0,82	3,40 \pm 0,12	0,60 \pm 0,02

2.3.2 Meiobenthos

Dati delle singole stazioni

Il sedimento della stazione E23 MG1 è costituito da sabbia fine mista a silt. La comunità meiobentonica è costituita da undici gruppi tassonomici, con una densità complessiva pari a 264,9 \pm 201,0 ind./10 cm². Il taxon numericamente più abbondante è quello dei Nematodi, che raggiungono il 71,7% della meiofauna totale (189,9 \pm 148,1 ind./10 cm²), seguiti a distanza dai Copepodi (47,6 \pm 33,6 ind./10 cm²; 18,0%) e dai Policheti (11,4 \pm 9,5 ind./10 cm²; 4,3%), mentre i Nauplii costituiscono l'1,6% della meiofauna totale (4,2 \pm 4 ind./10 cm²; **Tabella 64**; **Figura 36**). I restanti sette taxa, raggruppati nella categoria "Altri", costituiscono il 4,5% della biocenosi (11,8 \pm 9,4 ind./10 cm²; **Tabella 64**). I valori degli indici di ricchezza di Margalef, di diversità di Shannon-Wiener e di equitabilità di Pielou sono pari alla media calcolata per l'intera area (**Tabella 66**).

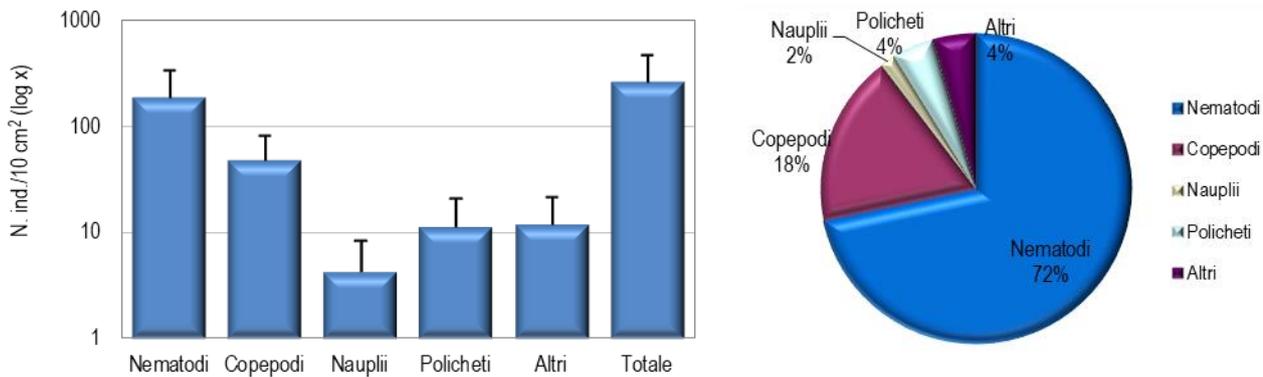


Figura 36 - Stazione E23 MG1. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Tabella 64 - Struttura della comunità meiobentonica nelle stazioni E23 MG1, E23 MG2, E23 MG4, E23 MG6, E23 MG7, E23 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.

	E23 MG1		E23 MG2		E23 MG4		E23 MG6		E23 MG7		E23 MG8	
	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%
Nematodi	189,9 \pm 148,1	71,7	205,5 \pm 56,3	71,8	192,5 \pm 103,0	65,7	103,6 \pm 83,2	75,7	183,2 \pm 28,5	75,1	142,3 \pm 53,6	76,5
Copepodi	47,6 \pm 33,6	18,0	39,6 \pm 15,7	13,8	64,9 \pm 59,1	22,1	19,4 \pm 14,6	14,2	33,7 \pm 24,6	13,8	11,8 \pm 8,9	6,3
Nauplii	4,2 \pm 4,0	1,6	8,0 \pm 1,6	2,8	6,3 \pm 7,3	2,2	1,3 \pm 1,6	0,9	2,1 \pm 2,1	0,9	0,8 \pm 1,0	0,5
Policheti	11,4 \pm 9,5	4,3	21,9 \pm 10,1	7,6	16,0 \pm 8,1	5,5	6,3 \pm 5,6	4,6	21,5 \pm 4,0	8,8	23,2 \pm 5,7	12,4
Chinorinchi	2,5 \pm 2,2	1,0	1,7 \pm 2,4	0,6	1,7 \pm 3,4	0,6	0,4 \pm 0,8	0,3	0,4 \pm 0,8	0,2	0,4 \pm 0,8	0,2
Ostracodi	2,5 \pm 4,0	1,0	1,7 \pm 1,4	0,6	5,1 \pm 3,1	1,7	2,1 \pm 2,1	1,5	1,3 \pm 0,8	0,5	0,8 \pm 1,0	0,5
Anfipodi	1,3 \pm 1,6	0,5	1,3 \pm 0,8	0,4	-	-	0,4 \pm 0,8	0,3	-	-	0,4 \pm 0,8	0,2
Idrozoï	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Isopodi	2,9 \pm 3,5	1,1	0,4 \pm 0,8	0,1	1,3 \pm 1,6	0,4	0,4 \pm 0,8	0,3	-	-	0,4 \pm 0,8	0,2
Bivalvi	0,8 \pm 1,0	0,3	2,5 \pm 2,2	0,9	1,7 \pm 2,4	0,6	1,3 \pm 0,8	0,9	0,8 \pm 1,0	0,3	0,4 \pm 0,8	0,2
Caudofoveati	1,3 \pm 1,6	0,5	1,3 \pm 0,8	0,4	1,7 \pm 1,4	0,6	0,4 \pm 0,8	0,3	0,8 \pm 1,7	0,3	0,4 \pm 0,8	0,2
Nemertini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sipunculidi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Briozoi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ofiura	-	-	0,4 \pm 0,8	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-
Turbellari	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,8 \pm 1,0	0,5
Acari	-	-	0,8 \pm 1,7	0,3	0,4 \pm 0,8	0,1	-	-	-	-	0,8 \pm 1,0	0,5
Tanaidacei	0,4 \pm 0,8	0,2	0,8 \pm 1,7	0,3	0,8 \pm 1,0	0,3	0,4 \pm 0,8	0,3	-	-	1,7 \pm 1,4	0,9
Cumacei	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,2
Priapulidi	-	-	0,4 \pm 0,8	0,1	0,8 \pm 1,7	0,3	0,8 \pm 1,0	0,6	-	-	1,3 \pm 0,8	0,7
Altri (Σ Chino-Priap)	11,8 \pm 9,4	4,5	11,4 \pm 6,8	4,0	13,5 \pm 11,6	4,6	6,3 \pm 3,7	4,6	3,4 \pm 1,4	1,4	8,0 \pm 3,7	4,3
Meiofauna totale	264,9 \pm 201,0	-	286,4 \pm 44,2	-	293,1 \pm 182,9	-	136,9 \pm 98,4	-	243,8 \pm 52,3	-	186,1 \pm 59,6	-

La stazione E23 MG2, caratterizzata da un sedimento sabbioso fine con silt, presenta una comunità meiobentonica costituita da tredici taxa principali, per un popolamento complessivo pari a $286,4 \pm 44,2$ ind./10 cm². Dominano i Nematodi, che raggiungono il 71,8% della biocenosi, con una densità di $205,5 \pm 56,3$ ind./10 cm². Seguono i Copepodi ($39,6 \pm 15,7$ cm²; 13,8%) e i Policheti ($21,9 \pm 10,1$ ind./10 cm²; 7,6%); i Nauplii rappresentano il 2,8% della comunità meiobentonica ($8,0 \pm 1,6$ ind./10 cm²). I rimanenti nove taxa rappresentano il 4,0% della biocenosi ("Altri": $11,4 \pm 6,8$ ind./10 cm²; **Figura 37**). In questo sito è stata registrata la presenza del raro taxon dei Priapulidi. Il valore dell' indice di ricchezza di Margalef risulta superiore alla media calcolata per l'area, mentre i valori degli indici di diversità di Shannon-Wiener e di equità di Pielou risultano pari ad essa (**Tabella 66**).

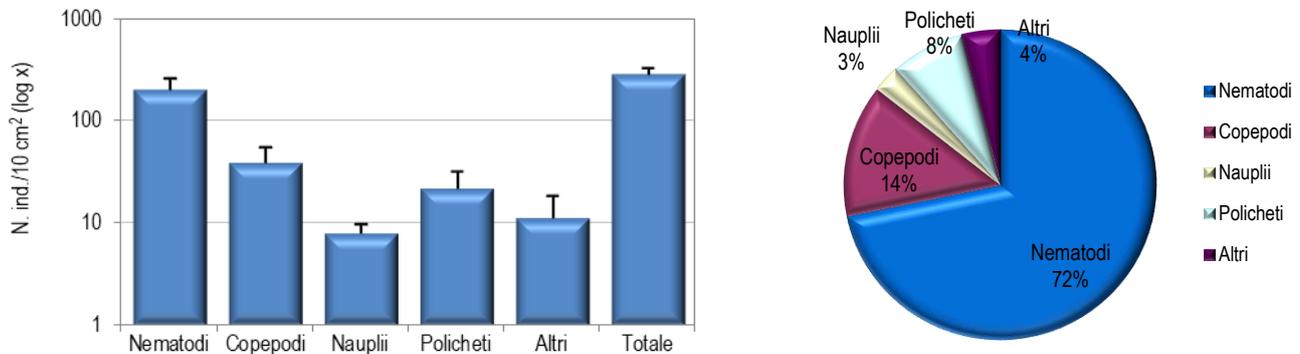


Figura 37 - Stazione E23 MG2. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

La stazione E23 MG4 presenta un sedimento sabbioso fine misto a silt, che ospita undici gruppi meiobentonici, per una densità media complessiva pari a $293,1 \pm 182,9$ ind./10 cm²; **Tabella 64**. I Nematodi risultano meno abbondanti rispetto alle altre stazioni ma comunque il taxon dominante, con una densità di $192,5 \pm 103,0$ ind./10 cm² (65,7% del popolamento). Seguono Copepodi ($64,9 \pm 59,1$ ind./10 cm²; 22,1%) e i Policheti ($16,0 \pm 8,1$ ind./10 cm²; 5,5%); i Nauplii rappresentano il 2,2% della comunità meiobentonica ($6,3 \pm 7,3$ ind./10 cm²). I restanti sette taxa, raggruppati nella categoria "Altri", costituiscono il 4,6% del popolamento ($13,5 \pm 11,6$ ind./10 cm²; **Tabella 64**; **Figura 38**). In questo sito è stata registrata la presenza del raro taxon dei Priapulidi. I valori degli indici di ricchezza di Margalef e di diversità di Shannon-Wiener risultano superiori alla media calcolata per l'area, mentre l'equità di Pielou risulta pari ad essa (**Tabella 66**).

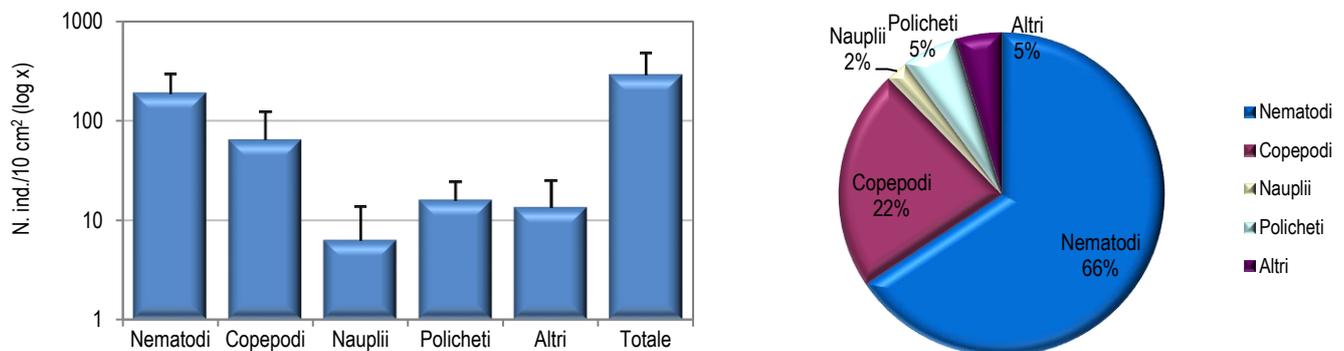


Figura 38 - Stazione E23 MG4. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

La stazione E23 MG6 è caratterizzata da un sedimento sabbioso fine con silt, detrito vegetale, in cui sono stati rinvenuti undici gruppi tassonomici con una densità complessiva della comunità meiobentonica pari a $136,9 \pm 98,4$ ind./10 cm² (**Tabella 64**), la più bassa riscontrata nell'area nel corso della presente indagine. Sebbene meno abbondanti che altrove, i Nematodi sono il taxon dominante, con una densità di $103,6 \pm 83,2$ ind./10 cm² (75,7% del totale). Seguono i Copepodi ($19,4 \pm 14,6$ ind./10 cm²; 14,2%) e i Policheti ($6,3 \pm 5,6$ ind./10 cm²; 4,6%); i Nauplii risultano poco abbondanti ($1,3 \pm 1,6$ ind./10 cm²; 0,9%; **Tabella 64** **Figura 39**). I rimanenti sette taxa rappresentano il 4,6% della biocenosi ("Altri": $6,3 \pm 3,7$ ind./10 cm²). In questo sito è stata registrata la presenza del raro taxon dei Priapulidi. Il valore della ricchezza di Margalef risulta superiore alla media rilevata nell'area indagata, mentre la diversità di Shannon-Wiener risulta inferiore e l'equità di Pielou risulta pari ad essa (**Tabella 66**).

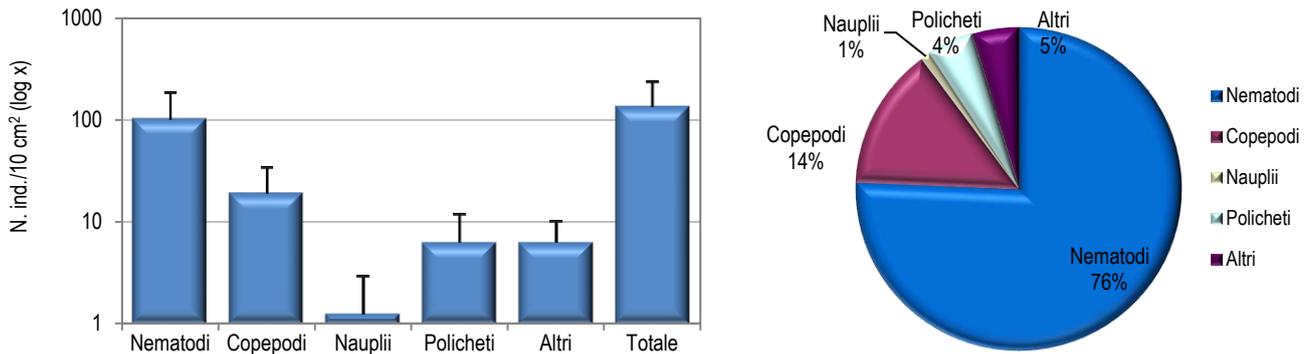


Figura 39 - Stazione E23 MG6. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il sedimento della stazione E23 MG7, costituito da sabbia fine con silt, detrito vegetale, ospita otto major taxa meiobentonici, con una densità media totale di $243,8 \pm 52,3$ ind./10 cm². I Nematodi dominano il popolamento, con una densità media di $183,2 \pm 28,5$ ind./10 cm², corrispondente al 75,1% del totale. Seguono Copepodi ($33,7 \pm 24,6$ ind./10 cm²; 13,8%), Policheti ($21,5 \pm 4,0$ ind./10 cm²; 8,8%) e Nauplii ($2,1 \pm 2,1$ ind./10 cm²; 0,9%; **Tabella 64; Figura 40**). I rimanenti quattro taxa rappresentano l'1,4% della biocenosi ("Altri": $3,4 \pm 1,4$ ind./10 cm²). Di questi risultano particolarmente abbondanti gli Ostracodi e i Caudofoveati, rispettivamente 0,5% e 0,3% del totale. I valori della diversità di Shannon-Wiener e della ricchezza di Margalef risultano inferiori alla media rilevata nell'area indagata, mentre l'equitabilità di Pielou risulta pari ad essa (**Tabella 66**).

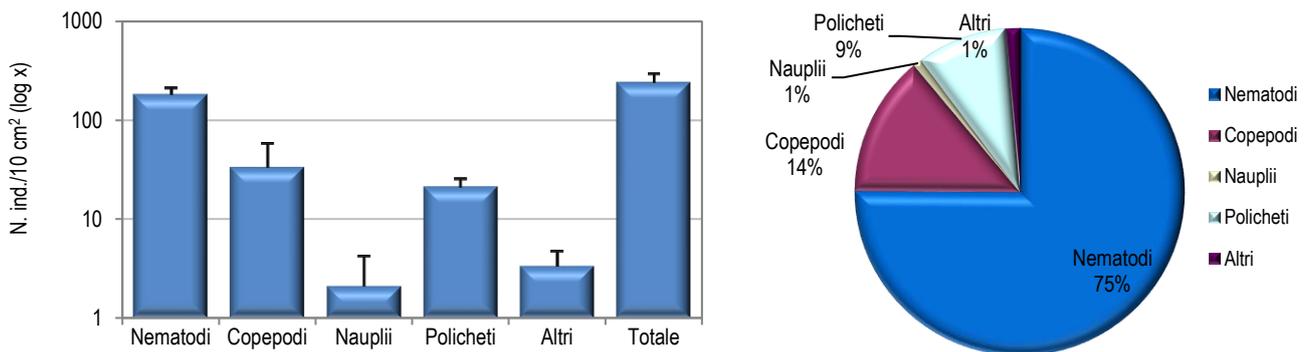


Figura 40 - Stazione E23 MG7. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

La stazione E23 MG8 presenta un sedimento sabbioso fine con silt e detrito grossolano e vegetale. In questo sito la comunità meiobentonica è costituita da quindici gruppi tassonomici, con una densità complessiva pari a $186,1 \pm 59,6$ ind./10 cm² (**Tabella 64, Tabella 66**). I Nematodi sono il taxon dominante, costituendo il 76,5% del popolamento (densità: $142,3 \pm 53,6$ ind./10 cm²). Seguono i Policheti ($23,2 \pm 5,7$ ind./10 cm²; 12,4%), i Copepodi ($11,8 \pm 8,9$ ind./10 cm²; 6,3%) e i Nauplii ($0,8 \pm 1,0$ ind./10 cm²; 0,5%; **Tabella 64; Figura 39**). I rimanenti undici taxa rappresentano il 4,3% della biocenosi ("Altri": $8,0 \pm 3,7$ ind./10 cm²). Di questi i Tanaidacei raggiungono lo 0,9% del totale. In questo sito è stata registrata la presenza del raro taxon dei Priapulidi. In questo sito il valore della ricchezza di Margalef risulta superiore alla media rilevata nell'area indagata, mentre la diversità di Shannon-Wiener e l'equitabilità di Pielou risultano inferiori ad essa (**Tabella 66**).

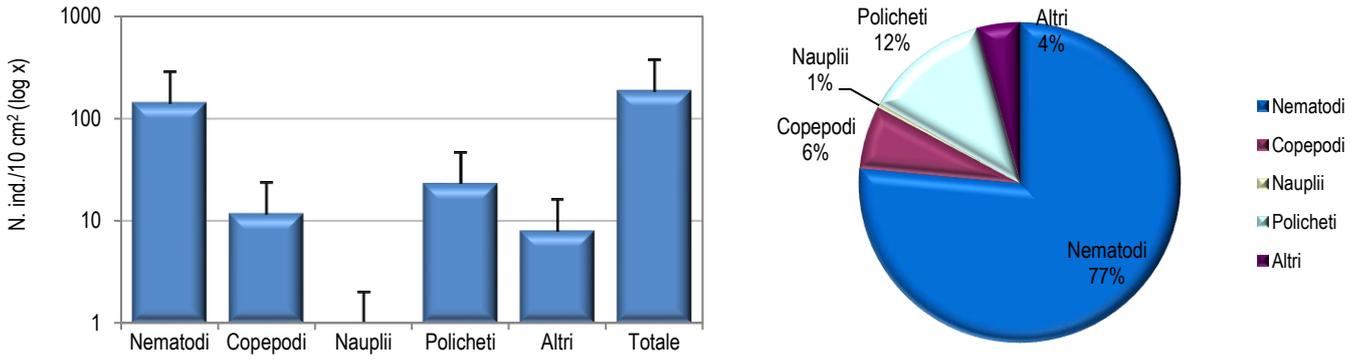


Figura 41 - Stazione E23 MG8. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il sedimento del sito E23 MG9 è costituito da sabbia fine mista a silt. La biocenosi meiobentonica rilevata in questa stazione è costituita da dodici gruppi tassonomici, la densità media totale risulta la più alta registrata, pari a 466,2 \pm 133,7 ind./10 cm² (Tabella 65, Tabella 66). Dominano i Nematodi, che rappresentano l'83,8% della meiofauna totale (densità: 390,8 \pm 119,1 ind./10 cm²), seguiti dai Copepodi (44,2 \pm 12,6 ind./10 cm²; 9,5%), dai Policheti (10,9 \pm 5,8 ind./10 cm²; 2,3%) e dai Nauplii (5,5 \pm 2,1 ind./10 cm²; 1,2%; Tabella 65; Figura 42). I restanti sei taxa, raggruppati nella categoria "Altri", costituiscono il 3,2% del totale (14,7 \pm 2,9 ind./10 cm²; Tabella 65; Figura 42), di questi i soli Ostracodi, Anfipodi e i Caudofoveati raggiungono l'1,8% della biocenosi. Il valore dell' indice di ricchezza di Margalef è pari alla media riscontrata per l'intera area, mentre la diversità di Shannon-Wiener e l'equitabilità di Pielou risultano inferiori ad essa (Tabella 66).

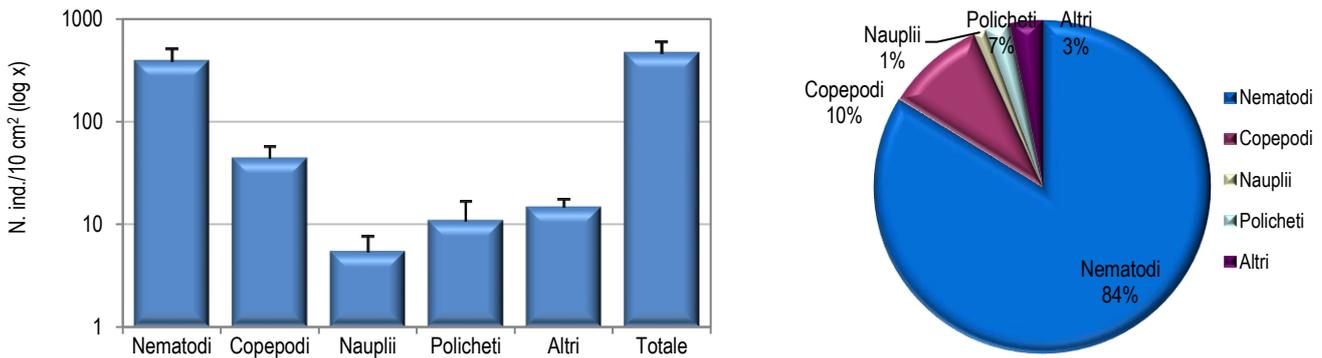


Figura 42 - Stazione E23 MG9. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Tabella 65 - Struttura della comunità meiobentonica nelle stazioni E23 MG9, E23 MG10, E23 MG11, E23 MG12, E23 MG13, E23 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.

	E23 MG9		E23 MG10		E23 MG11		E23 MG12		E23 MG13		E23 MG14	
	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%
Nematodi	390,8 \pm 119,1	83,8	189,5 \pm 79,4	85,1	232,9 \pm 84,4	79,3	312,9 \pm 62,3	82,1	187,8 \pm 130,4	90,8	256,5 \pm 85,6	87,7
Copepodi	44,2 \pm 12,6	9,5	14,7 \pm 12,5	6,6	35,4 \pm 13,1	12,1	45,1 \pm 6,1	11,8	11,8 \pm 12,8	5,7	19,4 \pm 12,3	6,6
Nauplii	5,5 \pm 2,1	1,2	2,1 \pm 3,2	0,9	5,5 \pm 2,5	1,9	5,1 \pm 3,6	1,3	0,8 \pm 1,0	0,4	3,4 \pm 1,4	1,2
Policheti	10,9 \pm 5,8	2,3	10,9 \pm 5,6	4,9	15,2 \pm 5,7	5,2	13,5 \pm 4,1	3,5	5,1 \pm 1,4	2,4	6,7 \pm 7,1	2,3
Chinorinchi	1,3 \pm 2,5	0,3	1,7 \pm 2,4	0,8	0,8 \pm 1,0	0,3	1,3 \pm 0,8	0,3	-	-	2,5 \pm 3,2	0,9
Ostracodi	3,8 \pm 0,8	0,8	-	-	0,8 \pm 1,0	0,3	1,7 \pm 1,4	0,4	0,4 \pm 0,8	0,2	1,3 \pm 1,6	0,4
Anfipodi	2,5 \pm 1,0	0,5	0,4 \pm 0,8	0,2	0,4 \pm 0,8	0,1	-	-	-	-	-	-
Idrozoi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Isopodi	0,8 \pm 1,0	0,2	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,1	0,4 \pm 0,8	0,2	1,3 \pm 1,6	0,4
Bivalvi	1,3 \pm 1,6	0,3	1,3 \pm 0,8	0,6	0,8 \pm 1,7	0,3	0,4 \pm 0,8	0,1	-	-	-	-
Caudofoveati	2,5 \pm 3,2	0,5	0,8 \pm 1,0	0,4	1,3 \pm 1,6	0,4	0,4 \pm 0,8	0,1	-	-	-	-
Nemertini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sipunculidi	-	-	0,4 \pm 0,8	0,2	0,4 \pm 0,8	0,1	-	-	-	-	-	-
Briozoi	0,8 \pm 1,7	0,2	-	-	-v-	-	-	-	-	-	-	-
Ofiura	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Turbellari	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabella 65 - Struttura della comunità meiobentonica nelle stazioni E23 MG9, E23 MG10, E23 MG11, E23 MG12, E23 MG13, E23 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.

Acari	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tanaidacei	1,7 \pm 1,4	0,4	0,8 \pm 1,0	0,4	-	-	0,4 \pm 0,8	0,1	0,4 \pm 0,8	0,2	1,3 \pm 1,6	0,4
Cumacei	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Priapulidi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Altri (Σ Chino-Priap)	14,7 \pm 2,9	3,2	5,5 \pm 2,1	2,5	4,6 \pm 3,7	1,6	4,6 \pm 1,6	1,2	1,3 \pm 0,8	0,6	6,3 \pm 5,4	2,2
Meiofauna totale	466,2 \pm 133,7	-	222,8 \pm 96,2	-	293,5 \pm 95,5	-	381,1 \pm 65,8	-	206,8 \pm 144,7	-	292,3 \pm 106,9	-

La stazione E23 MG10 presenta un sedimento sabbioso fine misto a silt e detrito grossolano. La biocenosi meiobentonica è costituita da dieci major taxa, con una densità media totale pari a 222,8 \pm 96,2 ind./10 cm²; **Tabella 65**, **Tabella 66**). Dominano i Nematodi, con una densità di 189,5 \pm 79,4 ind./10 cm², pari all'85,1% del popolamento. Seguono Copepodi (14,7 \pm 12,5 ind./10 cm²; 6,6%), Policheti (10,9 \pm 5,6 ind./10 cm²; 4,9%) e Nauplii (2,1 \pm 3,2 cm²; 0,9%; **Tabella 65**; **Figura 43**). I restanti sei taxa rappresentano il 2,5% della biocenosi ("Altri": 5,5 \pm 2,1 ind./10 cm²; **Tabella 65**; **Figura 37**). In questo sito i valori degli indici strutturali risultano inferiori alla media calcolata per l'area (**Tabella 66**).

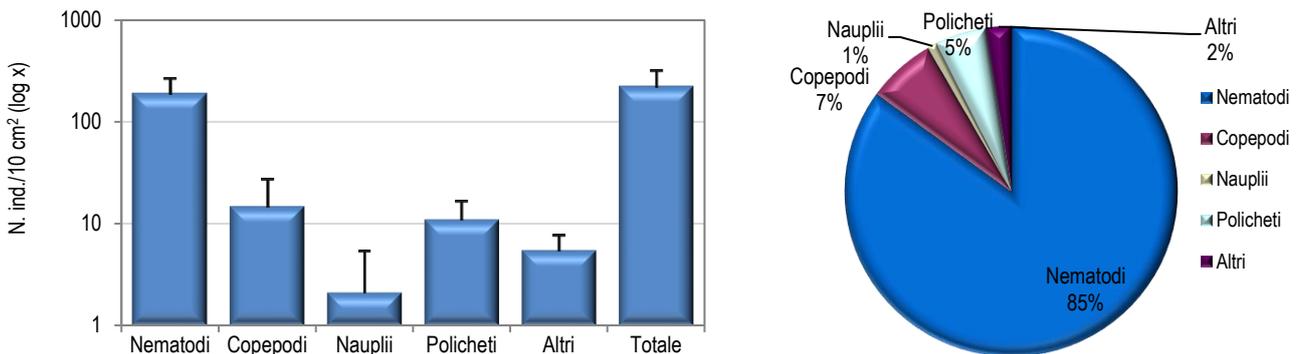


Figura 43 - Stazione E23 MG10. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il sedimento della stazione E23 MG11 è caratterizzato da sabbia fine con silt, detrito grossolano e detrito vegetale. Le analisi faunistiche hanno portato al rinvenimento di una biocenosi meiobentonica costituita da dieci major taxa, per una densità media complessiva pari a 293,5 \pm 95,5 ind./10 cm². I principali taxa rilevati sono i Nematodi, che rappresentano il 79,3% del popolamento, con una densità media di 232,9 \pm 84,4 ind./10 cm² (**Tabella 65**), e i Copepodi (35,4 \pm 13,1 cm²; 12,1%). Seguono Policheti (15,2 \pm 5,7 ind./10 cm²; 5,2 %) e Nauplii (5,5 \pm 2,5 ind./10 cm²; 1,9%; **Tabella 65**; **Figura 44**). I restanti sei taxa, raggruppati nella categoria "Altri", costituiscono l'1,6% del totale (4,6 \pm 3,7 ind./10 cm²; **Tabella 65**; **Figura 42**). In questo sito i valori degli indici strutturali risultano inferiori alla media calcolata per l'area (**Tabella 66**).

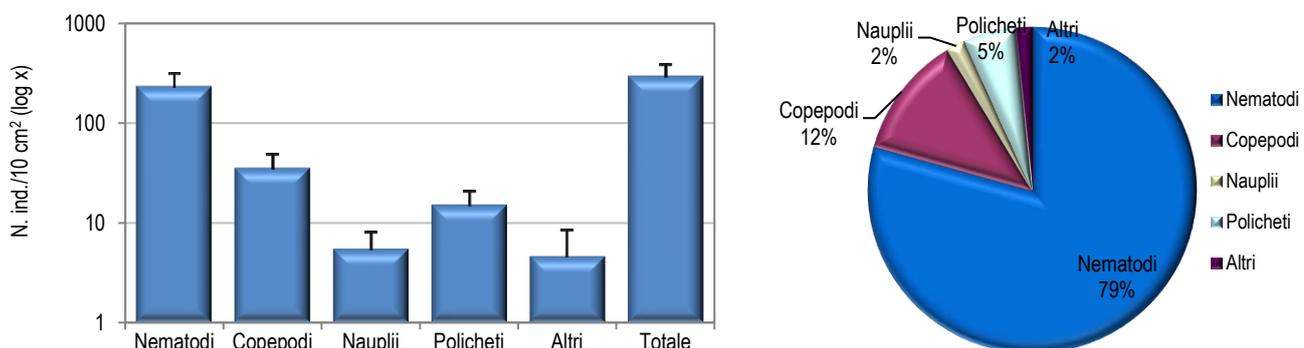


Figura 44 - Stazione E23 MG11. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

La stazione E23 MG12 è caratterizzata da un sedimento sabbioso fine con silt, detrito grossolano e vegetale. La comunità meiobentonica presenta dieci taxa, per un'abbondanza media complessiva di 381,1 \pm 65,8 ind./10 cm², una delle più alte registrate nell'area di studio. I Nematodi costituiscono il taxon dominante, con una densità media di 312,9 \pm 62,3 ind./10 cm², pari all'82,1% del popolamento complessivo.

Seguono Copepodi ($45,1 \pm 6,1$ ind./10 cm²; 11,8%), Policheti ($13,5 \pm 4,1$ ind./10 cm²; 3,5%), i Nauplii ($5,1 \pm 3,6$ ind./10 cm²; 1,3%) e, infine, il raggruppamento "Altri" ($4,6 \pm 1,6$ ind./10 cm²; 1,2%; **Tabella 65; Figura 45**). In questo sito i valori degli indici strutturali risultano inferiori alla media calcolata per l'area (**Tabella 66**).

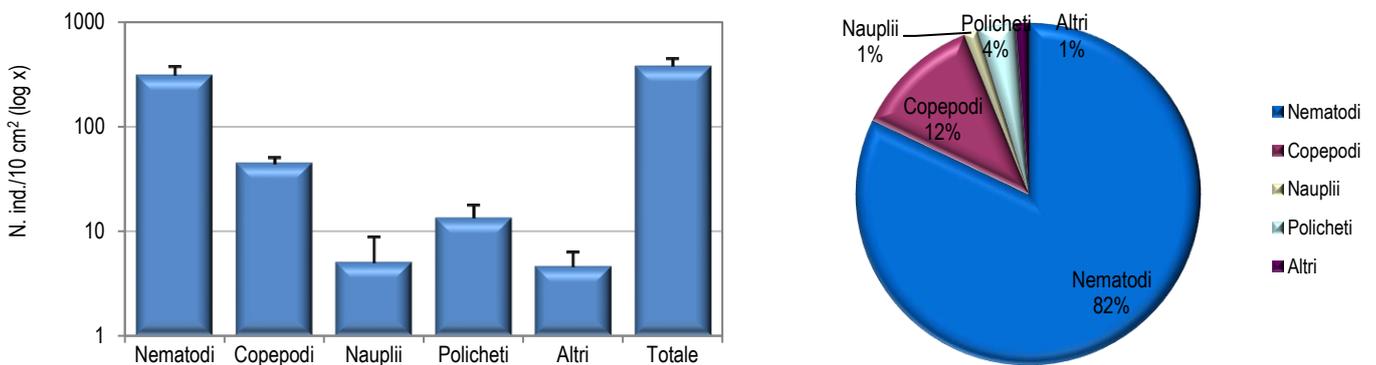


Figura 45 - Stazione E23 MG12. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il sedimento della stazione E23 MG13 è costituito da sabbia fine mista a silt, detrito grossolano e vegetale. Le analisi faunistiche hanno rilevato la presenza di sette major taxa, per una densità complessiva pari a $206,8 \pm 144,7$ ind./10 cm²; **Tabella 65**. I principali gruppi tassonomici rilevati sono i Nematodi, con una densità pari a $187,8 \pm 130,4$ ind./10 cm², corrispondente al 90,8% del popolamento, i Copepodi ($11,8 \pm 12,8$ ind./10 cm²; 5,7%), i Policheti ($5,1 \pm 1,4$ ind./10 cm²; 2,4%) e i Nauplii ($0,8 \pm 1,0$ ind./10 cm²; 0,4%; **Tabella 65; Figura 46**). I restanti tre taxa rappresentano lo 0,6% del totale ("Altri": $1,3 \pm 0,8$ ind./10 cm²). In questo sito i valori degli indici strutturali risultano inferiori alla media calcolata per l'area (**Tabella 66**).

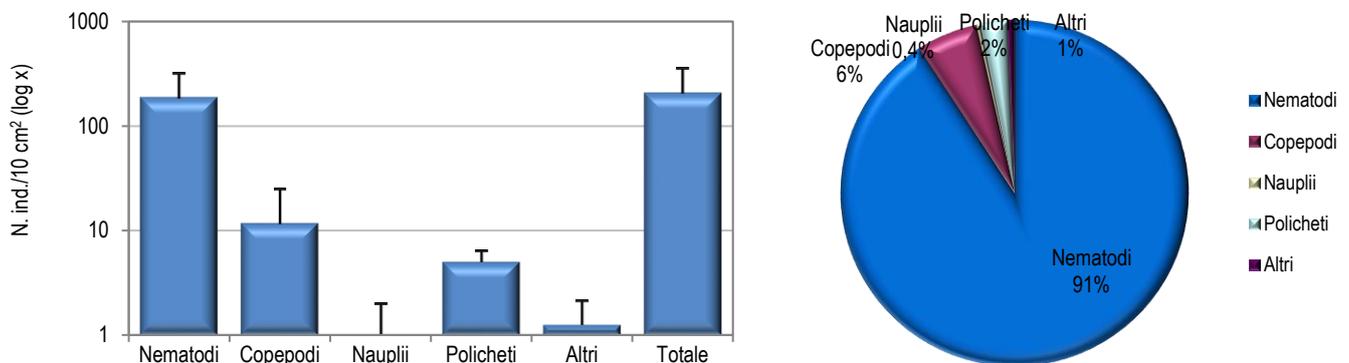


Figura 46 - Stazione E23 MG13. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

La stazione E23 MG14 presenta un sedimento sabbioso fine con silt e detrito grossolano e vegetale. La comunità meiobentonica è costituita da otto taxa principali, per una densità pari a $292,3 \pm 106,9$ cm² (**Tabella 65**). I Nematodi sono il taxon più abbondante, raggiungendo l'87,8% del popolamento (densità: $256,5 \pm 85,6$ ind./10 cm²). Sono seguiti dai Copepodi ($19,4 \pm 12,4$ ind./10 cm²; 6,6%), dai Policheti ($6,7 \pm 7,1$ ind./10 cm²; 2,3%) e dai Nauplii ($3,4 \pm 1,4$ ind./10 cm²; 1,2%; **Tabella 65; Figura 47**). I restanti quattro taxa costituiscono il 2,2% della biocenosi ($6,3 \pm 5,4$ ind./10 cm²). Di questi solo i Chinorinchi raggiungono lo 0,9% del totale. In questo sito i valori degli indici strutturali risultano inferiori alla media calcolata per l'intera area di studio (**Tabella 66**).

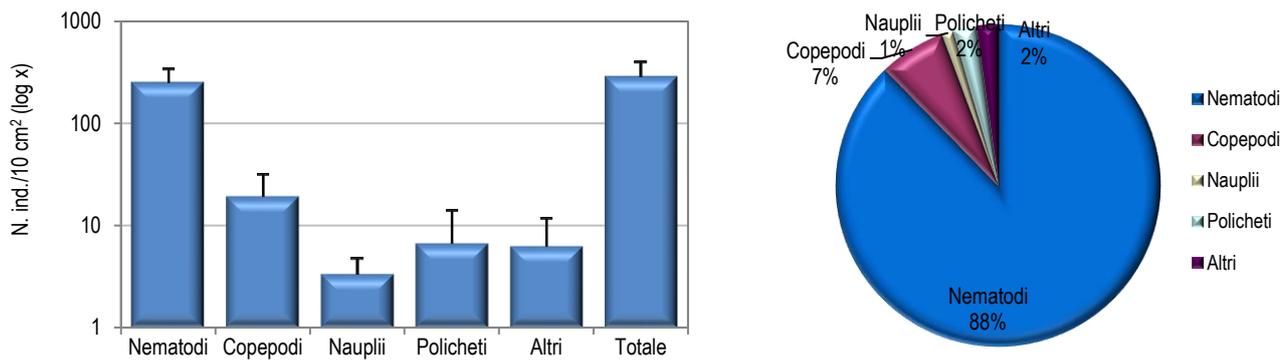


Figura 47 - Staziona E23 MG14. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Dati complessivi

Nell'area indagata sono stati rinvenuti complessivamente organismi appartenenti a diciotto gruppi tassonomici. Nematodi, Copepodi, Policheti e Naupli sono risultati presenti in tutte e 12 le stazioni investigate. Dei rimanenti taxa, alcuni come Chinorinchi, Ostracodi, Anfipodi, Isopodi, Bivalvi, Caudofoveati, Priapulidi e Tanaidacei sono stati rinvenuti con una frequenza medio-alta (presenza in quattro-undici siti), mentre altri, quali Sipunculidi, Briozoi, Ofiuroidi, Turbellari, Acari e Cumacei risultano presenti solamente in uno-tre siti. Con l'eccezione dei quattro gruppi più frequenti, i popolamenti dei taxa sono generalmente costituiti da pochi individui.

La densità media totale della biocenosi meiobentonica nell'area investigata è pari a $272,8 \pm 133,0$ ind./10 cm². Dominano i Nematodi, con una densità media di $215,6 \pm 109,3$ ind./10 cm², pari al 79% del popolamento complessivo. Seguono i Copepodi ($32,3 \pm 26,3$ ind./10 cm²; 11,8%), i Policheti ($13,5 \pm 8,3$ ind./10 cm²; 5,0%) e, infine, i Nauplii ($3,8 \pm 3,6$ ind./10 cm²; 1,4%). I quattordici taxa meno abbondanti ("Altri") costituiscono il 2,8% della comunità ($7,6 \pm 6,3$ ind./10 cm²); nessuno di essi supera l'1% dell'intera biocenosi (**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 un'unica differenza statisticamente significativa tra i siti indagati. Nello specifico, i taxa meno abbondanti, raggruppati nella categoria "Altri", sono risultati statisticamente meno abbondanti nella staziona E23 MG13 rispetto a E23 MG9. Nel primo dei due siti non sono stati rilevati Chinorinchi e Bivalvi, presenti nella quasi totalità delle altre stazioni.

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'
MG1	11	264,9	1,8	1,0	0,4
MG2	14	286,4	2,3	1,0	0,4
MG4	12	293,1	1,9	1,1	0,4
MG6	12	136,9	2,2	0,9	0,4
MG7	8	243,8	1,3	0,8	0,4
MG8	15	186,1	2,7	0,9	0,3
MG9	12	466,2	1,8	0,7	0,3
MG10	10	222,8	1,7	0,6	0,3
MG11	10	293,5	1,6	0,8	0,3
MG12	10	381,1	1,5	0,7	0,3
MG13	7	206,8	1,1	0,4	0,2
MG14	8	292,3	1,2	0,5	0,3
Media	11	264,9	1,8	1,0	0,4

I parametri strutturali calcolati per ciascuna staziona sono riportati in **Tabella 66**. Numero di gruppi tassonomici (S) e densità media (N) variano nelle stazioni investigate, da 7 a 15 gruppi il primo, e da 136,9 a 466,2 ind./10 cm² la seconda. I siti E23 MG7, E23 MG13 e E23 MG14 presentano il numero più basso di taxa, mentre E23 MG8 esibisce il valore più elevato. Le densità più elevate sono state registrate nel sito E23 MG9, mentre E23 MG6, seguito da E23 MG8 e E23 MG13, è caratterizzato dai minimi valori di abbondanza. Anche gli indici di ricchezza di Margalef (d), diversità di Shannon-Wiener (H') ed equitabilità di Pielou (J') variano nei siti indagati. La ricchezza di Margalef (d) varia da un minimo di 1,1 nella staziona E23 MG13 a un massimo di 2,7 in E23 MG8 (**Tabella 66**). La diversità di Shannon-Wiener (H') presenta un valore minimo in E23 MG13 (0,4) e massimo in E23 MG4 (1,1). Infine, l'indice di equitabilità di Pielou (J') varia da un minimo di 0,2 nel sito E23 MG13 a un massimo di 0,4 nei siti E23 MG1, E23 MG2, E23 MG4, E23 MG6 e E23 MG7 (**Tabella 66**).

Considerando la distanza reciproca tra queste stazioni e la loro distanza relativa rispetto al rigassificatore, non si rilevano relazioni evidenti tra le differenze registrate e la loro ubicazione, in particolare rispetto al terminale.

Le analisi multivariate hanno rilevato una similarità faunistica piuttosto elevata tra le stazioni investigate. Il dendrogramma scaturito 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 pari a quasi 78% (Figura 48). In corrispondenza di questo valore, quattro stazioni, E23 MG6, E23 MG8, E23 MG13 e E23 MG14, risultano separate dalle restanti otto. Le densità registrate in questi siti appaiono più basse rispetto a quelle osservate altrove (Tabella 66). Similmente a quanto rilevato tramite la Cluster Analysis, nel piano di ordinamento bidimensionale ottenuto mediante l'analisi nMDS (Figura 48) la posizione dei punti-stazione presc inde dalla loro collocazione geografica e dalla distanza relativa rispetto al rigassificatore. Pertanto, le analisi multivariate non rilevano alcuna evidente relazione tra raggruppamento e posizione geografica delle stazioni rispetto al terminale rigassificatore. Nel complesso, dall'indagine non emergono quindi effetti del rigassificatore sulla meiofauna dell'area nella campagna analizzata.

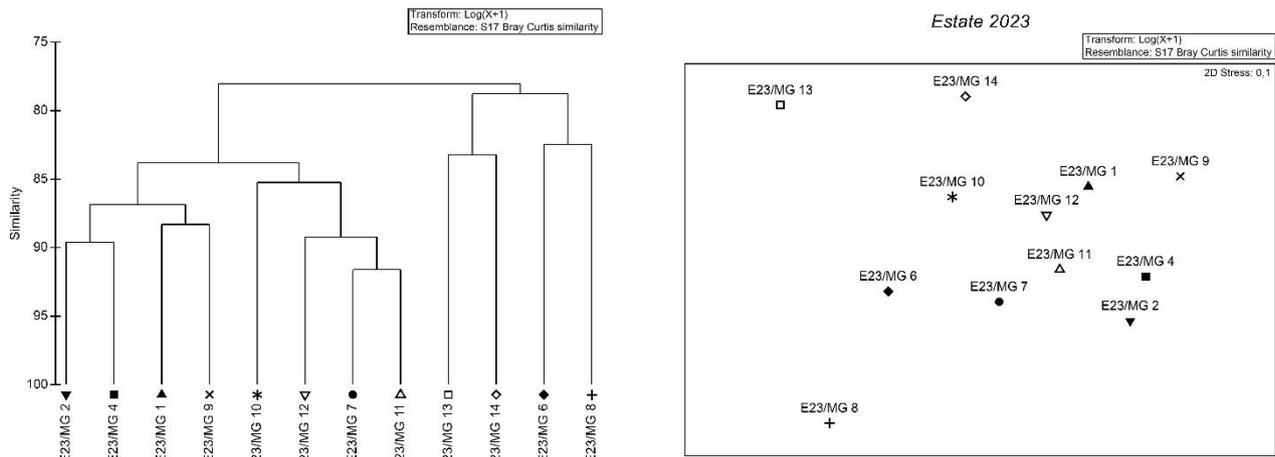


Figura 48 - A sinistra: dendrogramma per il raggruppamento gerarchico delle stazioni basato sul valore delle abbondanze medie dei taxa principali e similarità di Bray-Curtis, previa trasformazione logaritmica dei dati. A destra: piano di ordinamento ottenuto dal non-metric Multi Dimensional Scaling (nMDS), 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	%
Nematodi	215,6 \pm 109,3	79,0
Copepodi	32,3 \pm 26,3	11,8
Nauplii	3,8 \pm 3,6	1,4
Policheti	13,5 \pm 8,3	5,0
Chinorinchi	1,2 \pm 1,9	0,5
Ostracodi	1,8 \pm 2,1	0,7
Anfipodi	0,6 \pm 1,0	0,2
Isopodi	0,7 \pm 1,4	0,3
Bivalvi	0,9 \pm 1,3	0,3
Caudofoveati	0,9 \pm 1,4	0,3
Sipunculidi	0,1 \pm 0,3	<0,1
Briozoi	0,1 \pm 0,5	<0,1
Ofiroidi	0,1 \pm 0,2	<0,1
Turbellari	0,1 \pm 0,3	<0,1
Acari	0,2 \pm 0,6	0,1
Tanaidacei	0,7 \pm 1,1	0,3
Cumacei	0,1 \pm 0,2	<0,1
Priapulidi	0,3 \pm 0,7	0,1
Altri (Σ Chino-Priap)	7,6 \pm 6,3	2,8
Meiofauna totale	272,8 \pm 133,0	-

2.3.3 Bioaccumulo

Metalli

I risultati ottenuti nell'estate 2023 dalla ricerca dei metalli in *M. galloprovincialis* sono riportati nella **Tabella 68**.

Le concentrazioni dei metalli ricercati in *M. galloprovincialis*, sono generalmente paragonabili o inferiori a quelle dei mitili al tempo "0" e al bianco ad eccezione del nichel che pur non essendo stato rilevato al tempo zero dopo l'esposizione incrementa nelle stazioni A e D e lo Zinco che incrementa un po' ovunque in particolar modo nella stazione D.

Tabella 68 - Concentrazione dei metalli nei mitili. Dati relativi alla campagna E23 espressi in mg/kg. Sono riportati i dati riferiti sia alla sostanza secca (s.s.) sia al peso fresco (p.f.) in accordo alla prescrizione 13 delle Determinine 2990 DVA R.D.R 0000100.04-04-2017 e 3337 DVA R.D.R 0000277.28-09-2017.

	Tempo zero		Stazione A Pos. 1		Stazione B Pos. 2		Stazione C Pos. 3		Stazione D Pos. 4		Stazione E (Bianco Gorgona)	
	s.s.	p.f.	s.s.	p.f.	s.s.	p.f.	s.s.	p.f.	s.s.	p.f.	s.s.	p.f.
Arsenico	6,59	1,15	9,10	1,64	8,57	1,55	8,24	1,44	9,38	1,64	6,92	1,21
Bario	< 1	-	< 1	-	< 1	-	< 1	-	< 1	-	1,19	0,21
Cadmio	0,50	0,09	0,62	0,12	0,62	0,11	0,60	0,10	0,66	0,11	0,45	0,08
Cromo totale	< 1	-	< 1	-	< 1	-	< 1	-	< 1	-	1,84	0,32
Ferro	121,35	21,24	94,60	16,96	69,92	12,49	72,96	12,77	91,93	16,09	143,31	25,08
Manganese	9,09	1,59	< 5	-	< 5	0,88	< 5	-	5,03	0,88	8,86	1,55
Mercurio	0,13	0,02	0,13	0,02	0,10	0,02	0,12	0,02	0,14	0,03	0,13	0,02
Nichel	< 1	-	1,22	0,18	< 1	-	< 1	-	1,00	0,18	1,38	0,24
Piombo	2,94	0,51	2,17	0,40	1,88	0,30	2,30	0,40	2,74	0,48	2,68	0,47
Rame	5,89	1,03	4,02	0,74	3,68	0,67	3,71	0,65	4,15	0,73	5,44	0,95
Vanadio	2,24	0,39	< 1	-	< 1	-	0,87	0,15	0,95	0,17	2,01	0,35
Zinco	127,58	22,33	143,87	25,00	140,95	20,98	174,19	30,48	202,51	35,44	138,85	24,30

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 C10-C40 rilevati nelle stazioni posizionate lungo il terminale risultano in linea col tempo zero ad eccezione della stazione A che insieme alla stazione di Bianco presentano le concentrazioni maggiori.

Tabella 69 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna E23, sono espressi in mg/kg.

	Tempo zero	Stazione A Pos. 1	Stazione B Pos. 2	Stazione C Pos. 3	Stazione D Pos. 4	Stazione E (Bianco Gorgona)
Idrocarburi C<10 (mg/kg)	<0,5	<0,5	0,64	<0,5	0,61	0,56
Idrocarburi C10-C40 (mg/kg)	201,5	327,3	175,1	258,7	258,7	304,9

IPA e composti organo stannici

I risultati della ricerca di IPA ed organo stannici mostrano assenza di fenomeni di bioaccumulo ad eccezione del Naftalene che presenta un leggero accumulo nella stazione A non imputabile all' FSRU dal momento che compare anche nel controllo in Gorgona (bianco), **Tabella 70**.

Tabella 70 - Concentrazione degli IPA e dei composti organostannici presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna E23, sono espressi in mg/kg.

	Tempo zero	Stazione A Pos. 1	Stazione B Pos. 2	Stazione C Pos. 3	Stazione D Pos. 4	Stazione E (Bianco Gorgona)
Acenaftene	0,010	0,040	0,004	0,007	0,006	< 0,001
Acenaftilene	0,022	0,135	0,022	0,025	0,037	0,008
Antracene	0,007	0,042	0,005	0,006	0,013	0,009
Benzo (a) antracene	0,003	0,008	0,003	0,004	0,003	0,001
Benzo (a) pirene	0,004	< 0,001	0,004	0,005	0,004	0,001
Benzo (b) fluorantene	0,007	0,010	0,004	0,006	0,004	0,003
Benzo (g,h,i) perilene	0,005	0,011	0,005	0,006	0,005	0,002
Benzo (k) fluorantene	0,005	0,009	0,004	0,005	0,004	0,002
Crisene	0,005	0,007	0,003	0,004	0,003	0,002
Dibenzo (a,h) antracene	0,005	0,015	0,005	0,008	0,006	0,002

Tabella 70 - Concentrazione degli IPA e dei composti organostannici presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna E23, 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)
Fenantrene	0,012	0,015	0,011	0,010	0,011	0,004
Fluorantene	0,006	0,008	0,004	0,005	0,004	0,002
Fluorene	0,007	0,044	0,008	0,012	0,012	0,005
Indeno (1,2,3 - c,d) pirene	0,010	0,017	0,008	0,008	0,007	0,003
Naftalene	0,078	0,419	0,076	0,169	0,164	0,100
Pirene	0,005	0,005	0,004	0,003	0,003	0,002
Dibutilstagno	0.00281	0.00259	0.00247	0.00213	0.00172	0.00248
Monobutilstagno	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
Tributilstagno	0.00481	0.00255	0.00315	0.00216	0.00166	0.00349

Cloroderivati

I risultati della ricerca dei cloroderivati presentano assenza di fenomeni di bioaccumulo nei mitili trapiantati sull'FSRU, ad eccezione del 1,1,2-Tricloroetano nella stazione B e 1,2,3-Tricloropropano nelle stazioni B, C e D che mostrano un leggero accumulo non imputabile al Terminale perché presente anche nella stazione di Bianco, **Tabella 71**.

Tabella 71 - Concentrazione degli cloroderivati presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna E23, 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	12,01	14,23	10,06	5,49	13,14	< 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-Tricloroetano	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
1,1,2-Tricloroetano	0,40	0,53	2,13	0,79	1,41	0,68
1,2,3-Tricloropropano	1,32	1,07	2,15	3,22	2,57	1,81
1,2-Dibromo-3-cloropropano	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
1,2-Dibromoetano	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Bromodichlorometano	0,57	0,15	0,76	0,74	0,63	0,39
Bromoformio	0,77	0,28	< 0,1	0,54	0,26	0,80
Cloroformio	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Dibromoclorometano	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Tetracloroetilene	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Tetracloruro di carbonio	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
1,1,1-Tricloro-2-propanone	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
1,1-Dicloro-2-propanone	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Cloropicrina	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Tricloroetilene	0,12	0,33	0,13	0,12	0,17	< 0,1
Dibromoacetone	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Dicloroacetone	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Tricloroacetone	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5

Analisi microbiologiche

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

	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

2.3.4 Biomarkers

Neutral Red Retention Time (NRRT)

I dati ottenuti a seguito del Test Neutral Red Retention Time non hanno mostrato differenze statisticamente significative tra i mitili situati nella stazione di controllo (Stazione E – Gorgona) e quelli posizionati presso le stazioni di monitoraggio del Terminale FSRU e del Tempo zero. La stabilità lisosomiale degli emociti dei mitili, correlata al tempo di ritenzione del colorante, è risultata mediamente maggiore di due ore in ogni stazione, indicando un buono stato di salute degli emociti (**Figura 49**).

Comet Assay

Il grado di integrità delle molecole di DNA nelle cellule branchiali dei mitili nelle stazioni di monitoraggio non ha mostrato decrementi significativi rispetto ai valori del controllo (Stazione E-Gorgona) nelle stazioni A e B, mentre nei mitili trapiantati nelle stazioni C e D sono stati ottenuti valori statisticamente superiori rispetto a quelli ottenuti nei mitili trapiantati nella stazione di controllo (Stazione E-Gorgona). Tuttavia, trattandosi di valori non particolarmente elevati, è possibile escludere un marcato impatto da parte delle attività del Terminale FSRU anche nelle stazioni C e D (**Figura 50**).

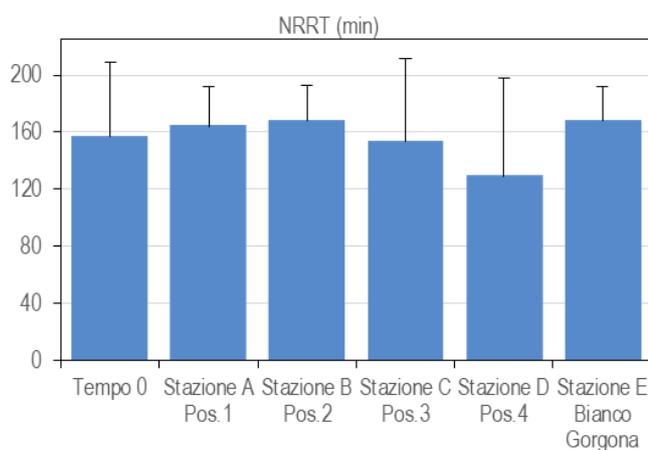


Figura 49 - Valutazione del danno cellulare mediante la misura del tempo di ritenzione del colorante vitale Rosso Neutro (NRRT) nei lisosomi degli emociti di mitilo. Valori alti del tempo di ritenzione corrispondono ad una maggiore integrità.

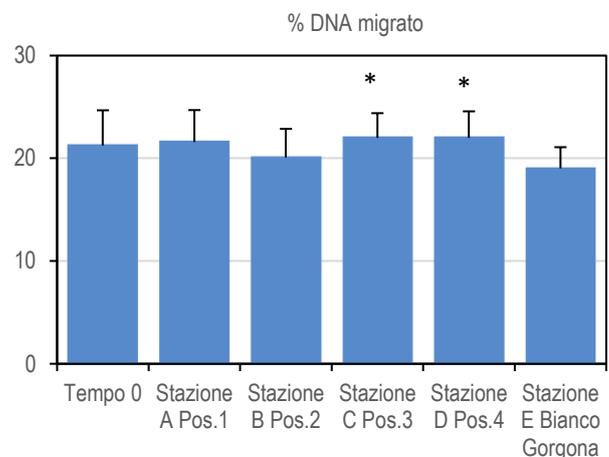


Figura 50 - Valutazione del grado di integrità del DNA mediante Comet assay. Valori elevati della percentuale di DNA migrato corrispondono ad una maggiore entità del danno.

Analisi istologia del tessuto branchiale

L'analisi istologica dell'epitelio branchiale dei mitili trapiantati presso il Terminale FSRU ha mostrato una morfologia comparabile a quelli traslocati nella stazione di controllo (Stazione E-Gorgona) eccetto che per gli organismi provenienti dalla stazione D i cui risultati mostrano una differenza statisticamente significativa rispetto al controllo (**Tabella 73**). Tuttavia, i valori ottenuti nei mitili trapiantati nella stazione D non sono risultati particolarmente elevati, ma mostrano solo una lieve alterazione morfologica del tessuto branchiale. È possibile dunque escludere un marcato impatto da parte delle attività del Terminale FSRU anche nella stazione D in termini di variazioni istologiche.

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

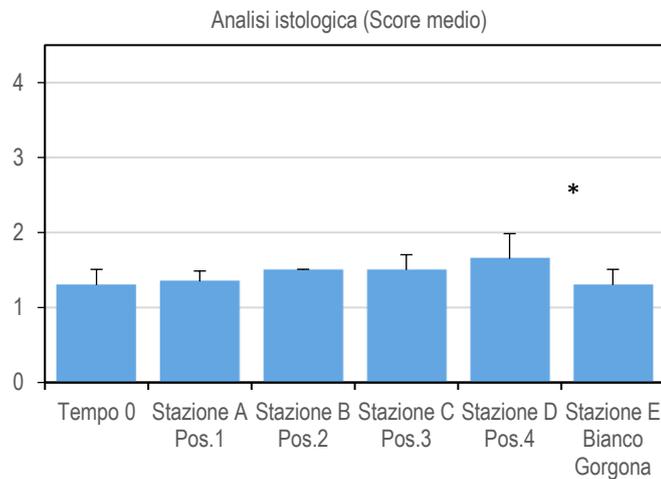


Figura 51 - Analisi istologica delle branchie di mitilo. Il parametro rappresentato nel grafico è il punteggio medio (score) per ciascuna delle stazioni indagate. La scala va da 1 a 5; il punteggio 1 indica una condizione di integrità mentre il punteggio 5 indica una forte compromissione della struttura dei filamenti branchiali.

I risultati relativi ai biomarker indagati per la campagna estiva 2023 non hanno mostrato alterazioni particolarmente marcate a carico dei mitili trapiantati lungo il Terminale FSRU rispetto a quelli di controllo (Stazione E - Gorgona) Pertanto, nel periodo di riferimento, è possibile rilevare un'assenza di impatto sullo stato di salute dei mitili imputabile all'attività del terminale.

2.3.5 Fauna ittica bentonectonica

Reti da posta

Nella **Tabella 74** sono indicate le specie catturate durante i campionamenti effettuati con le reti da posta nelle stazioni P1, P2, P3 e P4 e nel controllo PC. In totale sono state catturate 22 specie di Osteitti, 3 di Condroitti ed 1 specie di Crostacei Decapodi.

Tabella 74 – Lista delle specie catturate con le reti da posta. E23 P1-P4 = stazioni campionate in prossimità del terminale; E23 PC = stazione di controllo.					
Osteitti	E23 P1-P4	E23 PC	Condroitti	E23 P1-P4	E23 PC
<i>Alosa fallax</i> (Lacepède, 1803)	*		<i>Raja clavata</i> Linnaeus, 1758	*	
<i>Auxis rochei</i> (Risso, 1810)	*		<i>Scyliorhinus canicula</i> (Linnaeus, 1758)	*	*
<i>Boops boops</i> (Linnaeus, 1758)	*		<i>Torpedo marmorata</i> Risso, 1810		*
<i>Chelidonichthys lucerna</i> (Linnaeus, 1758)	*		Crostacei Decapodi		
<i>Citharus linguatula</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	<i>Parapenaeus longirostris</i> (Lucas, 1846)	*	*
<i>Conger conger</i> (Linnaeus, 1758)	*		Altro		
<i>Engraulis encrasicolus</i> (Linnaeus, 1758)	*		<i>Alcyonium palmatum</i> Pallas, 1766	*	*
<i>Lepidorhombus boschii</i> (Risso, 1810)	*	*	<i>Aporrhais pespelecani</i> (Linnaeus, 1758)		*
<i>Lepidotrigla cavillone</i> (Lacepède, 1801)	*		<i>Aporrhais serresiana</i> (Michaud, 1828)	*	
<i>Lophius budegassa</i> Spinola, 1807	*	*	Asciidiacea indet.		*
<i>Merluccius merluccius</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	<i>Astropecten irregularis pentacanthus</i> (Delle Chiaje, 1825)	*	
<i>Mullus barbatus</i> Linnaeus, 1758	*		<i>Cidaris cidaris</i> (Linnaeus, 1758)	*	
<i>Ophisurus serpens</i> (Linnaeus, 1758)	*		<i>Marthasterias glacialis</i> (Linnaeus, 1758)	*	
<i>Pagellus bogaraveo</i> (Brünnich, 1768)	*		<i>Medorippe lanata</i> (Linnaeus, 1767)	*	
<i>Scomber scombrus</i> Linnaeus, 1758	*		Ophiuroidea indet.		*
<i>Scorpaena elongata</i> Cadenat, 1943	*		<i>Parastichopus regalis</i> (Cuvier, 1817)	*	
<i>Solea solea</i> (Linnaeus, 1758)	*		<i>Pelagia noctiluca</i> (Forsskål, 1775)		*
<i>Spicara flexuosum</i> Rafinesque, 1810	*		<i>Pennatula rubra</i> (Ellis, 1764)	*	
<i>Trachurus mediterraneus</i> (Steindachner, 1868)	*		<i>Pteria hirundo</i> (Linnaeus, 1758)		*
<i>Trachurus trachurus</i> (Linnaeus, 1758)	*		<i>Rhizostoma pulmo</i> (Macri, 1778)		*
<i>Trisopterus capelanus</i> (Lacepède, 1800)	*		<i>Squilla mantis</i> (Linnaeus, 1758)	*	*
<i>Uranoscopus scaber</i> Linnaeus, 1758	*	*	<i>Tethyaster subinermis</i> (Philippi, 1837)	*	

Nella **Figura 52** è rappresentata la composizione percentuale delle catture, espressa con indici di densità e biomassa, dei principali gruppi tassonomici campionati con le reti da posta.

I Condroitti sono il gruppo con gli indici di densità più alti, sia nelle stazioni in prossimità del Terminale (E23 P1-P4: 76%) sia nella stazione di controllo (E23 PC: 73%); in biomassa essi rappresentano l'88% nelle stazioni E23 P1-P4 e l' 82% nella stazione E23 PC.

Il gruppo degli Osteitti mostra un indice di densità del 20% nelle stazioni E23 P1-P4 e del 22% nella stazione E23 PC, mentre l'indice di biomassa si attesta sul 12% nelle stazioni in prossimità del Terminale (E23 P1-P4) e sul 18% nella stazione di controllo (E23 PC).

Il gruppo dei Crostacei Decapodi registra bassi indici di densità sia nelle stazioni E23 P1-P4 (5%) che nella stazione E23 PC (4%). Anche gli indici di biomassa per questo gruppo sono molto bassi: 0,14% nelle stazioni in prossimità del Terminale (dato non visibile nel grafico) e 0,22% nella stazione di controllo. Le reti da posta non hanno catturato Molluschi Cefalopodi.

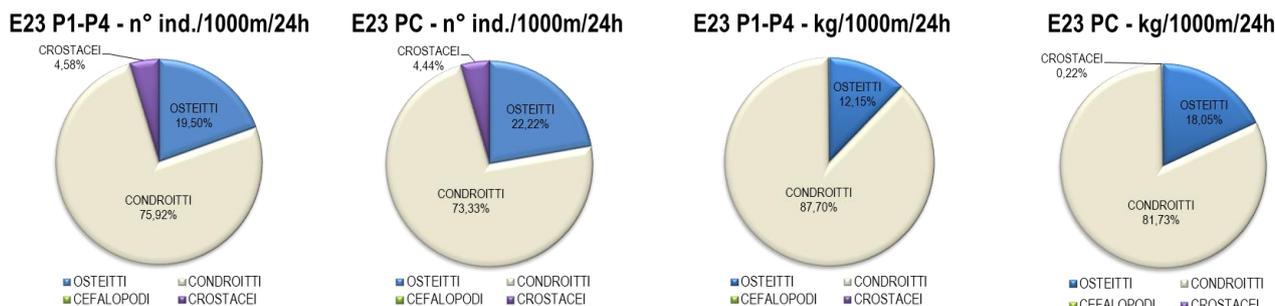


Figura 52 – Reti da posta: composizione percentuale delle catture, espressa come n° individui/1000m/24h e kg/1000m/24h, dei principali gruppi tassonomici campionati nelle stazioni E23 P1-P4 e E23 PC.

Nella **Tabella 75** sono riportati gli indici di densità e di biomassa in kg/1000m/24h per le specie catturate con le reti da posta. I campi vuoti indicano che la specie non è stata catturata nel gruppo di stazioni poste in prossimità del Terminale o nella stazione di controllo. Gli indici di densità e biomassa delle specie per singola cala sono riportati nell'Allegato 5. Il gattuccio, *Scyliorhinus canicula*, rappresenta la specie più abbondante in assoluto, con valori in densità di 88 ind./1000m/24h nel gruppo di stazioni E23 P1-P4 e di 48 ind./1000m/24h nella stazione E23 PC. L'indice di biomassa di questa specie è pari a 18,2 kg/1000m/24h per le stazioni in prossimità del Terminale ed a 10,0 kg/1000m/24h per la stazione di controllo. Le specie appartenenti agli Osteitti hanno mostrato indici di densità e biomassa molto bassi. Le specie con gli indici più elevati sono la linguattola, *Citharus linguatula*, con indici di densità e biomassa pari a 6 ind./1000m/24h e 0,3 kg/1000m/24h rispettivamente sia nel gruppo di stazioni E23 P1-P4 che nella stazione di controllo E23 PC, la rana pescatrice, *Lophius budegassa* (indici di densità e biomassa pari a 3 ind./1000m/24h e 2,4 kg/1000m/24h nel gruppo di stazioni E23 P1-P4 e di 2 ind./1000m/24h e 0,5 kg/1000m/24h nella stazione E23 PC) ed il tombarello, *Auxis rochei*, campionato solo nelle stazioni in prossimità del Terminale (valori di densità e biomassa pari a 3 ind./1000m/24h e 0,2 kg/1000m/24h rispettivamente). Nei Crostacei Decapodi l'unica specie catturata è stata il gambero bianco, *Parapenaeus longirostris*, con valori di densità e biomassa di 6 ind./1000m/24h e 0,1 kg/1000m/24h nelle stazioni in prossimità del Terminale (E23 P1-P4) e di 3 ind./1000m/24h e 0,03 kg/1000m/24h nella stazione controllo (E23 PC). Gli indici di densità e biomassa medi delle specie appartenenti al gruppo "Altro" sono risultati molto bassi.

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 E23 P1-P4 e nella stazione di controllo E23 PC. * = DS<0,05.				
	E23 P1-P4		E23 PC	
	n° ind./1000m/24h	kg/1000m/24h	n° ind./1000m/24h	kg/1000m/24h
OSTEITTI				
<i>Alosa fallax</i>	0,4 \pm 1,2	0,14 \pm 0,5		
<i>Auxis rochei</i>	2,8 \pm 9,5	0,19 \pm 0,6		
<i>Boops boops</i>	1,8 \pm 6,2	0,07 \pm 0,2		
<i>Chelidonichthys lucerna</i>	0,3 \pm 1,2	0,07 \pm 0,2		
<i>Citharus linguatula</i>	5,5 \pm 4,7	0,36 \pm 0,3	6,0	0,33
<i>Conger conger</i>	0,4 \pm 1,3	1,10 \pm 3,8		
<i>Engraulis encrasicolus</i>	0,4 \pm 1,3	0,001*		
<i>Lepidorhombus boscii</i>	1,1 \pm 1,3	0,08 \pm 0,1	1,5	0,13
<i>Lepidotrigla cavillone</i>	0,4 \pm 1,3	0,003*		
<i>Lophius budegassa</i>	3,2 \pm 4,3	2,40 \pm 4,3	1,5	0,54
<i>Merluccius merluccius</i>	1,5 \pm 2,2	0,86 \pm 1,3	1,5	0,36
<i>Mullus barbatus</i>	0,4 \pm 1,2	0,03 \pm 0,1		
<i>Ophisurus serpens</i>	0,3 \pm 1,2	0,07 \pm 0,2		
<i>Pagellus bogaraveo</i>	1,8 \pm 3,2	0,08 \pm 0,2		
<i>Scomber scombrus</i>	0,7 \pm 2,4	0,15 \pm 0,5		
<i>Scorpaena elongata</i>	0,4 \pm 1,3	0,15 \pm 0,5		
<i>Solea solea</i>	0,4 \pm 1,2	0,14 \pm 0,5		
<i>Spicara flexuosum</i>	0,7 \pm 1,4	0,03 \pm 0,1		
<i>Trachurus mediterraneus</i>	0,4 \pm 1,2	0,02 \pm 0,1		
<i>Trachurus trachurus</i>	0,4 \pm 1,3	0,02 \pm 0,1		
<i>Trisopterus capelanus</i>	1,4 \pm 2,0	0,05 \pm 0,1		
<i>Uranoscopus scaber</i>	1,5 \pm 3,8	0,08 \pm 0,2	4,5	0,86
CONDROITTI				
<i>Raja clavata</i>	12,5 \pm 10,3	25,68 \pm 15,2		
<i>Scyliorhinus canicula</i>	88,4 \pm 65,6	18,16 \pm 18,2	48,4	10,03
<i>Torpedo marmorata</i>			1,5	0,08
CROSTACEI DECAPODI				
<i>Parapenaeus longirostris</i>	6,1 \pm 10,3	0,07 \pm 0,1	3,0	0,03
ALTRO				
<i>Alcyonium palmatum</i>	1,0 \pm 3,6	0,01*	1,5	0,05
<i>Aporrhais pespelecani</i>			1,5	0,02
<i>Aporrhais serresiana</i>	0,3 \pm 1,2	0,001*		
Ascidiacea indet.			1,5	0,10
<i>Astropescten irregularis pentacanthus</i>	0,4 \pm 1,2	0,01*		
<i>Cidaris cidaris</i>	0,4 \pm 1,2	0,01*		
<i>Marthasterias glacialis</i>	0,3 \pm 1,2	0,25 \pm 0,9		
<i>Medorippe lanata</i>	0,3 \pm 1,3	0,01*		
Ophiuroidea indet.			1,5	0,01
<i>Parastichopus regalis</i>	1,0 \pm 2,3	0,25 \pm 0,5		
<i>Pelagia noctiluca</i>			4,5	0,15
<i>Pennatula rubra</i>				
<i>Pteria hirundo</i>			1,5	0,05
<i>Rhizostoma pulmo</i>			1,5	3,78
<i>Squilla mantis</i>	1,5 \pm 2,2	0,04*	1,5	0,03
<i>Tethyaster subinermis</i>	0,4 \pm 1,2	0,06 \pm 0,2		

Indici di densità e biomassa delle specie più rappresentative

Nella fase di bianco sono state scelte le 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 i campionamenti successivi. A queste specie, per le reti da posta, è stata aggiunta la razza chiodata, *Raja clavata*, vista la sua abbondanza nelle catture.

Nella **Figura 53** sono riportati gli indici di densità e biomassa per le specie più rappresentative catturate con le reti da posta. I grafici mostrano i valori medi e la deviazione standard degli indici, sia per specie, sia per sito.

I valori di densità e biomassa della linguattola, *C. linguatula*, sono simili tra il gruppo di stazioni E23 P1-P4 e la stazione E23 PC. Sia la rana pescatrice, *L. budegassa*, che il gattuccio, *S. canicula*, mostrano valori di densità e biomassa più elevati nelle stazioni in prossimità del Terminale (E23 P1-P4). La razza chiodata, *R. clavata*, e la gallinella, *Chelidonichthys lucerna*, sono state campionate solo nelle stazioni E23 P1-P4. Sia la rana pescatrice, *L. budegassa*, che la gallinella, *C. lucerna*, mostrano indici molto bassi.

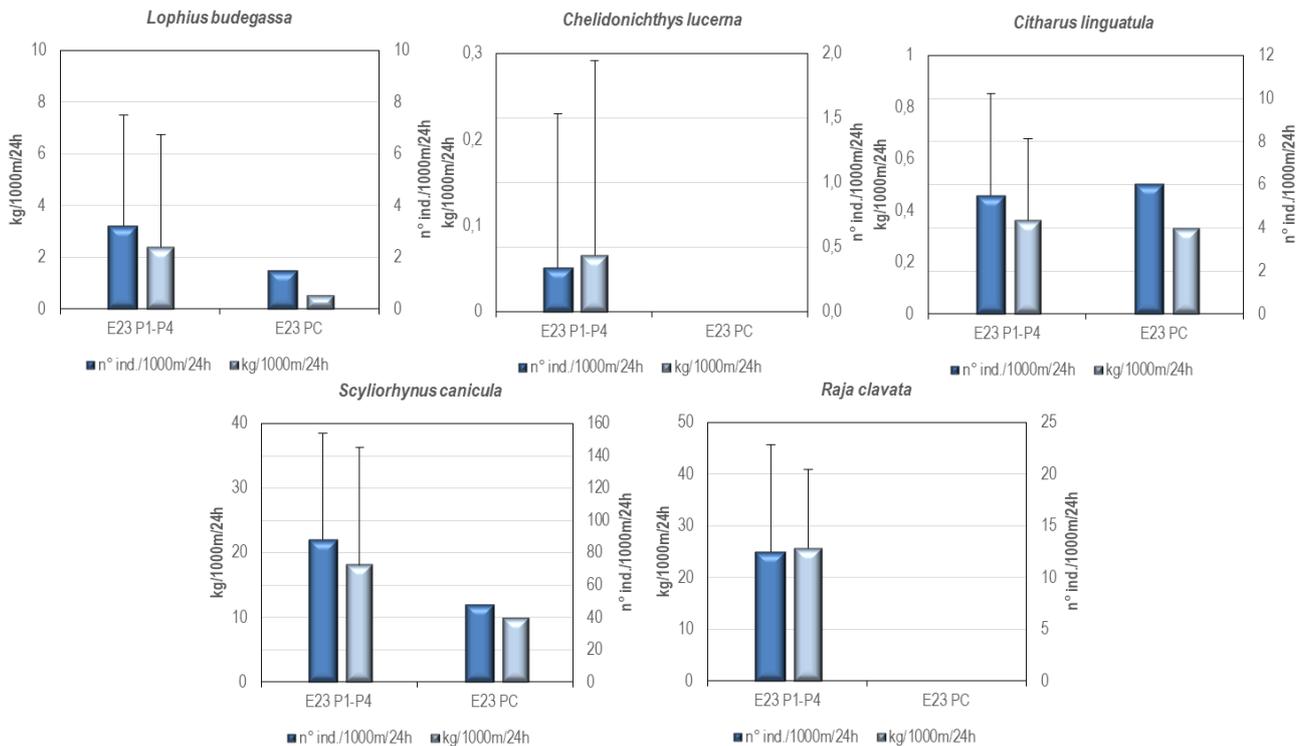


Figura 53 - Reti da posta: indici di densità e biomassa, stimati per le stazioni E23 P1-P4 e per la stazione E23 PC, per specie. Sono riportati i valori medi + la deviazione standard. In blu n° individui/1000m²/24h, in azzurro kg/1000m²/24h.

Distribuzioni taglia-frequenza per specie

Nella **Figura 54** è illustrata la distribuzione di taglia-frequenza del gattuccio *S. canicula* catturato con le reti da posta. Nel gruppo di stazioni E23 P1-P4 sono stati campionati 243 individui con taglia tra 30 e 46 cm LT, mentre nella stazione di controllo E23 PC gli esemplari catturati sono stati 32, con taglia compresa tra 29 e 44 cm LT.

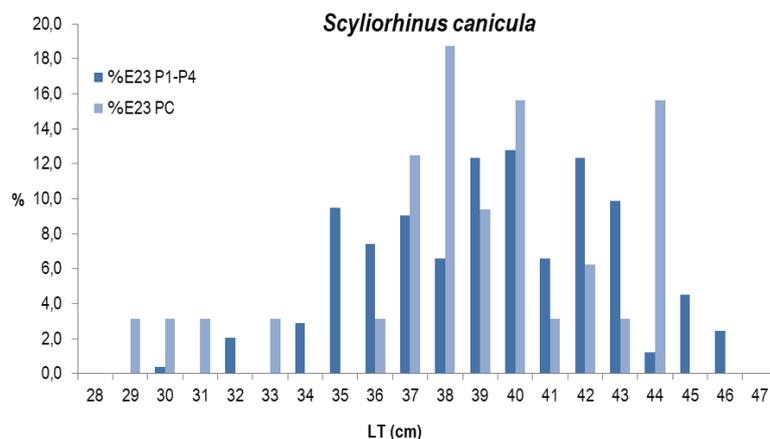


Figura 54 - Reti da posta: distribuzione taglia-frequenza del gattuccio (*Scyliorhinus canicula*). N° individui: 243 (E23 P1-P4), 32 (E23 PC).

La razza chiodata, *R. clavata*, è stata campionata solo nel gruppo di stazioni in prossimità del Terminale (E23 P1-P4) (Figura 55). In totale sono stati campionati 36 esemplari distribuiti in un intervallo di taglia molto ampio (tra 59 e 86 cm LT).

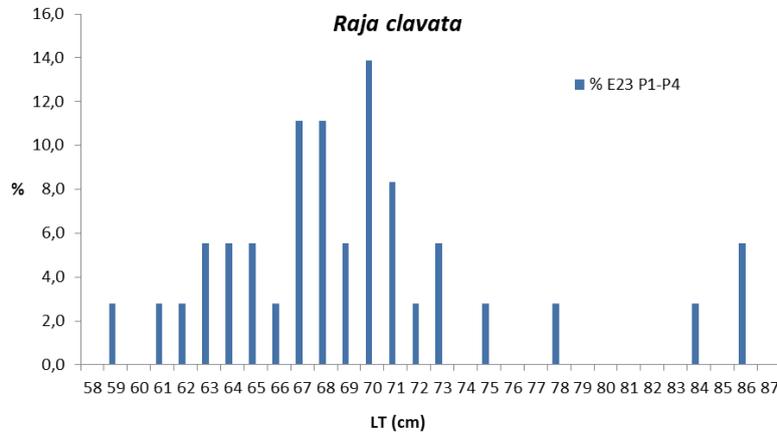


Figura 55 - Reti da posta: distribuzione taglia-frequenza della razza chiodata (*Raja clavata*). N° individui: 36 (E23 P1-P4).

Dato lo scarso numero di individui campionati non vengono presentate le distribuzioni taglia-frequenza delle altre specie scelte per le reti da posta. Nel dettaglio, sono stati campionati 19 esemplari di linguattola, *C. linguatula*, 15 esemplari con taglia compresa tra 17,5 e 23,5 cm LT, nel gruppo di stazioni in prossimità del Terminale (E23 P1-P4) e 4 esemplari, con taglia compresa tra 14,5 e 20,5 cm LT, nella stazione di controllo (E23 PC). La rana pescatrice, *L. budegassa*, è stata campionata sia nelle stazioni in prossimità del Terminale (9 esemplari con taglia compresa tra 27 e 68 cm LT) che nella stazione di controllo (1 esemplare di 30 cm LT). La gallinella, *C. lucerna*, è stata campionata solamente nella stazione E23 S4 (1 esemplare di 29 cm LT), in prossimità del terminale.

Rete a strascico

Nella **Tabella 76** sono indicate le specie catturate durante i campionamenti effettuati con la rete a strascico in prossimità del Terminale (stazioni S1, S2, S3 e S4) e nel controllo (SC).

In totale sono state catturate 34 specie di Osteitti, 3 di Condroitti, 1 specie di Crostacei Decapodi e 9 di Molluschi Cefalopodi.

Tabella 76 – Lista delle specie catturate con la rete a strascico. E23 S1-S4 = stazioni campionate in prossimità del terminale; E23 SC = stazione di controllo.					
Osteitti	E23 S1-S4	E23 SC	Condroitti	E23 S1-S4	E23 SC
<i>Argentina sphyraena</i> Linnaeus, 1758	*		<i>Raja asterias</i> Delaroche, 1809	*	
<i>Arnoglossus thori</i> Kyle, 1913	*		<i>Raja clavata</i> Linnaeus, 1758	*	
<i>Blennius ocellaris</i> Linnaeus, 1758	*		<i>Scylliorhinus canicula</i> (Linnaeus, 1758)	*	*
<i>Boops boops</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	Crostacei Decapodi		
<i>Capros aper</i> (Linnaeus, 1758)	*		<i>Parapenaeus longirostris</i> (Lucas, 1846)	*	*
<i>Cepola macrophthalmia</i> Linnaeus, 1758	*		Molluschi Cefalopodi		
<i>Chelidonichthys cuculus</i> (Linnaeus, 1758)	*		<i>Eledone cirrhosa</i> (Lamarck, 1798)	*	*
<i>Chelidonichthys lucerna</i> (Linnaeus, 1758)	*		<i>Eledone moschata</i> (Lamarck, 1798)		*
<i>Citharus linguatula</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	<i>Illex coindetii</i> (Vérany, 1839)	*	*
<i>Engraulis encrasicolus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	<i>Loligo (Alloteuthis) sp.</i>	*	*
<i>Eutrigla gurnardus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	<i>Loligo vulgaris</i> Lamarck, 1798	*	
<i>Lepidorhombus boscii</i> (Risso, 1810)	*	*	<i>Octopus salutii</i> Vérany, 1839		*
<i>Lepidotrigla cavillone</i> (Lacepède, 1801)	*	*	<i>Octopus vulgaris</i> Cuvier, 1797	*	*
<i>Lophius budegassa</i> Spinola, 1807	*	*	<i>Scaevargus unichrrhus</i> (Delle Chiaje [in Férussac & d'Orbigny], 1841)	*	
<i>Macroramphosus scolopax</i> (Linnaeus, 1758)	*		<i>Rhombosiepien elegans</i> (Blainville, 1827)	*	*
<i>Merluccius merluccius</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	<i>Todaropsis eblanae</i> (Ball, 1841)	*	
<i>Mullus barbatus</i> Linnaeus, 1758	*	*	Altro		
<i>Pagellus bogaraveo</i> (Brünnich, 1768)	*	*	<i>Alcyonium palmatum</i> Pallas, 1766	*	*
<i>Pagellus erythrinus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	<i>Antedon mediterranea</i> (Lamarck, 1816)	*	
<i>Sardina pilchardus</i> (Walbaum, 1792)	*	*	Ascidiacea indet.	*	
<i>Scomber scombrus</i> Linnaeus, 1758	*		<i>Astropecten aranciacus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*
<i>Scorpaena notata</i> Rafinesque, 1810	*	*	<i>Astropecten bispinosus</i> (Otto, 1823)	*	
<i>Scorpaena porcus</i> Linnaeus, 1758	*		<i>Astropecten irregularis pentacanthus</i> (Delle Chiaje, 1827)	*	*

Specie	E23 S1-S4	E23 SC	Specie	E23 S1-S4	E23 SC
<i>Serranus cabrilla</i> (Linnaeus, 1758)	*		<i>Cnidaria</i> indet.	*	*
<i>Serranus hepatus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	<i>Echinaster (Echinaster) sepositus</i> (Retzius, 1783)	*	*
<i>Spicara flexuosum</i> Rafinesque, 1810	*	*	<i>Funiculina quadrangularis</i> (Pallas, 1776)	*	*
<i>Spicara maena</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	<i>Leptometra phalangium</i> (Müller, 1841)	*	*
<i>Spicara smaris</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	<i>Ophiuroidea</i> indet.	*	*
<i>Trachinus draco</i> Linnaeus, 1758	*	*	<i>Parastichopus regalis</i> (Cuvier, 1817)	*	*
<i>Trachurus mediterraneus</i> (Steindachner, 1868)	*	*	<i>Pennatula rubra</i> (Ellis, 1764)	*	*
<i>Trachurus trachurus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	<i>Phallusia mammillata</i> (Cuvier, 1815)	*	*
<i>Trisopterus capelanus</i> (Lacepède, 1800)	*	*	<i>Rhizostoma pulmo</i> (Macri, 1778)	*	*
<i>Uranoscopus scaber</i> Linnaeus, 1758	*	*	<i>Squilla mantis</i> (Linnaeus, 1758)	*	*
<i>Zeus faber</i> Linnaeus, 1758	*	*	<i>Stylocidaris affinis</i> (Philippi, 1845)	*	*

Nella **Figura 56** è riportata la composizione percentuale delle catture, espressa con indici di densità e biomassa, dei principali gruppi tassonomici campionati con la rete a strascico. Il gruppo degli Osteitti è risultato il più abbondante, sia nelle stazioni in prossimità del Terminale (E23 S1-S4), con un contributo in densità del 65% ed in biomassa del 66%, che nella stazione di controllo (E23 SC: indice di densità pari al 66%, indice di biomassa pari al 73%).

I Condroitti mostrano indici di densità molto bassi: 2,4% nel gruppo di stazioni E23 S1-S4 e 1,9% nella stazione E23 SC. L'indice di biomassa di questo gruppo rappresenta il 19% nelle stazioni in prossimità del Terminale e l'8% nella stazione di controllo.

I Molluschi Cefalopodi sono il 7% della densità media nel gruppo di stazioni E23 S1-S4 ed il 9% nella stazione E23 SC. L'indice di biomassa medio per questo gruppo è pari al 7% nelle stazioni in prossimità del Terminale (E23 S1-S4) e al 14% nella stazione di controllo (E23 SC).

L'indice di densità media dei Crostacei Decapodi è pari al 26% nelle gruppo di stazioni E23 S1-S4 e al 18% nella stazione E23 SC, mentre la biomassa media si attesta intorno all'8% nelle stazioni in prossimità del Terminale e intorno al 5% nella stazione di controllo.

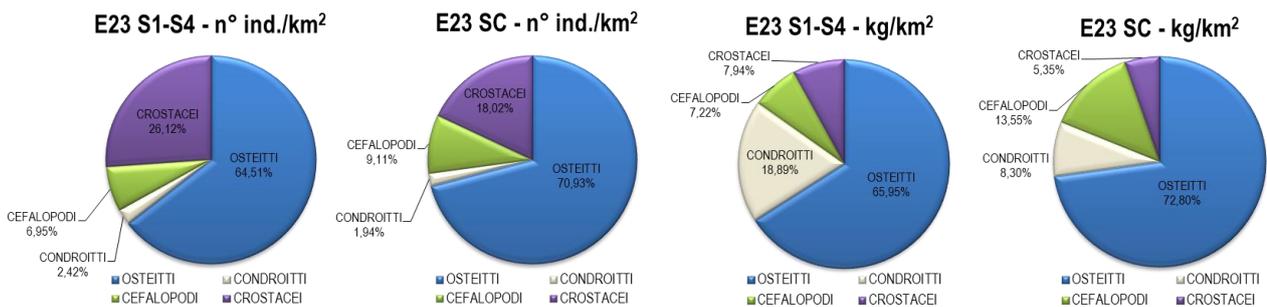


Figura 56 - Rete a strascico: composizione percentuale delle catture, espressa come n° individui/km² e kg/km², dei principali gruppi tassonomici campionati nelle stazioni E23 S1-S4 e E23 SC.

Indici di densità e biomassa per specie

Nella **Tabella 77** 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. I campi vuoti indicano che la specie non è stata catturata nel gruppo di stazioni poste in prossimità del Terminale o nella stazione di controllo. Gli indici di densità e biomassa delle specie per singola cala sono riportati nell'Allegato 6. Tra gli Osteitti campionati nelle stazioni in prossimità del Terminale (E23 S1-S4) la specie più abbondante è la triglia di fango, *Mullus barbatus*, con un indice di densità di 3478 ind./km² ed un indice in biomassa di 96,1 kg/km². Tra i Pesci Ossei altre specie che mostrano indici elevati sono il nasello, *Merluccius merluccius*, con un indice di densità pari a 2921 ind./km² e un indice in biomassa di 48,9 kg/km², il sugarello, *Trachurus trachurus*, con densità e biomassa di 1286 ind./km² e 12,6 kg/km² rispettivamente, il merluzzetto, *Trisopterus capelanus*, (870 ind./km² e 10,5 kg/km²) ed il caviglione, *Lepidotrigla cavillone*, con un indice di densità di 564 ind./km² ed un indice di biomassa di 6,7 kg/km². Nel gruppo dei Condroitti il gattuccio, *S. canicula*, è la specie più abbondante con 400 ind./km² e 62,7 kg/km². Il gruppo dei Crostacei Decapodi è rappresentato solamente dal gambero bianco, *P. longirostris*, che mostra indici di densità e biomassa pari a 4498 ind./km² e 34,4 kg/km² rispettivamente. Tra i Molluschi Cefalopodi la specie con gli indici di densità e biomassa più elevati è il totano, *Illex coindetii*, con valori di 985 ind./km² e 18,8 kg/km², seguito dalla seppia elegante, *Rhombosiphon elegans*, (67 ind./km² e 0,6 kg/km²) e dal calamaro, *Loligo vulgaris*, con densità e biomassa di 51 ind./km² e 1,7 kg/km² rispettivamente. Nel gruppo indicato come "Altro" la specie più abbondante è il crinoide *Antedon mediterranea* con 221 ind./km² e 0,35 kg/km², seguito dall'antozoo *Funiculina quadrangularis*, con indici di densità e biomassa pari a 113 ind./km² e 0,6 kg/km² rispettivamente e dall' echinoderma *Astropecten irregularis pentacanthus* (84 ind./km² e 0,1 kg/km²).

Nella stazione di controllo E23 SC, la specie più abbondante in assoluto è il gambero bianco, *P. longirostris*, con un indice di densità di 1691 ind./km² e un indice di biomassa di 14,6 kg/km². Tra gli Osteitti la specie più abbondante è la triglia di fango, *M. barbatus*, con densità di 1327 ind./km² e biomassa di 35,9 kg/km², seguita dal nasello, *M. merluccius*, con indici di densità e biomassa pari a 1200 ind./km² e 30,7 kg/km² rispettivamente, il merluzzetto, *T. capelanus*, con una densità di 927 ind./km² e una biomassa di 5,6 kg/km², e l'acciuga, *Engraulis encrasicolus*, (745 ind./km² e 7,4 kg/km²). Il gruppo dei Condroitti è rappresentato solamente dal gattuccio, *S. canicula*, con un indice di densità di 182 ind./km² e un indice di biomassa di 22,7 kg/km². Anche nella stazione E23 SC il gruppo dei Crostacei Decapodi è rappresentato

esclusivamente dal gambero bianco, *P. longirostris*, con densità di 1691 ind./km² e biomassa di 14,6 kg/km². Nei Molluschi Cefalopodi la specie più abbondante è il totano *I. coindetii*, con indici di densità e biomassa pari 655 ind./km² e di 20,2 kg/km² rispettivamente ed il moscardino, *Eledone cirrhosa*, con 55 ind./km² e 1,4 kg/km². Per quanto riguarda il gruppo indicato come "Altro" la specie più abbondante è l'echinoderma *A. irregularis pentacanthus*, con un indice di densità di 273 ind./km² e un indice di biomassa di 1,3 kg/km², seguita dallo cnidario *Alcyonium palmatum* (densità e biomassa pari a 109 ind./km² e 1,1 kg/km² rispettivamente) e dallo cnidario *Pennatula rubra* (109 ind./km² e 0,7 kg/km²).

Tabella 77 - 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 E23 S1-S4 e nella stazione di controllo E23 SC. * = DS<0,05.				
	E23 S1-S4		E23 SC	
	n° ind./km ²	kg/km ²	n° ind./km ²	kg/km ²
OSTEITTI				
<i>Argentina sphyraena</i>	81,3±156,4	1,14±2,2		
<i>Arnoglossus thori</i>	4,2±14,6	0,01*		
<i>Blennius ocellaris</i>	4,7±16,4	0,04±0,1		
<i>Boops boops</i>	142,8±293,5	6,66±15,2	163,6	5,00
<i>Cepola macrophtalma</i>	13,7±31,1	0,17±0,4		
<i>Chelidonichthys cuculus</i>	4,2±14,6	0,10±0,3		
<i>Chelidonichthys lucerna</i>	4,7±16,4	0,74±2,6		
<i>Citharus linguatula</i>	21,6±45,4	0,17±0,4	18,2	1,67
<i>Capros aper</i>	8,8±30,6	0,04±0,1		
<i>Engraulis encrasicolus</i>	263,5±685,5	1,63±3,4	745,4	7,38
<i>Eutrigla gumardus</i>			36,4	0,27
<i>Lepidorhombus boscii</i>	150,7±93,6	9,38±5,0	145,4	7,73
<i>Lepidotrigla cavillone</i>	564,1±911,9	6,72±12,0	581,8	5,58
<i>Lophius budegassa</i>	92,6±78,8	55,84±82,5	127,3	76,36
<i>Macroramphosus scolopax</i>	346,0±755,8	2,10±4,5		
<i>Merluccius merluccius</i>	2920,8±5229,9	48,94±42,6	1199,9	30,67
<i>Mullus barbatus</i>	3477,6±35,16,7	96,05±28,4	1327,2	35,87
<i>Pagellus bogaraveo</i>	23,3±62,0	0,82±2,3	18,2	0,75
<i>Pagellus erythrinus</i>	245,1±276,2	15,49±15,8	145,4	6,84
<i>Sardina pilchardus</i>			18,2	0,35
<i>Scomber scombrus</i>	12,6±43,8	0,13±0,5		
<i>Scorpaena notata</i>	4,2±14,6	0,01*	18,2	0,16
<i>Scorpaena porcus</i>	4,4±15,3	0,78±2,7		
<i>Serranus cabrilla</i>	8,6±17,2	0,15±0,4		
<i>Serranus hepatus</i>	349,6±317,1	3,44±3,2	109,1	1,04
<i>Spicara flexuosum</i>	79,1±197,0	2,02±4,8	145,4	2,93
<i>Spicara maena</i>	4,4±15,3	0,27±0,9		
<i>Spicara smaris</i>	25,9±37,9	0,52±0,7		
<i>Trachinus draco</i>	4,2±14,6	0,55±1,9	36,4	1,20
<i>Trachurus mediterraneus</i>	17,6±23,9	0,84±1,0	127,3	3,07
<i>Trachurus trachurus</i>	1285,9±2098,3	12,56±22,5	709,2	5,07
<i>Trisopterus capelanus</i>	869,6±576,7	10,54±14,4	927,2	5,55
<i>Uranoscopus scaber</i>	26,1±58,2	5,22±12,7		
<i>Zeus faber</i>	48,6±12,6	2,05±3,9	54,5	1,18
CONDROITTI				
<i>Raja asterias</i>	4,4±15,3	5,43±18,8		
<i>Raja clavata</i>	13,2±45,9	13,80±47,8		
<i>Scylliorhinus canicula</i>	399,6±376,9	62,73±55,9	181,8	22,65
CROSTACEI DECAPODI				
<i>Parapenaeus longirostris</i>	4498,3±5396,8	34,44±35,3	1690,8	14,60
MOLLUSCHI CEFALOPODI				
<i>Eledone cirrhosa</i>	4,7±16,4	0,71±2,5	54,5	1,42
<i>Eledone moschata</i>			18,2	5,82
<i>Illex coindetii</i>	985,2±940,0	18,85±12,1	654,5	20,16
<i>Loligo (Alloteuthis) sp.</i>	49,5±56,9	0,18±0,1	72,7	0,22
<i>Loligo vulgaris</i>	51,1±123,8	1,74±4,3		
<i>Octopus salutii</i>			18,2	0,87
<i>Octopus vulgaris</i>	26,4±16,3	9,01±7,4	18,2	8,24
<i>Rhombosopion elegans</i>	66,6±63,3	0,64±0,5	18,2	0,24
<i>Scaevargus unicolor</i>	4,4±15,3	0,09±0,3		
<i>Todaropsis eblanae</i>	9,4±32,7	0,09±0,3		
ALTRO				
<i>Alcyonium palmatum</i>	44,5±18,8	0,58±0,6	109,1	1,09
<i>Antedon mediterranea</i>	221,2±192,2	0,35±0,6		
<i>Ascidacea indet.</i>	13,1±28,3	0,13±0,3		
<i>Astropecten aranciatus</i>	4,4±15,3	0,66±2,3	18,2	0,91
<i>Astropecten bispinosus</i>	26,8±72,5	1,61±4,4		
<i>Astropecten irregularis pentacanthus</i>	84,2±291,8	0,08±0,3	272,7	1,27
<i>Cnidaria indet.</i>	149,1±251,8	10,19±18,8	363,6	9,09
<i>Echinaster (Echinaster) sepositus</i>	4,2±14,6	0,63±2,2		
<i>Funiculina quadrangularis</i>	113,4±288,2	0,57±1,4	90,9	0,73
<i>Leptometra phalangium</i>		20,33±44,2		3,64

<i>Ophiroidea</i> indet.	68,6±144,1	0,37±0,7		
<i>Parastichopus regalis</i>	74,4±77,3	17,29±17,8	36,4	5,50
<i>Phallusia mammillata</i>	4,2±14,6	0,04±0,1		
<i>Pennatula rubra</i>			109,1	0,73
<i>Rhizostoma pulmo</i>	12,6±43,8	8,42±29,2		
<i>Squilla mantis</i>			18,2	0,45
<i>Stylocidaris affinis</i>	4,7±16,4	0,05±0,2		

Indici di densità e biomassa delle specie più rappresentative

Nella fase di bianco 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. A queste specie, per la rete a strascico, sono state aggiunte il sugarello, *T. trachurus*, ed il rombo quattrocchi, *Lepidorhombus boscii*, vista la loro abbondanza nelle catture.

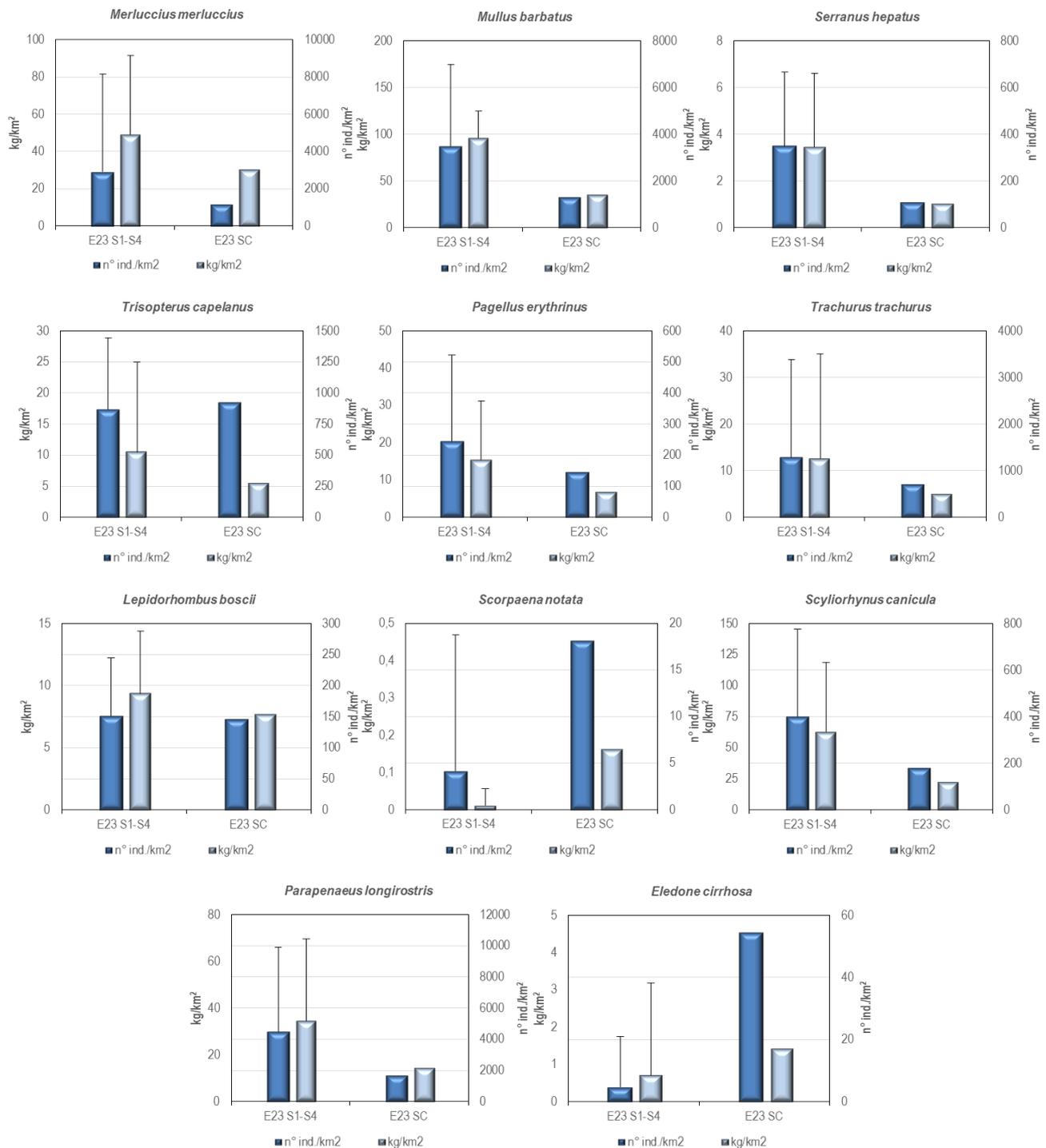


Figura 57 – Rete a strascico: indici di densità e biomassa, stimati per le stazioni E23 S1-S4 e per la stazione E23 SC, per specie. Sono riportati i valori medi + la deviazione standard. In blu n° individui/km², in azzurro chiaro kg/km².

Nella **Figura 57** sono riportati i valori (medie e deviazione standard) degli indici di densità e biomassa, sia per specie che per sito (E23 S1-S4: stazioni in prossimità del Terminale; E23 SC: stazione di controllo).

Il nasello, *M. merluccius*, la triglia di fango, *M. barbatus*, il sacchetto, *Serranus hepatus*, il pagello fragolino, *Pagellus erythrinus*, il sugarello, *T. trachurus*, il gattuccio, *S. canicula*, ed il gambero bianco, *P. longirostris*, mostrano indici di densità e biomassa più elevati nel gruppo di stazioni E23 S1-S4, mentre lo scorfanotto, *Scorpaena notata*, il merluzzetto, *T. capelanus*, ed il moscardino, *E. cirrhosa*, mostrano indici di densità e biomassa più elevati nella stazione E23 SC.

Gli indici di densità e biomassa del rombo quattrocchi, *L. boscii*, sono simili sia nelle stazioni in prossimità del Terminale (E23 S1-S4) che nella stazione di controllo (E23 SC).

Distribuzioni taglia-frequenza per specie

Nel gruppo degli Osteitti la specie con la maggiore cattura in numero assoluto è la triglia di fango, *M. barbatus* (**Figura 58**). Nel gruppo di stazioni E23 S1-S4 sono stati campionati 793 esemplari aventi taglia compresa tra 8,5 e 21,5 cm LT, mentre nella stazione E23 SC sono stati catturati 73 individui, con taglia tra 10 e 21,5 cm LT. La distribuzione di taglia-frequenza degli animali catturati nel gruppo di stazioni in prossimità del Terminale (E23 S1-S4) e quella degli animali campionati nella stazione di controllo (E23 SC) sono risultate molto simili, con mode comprese tra 10 e 11 cm LT.

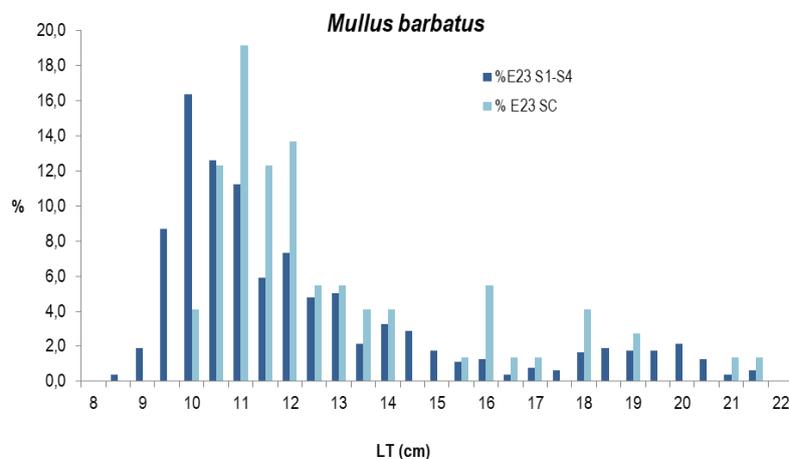


Figura 58 - Reti a strascico: distribuzione taglia-frequenza della triglia di fango (*Mullus barbatus*). N° individui: 793 (E23 S1-S4), 73 (E23 SC).

Nelle stazioni in prossimità del Terminale (E23 S1-S4), sono stati campionati 637 esemplari di nasello, *M. merluccius*, con taglia compresa tra 6 e 39 cm LT (**Figura 59**), mentre nella stazione di controllo (E23 SC) sono stati catturati 66 individui, con un intervallo di taglia compreso tra 7 e 31 cm LT. In entrambe le distribuzioni di taglia-frequenza la quasi totalità degli animali si concentra tra 7 e 15 cm LT, con una moda a 11 cm LT nella distribuzione degli esemplari provenienti dal gruppo di stazioni E23 S1-S4 e una moda a 12 cm LT nella distribuzione degli animali catturati nella stazione di controllo E23 SC.

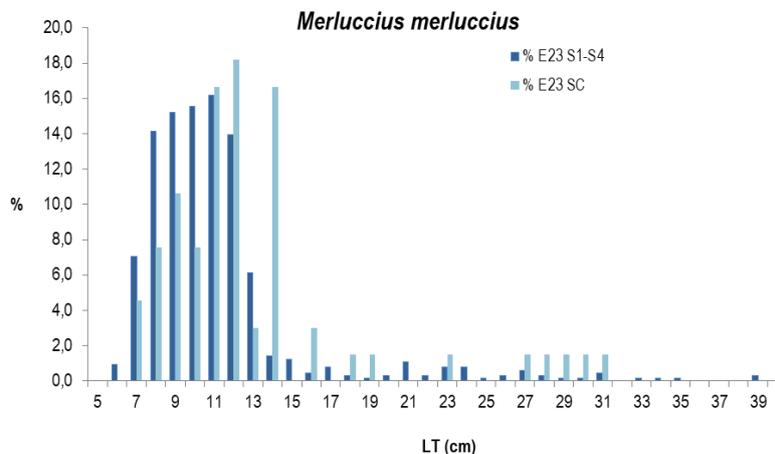


Figura 59 - Reti a strascico: distribuzione taglia-frequenza del nasello (*Merluccius merluccius*). N° individui: 637 (E23 S1-S4), 66 (E23 SC).

Per quanto riguarda il sugarello, *T. trachurus*, nel gruppo di stazioni E23 S1-S4 sono stati campionati 283 esemplari, con taglia compresa tra 6,5 e 18 cm LT, mentre nella stazione di controllo E23 SC sono stati catturati 39 animali aventi un intervallo di taglia compreso tra 7,5 e

15,5 cm LT (**Figura 60**). Le mode si trovano rispettivamente a 9 e 10 cm LT per la distribuzione taglia-frequenza degli animali catturati in prossimità del terminale e per quella degli animali catturati nella stazione di controllo.

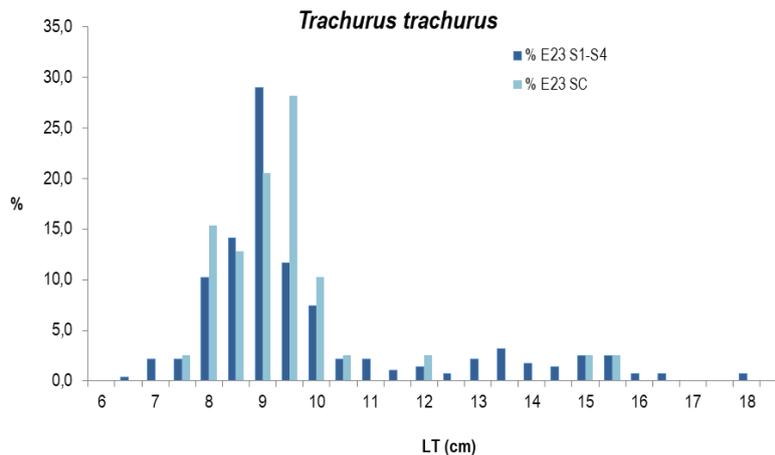


Figura 60 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del sugarello (*Trachurus trachurus*). N° individui: 283 (E23 S1-S4), 39 (E23 SC).

Nel caso del merluzzetto, *T. capelanus*, nel gruppo di stazioni in prossimità del Terminale (E23 S1-S4) sono stati campionati 194 esemplari con taglia compresa tra 6 e 18 cm LT, mentre nella stazione di controllo (E23 SC) sono stati catturati 51 esemplari, con un intervallo di taglia tra 6,5 e 16 cm LT (**Figura 61**). Le distribuzioni taglia-frequenza degli individui catturati nel gruppo di stazioni E23 S1-S4 e nella stazione E23 SC sono risultate simili, con mode comprese tra 7,5 e 8 cm LT.

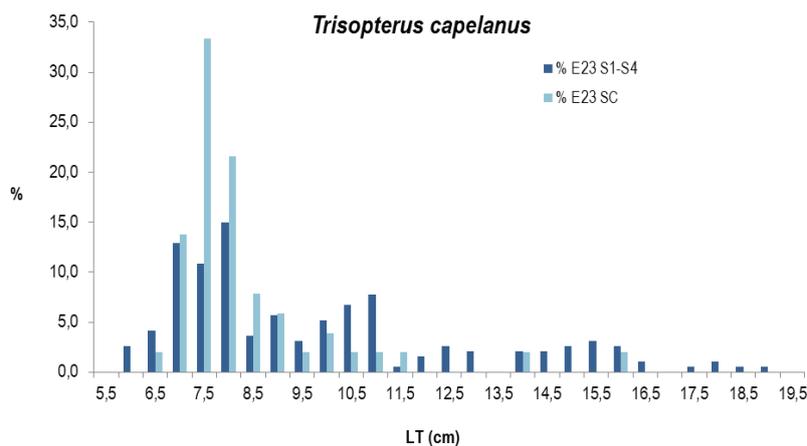


Figura 61 - Reti a strascico: distribuzione taglia-frequenza del merluzzetto (*Trisopterus capelanus*). N° individui: 194 (E23 S1-S4), 51 (E23 SC).

Passando al pagello fragolino, *P. erythrinus*, nel gruppo di stazioni in prossimità del Terminale (E23 S1-S4) sono stati campionati 56 esemplari, con taglia compresa tra 14 e 24 cm LT (**Figura 62**), mentre nella stazione di controllo (E23 SC) sono stati catturati 8 individui con un intervallo di taglia tra 14 e 17 cm LT. La distribuzione taglia-frequenza degli esemplari campionati in prossimità del Terminale mostra una moda a 16 LT, mentre la distribuzione taglia-frequenza degli esemplari catturati nella stazione di controllo non è ben definita.

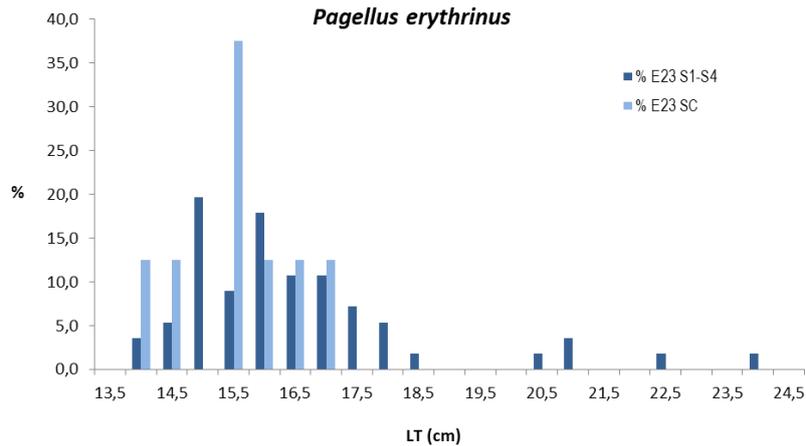


Figura 62 - Reti a strascico: distribuzione taglia-frequenza del pagello fragolino (*Pagellus erythrinus*). N° individui: 56 (E23 S1-S4), 8 (E23 SC).

Il sacchetto, *S. hepatus*, è stato campionato sia nelle stazioni in prossimità del Terminale (E23 S1-S4: 78 esemplari con taglia tra 6,5 e 12,5 cm LT) che nella stazione di controllo (E23 SC: 6 esemplari con taglia compresa tra 7,5 e 9 cm LT) di cui non viene fornita la distribuzione di taglia-frequenza (**Figura 63**). La distribuzione di taglia-frequenza degli animali catturati in prossimità del Terminale mostra una moda a 8 cm LT.

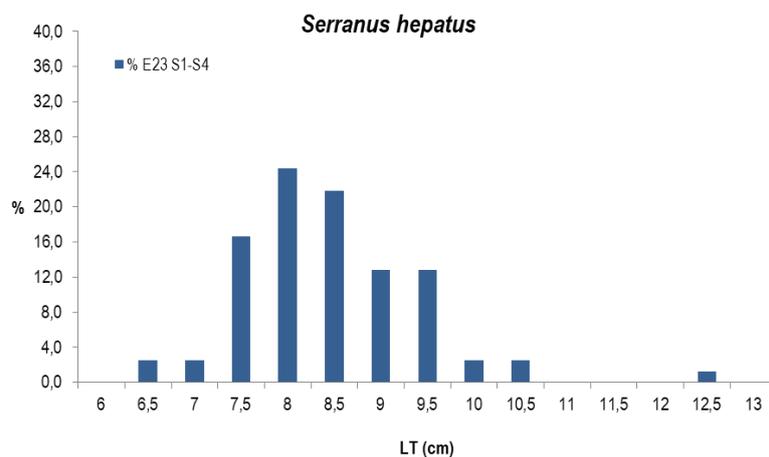


Figura 63 - Reti a strascico: distribuzione taglia-frequenza del sacchetto (*Serranus hepatus*). N° individui: 78 (E23 S1-S4).

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 rombo quattrocchi, *L. boscai*, sono stati catturati in totale 42 individui, 34 nelle stazioni E23 S1-S4, con taglia compresa tra 11,5 e 25,5 cm LT, e 8 nella stazione E23 SC, con taglia compresa tra 12 e 23 cm LT. Infine sono stati campionati 2 individui di scorfanotto, *S. notata*: un individuo di 8 cm LT è stato campionato nella stazione E23 S1, mentre un secondo individuo di 7,5 cm LT è stato campionato nella E23 SC.

Il gattuccio, *S. canicula*, è stato campionato sia nelle stazioni in prossimità del Terminale (E23 S1-S4) che nella stazione E23 SC con un numero di individui, rispettivamente, di 91 e 10. La distribuzione taglia-frequenza degli esemplari catturati in prossimità del Terminale, con taglia compresa tra 24 e 43 cm LT, non mostra un andamento ben definito (**Figura 64**). Per gli animali catturati nella stazione di controllo, dato lo scarso numero, non viene fornita la distribuzione di taglia-frequenza.

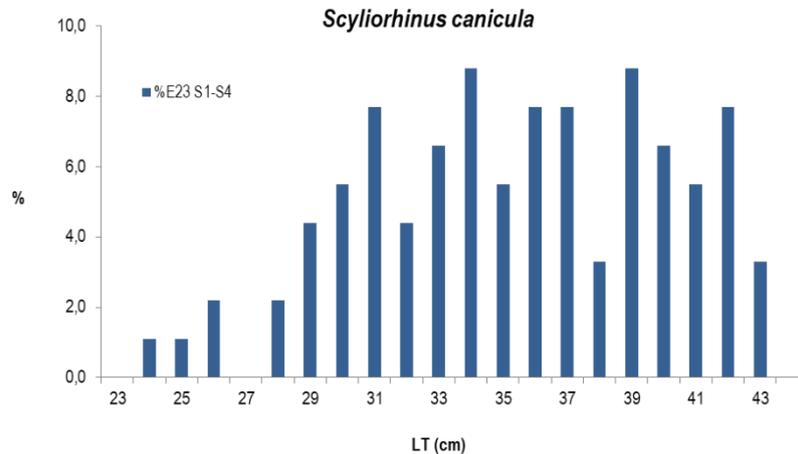


Figura 64 - Reti a strascico: distribuzione taglia-frequenza del gattuccio (*Scyliorhinus canicula*). N° individui: 91 (E23 S1-S4).

Passando al gambero bianco *P. longirostris*, nel gruppo di stazioni E23 S1-S4 sono stati catturati 1001 individui, con taglia compresa tra 11 e 33 mm LC, mentre nella stazione E23 SC sono stati campionati 93 esemplari, con taglia compresa tra 14 e 32 mm LC. La distribuzione di taglia-frequenza degli esemplari catturati nelle stazioni in prossimità del Terminale (E23 S1-S4) e quella degli animali provenienti dalla stazione di controllo (E23 SC) sono risultate molto simili, con classi modali comprese tra 25 e 27 mm LC (**Figura 65**).

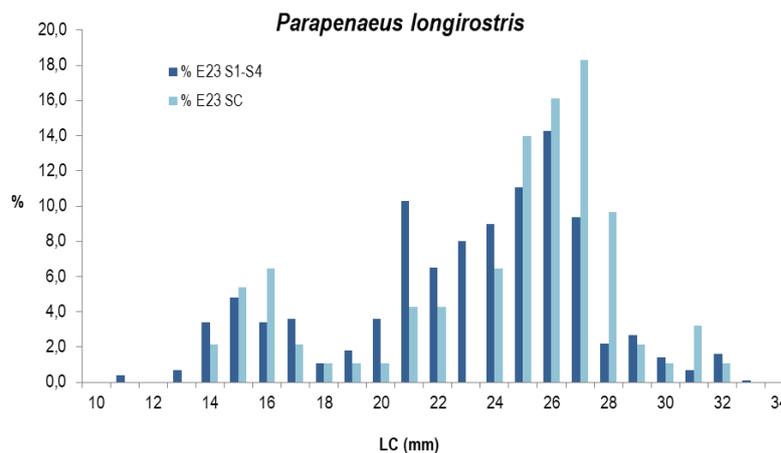


Figura 65 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del gambero bianco (*Parapenaeus longirostris*). N° individui: 1001 (E23 S1-S4), 93 (E23 SC).

Nel caso del moscardino, *E. cirrhosa*, in totale sono stati campionati 4 esemplari, 1 nella stazione E23 S4 con taglia 9,5 cm LM, e 3 esemplari, con taglia di 3,5 e 6 cm LM, nella stazione E23 SC.

Relazione taglia/peso delle principali specie campionate

Nel corso della campagna E23 sono stati rilevati i pesi individuali delle principali specie campionate. Al fine di poter stimare la relazione taglia/peso su un pool più ampio di specie, sono stati analizzati congiuntamente i dati delle campagne condotte nel corso del 2023 (I23 e E23). Vengono quindi fornite le analisi per le seguenti specie: nasello, *M. merluccius*, triglia di fango, *M. barbatus*, pagello fragolino, *P. erythrinus*, gambero bianco, *P. longirostris*, sugarello, gattuccio, *S. canicula*, *T. trachurus*, e merluzzetto, *T. capelanus*.

Nella **Figura 66** è illustrata la relazione taglia/peso degli esemplari di *M. merluccius* campionati nelle stazioni in prossimità del Terminale (I23-E23 S1-S4) e nella stazione di controllo (I23-E23 SC). Nelle stazioni I23-E23 S1-S4 sono stati rilevati i pesi individuali di 329 esemplari, mentre 90 nella stazione di controllo I23-E23 SC. L'intervallo di taglia coperto per questa specie è compreso tra 7,5 e 31,5 cm LT.

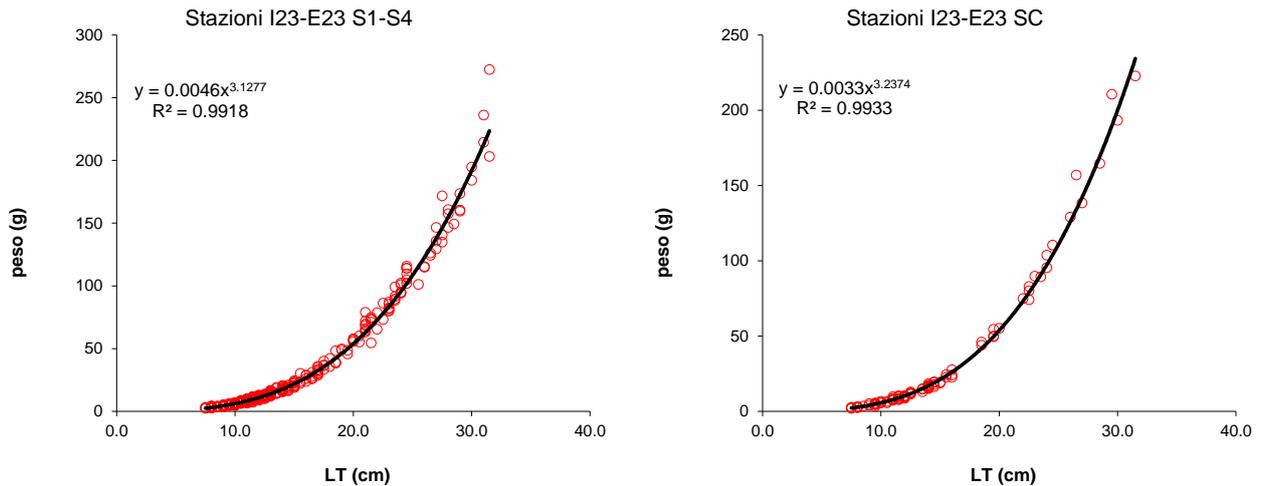


Figura 66 - Relazione taglia/peso del nasello (*Merluccius merluccius*). N° individui: 329 (I23-E23 S1-S4), 90 (I23-E23 SC).

Nella **Figura 67** è riportata la relazione taglia/peso degli esemplari di triglia di fango, *M. barbatus*, campionati nelle stazioni in prossimità del Terminale (I23-E23 S1-S4) e nella stazione di controllo (I23-E23 SC). Nelle stazioni I23-E23 S1-S4 sono stati rilevati i pesi individuali di 817 esemplari, mentre nella stazione di controllo I23-E23 SC sono stati pesati 249 esemplari. L'intervallo di taglia coperto per questa specie è compreso tra 8 e 21,5 cm LT.

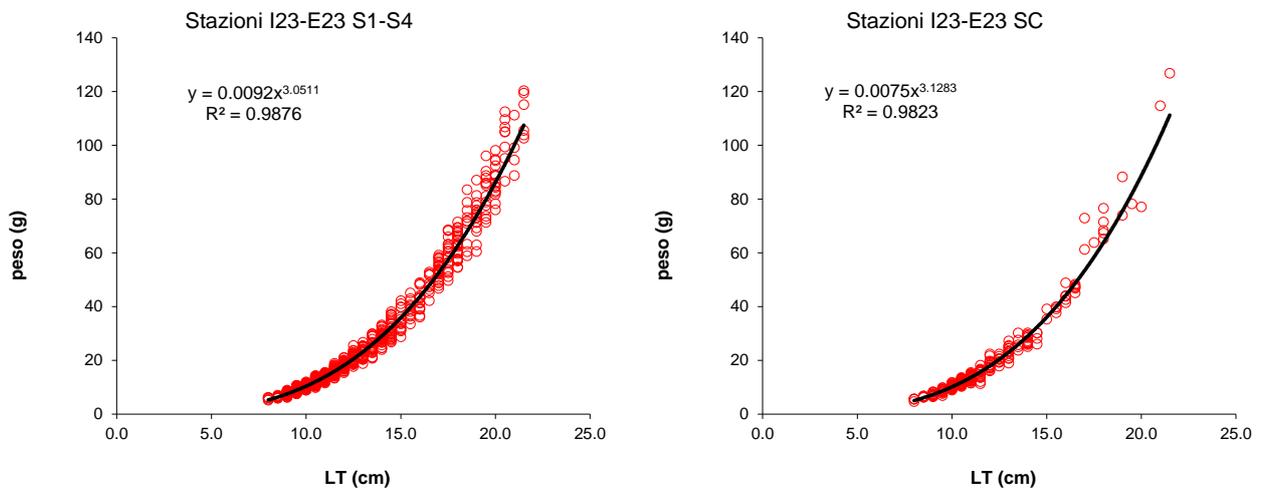


Figura 67 -Relazione taglia/peso della triglia di fango (*Mullus barbatus*). N° individui: 817 (I23-E23 S1-S4), 249 (I23-E23 SC).

Nella **Figura 68** è riportata la relazione taglia/peso degli esemplari di pagello fragolino, *P. erythrinus*, campionati nelle stazioni in prossimità del Terminale (I23-E23 S1-S4) e nella stazione di controllo (I23-E23 SC). Nelle stazioni I23-E23 S1-S4 sono stati rilevati i pesi individuali di 165 esemplari, mentre nella stazione di controllo I23-E23 SC sono stati pesati 33 esemplari. L'intervallo di taglia coperto per questa specie è compreso tra 9,5 e 18 cm LT.

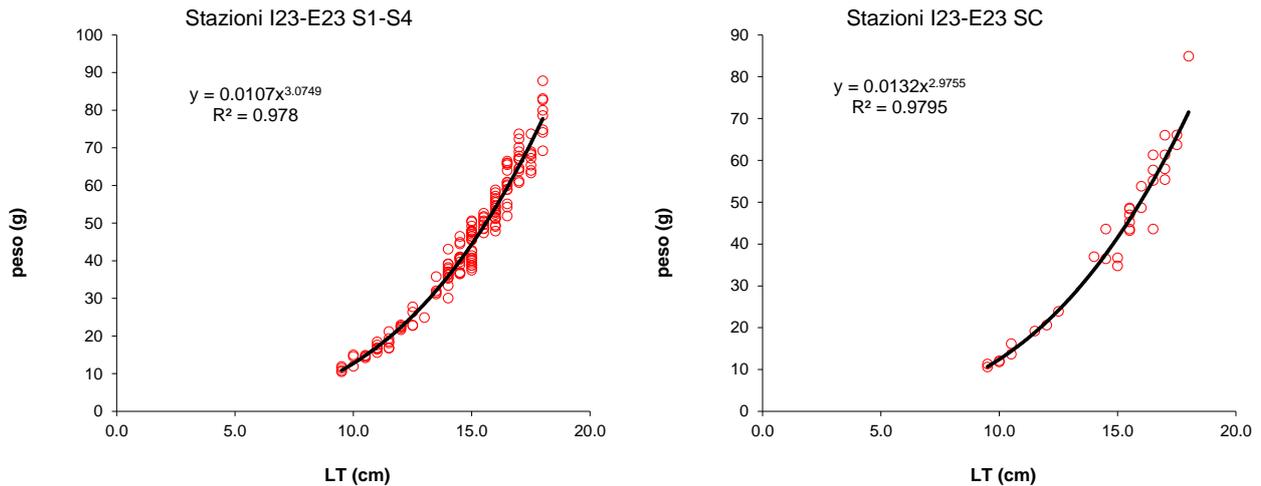


Figura 68 - Relazione taglia/peso del pagello fragolino (*Pagellus erythrinus*). N° individui: 165 (I23-E23 S1-S4), 33 (I23-E23 SC).

Nella **Figura 69** è riportata la relazione taglia/peso degli esemplari di gambero bianco, *P. longirostris*, campionati nelle stazioni in prossimità del Terminale (I23-E23 S1-S4) e nella stazione di controllo (I23-E23 SC). Nelle stazioni I23-E23 S1-S4 sono stati rilevati i pesi individuali di 694 esemplari, mentre nella stazione di controllo I23-E23 SC sono stati pesati 110 esemplari. L'intervallo di taglia coperto per questa specie è compreso tra 14 e 32 mm LC.

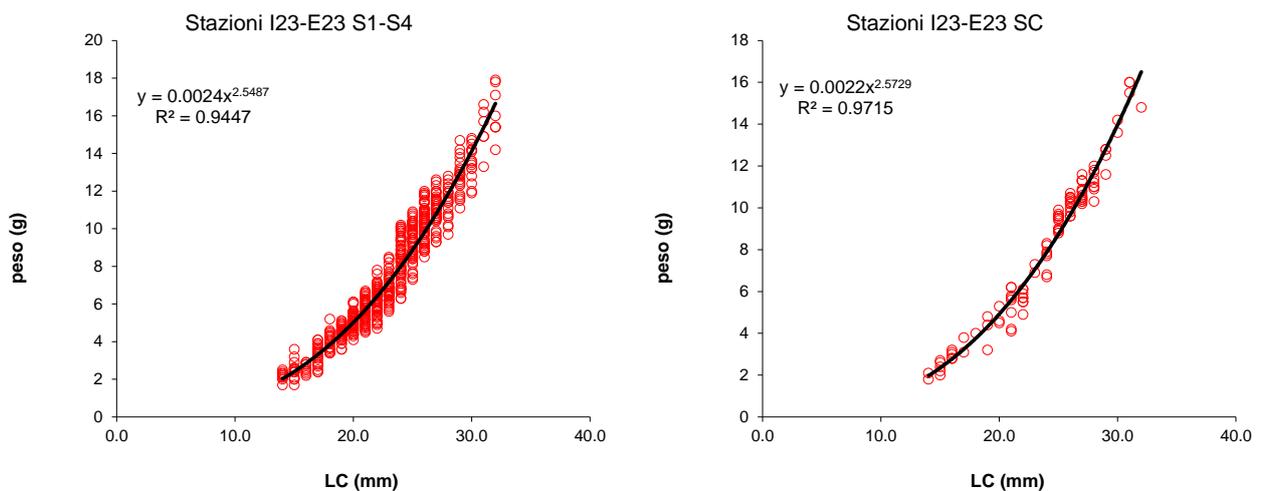


Figura 69 - Relazione taglia/peso del gambero bianco (*Parapenaeus longirostris*). N° individui: 694 (I23-E23 S1-S4), 110 (I23-E23 SC).

Nella **Figura 70** è riportata la relazione taglia/peso degli esemplari di gattuccio, *S. canicula*, campionati nelle stazioni in prossimità del Terminale (I23-E23 S1-S4) e nella stazione di controllo (I23-E23 SC). Nelle stazioni I23-E23 S1-S4 sono stati rilevati i pesi individuali di 328 esemplari, mentre nella stazione di controllo I23-E23 SC sono stati pesati 58 esemplari. L'intervallo di taglia coperto per questa specie è compreso tra 23 e 44 cm LT.

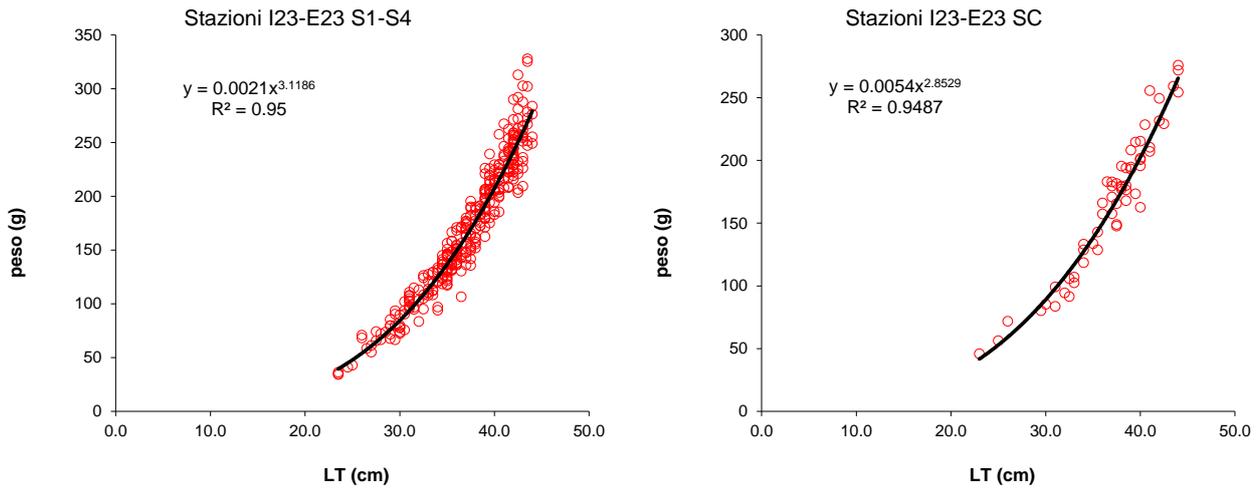


Figura 70 - Relazione taglia/peso del gattuccio (*Scylliorhinus canicula*). N° individui: 328 (I23-E23 S1-S4), 58 (I23-E23 SC).

Nella **Figura 71** è riportata la relazione taglia/peso degli esemplari del sugarello, *T. trachurus*, campionati nelle stazioni in prossimità del Terminale (I23-E23 S1-S4) e nella stazione di controllo (I23-E23 SC). Nelle stazioni I23-E23 S1-S4 sono stati rilevati i pesi individuali di 524 esemplari, mentre nella stazione di controllo I23-E23 SC sono stati pesati 106 esemplari. L'intervallo di taglia coperto per questa specie è compreso tra 7,5 e 15,5 cm LT.

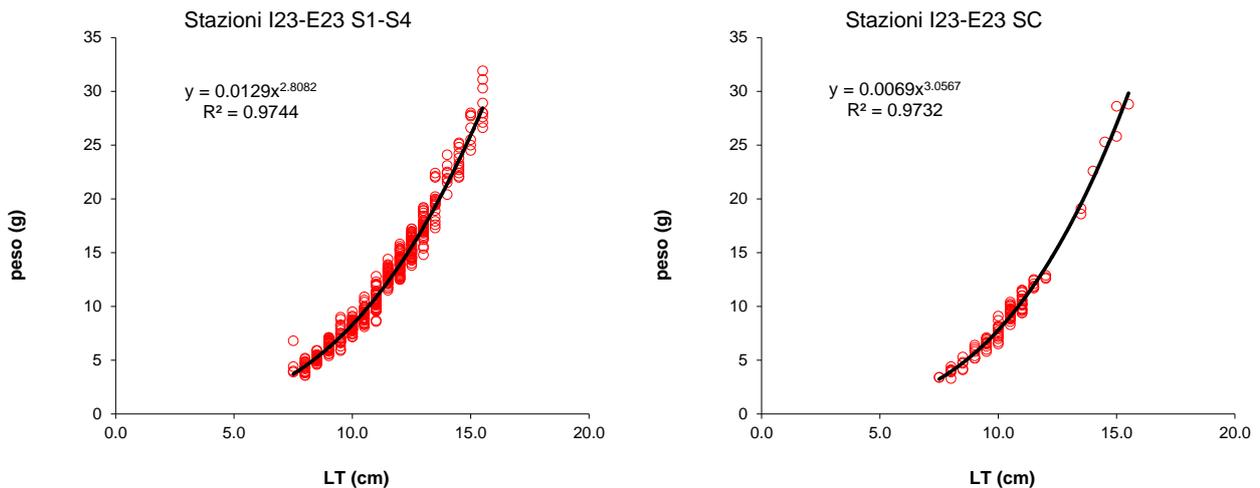


Figura 71 - Relazione taglia/peso del sugarello (*Trachurus trachurus*). N° individui: 524 (I23-E23 S1-S4), 106 (I23-E23 SC).

Nella **Figura 72** è riportata la relazione taglia/peso degli esemplari del merluzzetto, *T. capelanus*, campionati nelle stazioni in prossimità del Terminale (I23-E23 S1-S4) e nella stazione di controllo (I23-E23 SC). Nelle stazioni I23-E23 S1-S4 sono stati rilevati i pesi individuali di 328 esemplari, mentre nella stazione di controllo I23-E23 SC sono stati pesati 82 esemplari. L'intervallo di taglia coperto per questa specie è compreso tra 6,5 e 18 cm LT.

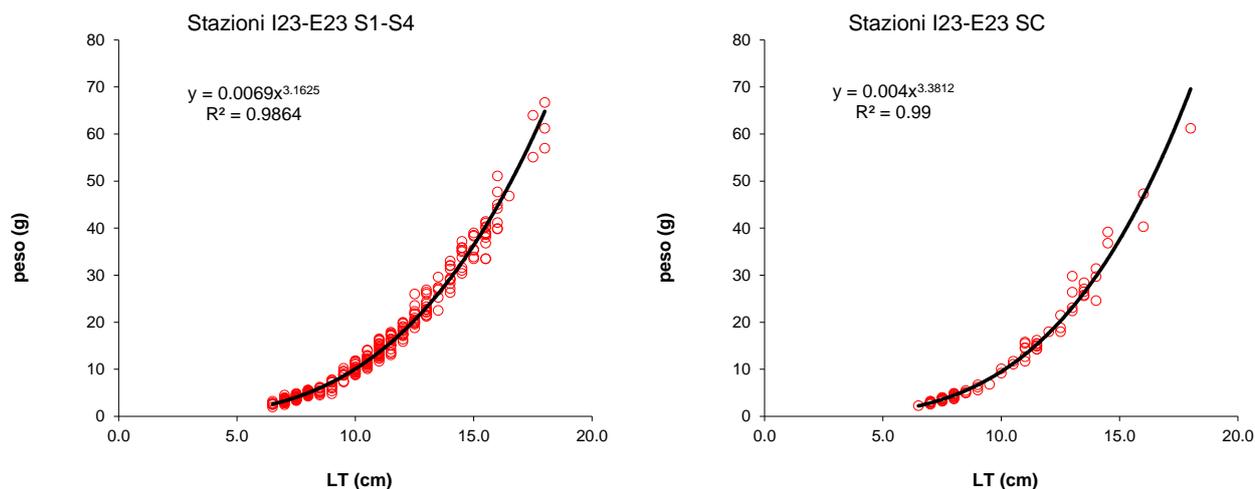


Figura 72 - Relazione taglia/peso del merluzzetto (*Trisopterus capelanus*). N° individui: 328 (I23-E23 S1-S4), 82 (I23-E23 SC).

Nella Tabella 78 sono riportati i parametri delle relazioni taglia/peso per le sette specie analizzate.

Tabella 78 - Coefficienti a e b e relativi errori standard della relazione taglia/peso: R ² = Coefficiente di regressione.							
Specie	Stazione	N. individui	Coefficiente a	Errore Standard a	Coefficiente b	Errore Standard b	R ²
<i>M. merluccius</i>	S1-S4	329	0,00460	0,04135	3,127772.	0,01573	0,99180
<i>M. merluccius</i>	SC	90	0,00330	0,07494	3,237440	0,02828	0,99333
<i>M. barbatus</i>	S1-S4	817	0,00924	0,03021	3,05107	0,01195	0,98765
<i>M. barbatus</i>	SC	249	0,00755	0,06537	3,12831	0,02668	0,98235
<i>P. erythrinus</i>	S1-S4	165	0,01073	0,09700	3,07485	0,03615	0,97797
<i>P. erythrinus</i>	SC	33	0,01316	0,20640	2,97548	0,07735	0,97948
<i>P. longirostris</i>	S1-S4	694	0,00243	0,07294	2,54873	0,02344	0,94470
<i>P. longirostris</i>	SC	110	0,00221	0,13404	2,57290	0,04241	0,97149
<i>S. canicula</i>	S1-S4	328	0,00209	0,14305	3,11860	0,03961	0,95003
<i>S. canicula</i>	SC	58	0,00544	0,31938	2,85288	0,08866	0,94869
<i>T. trachurus</i>	S1-S4	524	0,01292	0,04758	2,80823	0,01990	0,97445
<i>T. trachurus</i>	SC	106	0,00685	0,11604	3,05673	0,04976	0,97318
<i>T. capelanus</i>	S1-S4	328	0,00695	0,04803	3,16249	0,02055	0,98643
<i>T. capelanus</i>	SC	82	0,00396	0,08677	3,38116	0,03795	0,99002

2.3.6 Fauna ittica pelagica

Nella campagna estiva E23, con le reti da posta pelagiche, è stato catturato un solo individuo di tombarello, *Auxis rochei rochei*, nella stazione E23 PDC, con un indice di densità di 8 ind./1000m/24h ed un indice di biomassa di 10,3 kg/1000m/24h ed una taglia di 45,5 cm LT. 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.

2.3.7 Cetacei e tartarughe marine

Per il monitoraggio visivo di cetacei e tartarughe, acustico e bioacustico è stato effettuato uno sforzo pari a 351 km per un tempo totale di 1.200 min **Figura 73**.

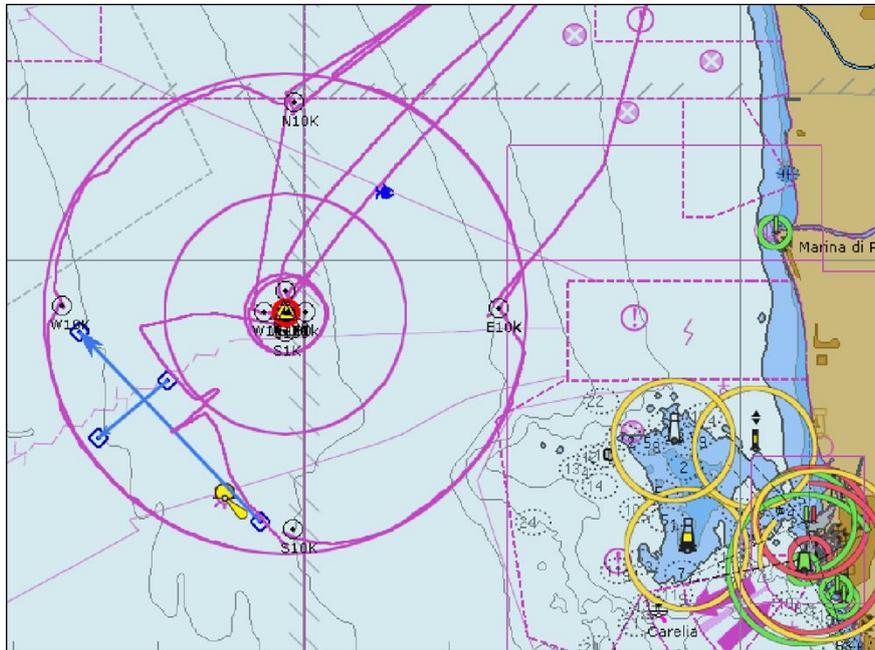


Figura 73 - Rotte percorse per il monitoraggio visivo, acustico e bioacustico e avvistamento TT, campagna E23.

Durante E23 è stato effettuato n°1 (uno) avvistamento di cetacei, in data 04 settembre a 3.8nm NE dal Terminale in posizione Lat 43 41 709 e Long 10 02 799. In totale 4 individui adulti appartenenti alla specie *Tursiops truncatus*.

2.4 INDAGINI GENERALI

2.4.1 Bioacustica

La campagna di E23 è stata condotta il 5 settembre. Seguendo tali transetti, su rotte prefissate, è stato effettuato l'ascolto in continuum attraverso uno specifico idrofono dedicato. Nessuna presenza è stata registrata durante il survey.

Tale strumento è stato trainato ad una distanza di 35-40m dalla poppa dell'imbarcazione utilizzando entrambe le modalità da effettuare: a motore, alla velocità max di 2-4knt, in assenza di vento (la seconda modalità prevede la traina dell'idrofono ma a vela, sempre ad una velocità di 2-4knt, se in presenza di vento con direzione idonea ad effettuare i transetti). Entrambe le modalità garantiscono in ogni caso di rendere l'ascolto il più possibile non inquinato dai rumori dell'imbarcazione e ascoltare prevalentemente il rumore ambientale.

La fase di ascolto è stata effettuata da biologi/naturalisti esperti in bioacustica che si sono alternati ogni 30' alla postazione del computer e all'osservazione con binocolo. Durante questa fase l'operatore in postazione rimane in ascolto tramite cuffie e osserva contemporaneamente il computer dove attraverso un software dedicato, vengono visualizzati spettrogramma e sonogramma e gli eventuali suoni ambientali. L'ascolto è stato effettuato ad una sampling rate di 48.000Hz e visualizzazione di 24.000Hz che rappresenta l'intervallo ottimale di vocalizzazione e comunicazione dei tursiopi (i cetacei residenti in questa area di Pelagos). Il protocollo di ascolto in presenza di operatore prevede che in caso di percezione diretta (il suono biologico, fischio o klik, viene distintamente udito) e/o contemporanea osservazione visiva sullo spettrogramma di "segni marcati" anche in assenza di suono udito, l'operatore deve far partire la registrazione per tutto il tempo della durata del suono biologico.

I transetti per la campagna E23, della lunghezza totale di circa 16 km, sono stati percorsi in circa 180 minuti, che rappresentano anche il tempo totale di ascolto.

3 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.

3.1 COLONNA D'ACQUA

3.1.1 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 2023 nelle 14 stazioni di monitoraggio. 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 prelevati 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 (le varie stazioni sono poste a distanza diversa dal rigassificatore, fatto che consente di valutare se le variabili analizzate sono diversamente influenzate dal Terminale in ragione della distanza da esso), 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 non parametrico 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 nota chiaramente che solo il fattore "Anno" risulta altamente significativo in quanto i valori di p value sono sempre $< 0,05$ mentre si è notato solo alcuni effetti occasionali nel fattore Stazione, in particolare effetto Stazione nella clorofilla a di Autunno.

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		
		Stazione	Anno	Stazione:Anno
Temperatura	I	0.999	0.000	1.000
	P	0.999	0.000	1.000
	E	0.999	0.000	1.000
	A	1.000	0.000	1.000
pH	I	0.926	0.000	0.999
	P	0.991	0.000	1.000
	E	1.000	0.000	1.000
	A	0.750	0.000	0.999

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		
		Stazione	Anno	Stazione:Anno
Potenziale di ossido riduzione	I	0.921	0.000	1.000
	P	0.993	0.000	1.000
	E	0.999	0.000	1.000
	A	0.233	0.000	0.690
Salinità	I	0.997	0.000	1.000
	P	0.700	0.000	1.000
	E	0.999	0.000	1.000
	A	1.000	0.000	1.000
Ossigeno disciolto (saturazione)	I	0.953	0.000	1.000
	P	0.913	0.000	0.959
	E	0.743	0.000	1.000
	A	1.000	0.000	1.000
Torbidità	I	0.993	0.000	1.000
	P	0.847	0.000	0.263
	E	0.276	0.000	0.992
	A	0.078	0.000	0.709
Clorofilla	I	0.692	0.000	1.000
	P	0.166	0.000	0.240
	E	0.957	0.000	1.000
	A	0.039	0.000	0.946

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 un caso su 28 cioè per i dati della clorofilla 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, potenziale di ossido-riduzione, torbidità e saturazione d'ossigeno) mentre sembra averne solo sui dati autunnali della variabile clorofilla. Complessivamente, si può affermare che l'effetto della Stagione, e quindi della distanza dal rigassificatore, sembra essere minimo sui valori delle variabili considerate. Infine, l'effetto dell'interazione tra Anno e Stagione, cioè fra tempo e distanza, sui dati raccolti appare essere trascurabile.

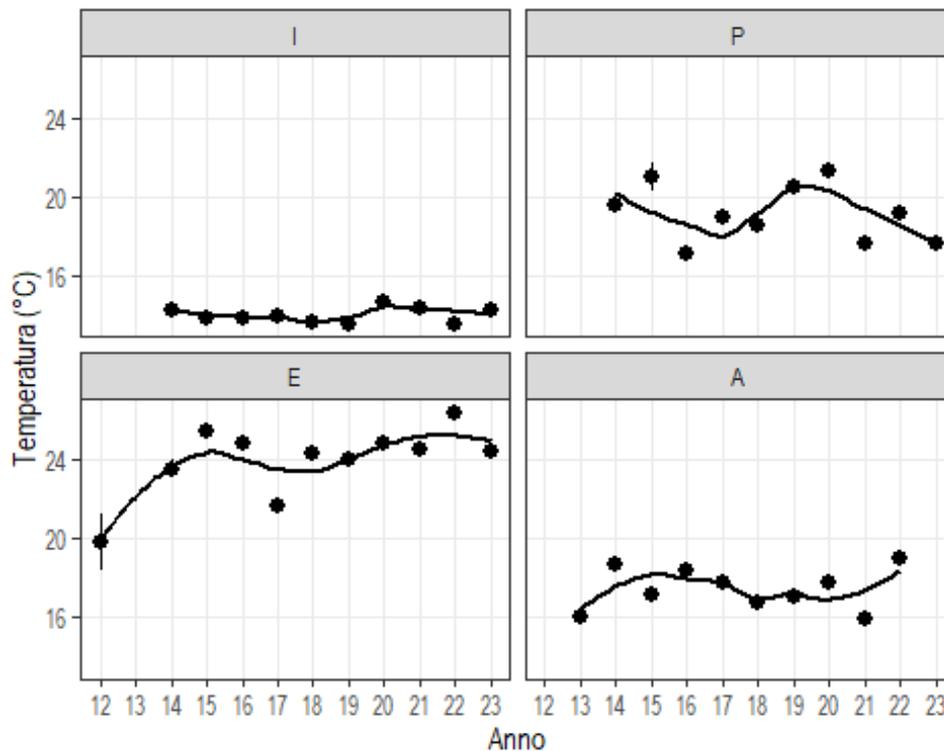


Figura 74 – Andamento della temperatura media dal bianco (2012) all'estate 2023 nelle quattro stagioni (A=Autunno; I=Inverno, P=Primavera; E=Estate). Sono stati analizzati i dati relativi alla fascia di profondità compresa tra -13 e -12 metri ossia in quella relativa allo scarico maggiore (SF2).

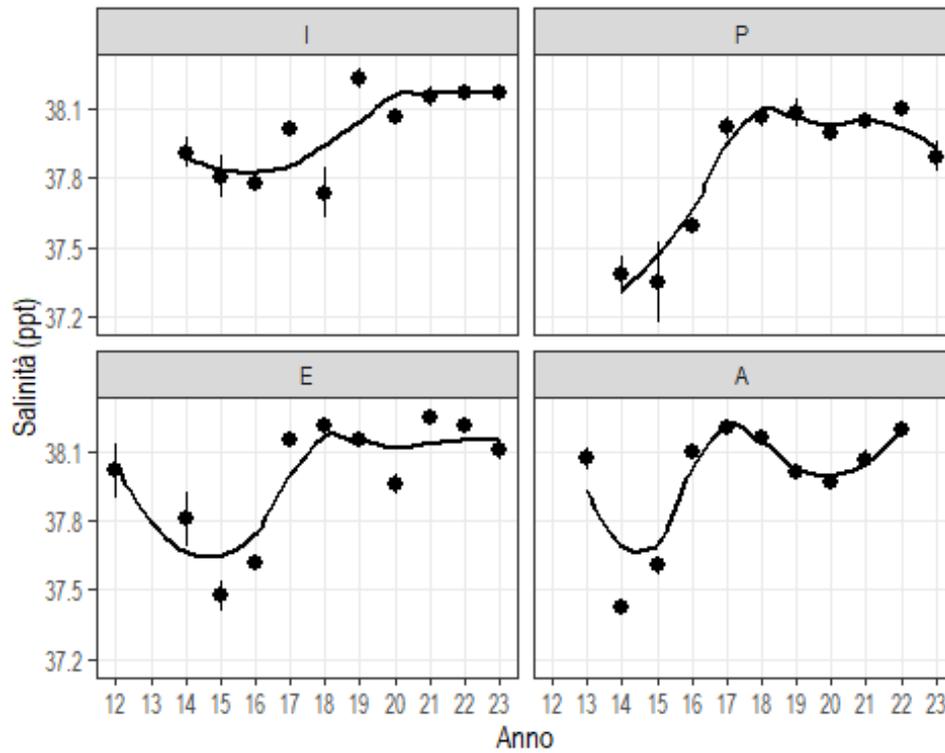


Figura 75– Andamento della salinità media dal bianco (2012) all'estate 2023 nelle quattro stagioni (A=Autunno; I=Inverno, P=Primavera; E=Estate). Sono stati analizzati i dati relativi alla fascia di profondità compresa tra -13 e -12 metri ossia in quella relativa allo scarico maggiore (SF2).

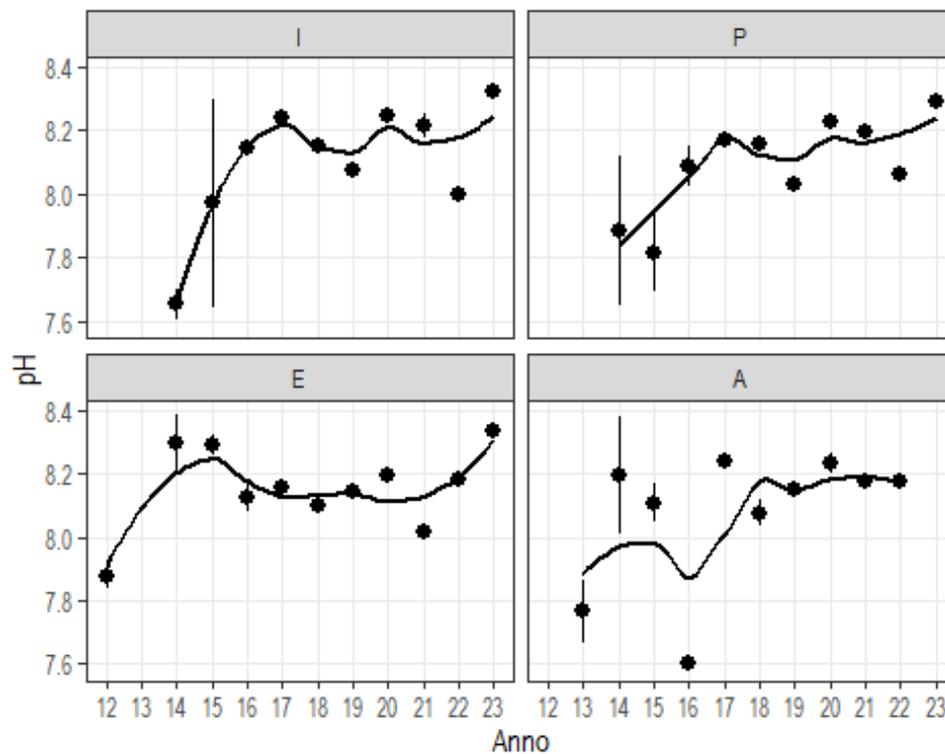


Figura 76– Andamento del pH medio dal bianco (2012) all'estate 2023 nelle quattro stagioni (A=Autunno; I=Inverno, P=Primavera; E=Estate). Sono stati analizzati i dati relativi alla fascia di profondità compresa tra -13 e -12 metri ossia in quella relativa allo scarico maggiore (SF2).

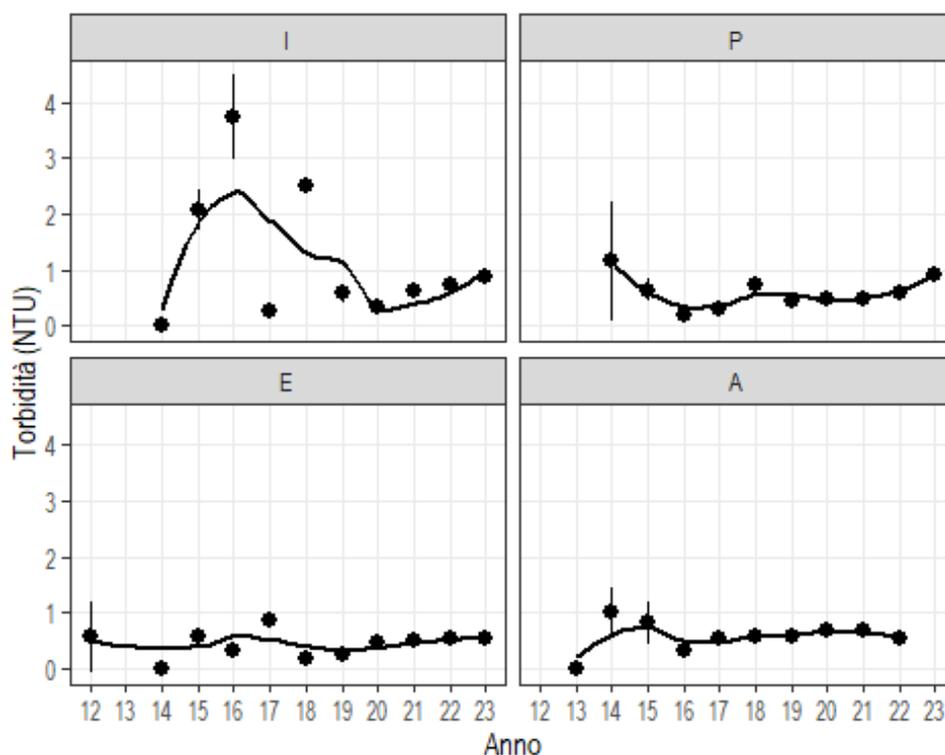


Figura 77– Andamento della torbidità media dal bianco (2012) all'estate 2023 nelle quattro stagioni (A=Autunno; I=Inverno, P=Primavera; E=Estate). Sono stati analizzati i dati relativi alla fascia di profondità compresa tra -13 e -12 metri ossia in quella relativa allo scarico maggiore (SF2).

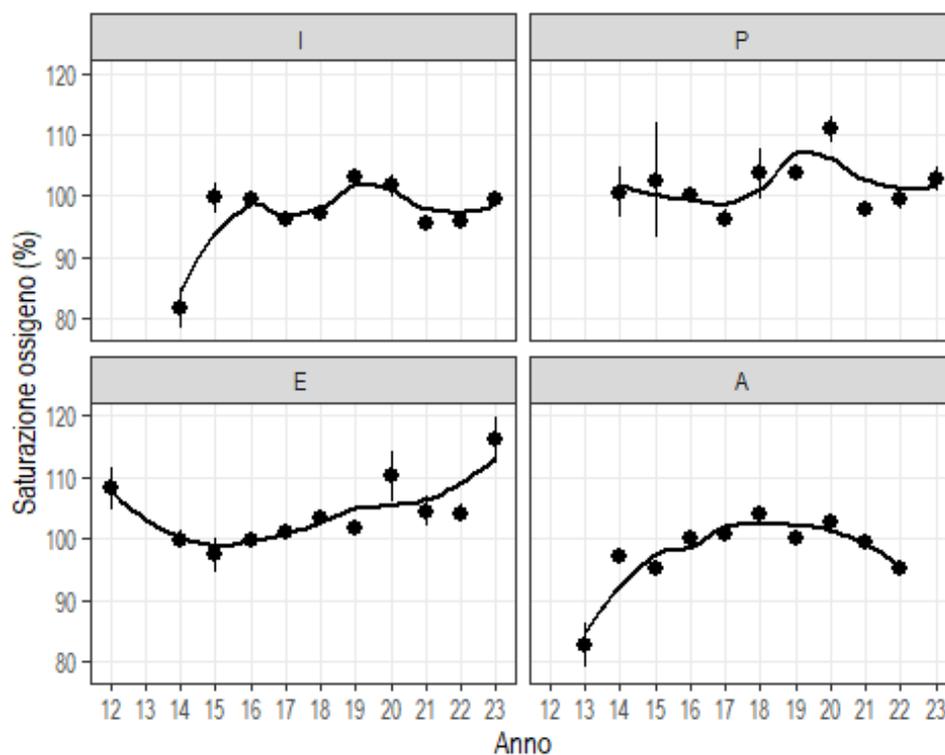


Figura 78– Andamento della percentuale di saturazione di ossigeno medio dal bianco (2012) all'estate 2023 nelle quattro stagioni (A=Autunno; I=Inverno, P=Primavera; E=Estate). Sono stati analizzati i dati relativi alla fascia di profondità compresa tra -13 e -12 metri ossia in quella relativa allo scarico maggiore (SF2).

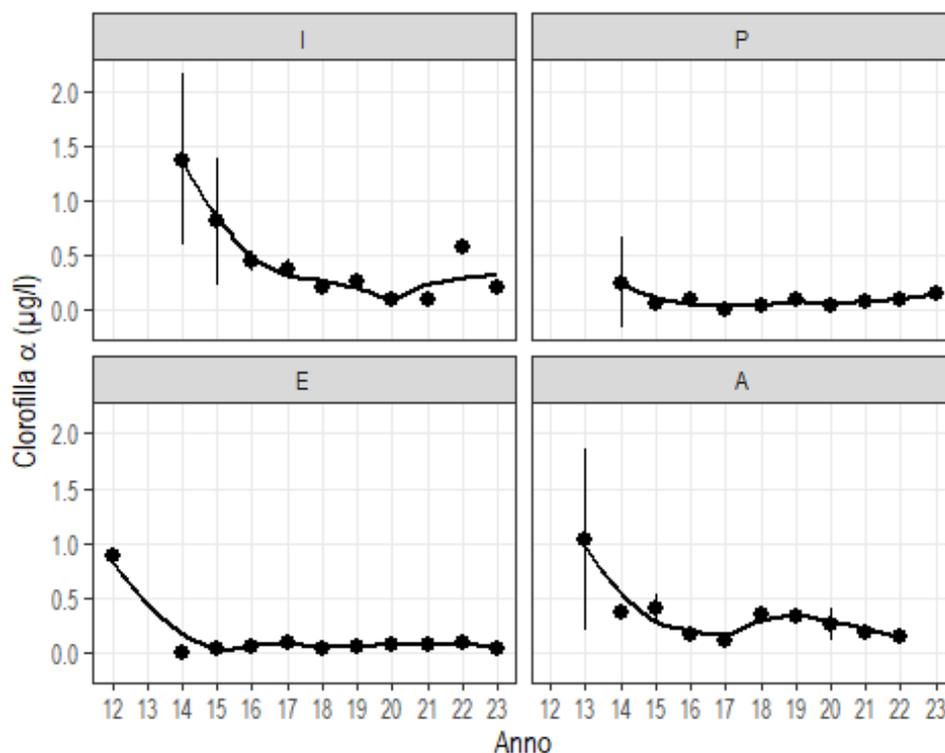


Figura 79– Andamento della clorofilla a media dal bianco (2012) all'estate 2023 nelle quattro stagioni (A=Autunno; I=Inverno, P=Primavera; E=Estate). Sono stati analizzati i dati relativi alla fascia di profondità compresa tra -13 e -12 metri ossia in quella relativa allo scarico maggiore (SF2).

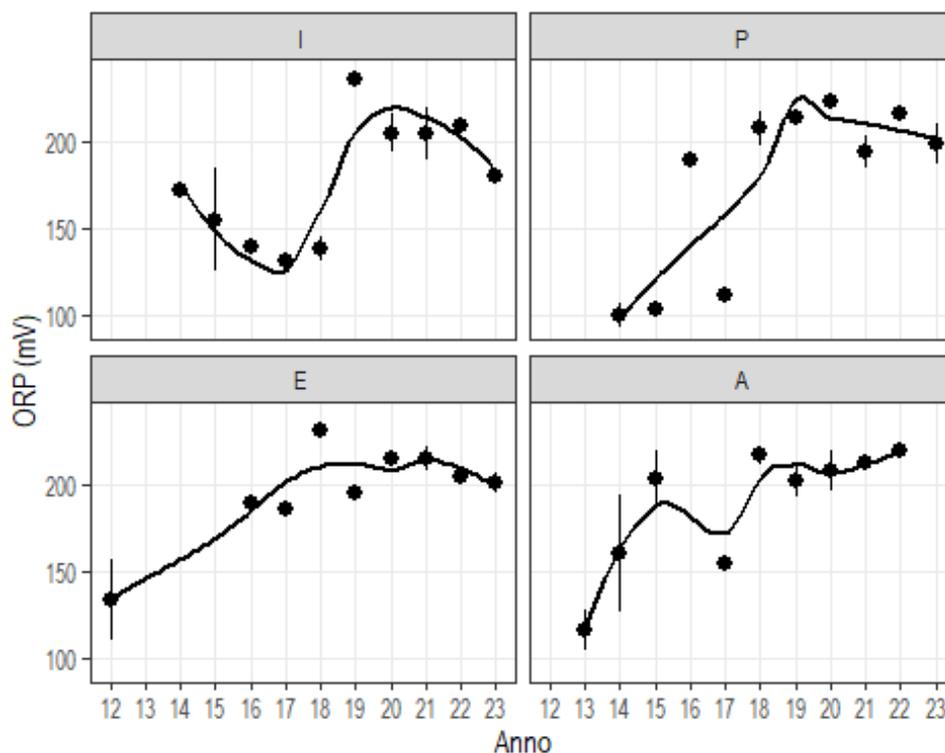


Figura 80– Andamento del potenziale di ossido-riduzione medio dal bianco (2012) all'estate 2023 nelle quattro stagioni (A=Autunno; I=Inverno, P=Primavera; E=Estate). Sono stati analizzati i dati relativi alla fascia di profondità compresa tra -13 e -12 metri ossia in quella relativa allo scarico maggiore (SF2).

Le curve solide riportate nei grafici sono un lisciamento con metodo “lowess” che rappresenta il trend delle medie. In generale non si evince alcun andamento temporale in funzione dell'Anno particolare se non un certo stabilizzarsi dei valori delle variabili negli ultimi anni nella maggior parte dei casi.

L'andamento temporale della temperatura rivela una forte stagionalità, con minimi invernali intorno a 14-15 °C e massimi estivi compresi fra 20 e 26,5 °C. La salinità presenta negli ultimi 4 anni e per tutte le stagioni valori omogenei intorno a 38,1, con un leggero trend in aumento registrato nell'autunno 2022. Valori leggermente più bassi prossimi o inferiori a 37,5 sono visibili negli anni 2014 e 2015 in primavera, estate ed autunno. Il pH presenta una piccola variabilità (valori compresi fra 7.6-8.3) in tutte le stagioni fatta eccezione per l'estate in cui si osserva una netta stabilità negli ultimi sei anni, anche se nel 2023 si evidenzia un piccolo aumento. L'andamento temporale della torbidità presenta bassi valori (< 1 NTU) e costanti nel tempo in primavera, estate ed autunno. L'inverno presenta una maggiore variazione (valori compresi fra 1 e 4 NTU) durante gli anni 2014-2018 e una netta stabilità dal 2019 al 2022 con valori inferiori a 1 NTU. La saturazione di ossigeno non presenta variazioni interannuali e stagionali di rilievo (100 ±10 %). Solo in autunno 2013 ed inverno 2014 i valori medi raggiungono l'80 % di saturazione. Anche l'andamento temporale della clorofilla non presenta variazioni interannuali e stagionali di rilievo. I valori di ORP, nelle varie stagioni, presentano una marcata variabilità interannuale nel periodo compreso fra 2012 e 2019 con valori compresi fra 100 e 240 mV. Negli ultimi 3 anni i valori tendono a stabilizzarsi intorno a 200 mV.

In conclusione, dalle analisi statistiche condotte tramite l'ANOVA emerge un forte effetto del tempo (fattore Anno) sulle variabili misurate ma senza un andamento specifico, come illustrato dai grafici. Sempre dall'ANOVA, sembra esserci un effetto minimo sia della distanza dal rigassificatore (i dati nella maggior parte dei casi non variano con il fattore Stazione) sia dell'interazione AnnoxStazione, cioè tempoxdistanza, ad indicare l'assenza di un impatto significativo della struttura sui valori fisici della colonna d'acqua alla profondità esaminata (-13 m < x < -12m).

3.1.2 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche

Metodi di elaborazione dati

Sono stati valutati gli andamenti dei parametri di seguito descritti (irradianza e irradianza spettrale, nutrienti (nitriti + nitrati, DIN; fosfati, PO₄; silicati, SiO₂), solidi sospesi (TSM), sostanza organica particellata (POM) e sostanza organica disciolta cromoforica (CDOM), clorofilla *a* (chl-*a*), diversità pigmentaria, dal Bianco a E23. Per gli stessi parametri sono stati eseguiti i confronti tra le campagne estive (E14, E15, E16, E17, E18, E19, E20, E21, E22, E23) con la campagna di Bianco (estate 2012).

Per una rappresentazione sintetica della caratterizzazione ottica delle acque indagate comprendente tutte le campagne effettuate, è stata utilizzata una regressione ortogonale (variabili *x* e *y* log-trasformate, considerate entrambe indipendenti) esaminando il rapporto tra la riflettanza (R=rapporto tra l'irradianza spettrale superficiale ascendente e discendente, misurate con spettrometro) nel blu (R(443)) e quella nel verde (R(555)) in funzione delle concentrazioni di chl-*a*. In condizioni naturali in acque aperte, il rapporto varia linearmente in maniera inversamente proporzionale alla concentrazione di biomassa fitoplanctonica (chl-*a*) e, eventuali variazioni o scostamenti da questa relazione, possono essere interpretati come indice di alterazione delle acque (Morel e Prieur, 1977; Gordon e Morel, 1983).

Per valutare gli eventuali effetti sui parametri analizzati dovuti all'attività del Terminale è stata eseguita una ANOVA ad un fattore (dati log-trasformati) per ognuno dei tre fattori (anno di campionamento, distanza dal Terminale e profondità di prelievo) sui dati delle campagne a parità di stagione, cioè la campagna di Bianco e le dieci campagne estive in fase di esercizio (E14, E15, E16, E17, E18, E19, E20, E21, E22, E23). 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 2022.

Risultati

Misure di irradianza e irradianza spettrale

La profondità della zona eufotica (*Z_{eu}*), cioè la profondità alla quale arriva l'1% della radiazione PAR superficiale, è un indice sintetico della trasparenza delle acque. *Z_{eu}* è variabile in relazione alle concentrazioni delle sostanze otticamente attive: fitoplancton, particellato sospeso non fitoplanctonico, di cui il TSM rappresenta un proxy, 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}* durante i dieci anni di campionamento (Figura 81) in MG7, esemplificativa delle stazioni a 100 m dal Terminale, e in MG10, posizionata a 2000 m, mostra la generale regolarità delle variazioni stagionali evidenziata anche negli anni precedenti: le profondità massime si collocano nello strato compreso tra i 70 e gli 80 m nelle campagne primaverili-estive, le minime appaiono maggiormente variabili in autunno-inverno tra circa 20 e 50 m. Nell'ultimo anno di esercizio si conferma l'andamento previsto, con le minori profondità in A22 I23 e P23, dove si sono registrate le maggiori concentrazioni superficiali di Chl-*a* (Figura 83). L'analisi ANOVA della *Z_{eu}* in relazione ai 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 suo ciclo stagionale (Figura 81).

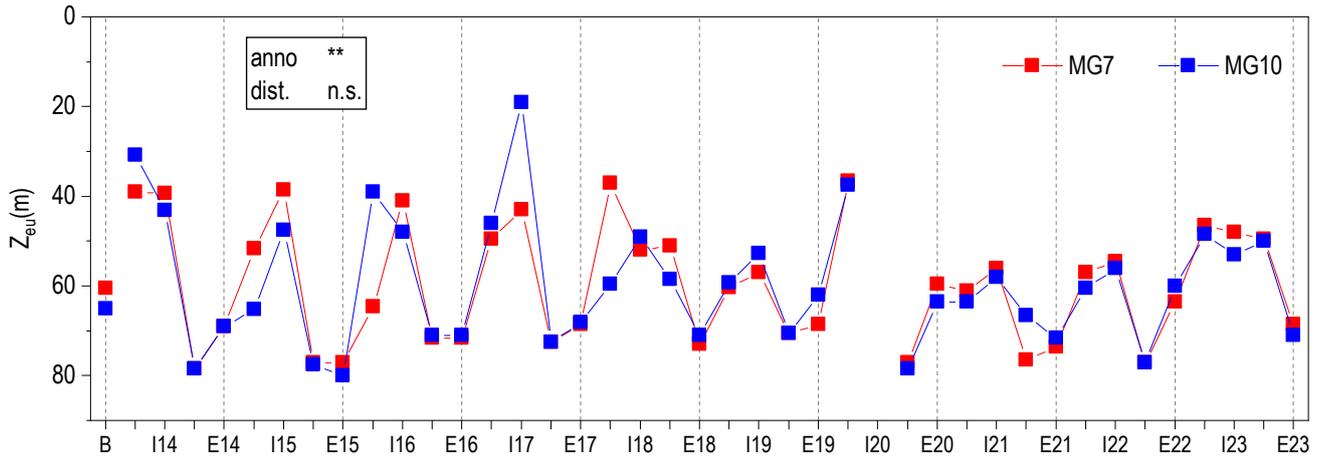


Figura 81 – Variazione della profondità (m) della zona eufotica (Z_{eu}) nelle due stazioni rappresentative, per tutte le campagne effettuate; sono riportati inoltre i risultati dell'analisi ANOVA per i fattori anno e distanza.

In **Figura 82** è riportata la regressione fra il logaritmo del rapporto di riflettanze blu (R_{443}) verde (R_{555}) ed il logaritmo della concentrazione media di chl-*a* dello strato superficiale (0,5-12,5 m). La correlazione altamente significativa tra le due variabili (** $p < 0,01$) evidenzia la bontà del rapporto inversamente proporzionale tra i rapporti di riflettanze e la concentrazione di chl-*a*, dimostrando come la biomassa fitoplanctonica sia la principale componente otticamente attiva in queste acque, e la principale fonte di origine del particolato sospeso (TSM) e della sostanza organica cromoforica (CDOM). Anche tutti i punti del decimo anno di esercizio si collocano all'interno dell'ambito occupato dalla maggior parte dei campioni precedenti, la cui distribuzione lungo la retta conferma che la stagionalità è il principale fattore di variabilità per tutte le stazioni, indipendentemente dalla distanza dal Terminale (**Figura 82**).

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

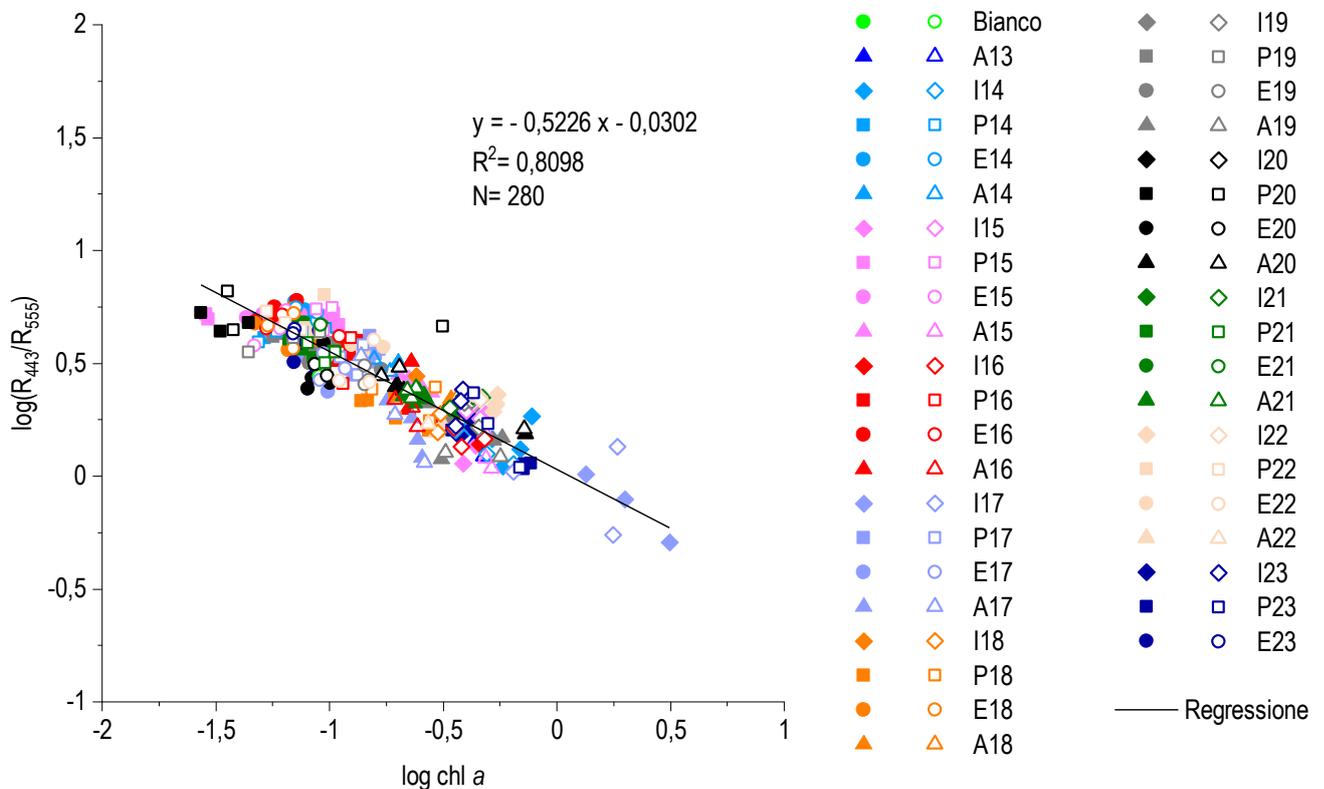


Figura 82 - Relazione fra il log del rapporto fra le riflettanze a 443 nm e quelle a 555 nm (R_{443}/R_{555}) ed il log della concentrazione della chl-*a*. Sono

riportati l'equazione della retta di regressione ed il coefficiente di determinazione R^2 . I simboli pieni rappresentano le stazioni più vicine al Terminale e quelli vuoti le stazioni lontane.

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

Gli andamenti di azoto e fosforo inorganici disciolti (nitriti, nitrati, fosfati) nel X anno di campionamento seguono in parte l'andamento atteso. Massimi estivi e minimi invernali per i fosfati e massimi in A22 e I23, come in prevalenza negli anni precedenti, seguiti da una successiva diminuzione in P23 ed E23 in superficie e nuovo aumento in E23 in profondità. I silicati non presentano ciclicità evidente, associati prevalentemente al consumo delle diatomee, mostrando nell'ultimo anno di esercizio una tendenza all'aumento da I22 a E23 soprattutto in profondità. Le concentrazioni nutritive si mantengono comunque su quelle tipiche di acque oligo-mesotrofiche, collocandosi nell'ambito dei valori attesi.

Si conferma l'alta variabilità di TSM e POM, per la natura stessa del dato che può variare anche a piccola scala spazio-temporale, e non si evidenzia uno specifico trend stagionale. La CDOM presenta massimi generalmente superficiali invernali con quelli assoluti che però sono in profondità in estate contemporaneamente ai minimi superficiali (**Figura 82**).

Dai risultati dell'analisi ANOVA per DIN, PO_4 , SiO_2 , TSM, POM e CDOM per il confronto tra il Bianco e le successive campagne estive (**Tabella 80**), il fattore distanza dal Terminale non determina variazioni significative per tutti i parametri considerati. Anche per tutte queste variabili, quindi, si conferma l'importanza della variabilità interannuale come fattore altamente significativo, riconducibile alle condizioni meteorologiche del periodo di campionamento. La profondità risulta un fattore altamente significativo per DIN e CDOM (** $p < 0,01$). Per DIN e CDOM infatti in estate a 70 m si collocano le concentrazioni più alte, mentre in superficie ci sono quelle più basse, entrambe comunque, si mantengono nei range di variazioni attesi.

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, E21, E22, E23). * $0,01 < p < 0,05$; ** $p < 0,01$						
Fattori	DIN (μM)	PO_4 (μM)	SiO_2 (μM)	TSM (mg/l)	POM (mg/l)	CDOM $a_{CDOM}(325) m^{-1}$
anno	**	**	**	**	**	**
distanza	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
prof	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**

Clorofilla e diversità pigmentaria

Le concentrazioni della chl-a, proxy della biomassa fitoplanctonica, hanno presentato negli anni precedenti variazioni stagionali attese con massimi invernali (massimo assoluto in I17) e minimi primaverili ed estivi che si mantengono anche nelle acque più profonde (**Figura 83**). A 50 e 70 m gli aumenti autunno-invernali sono di minore entità, mentre sono minori le diminuzioni estive grazie alla presenza dei tipici massimi profondi dei periodi estivi e tardo-estivi. Nel X anno di esercizio si osservano i soliti aumenti di chl-a da A22 ed I23, ma è in P23 che si collocano i massimi sia nello strato superficiale che in quello profondo. I massimi superficiali di P23 sono molto netti ed evidenti e sono associati alla presenza di acque a bassa salinità, dovuta ad un probabile flusso di origine fluviale. Si conferma quindi che la stagionalità è il principale fattore di variabilità della chl-a e che la variabilità interannuale dipende dalle condizioni meteorologiche antecedenti i campionamenti. Anche la composizione pigmentaria varia stagionalmente, come negli anni precedenti e con contributi relativi variabili lungo le profondità riconducibili proprio alle caratteristiche della successione stagionale delle comunità fitoplanctoniche.

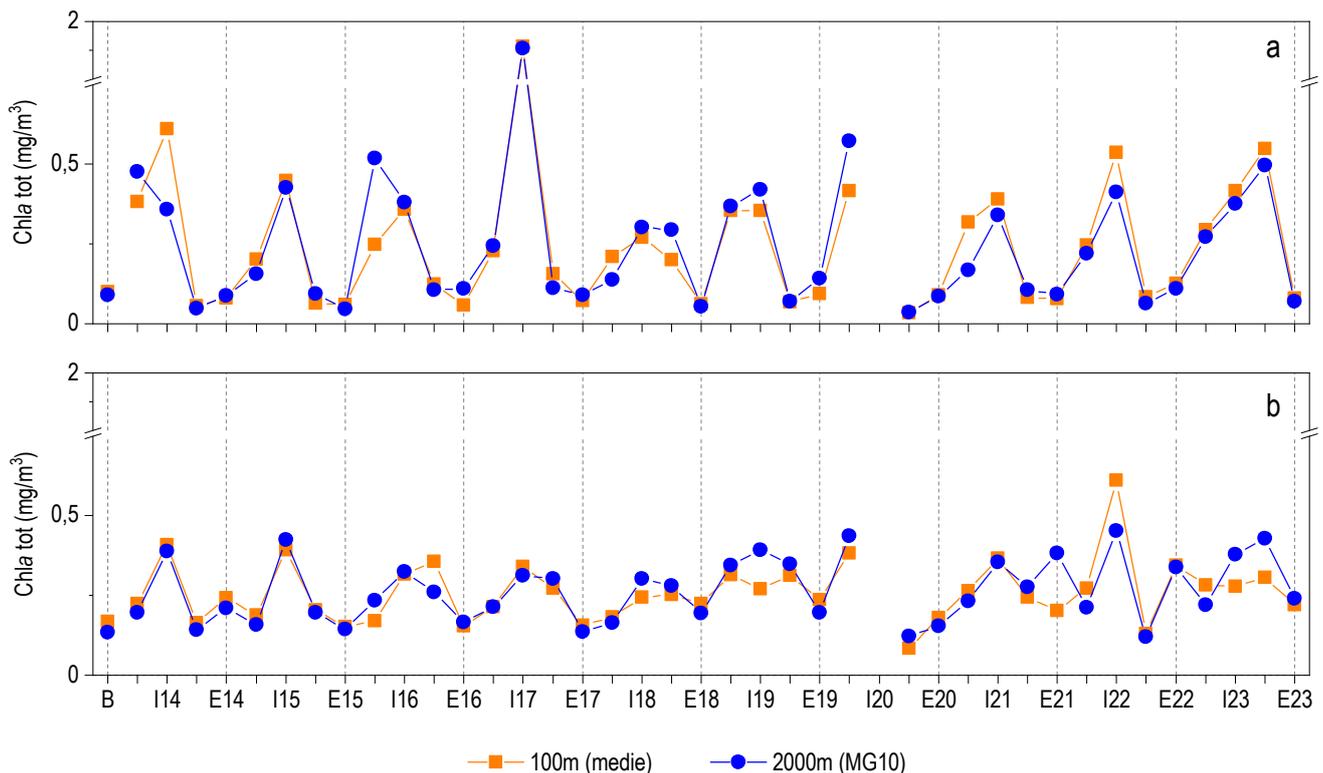


Figura 83 - Andamenti temporali delle concentrazioni della chl-a, medie per campagna delle 4 stazioni (MG6, MG7, MG12, MG13) più vicine al Terminale (100m) e della stazione a 2000 m (MG10); a) media 0-12,5 m; b) media 50-70 m.

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), il fattore distanza dal Terminale non determina variazioni significative per nessuna delle classi fitoplanctoniche individuate sulla base dei pigmenti, mentre i fattori anno e profondità risultano altamente significativi. Il primo valuta le differenze di composizione pigmentaria nelle estati confrontate, mentre il secondo evidenzia la presenza di popolamenti con contributi pigmentari diversi nello strato superficiale e quello profondo, in seguito all'instaurarsi della condizione di stratificazione estiva. Il grado di separazione tra i due strati dipende fortemente, come già detto, dalla meteorologia del periodo di campionamento determinando quindi anche la variabilità interannuale.

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, E21, E22, E23). * 0,01<p<0,05; ** p<0,01										
Fattori	Chl-a tot mg m ⁻³	Chl-b mg m ⁻³	DVA mg m ⁻³	Perid mg m ⁻³	But-Fuco mg m ⁻³	Fuco mg m ⁻³	Hex-Fuco mg m ⁻³	Prasino mg m ⁻³	Allo mg m ⁻³	Zea mg m ⁻³
Anno	**	**	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, tranne rare eccezioni (E23) nelle quali, comunque, le concentrazioni risultano basse.

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 (Tabelle 3) relativi alle acque superficiali pari a 5 mg/l.

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 (A19-E20) 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.

Nel VIII anno di monitoraggio (A20-E21) questi composti erano risultati diffusamente in calo rispetto al VII anno (A19-E20). Fa eccezione la stagione invernale (I21) durante la quale si registrano alcuni aumenti rispetto a I20, ma quelli maggiori riguardano le stazioni lontane dal Terminale. Inoltre, le concentrazioni medie rilevate presso l'FSRU (MG6, MG7, MG12, MG13) sono in linea con quelle dei controlli (MG9, MG10) e delle stazioni poste a distanza intermedia (MG3, MG5).

Nel IX anno (A21-E22) i valori tendono ulteriormente a calare o a rimanere in linea con l'anno precedente, sebbene non manchino le eccezioni.

Quelle più significative (ossia con un incremento di almeno 100 µg/l, valore comunque molto basso) sono state osservate in P22 gli aumenti riguardano sia MG7 (0,5, e 12,5 m) sia MG13 (50 m) sia MG6 (70m) ossia le stazioni prossime al Terminale, ma anche le stazioni MG3 (12,5 m) e MG5 (0,5, 12,5 e 70 m) poste a maggiore distanza e il controllo MG 9 (0,5). Infine, nell'estate 2022 si registra un aumento in MG (70 m) e nel controllo MG10 (0,5 m).

Anche nel decimo anno di monitoraggio, si osservano comportamenti variabili da stazione, ma in tutti i casi i valori rimangono bassi.

Anche confrontando le stazioni vicine e lontane del Terminale non si rilevano concentrazioni medie maggiori nelle prime rispetto alle seconde. La sola eccezione rilevata in Autunno 2022 (livello 50 m) durante la quale il tenore medio registrato presso FSRU è 20% più elevato rispetto alla media dei controlli. Tuttavia i valori rimangono molto bassi in valore assoluto.

3.1.3 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), profondità (fattore a 3 livelli: 0,5 – 12,5 – 50), distanza da FSRU (fattore a 5 livelli: 100, 200, 500, 1000 e 2000) e stagione (fattore a 2 livelli: E = estate, I = inverno). Quest'anno, si è optato per utilizzare la variabile tempo (anno) come variabile continua, e non più come fattore, come fatto fino allo scorso anno (ad es., fattore a 10 livelli: 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022). In virtù del numero elevato di anni, infatti, è più parsimonioso, dal punto di vista dei gradi di libertà, utilizzare la variabile anno come variabile continua. Il modello iniziale, contenente anche l'interazione tra tempo (Anno) e distanza dal terminale, è espresso dalla seguente formula:

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

dove Risposta Test è la variabile dipendente (risposta combinata dei tre test, nella forma 0 - 1), α è l'intercetta, Anno, Profondità, Stagione e Distanza sono le variabili indipendenti (Profondità, Distanza e Stagione 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 4.2.2), utilizzando i pacchetti associati *mgcv* e *nlme* (R Core Team, 2022).

Risultati

La *backward selection analysis* ha evidenziato come il modello contenente solo la variabile Anno ed il fattore Distanza sia il modello migliore, in termini di AIC (AIC più basso), per descrivere i risultati ottenuti con i tre saggi ecotossicologici sui campioni di acqua.

La tabella seguente (Tabella 1) mostra gli output del modello. Sia la variabile Anno che il fattore Distanza non hanno mostrato effetti significativi. Per quanto riguarda la distanza dal terminale, il livello del fattore corrispondente a 100 m di distanza è usato come riferimento. Pertanto la tabella riporta solo i restanti livelli del fattore distanza, con i corrispondenti parametri.

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

Tabella 82– Coefficienti stimati attraverso analisi con modello GLM. Sono anche mostrati l'errore standard associato alla stima di ciascun parametro, il valore dello Z statistico, ed il corrispondente livello di significatività. NS: non significativo.

Coefficienti:	Stima	Errore standard	Z	livello di significatività
Intercetta	75,99	59,55	1,28	NS
Anno	-0,04	0,03	-1,28	NS
fDistanza(200)	-0,18	0,28	-0,62	NS
fDistanza(500)	-0,05	0,28	-0,17	NS
fDistanza(1000)	0,02	0,28	0,06	NS
fDistanza(2000)	-0,11	0,28	-0,40	NS

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.

3.1.4 Plancton

3.1.4.1 Fitoplancton

Metodi di elaborazione dati

Sono stati valutati gli andamenti stagionali dal Bianco a E23 delle abbondanze fitoplanctoniche totali e di ognuno 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) confrontando la campagna di Bianco con le dieci campagne estive in fase di esercizio (E14, E15, E16, E17, E18, E19, E20, E21, E22, E23). Per il fitoplancton, il piano di campionamento include le quattro stazioni a 100 m dal Terminale (MG6, MG7, MG12, MG13) e una a 2000 m (MG10). I dati delle quattro stazioni a 100 m dal Terminale sono stati mediati dopo aver verificato la non esistenza di differenze significative (ANOVA) tra le stazioni per nessuno dei parametri analizzati (log cell/mL, totali e per ciascuna classe, log N. Taxa, diversità Shannon H'). Le analisi ANOVA sono state effettuate utilizzando il software OriginPro 2022.

Le comunità fitoplanctoniche sono state analizzate anche con il test multivariato non parametrico ANOSIM (software PAST) utilizzando l'indice di similarità di Bray-Curtis. Per questa analisi è stata utilizzata la tabella base taxa/campioni con dati di abbondanza cellulare (log-trasformati) ridotta ai taxa rappresentanti circa il 96% dell'abbondanza totale delle comunità estive.

Sulla stessa tabella con dati non log-trasformati, è stata effettuata la routine SIMPER (software PAST) per valutare il grado di dissimilarità della composizione tassonomica tra le campagne estive (Bianco, E14, E15, E16, E17, E18, E19, E20, E21, E22, E23) e, soprattutto, individuare i taxa maggiormente responsabili della dissimilarità.

Sempre tramite SIMPER, è stato fatto un confronto del popolamento estivo medio delle stazioni vicine al Terminale (MG6, MG7, MG12 e MG13) con quello dell'unico punto a distanza 2000 m (MG10) per ciascun anno di campionamento a partire da una matrice taxa/campioni con dati di abbondanza cellulare ridotta ai taxa rappresentanti circa il 94% dell'abbondanza totale.

Risultati

L'osservazione del ciclo stagionale delle densità fitoplanctoniche totali e dei quattro raggruppamenti tassonomici principali durante i dieci anni indagati (**Figura 84**), mostra un andamento stagionale sostanzialmente coerente con quanto atteso dalle variazioni temporali del fitoplancton nelle acque liguri-tirreniche, presentando massimi di abbondanza prevalentemente invernali e minimi estivi. Nel X anno di campionamento a partire da E22 le densità fitoplanctoniche aumentano lievemente, pur mantenendosi dello stesso ordine di grandezza anche in I23, fino ad arrivare al massimo in P23 per la fioritura di diatomee come conseguenza degli afflussi di acque fluviali. Le Diatomee mostrano un aumento di importanza a partire da A22 fino ad arrivare alla fioritura in P23 dove la classe rappresenta il 76% del popolamento grazie alla copresenza di molti generi (*Chaetoceros*, *Leptocylindrus*, *Cylindrotheca* e *Pseudo-nitzschia*). Il gruppo Altro plancton è un gruppo eterogeneo che generalmente è sempre prevalente in ogni stagione, ma mostra un contributo massimo del 65% in inverno e minimo intorno al 15% in primavera. Altro plancton è rappresentato in larga parte da *Phaeocystis* sp. e Cryptophyceae n.i.. I dinoflagellati mostrano un minor contributo arrivando al massimo al 20% in estate principalmente con i generi *Gymnodinium*, *Heterocapsa* ed *Oxytoxum*, mentre i Coccolitofori sono presenti sia in autunno che in inverno con un contributo massimo del 17% particolarmente con *Emiliania huxleyi* (**Figura 84**).

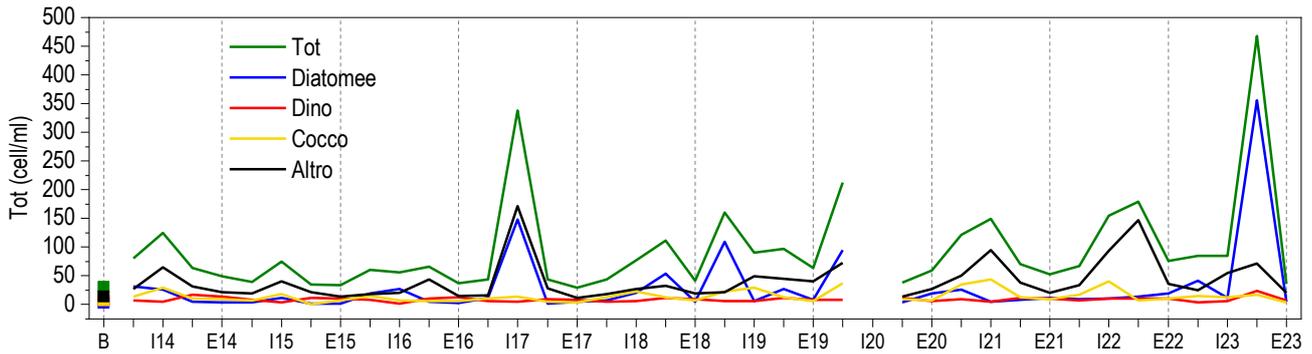


Figura 84 - Variazione stagionale delle densità cellulari medie totali per campagna e dei diversi gruppi fitoplanctonici.

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 che, infatti, presentano evidenti oscillazioni quantitative tra un anno e l'altro. Il fattore distanza non determina variazioni significative per nessuno dei parametri considerati mentre il fattore profondità risulta significativo per tutti i raggruppamenti tassonomici tranne il gruppo "Altro". Le differenze relative agli altri gruppi riguardano i diversi contributi quantitativi alle diverse profondità.

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, E21, E22, E23). * 0,01<p<0,05; ** p<0,01

Fattori	Fito totale (cell/ml)	Diat (cell/ml)	Dino (cell/ml)	Cocco (cell/ml)	Altro (cell/ml)	N. Taxa	H'
anno	**	**	**	**	**	**	**
distanza	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
prof	n.s.	**	**	**	n.s.	n.s.	n.s.

Tramite ANOSIM, è stata valutata la variabilità della composizione tassonomica delle comunità fitoplanctoniche tra la campagna di Bianco e dieci campagne estive e dal PAIRWISE test si evidenziano differenze altamente significative (**p<0,015) tra tutte le coppie. Il maggiore grado di differenza si ha tra le coppie Bianco-E20 e Bianco-E21 (R circa 0,94), mentre dal confronto Bianco-E23 la differenza appare minore seppur alta (R circa 0,73).

La dissimilarità tassonomica delle comunità estive nei diversi anni (routine SIMPER) si mantiene sempre superiore al 43% (E19-E22) arrivando fino a circa il 67% (E15-E22) ed è sempre imputabile ad un diverso contributo quantitativo dei taxa presenti piuttosto che ad una sostituzione come si evince anche dalla non significatività dell'ANOVA sul numero di taxa per nessuno dei fattori considerati (**Tabella 83**). Dal confronto tra E12 ed E23 risulta una dissimilarità tra le due comunità che si attesta intorno al 53%.

Tabella 84 – PAIRWISE test tra Bianco (B) e le campagne estive. R (globale) = 0,546, p = 0,0001. Sono indicati gli R (**p<0,0001)

	E12	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20	E21	E22	E23
E12		0,8196	0,8633	0,8392	0,6816	0,7954	0,8904	0,9373	0,9372	0,8378	0,7318
E14	0,8196		0,3339	0,4244	0,5394	0,4563	0,6539	0,7469	0,6481	0,7875	0,6241
E15	0,8633	0,3339		0,4939	0,5163	0,3497	0,6486	0,7625	0,6068	0,7742	0,6034
E16	0,8392	0,4244	0,4939		0,3774	0,2588	0,6223	0,7526	0,4447	0,7205	0,5891
E17	0,6816	0,5394	0,5163	0,3774		0,3929	0,4531	0,5955	0,5249	0,6573	0,3685
E18	0,7954	0,4563	0,3497	0,2588	0,3929		0,4809	0,6332	0,3374	0,5443	0,3592
E19	0,8904	0,6539	0,6486	0,6223	0,4531	0,4809		0,3007	0,3911	0,4314	0,4875
E20	0,9373	0,7469	0,7625	0,7526	0,5955	0,6332	0,3007		0,4406	0,3099	0,5707
E21	0,9372	0,6481	0,6068	0,4447	0,5249	0,3374	0,3911	0,4406		0,4734	0,4422
E22	0,8378	0,7875	0,7742	0,7205	0,6573	0,5443	0,4314	0,3099	0,4734		0,4375
E23	0,7318	0,6241	0,6034	0,5891	0,3685	0,3592	0,4875	0,5707	0,4422	0,4375	

Dal confronto (SIMPER) tra il popolamento medio estivo con quello dell'unico punto di controllo (MG10) emerge che la dissimilarità tra i popolamenti è generalmente bassa (solo in E18 si arriva al 38%) ed è dovuta in primo luogo alle variazioni quantitative dei taxa più abbondanti e sempre presenti negli anni e, in secondo luogo, alla presenza di molte specie con densità scarse che però contribuiscono all'alta diversità fitoplanctonica. La diversità, infatti, non risulta significativa con ANOVA né per il fattore distanza né per la profondità ma è altamente

significativa per il fattore anno (Tabella 83).

Sintesi

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

Si conferma una significativa variabilità interannuale con ciclicità diversificate tra i dieci anni indagati, riconducibili alle condizioni meteorologiche medie dei diversi anni ed alle condizioni meteomarine del momento del campionamento.

La variabilità temporale delle comunità fitoplanctoniche produce oscillazioni quali-quantitative che differenziano altamente i popolamenti naturali. Durante i dieci anni di osservazioni, oltre alle naturali differenze di composizione tassonomica stagionali, si evidenziano significative differenze interannuali a parità di stagione (confronti estivi) dovute ad oscillazioni quantitative dei taxa presenti.

3.1.4.2 Zooplancton

Metodi di elaborazione dati

L'elaborazione dati delle matrici quali-quantitative mesozooplanctoniche è stata realizzata con il software PRIMER (v7).

Le analisi dei tre set di dati, corrispondenti alle tre frazioni del mesozooplancton (oloplancton a copepodi, meroplancton e ittioplancton) hanno permesso di investigare i potenziali effetti dell'impianto di rigassificazione offshore FSRU Toscana sul popolamento zooplanctonico. I risultati dei test adottati si basano sul concetto di similarità/dissimilarità tra campioni espresse secondo il *Bray-Curtis coefficient* (R). Il coefficiente R è il rapporto tra similarità/dissimilarità nella relazione tra due oggetti o gruppi di oggetti. Maggiore il grado di somiglianza, più basso sarà il coefficiente di similarità R (con R = 0 due campioni sono identici). Al contrario la dissimilarità valuta la distanza tra due o più oggetti e tende a enfatizzare le differenze tra campioni (con R = 1 campioni completamente differenti). Lo strumento esprime misure di prossimità che si adattano bene a serie di dati che analizzano, nel caso specifico, popolazioni zooplanctoniche in vari periodi dell'anno (*fattore temporale* o *stagionalità*) e a differenti livelli di profondità (*fattore spaziale*).

Il disegno sperimentale consta in totale di 4 fattori temporali, corrispondenti alle campagne trimestrali (stagionalità), e 3 fattori spaziali, contraddistinti dai differenti livelli della colonna d'acqua investigati: superficiale (retinaggi orizzontali), da -50 m al livello del mare (l.d.m.) e da -100 m a -50 m (retinaggi verticali). Per esprimere analiticamente il concetto descritto è stato utilizzato il test non parametrico ANOSIM, in grado di confrontare e pesare la media delle dissimilarità tra i gruppi con la media delle dissimilarità all'interno di ciascun gruppo di dati. Il *pairwise test* ha permesso di verificare la significatività di tali differenze, confrontando i gruppi di valori a coppie. Nel report è presentato il risultato della fase di Bianco, realizzata nell'estate 2012 (agosto), confrontato con le campagne estive successive (B vs E_x) e il confronto fra stagioni estive (E_x vs E_y). In considerazione dell'elevata variabilità inter-stagionale del mesozooplancton, il confronto tra fase di Bianco (B) e le campagne estive successive consente, da un punto di vista ecologico, di paragonare monitoraggi omogenei tra loro. Nel *pairwise test* sono quindi stati considerati in totale 10 survey: E14, E15, E16, E17, E18, E19, E20, E21, E22, E23.

Risultati

Come più volte evidenziato dai precedenti report annuali, nell'anno solare sono due le principali variabili a influenzare la composizione e le dinamiche della comunità mesozooplanctonica dell'area in oggetto. La variabile temporale è determinante dal punto di vista ecologico. La stagionalità, come ben confermato dai dati di letteratura, è il fattore che più di qualunque altro parametro, è in grado di condizionare la distribuzione di organismi che trascorrono tutto il ciclo di vita o parte di esso (fase larvale) nella colonna d'acqua. Il fattore stagionale può essere a sua volta subordinato ad altri fattori ambientali, tra i quali i parametri fisici sono dominanti. Regime idrologico, temperatura superficiale (SST), fotoperiodo, omotermia ed eterotermia della colonna d'acqua, presenza di termoclini, operano selettivamente sul comparto zooplanctonico, definendo popolamenti qualitativamente o quantitativamente differenti in funzione della stagione di raccolta.

La successione regolare di monitoraggi realizzati negli stessi periodi, anno dopo anno, consente di apprezzare i cicli riproduttivi di vari taxa oloplanctonici a copepodi, di specie meroplanctoniche e ittioplanctoniche e intercettare i picchi riproduttivi che si alternano nel corso dell'anno solare. Questa metodica determina nel tempo la creazione della serie temporale (*time series*), strumento indispensabile per valutare potenziali impatti derivati da attività umane negli ecosistemi marini.

Il popolamento mesozooplanctonico dell'area interessata dal terminale di rigassificazione, dopo undici anni di monitoraggio, ha permesso così di fare luce su molti aspetti legati all'alternanza di popolazioni differenti, consistenza a livello di biomassa/biovolume presenza/assenza di specie rare, rendendo più accessibile la possibilità di intercettare potenziali scostamenti da attribuire a disturbi esterni. Al tempo stesso la comprensione dei cicli biologici presenti nella comunità mesozooplanctonica, unitamente ai fattori fisici rilevati nell'area di studio, consentono ai ricercatori di discriminare le possibili alterazioni determinate da fonti esterne rispetto alle fisiologiche oscillazioni naturali o ai cambiamenti ambientali (es. crisi climatica) in atto. Per queste ragioni e, allo stato attuale, il presente piano di monitoraggio ambientale (PMA) è strumento indispensabile per investigare gli scenari futuri del comparto zooplanctonico. L'altro fattore che esercita una selezione sul campione è la variabile spaziale, nel caso specifico la profondità. È ormai consolidato che alcune specie prediligano settori della colonna d'acqua più profondi, così come altre specie si stabiliscono preferenzialmente nell'interfaccia aria-acqua o nei primi centimetri di profondità. Sono dunque variabile temporale e spaziale, insieme alle caratteristiche ecologiche dello zooplancton stesso, a suggerire la ciclicità di associazioni che nel tempo sono rimaste inalterate e dalle quali è possibile dedurre l'assenza di impatto determinato dall'esercizio del rigassificatore OLT LNG Toscana nelle acque che lo ospitano oppure sottolineare le anomalie.

Un esempio concreto riguardante la copepodofauna è il caso del copepode calanoide *Nannocalanus minor* tra i taxa che maggiormente contribuiscono al pool specifico del popolamento estivo. *Nannocalanus minor*, in genere raggiunge valori di abbondanza superiori a 100 ind. m³. Nelle ultime due campagne estive però si è assistito alla progressiva diminuzione di questa specie con valori medi che nell'ultimo survey E23 sono pari a 11.59 ind. m³ e che quindi si avvicinano molto a quelli registrati nelle campagne E16 ed E19. Al contrario il campione E23 è caratterizzato dalla massiccia presenza di un altro taxon, il clausocalanide *Clausocalanus furcatus* che con 449 ind. m³ rappresenta l'85.6% dei campioni superficiali, 68.6% se consideriamo anche gli strati profondi.

Per l'ittioplancton possiamo confermare l'asincrona alternanza della riproduzione estivo/invernale tra *Engraulis encrasicolus* (acciuga) e *Sardina pilchardus* (sardina), la prima con picco di abbondanza larvale e ingente presenza di uova in estate, la seconda dominante in inverno. Più complessa l'interpretazione degli effetti delle variabili temporali e spaziali sulla frazione meroplanctonica dello zooplancton. Questa categoria ecologica è rappresentata da gruppi di animali invertebrati estremamente eterogenei, ciascuno dei quali spesso caratterizzato da numerose fasi larvali, differente trofismo, e diversa durata della fase planctonica, motivo per il quale è più complesso definire inequivocabilmente le cause della variabilità osservata. Quello che si può intercettare dalle analisi dei dati sono alcune caratteristiche ricorrenti come la costante presenza di larve di crostacei decapodi brachiuri nelle fasce superficiali della colonna d'acqua, la preferenziale distribuzione intermedio-profonda della componente a crostacei decapodi caridei. Gli stessi echinodermi, in particolare le larve di echinoidi regolari e irregolari, sono presenti in estate sulle fasce più superficiali, mentre tendono a diminuire nel periodo invernale, concentrandosi a profondità maggiori condizionate dal termocline che può rappresentare per tali organismi una barriera fisica insuperabile.

Così come per la stagionalità quindi, anche le differenti fasce di profondità investigate mostrano diverse composizioni del popolamento. Sebbene il rigassificatore sia posizionato a 12 miglia nautiche dalla costa italiana, in prossimità della scarpata continentale, la profondità non supera 120 m che, dal punto di vista ecologico, rappresentano la zona eufotica o fotica, sufficiente comunque a determinare la distribuzione non uniforme dello zooplancton lungo tutta la colonna d'acqua. I risultati suggeriscono che, in relazione alla distribuzione spaziale dei popolamenti, la presenza di termoclini stagionali, associati al sistema locale di correnti persistenti in questo settore del Mar Mediterraneo (ECC: *Eastern Corsica Current* e WCC: *Western Corsica Current* di direzione sud-nord), sia determinante nell'influenzare la comunità degli organismi mesozooplanctonici.

Il dato è amplificato anche dal campionamento che si svolge durante le ore notturne, in grado cioè di raccogliere tutta la componente mesozooplanctonica che compie migrazioni nictemerali rispetto a quella che predilige trascorrere l'intero arco della giornata in settori più profondi dell'ambiente pelagico.

Nella **Tabella 85** vengono mostrati i risultati relativi a ciascuna stagione estiva (E), elaborati attraverso il test di confronto (*pairwise test*) tra la fase di Bianco (B) e quella di esercizio, a partire dall'estate 2014, anno di avvio delle attività del terminale. I valori 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), sono associati alla significatività del test: (** altamente significativo, * significativo, n.s. non significativo) di ciascuno dei tre comparti ecologici dello zooplancton (oloplancton, meroplancton, ittioplancton).

Tabella 85 - Pairwise test di confronto tra fase di Bianco (B) e stagioni estive (E) dal 2014 al 2022. Valore di R del global test = 0,497. P = 0,001. * = 0,01 < P < 0,05; ** = P < 0,01			
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 **
B vs E21	R = 0,856**	R = 0,954**	R = 0,301**
B vs E22	R = 0,772**	R = 0,893**	R = 0,299**
B vs E23	R = 0,786**	R = 0,983**	R = 0,371**
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**
E14 vs E21	R = 0,831**	R = 0,455**	R = 0,445**
E14 vs E22	R = 0,547**	R = 0,545**	R = 0,456**
E14 vs E23	R = 0,709**	R = 0,551**	R = 0,206**
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**
E15 vs E20	R = 0,773**	R = 0,486**	R = 0,298**
E15 vs E22	R = 0,466**	R = 0,542**	R = 0,327**
E15 vs E23	R = 0,656**	R = 0,482**	R = 0,145 n.s.
E16 vs E17	R = 0,273**	R = 0,201*	R = 0,116 n.s.
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**
E16 vs E21	R = 0,599**	R = 0,528**	R = 0,373**
E16 vs E22	R = 0,401**	R = 0,409**	R = 0,436**
E16 vs E23	R = 0,682**	R = 0,592**	R = 0,294**
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**
E17 vs E21	R = 0,697**	R = 0,541**	R = 0,295**
E17 vs E22	R = 0,487**	R = 0,429**	R = 0,348**
E17 vs E23	R = 0,618**	R = 0,405**	R = 0,327**
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**
E18 vs E21	R = 0,602**	R = 0,588**	R = 0,392**
E18 vs E22	R = 0,443**	R = 0,411**	R = 0,399**
E18 vs E23	R = 0,621**	R = 0,474**	R = 0,395**
E19 vs E20	R = 0,474**	R = 0,457**	R = 0,485**
E19 vs E21	R = 0,555**	R = 0,786**	R = 0,389**
E19 vs E22	R = 0,354**	R = 0,656**	R = 0,395**
E19 vs E23	R = 0,479**	R = 0,859**	R = 0,574**
E20 vs E21	R = 0,510**	R = 0,526**	R = 0,388**
E20 vs E22	R = 0,309**	R = 0,337**	R = 0,253**
E20 vs E23	R = 0,671**	R = 0,624**	R = 0,466**
E21 vs E22	R = 0,384**	R = 0,387**	R = 0,193**
E21 vs E23	R = 0,63**	R = 0,76**	R = 0,404**
E22 vs E23	R = 0,382**	R = 0,537**	R = 0,46**

Dai risultati si evince che la comunità zooplanctonica raccolta durante la fase di Bianco (B) rispetto alla stagione estiva 2023 (E23), continui a essere significativamente differente. Il dato è coerente con i risultati delle precedenti campagne estive. Il risultato è confermato sia per l'oloplancton a copepodi, sia per il meroplancton (che esprimono valori di R elevati, rispettivamente 0,786 e 0,983), mentre per l'ittioplancton, la dissimilarità è minore (valori di R = 0,371), confermandosi però altamente significativa.

Le figure seguenti (**Figura 85**, **Figura 86** e **Figura 87**) riportano il piano di ordinamento dei punti stazione delle campagne estive per le tre componenti monitorate ottenuto dal n-MDS (*n-metric-MultiDimensional Scaling*). Dal piano di ordinamento si osserva che i punti stazione tendono a disporsi in relazione al survey, mettendo in evidenza quanto già emerso dall'analisi ANOSIM. La stazione B (bianco) appare significativamente separata dalle successive campagne di raccolta estive che rilevando maggiore similarità tra loro sono addensate e spesso sovrapposte.

MATRICE OLO_2023
Non-metric MDS

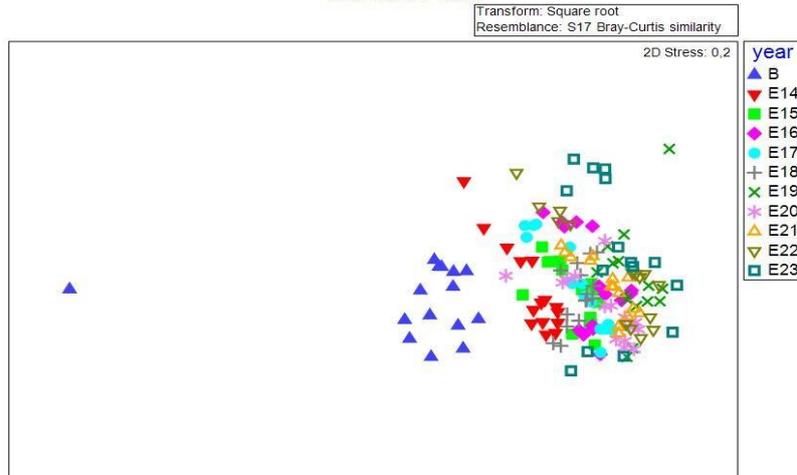


Figura 85 – Piano di ordinamento ottenuto tramite n-MDS dei survey estivi relativo a copepodofauna.

MATRICE MERO_2023
Non-metric MDS

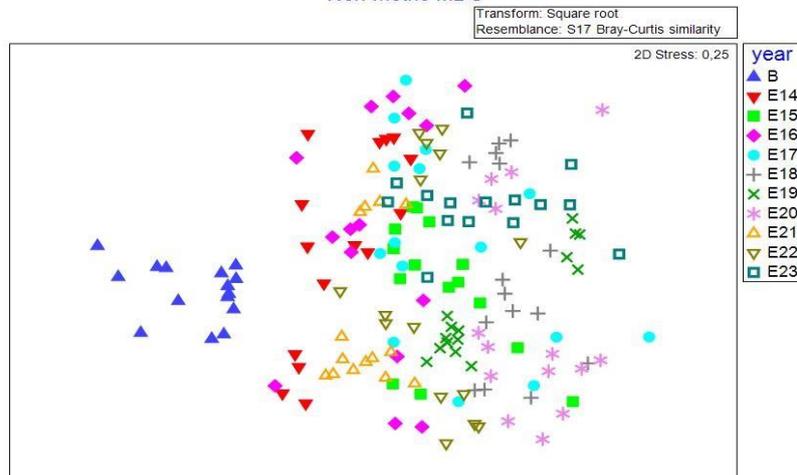


Figura 86 – Piano di ordinamento ottenuto tramite n-MDS dei survey estivi relativo al meroplankton.

Non-metric MDS

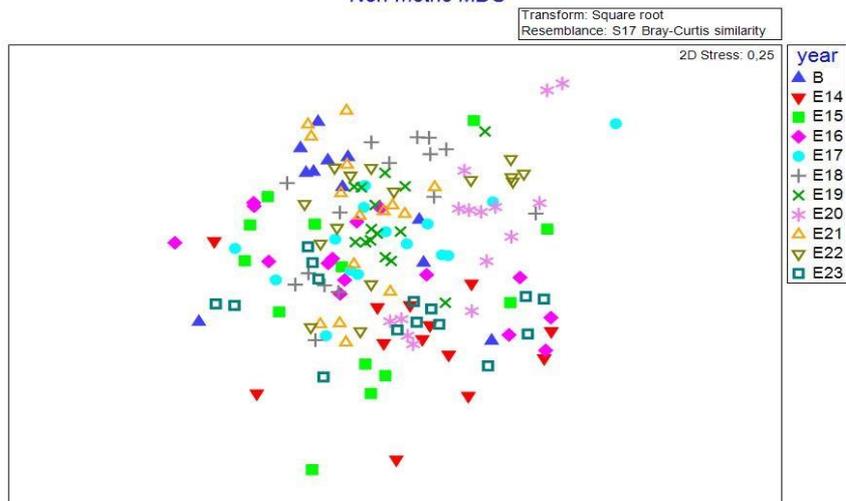


Figura 87 – Piano di ordinamento ottenuto tramite n-MDS dei survey estivi all'ittiofita.

Dall'andamento di R, ottenuto dal confronto di B vs E_x (Figura 88) si osserva che i valori subiscono modeste variazioni a indicare che la differenza già osservata tra Bianco ed E14 si è mantenuta pressoché costante fino al 2023. Questo suggerisce che la differenza in termini di popolamento non può essere imputabile all'esercizio del rigassificatore.

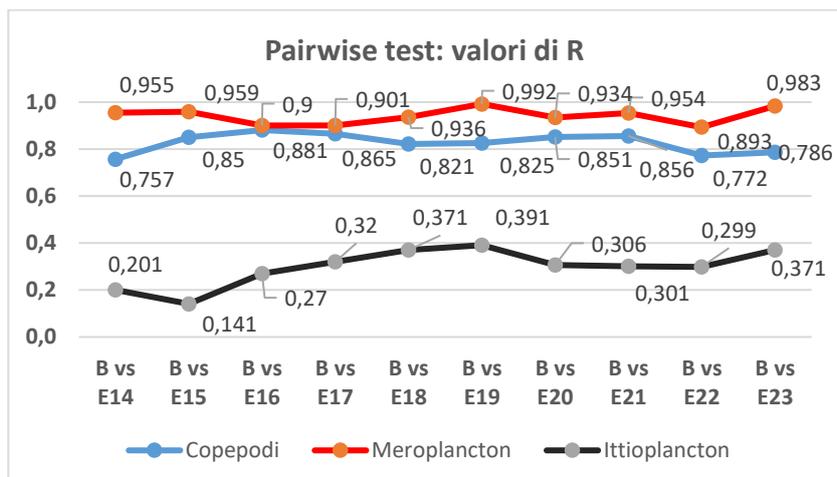


Figura 88 – Confronto dei valori di R dei pairwise tests nel confronto tra fase di bianco (B) e fase di esercizio estivo (E).

I risultati ottenuti descrivono una comunità differente da quella registrata durante la fase di *Bianco*. La spiegazione discende dalle seguenti osservazioni: una di natura ecologica, una legata all'area di monitoraggio. La comunità mesozooplanctonica, essendo costituita da organismi presenti nella colonna d'acqua e diffusi in ambiente marino secondo una distribuzione cosiddetta a mosaico (o *patches*), è soggetta a significative oscillazioni quali-quantitative rispetto al benthos. Questo significa che, all'interno della stessa stagione, estiva nello specifico, poche settimane di distanza, anche solo di giorni tra un campionamento e l'altro, possono produrre risultati diversi. In particolare, queste differenze sono amplificate nel mero e nell'ittioplancton che trascorrono un periodo variabile nella colonna d'acqua rispetto ai copepodi oloplanctonici. Da qui la necessità di ripetere i *survey* nello stesso periodo e possibilmente con condizioni meteorologiche paragonabili. Questo spiega ragionevolmente il motivo per il quale la fase di Bianco condotta nel mese di agosto 2012 sia significativamente diversa rispetto ai monitoraggi estivi realizzati successivamente nel mese di settembre. La significativa dissimilarità tra Bianco (B) e *survey* estivi può anche essere in parte giustificata dalla conoscenza dell'area di studio che, col susseguirsi delle campagne, ha permesso ai tecnici coinvolti di approfondire l'identificazione specifica degli organismi, aumentando il livello di dettaglio nella restituzione dei risultati. Complessivamente sono 514 (+4 rispetto al 2022) i *taxa* identificati tra oloplancton a copepodi, meroplankton e ittioplancton; si tratta di un contingente che progressivamente tende ad avvicinarsi al massimo potenziale di specie esprimibile per l'area di monitoraggio (basso Mar Ligure), settore biogeografico 1.

Nel confronto tra Bianco (controllo) e stagioni estive successive (fase di esercizio) i risultati confermano l'assenza d'impatto. Il confronto tra le stagioni estive, seguendo una generale tendenza alla riduzione dei valori di R, fatta eccezione per alcuni fenomeni già spiegati nel presente report, esclude quindi l'impatto del Terminale.

3.2 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 ambientale del DM 56/2009.

Nell'Estate 23 le analisi chimiche sui sedimenti sono state ampliate secondo il medesimo decreto (DM 173/16) per poter determinare il rischio chimico attraverso l'applicazione del *Sediqualssoft* che segue il criterio di integrazione ponderata, abbondando, così, la logica del mero superamento del valore tabellare, anche minimo e da parte di un unico parametro.

L'approccio ponderato, infatti, considera la tipologia dei parametri, il numero dei contaminanti che eccedono il riferimento specifico, nonché l'entità di tali sforamenti rispetto ai limiti previsti consentendo una valutazione ragionata e standardizzata tra siti.

Il medesimo approccio è stato utilizzato per la elaborazione dei dati ecotossicologici relativi all'Estate 2023. Anche in questo caso il pericolo viene calcolato come sommatoria degli effetti pesati dei singoli saggi ai quali si attribuisce un diverso peso in funzione della rilevanza biologica dell'end-point considerato, della rilevanza ecologica della matrice testata e dal tipo di esposizione (acuta o cronica). Anche questo approccio, pertanto, si svincola dal risultato del singolo test fornendo una classe di pericolo complessiva che integra, secondo una logica ponderata, tutti i risultati ottenuti.

Infine, per determinare la classe di qualità dei sedimenti, i risultati delle analisi chimiche e ecotossicologiche relativi all'Estate 2023, sono stati integrati come previsto dal DM 173/16, attraverso l'uso del *sediqualssoft*.

3.2.1 Caratteristiche fisiche

Le variazioni granulometriche avvenute nell'estate 2023 rispetto al 2022 riguardano soprattutto la componente argillosa che ha mostrato un diffuso calo, seppur di entità variabili, in tutte le stazioni. Il calo maggiore è stato registrato nelle stazioni MG9 e MG13 ossia lontano e vicino all'FSRU indicando l'estraneità di quest'ultimo nel determinare tale variazione.

In MG 6 il calo di argilla è stato compensato da un aumento della ghiaia, mentre in MG7 è stato affiancato da un aumento di sabbia e silt e da un calo di ghiaia. In MG9, MG10, MG12, invece, è stato registrato un aumento di silt di entità paragonabile al calo della argilla. Infine in MG13 il calo di argilla è stato compensato da un incremento di tutte le altre componenti, ma in maggior misura da sabbia.

Anche rispetto al Bianco la componente argillosa esibisce un diffuso, sensibile calo che nelle stazioni MG13, MG6, MG9 è stato compensato prevalentemente da un aumento di silt. In MG7, invece, la compensazione è dovuta ad un chiaro aumento della frazione sabbiosa, mentre in MG10 e MG12 l'aumento ha riguardato in misura paragonabile sabbia e silt.

Tali risultati mostrano che le variazioni sono molto diverse da sito a sito e non relazionabili alla presenza del Terminale.

Come già sottolineato nei report precedenti, i dati hanno sempre confermato che i sedimenti indagati mostrano anche una elevata variabilità spaziale presumibilmente 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. Questo si riflette anche sulle differenze che si osservano da un anno all'altro. Per confrontare le singole stazioni con il Bianco i dati acquisiti sono stati mediati stazione per stazione e riportati nella Tabella 86 dalla quale si evince che mediamente i sedimenti sono modestamente variati rispetto al Bianco. I cambiamenti maggiori sono avvenuti in MG6, ma soprattutto in MG7. Nel primo caso si è verificato un aumento delle frazioni fini, mentre nel secondo un aumento della frazione sabbiosa ed in minor misura di quella ghiaiosa, a scapito di quella argillosa. 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 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.

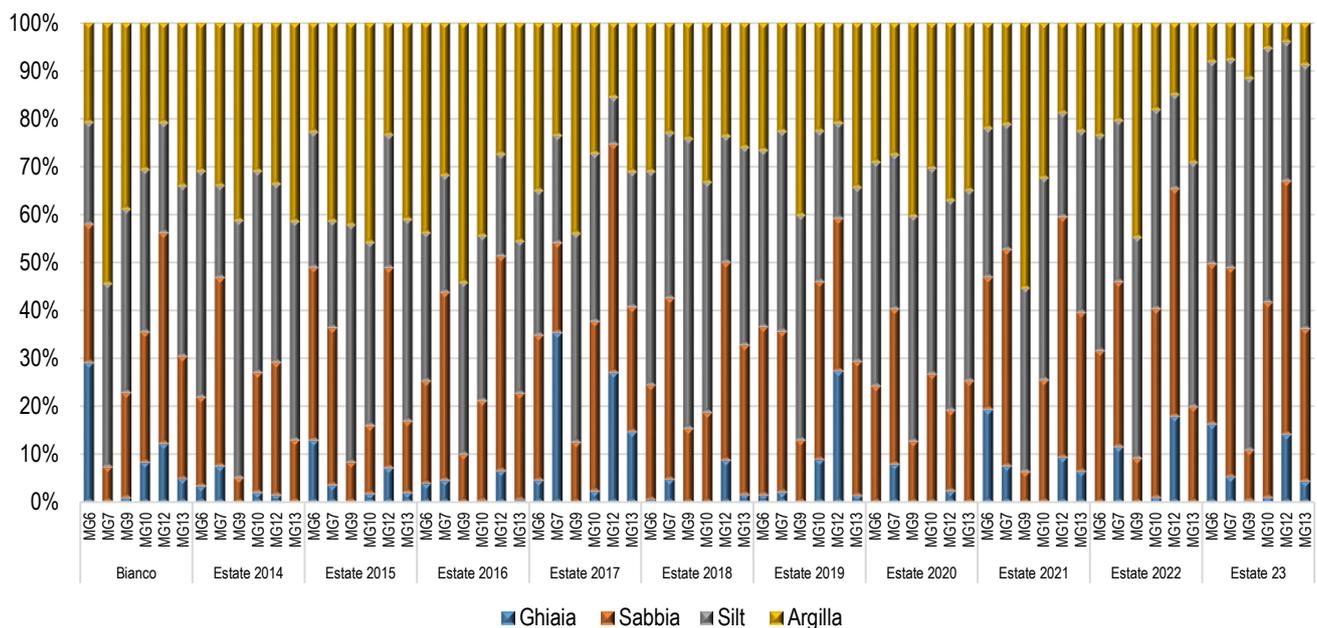


Figura 89 – Principali classi granulometriche nei sedimenti campionati durante la campagna di Bianco (E12) e nelle successive campagne estive (da E14 a E23).

Tabella 86 – 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	12,2±0	43,9±0	23,1±0	20,8±0
AVG MG12	12,1±9,3	40,2±11,4	25,7±9,7	21,9±9,5
B MG13	4,8±0	25,5±0	35,7±0	34±0
AVG MG13	3±4,6	24,5±7	41±8,2	31,4±10,7
B MG6	29±0	28,9±0	21,4±0	20,8±0
AVG MG6	6,2±7,2	28,2±6	38,4±7,6	27,3±9,4
B MG7	0,1±0	7,2±0	38,4±0	54,4±0
AVG MG7	8,9±9,6	35,7±7,4	30,1±8,4	25,3±9,1
B MG9	0,9±0	21,9±0	38,4±0	38,9±0

AVG MG9	0±0,1	10,2±3,2	50±12	39,8±13
B MG10	8,2±0	27,2±0	34±0	30,6±0
AVG MG10	1,7±2,6	28,3±9,3	41±6,5	29±11,9

3.2.2 Caratteristiche chimiche

Risultati

Di seguito si riportano i risultati ottenuti dall'elaborazione tramite il software SediQualSoft 109.0® utilizzato per la definizione del pericolo chimico su base ponderata. Nell'estate 2023, tale approccio è stato possibile grazie all'integrazione delle analisi chimiche secondo il DM 173/16.

In tutti i sedimenti analizzati il rischio chimico risulta Alto o Molto Alto relativamente al limite L1. Relativamente al limite L2, il rischio rimane molto alto solo nella stazione MG6, ma risulta medio o trascurabile nelle altre stazioni prossime all'FSRU, analogamente a quanto registrato nelle stazioni lontane (MG9, MG10). Questo risultato indica che il pericolo chimico associabile ai sedimenti non cambia in relazione alla distanza dal Terminale ossia non ci sono evidenze del fatto che il pericolo aumenti in prossimità dell'impianto.

Tabella 87– Output ottenuto tramite software SediQualSoft 109.0® relativo alla classificazione del pericolo chimico dei sedimenti.

	L1	L2	HQ (L1)	Max % contr a HQ (L1)	N. param. non conformi (L1)	HQ (L2)	Max % contr a HQ (L2)	N. param. non conformi (L2)
E23 MG6	MOLTO ALTO	MOLTO ALTO	203,11	14.4 - Benzo_a_pirene	21	22,09	40.4 - Benzo_a_pirene	9
E23 MG7	MOLTO ALTO	MEDIO	56,39	39.6 - TBT	16	5,65	34.5 - Somma_organostannici	4
E23 MG9	MOLTO ALTO	MEDIO	21,11	16.1 - Ni	10	3,38	57.9 - As1	2
E23 MG10	ALTO	TRASCURABILE	9,76	38.1 - Somma_DDD	4	1,28	100 - As1	1
E23 MG12	MOLTO ALTO	TRASCURABILE	30,77	14 - TBT	12	1,29	100 - As1	1
E23 MG13	MOLTO ALTO	MEDIO	35,66	14.1 - TBT	14	3,03	50.7 - Idrocarburi_C12	2

Per quanto riguarda i sottoprodotti della clorazione (non previsti dal DM 173/16 e pertanto non elaborati con sediqualsoft) si rileva la presenza di alcuni acidi aloacetici nelle stazioni prossime al Terminale, ma anche in quelle lontane. I valori rilevati vicino all'FSRU sono per lo più in linea (acido bromocloroacetico) o inferiori (Acido dibromoacetico, Acido tribromoacetico, Acido monocloroacetico) con quelli rilevati in MG9 e MG10 posti, rispettivamente a 1 e 2 chilometri da esso.

La sola eccezione riguarda l'acido monobromoacetico che esibisce in MG7 e MG12 (posti a 100 m dal Terminale) concentrazioni maggiori rispetto a MG9 e MG10.

Nel complesso i pattern osservati non sono tali da rilevare uno stato di contaminazione dell'area.

3.2.3 Caratteristiche ecotossicologiche

Di seguito si riporta il quadro sinottico dei risultati ottenuti dalla classificazione ecotossicologica secondo il criterio tabellare (DM173/16) a partire dal Bianco (B) fino all'estate 2022. Questa classificazione origina dal confronto del giudizio di tossicità dei singoli saggi ecotossicologici utilizzati in batteria come da tabella che segue (**Tabella 88**) riportata nel paragrafo 2.3.2 "Classificazione ecotossicologica" del DM 173/16.

Tabella 88 – Classificazione ecotossicologica tabellare ottenuta nell'ambito della batteria di saggi ecotossicologici utilizzata. L'effetto ormetico è esclusivamente riferito alla biostimolazione nei saggi algali.	
Tossicità Assente	Tutti i saggi hanno EC20 > 100% o Effetto < 20% o effetto ormetico < 100%
Tossicità Bassa	Solo un saggio presenta una EC20 < 100% ma EC50 > 100% o un effetto netto compreso tra 20 e 50% o un effetto ormetico > 100%
Tossicità Media	Due o più saggi presentano EC20 < 100% ma EC50 > 100% o effetti compresi tra 20 e 50 %, oppure un solo saggio con EC50 < 100% o effetto > 50%
Tossicità Alta	Due o più saggi con EC50 < 100% o effetto > 50%

L' utilizzo della classificazione tabellare dei dati pregressi (ossia dal Bianco all'Estate 2022) si è reso necessario per l'assenza di una triade di saggi conforme al DM 173/16 fatto che impedisce di seguire l'approccio ponderato e confrontare i dati con quelli acquisiti nell'estate 2023. Da questa campagna, infatti, i saggi sono stati adeguati a tale Decreto, fatto che consente di elaborare i dati tramite *Sediqualsoft*. Nella **Tabella 89** si riporta il quadro sinottico per confrontare i risultati acquisiti dal Bianco all'Estate 2023.

Tabella 89 – Quadro sinottico dei risultati ottenuti dalla classificazione ecotossicologica secondo criterio tabellare (DM173/16) a partire dal Bianco (B) fino all'estate 2022. I risultati dell'estate 2023 (E23) derivano invece dalla classificazione ecotossicologica secondo criterio ponderato (DM173/16). Tossicità: A=Assente, B=Bassa, M=Media, AA=Alta.

	Classificazione ecotossicologica secondo criterio tabellare DM173/16										Classificazione ecotossicologica secondo criterio ponderato DM173/16
	B	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20	E21	E22	E23
MG6	M	M	A	M	B	B	M	AA	AA	B	A
MG7	M	M	M	M	B	B	B	AA	AA	B	A
MG9	M	B	M	AA	A	M	M	AA	AA	B	B
MG10	M	M	M	AA	B	M	AA	AA	AA	B	A
MG12	M	M	AA	M	B	AA	AA	AA	AA	B	A
MG13	M	B	M	M	B	M	AA	AA	AA	B	A

Nell'estate 2023 non si rileva tossicità, tranne il caso della stazione MG9 dove è stata riscontrata tossicità bassa. I dati, pertanto, mostrano un miglioramento generale rispetto all'estate precedente durante la quale era già stato segnalato un evidente miglioramento rispetto alle due estati 2020 e 2021.

I risultati del 2023 mostrano un miglioramento anche rispetto al Bianco, tuttavia, nella valutazione di tale miglioramento occorre tenere in considerazione l'allineamento della triade di saggi biologici al D.M. 173/2016 e in particolare la sostituzione del saggio con *C. orientale* a 28 gg (cronico) con quello a 10 gg (acuto).

Si precisa che il test a 28 gg rispetto a quello a 10 gg, previsto dal Decreto, rappresentava una sovrastima della tossicità presente fatto che, almeno in parte, spiega gli elevati valori di tossicità osservati in E20 e E21.

Pertanto, la pressoché totale assenza di tossicità rilevata in E23 è da considerarsi in linea con l'approccio descritto dal Decreto.

3.2.4 Valutazione della qualità dei sedimenti attraverso il Sediqualsoft.

I dati chimici e ecotossicologici relativi all'Estate 2023 sono stati integrati mediante il software *SediQualSoft109.0@*, **Tabella 90**, per fornire la classe di qualità.

Tabella 90 – Classificazione della qualità del sedimento ottenuta tramite software SediQualSoft 109.0@. Dati relativi all' Estate 2023.

	Classe di pericolo ecotossicologico	% elutriato	Classificazione chimica	% pelite	Classe di qualità del materiale
MG6	ASSENTE	74,80308184	HQc(L2) >= Basso e HQc(L2) <= Medio	89	B
MG7	ASSENTE	39,06488563	HQc(L2) >= Basso e HQc(L2) <= Medio	89	B
MG9	BASSO	70,39720958	HQc(L2) >= Medio e HQc(L2) <= Alto	89	C
MG10	ASSENTE	37,9454867	HQc(L2) = Alto	100	C
MG12	ASSENTE	62,73650932	HQc(L2) = Alto	89	C
MG13	ASSENTE	30,75292966	HQc(L2) = Alto	99	C

Dalla classificazione della qualità del sedimento si evince che i campioni MG6 ed MG7 posti nei pressi del terminale sono ascritti alla classe B dimostrando una buona qualità del sedimento, mentre i restanti campioni prossimi al terminale (MG12 ed MG13) e i controlli MG9 ed MG10 rispettivamente posti a 1000 e 2000 risultano di classe C a dimostrazione che il Terminale non ha influenza sulla qualità del sedimento.

3.3 BIOTA

3.3.1 Macrozoobenthos

Metodi di elaborazione dati

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

Prima di procedere all'analisi i dati sono stati raggruppati a livello di genere. Tale accorpamento è stato fatto per diverse ragioni.

In primo luogo nell'arco del monitoraggio i tassonomi hanno affinato la conoscenza del panorama faunistico. Questo aspetto si traduce nell'abilità di determinare nuove specie o di determinare a livello specifico individui che nel passato erano stati ascritti ad livelli tassonomici superiori. Nel tempo, inoltre, molte specie hanno cambiato nome fatto che comporta l'introduzione di una variabilità fittizia.

Per rendere ancora più robusta l'analisi sono stati poi selezionati i generi con un contributo percentuale maggiore del 5%.

Per valutare la perdita di informazione dovuta alla riduzione delle variabili è stata usata la routine 2nd stage (pacchetto Primer) che consente di confrontare le matrici triangolari ottenute tramite l'indice di Bray-curtis applicato dalle diverse matrici da confrontare (speciexstazioni, generixstazioni, generi contributo >5% xstazioni).

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 2022.

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, e tutti i periodi estivi dal 2014 al 2023). 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 dal modello. Il modello migliore selezionato attraverso la *backward selection analysis* è pertanto risultato il seguente:

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

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

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

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

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

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

Risultati

Nel piano di ordinamento ottenuto dal nMDS (**Figura 90**) elaborando la matrice "generi con contributo >5% xstazioni" si osserva che il fattore tempo è prevalente nello spiegare la disposizione dei punti stazione. Tuttavia, a fronte della elevata mole di dati analizzata il piano bidimensionale appare poco chiaro anche perché la dispersione dei punti relativi a ciascun anno è dovuta alla rappresentazione delle diverse stagioni.

B vs E23 Generi contributo >5%

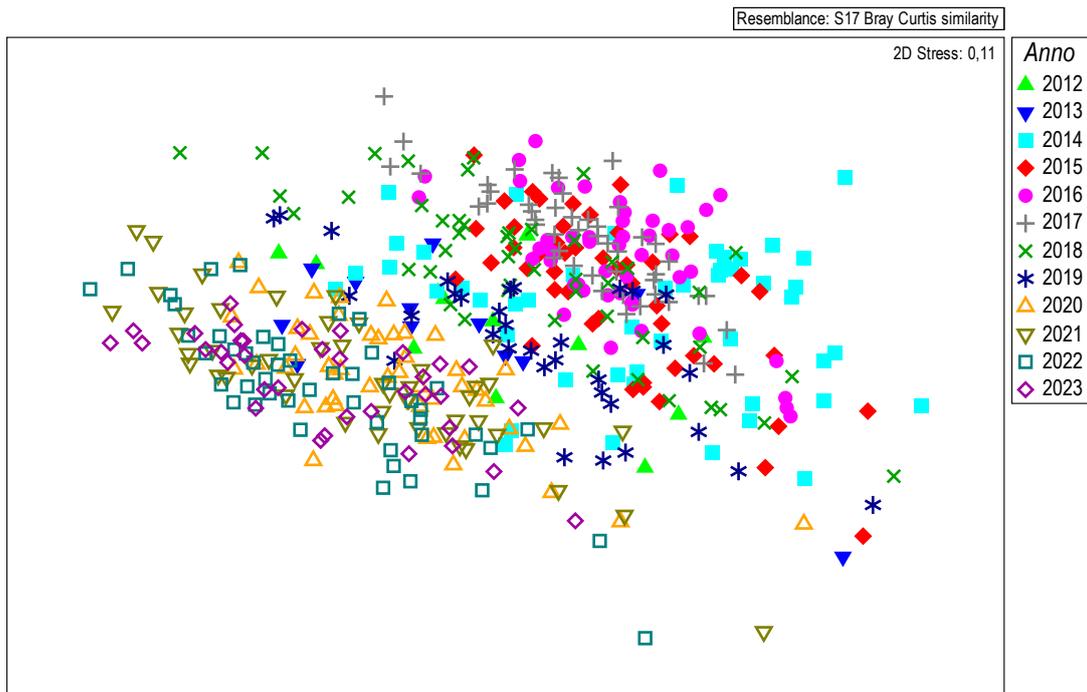


Figura 90 – Piano di ordinamento ottenuto dal n-MultiDimensional Scaling applicato alla matrice generi x stazioni dopo aver selezionato i generi con contributo >5% e mediato le repliche. La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Bray-Curtis. Dall'analisi sono stati rimossi punti relativi all'A19, survey particolarmente povero e pertanto i punti risultano molto disposti nel plot.

Per testare la bontà di questo risultato rispetto a quello che avrebbe originato l'analisi della matrice totale (ossia al massimo livello di dettaglio tassonomico, ossia per lo più specie) è stata applicata la routine 2nd-stage in cui risultati sono riportati nella seguente tabella. Questa analisi consente di affermare che eventuali cambi di nome o l'errata determinazione di una specie, hanno comportato trascurabili perdite di informazione. Nel caso peggiore ossia confrontando le specie con i generi aventi un contributo maggiore del 5%, si verifica una perdita di informazione pari a 6,598%. Questo approccio consente di operare con una matrice priva di errori poiché i generi selezionati sono ben noti e non soggetti a errori di identificazione.

Tabella 91 – Risultati della routine 2nd-stage e perdita di informazione dovuta ad una riduzione delle variabili analizzate. 5% indica che sono stati selezionati i generi con un contributo maggiore del 5%.

	2nd Stage routine	Perdita di informazione (%)
Specie vs Generi	0,97925	2,075
Generi vs Generi 5%	0,96159	3,841
Specie vs Generi 5%	0,93402	6,598

La posizione dei punti relativi agli anni 2020, 2021, 2022, 2023 (triangoli vuoti, e quadrati vuoti parte destra del piano) indica che il popolamento è andato modificandosi nel tempo, fatto che rientra nei processi naturali indipendenti dalla presenza del Terminale. A conferma di questo tale cambiamento è avvenuto in tutte le stazioni indipendentemente dalla loro distanza dell'FSRU.

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) risulta 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 al fatto che la deriva temporale non è lineare ed è condizionata da pochi generi abbondanti che identificano costantemente il popolamento.

Dalla medesima analisi si vede, inoltre, che i siti più lontani dal Terminale (C) tendono (seppur non sempre) 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) applicata alla matrice di abbondanza generixstazioni. Essa ha consentito di confermare che i popolamenti cambiano significativamente nel tempo (fattore Tempo significativo), ma non presentano differenze significative in ragione della loro distanza dal Terminale (fattore Distanza non significativo). Pertanto, anche l'interazione Tempo x Distanza risulta non significativa.

B vs E23 Generi contributo >5% solo estate

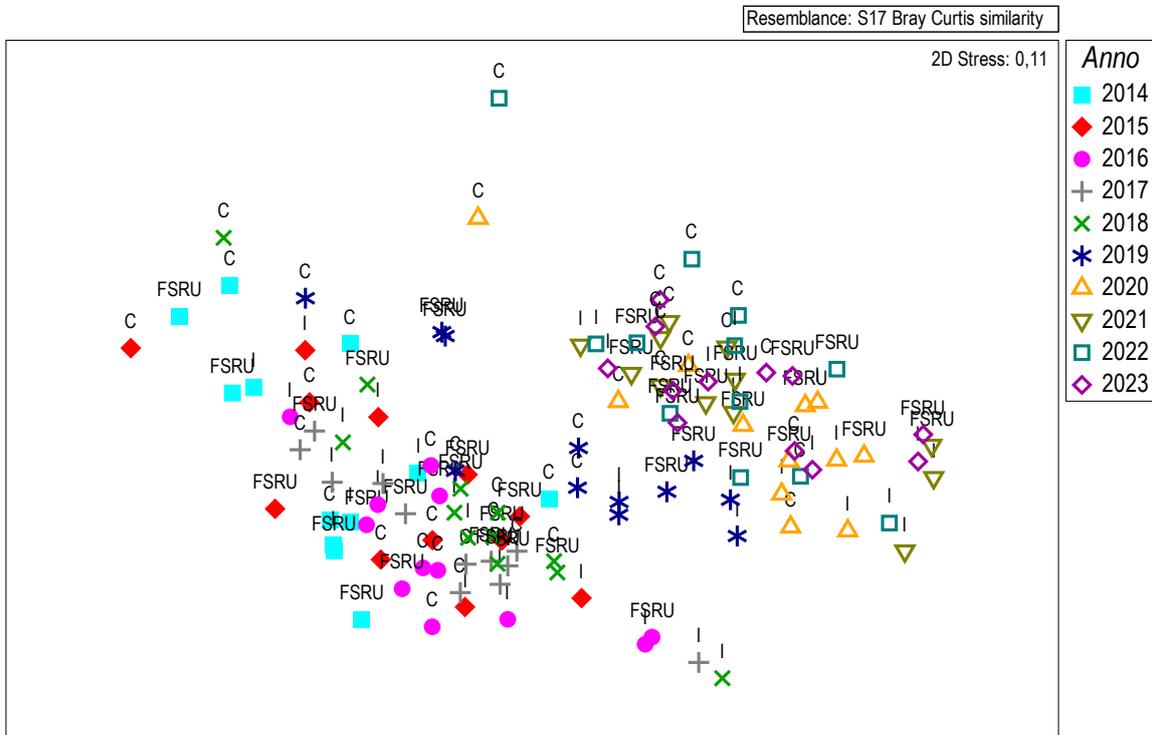


Figura 91 – Piano di ordinamento ottenuto dal n-MultiDimensional Scaling applicato alla matrice “generi con contributo >5% x stazioni” (limitatamente ai campionamenti estivi). La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Brey-Curtis. Nel plot sono stati superimposte le label (C, FSRU, I) che indicano la posizione delle stazioni rispetto al Terminale.

Tabella 92 – 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)	10	2,30 * 10 ⁵	23006	14,839	0,001
Distanza (D)	2	26058	13029	1,3743	0,086
Sito (S)	9	79953	8883,6	5,7299	0,001
TxD	20	34498	1724,9	1,1125	0,225
TxS (D)	90	1,40 * 10 ⁵	1550,4	2,4984	0,001
Residuo	396	2,46* 10 ⁵	620,54		
Totale	527	7,56* 10 ⁵			

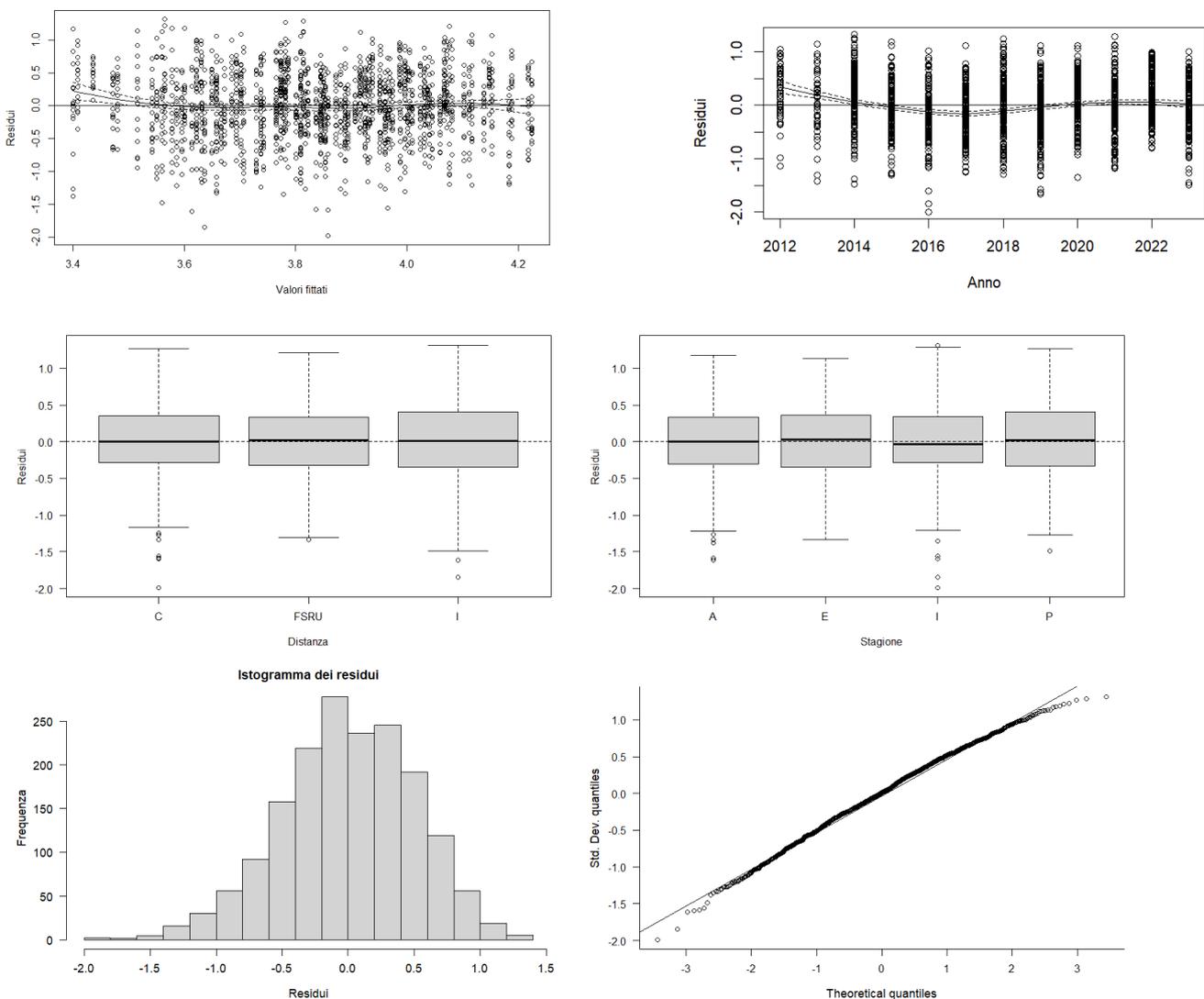
Gli aspetti strutturali del popolamenti sono stati approfonditi utilizzando l'analisi della regressione lineare multipla considerando gli indici H' e S come variabili dipendenti e Tempo (anni), Stagione (4 livelli: A = autunno, E = estate, I = inverno, P = primavera), e Distanza dal Terminale (3 livelli: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

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-Wiever, 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 presso il 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).

Tabella 93 – Risultati della analisi di regressione lineare multipla sull'indice di biodiversità di Shannon.

Coefficienti:	Stima	Err.St.	valore test t	livello di significatività
Intercetta	-70,52	7,67	-9,19	< 0.05
Anno	0,04	0,01	9,69	< 0.05
fDistanza - FSRU	0,10	0,03	3,67	< 0.05
fDistanza - I	-0,23	0,03	-8,19	< 0.05
fStagione - E	0,02	0,03	0,70	NS
fStagione - I	0,09	0,03	2,57	< 0.05
fStagione - P	0,08	0,03	2,52	< 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 e normalità dei residui sono rispettate per il modello utilizzato.


Figura 92 – 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-Wiever.

La tabella seguente mostra gli output del modello di regressione lineare multipla stimato per la ricchezza specifica S. Dalla stima dei coefficienti si evince che il fattore tempo ha un effetto 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 presso il Terminale FSRU e nell'area intermedia rispetto all'area controllo (C; non indicata nella tabella, in quanto preso come parametro di riferimento). 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, ad eccezione dell'estate (non significativamente differente dall'autunno).

Tabella 94 – Risultati della analisi di regressione lineare multipla sull'indice di ricchezza specifica (D).				
Coefficienti:	Stima	Err.St.	valore test <i>t</i>	livello di significatività
Intercetta	-3626,00	154,80	-25,36	< 0.05
Anno	1,96	0,08	25,57	< 0.05
fDistanza - FSRU	6,41	0,57	11,27	< 0.05
fDistanza - I	1,22	0,57	2,15	< 0.05
fStagione - E	-1,10	0,66	-1,66	NS
fStagione - I	2,94	0,68	4,34	< 0.05
fStagione - P	1,48	0,68	2,18	< 0.05

Anche in questo caso l'analisi dei residui (Figura 93) 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.

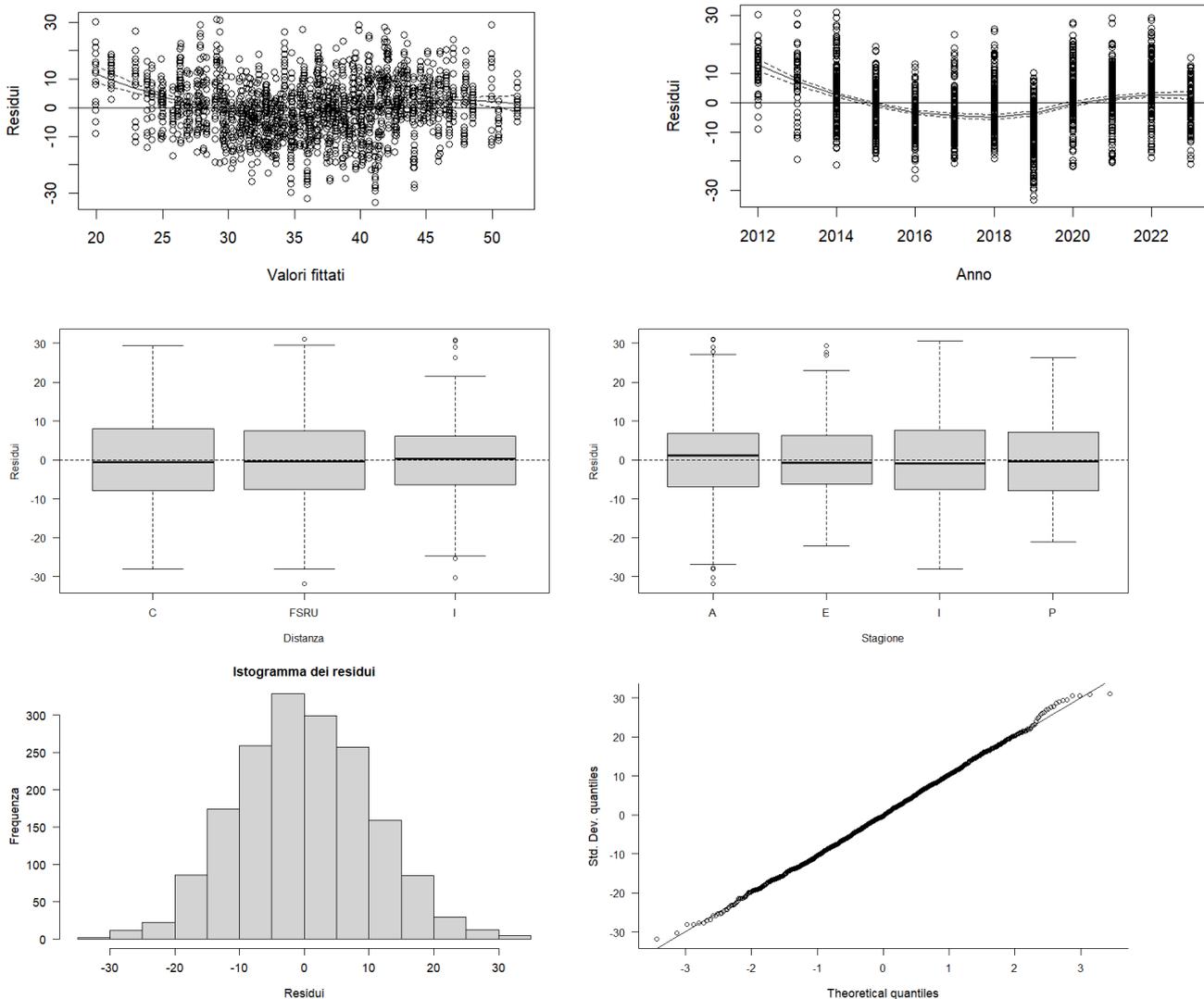


Figura 93 – Analisi grafica dei residui per valutare le assunzioni di omogeneità e normalità dei residui nella analisi di regressione lineare multipla sulla ricchezza specifica (S).

Per tutte le analisi sopra descritte è stato utilizzato R (versione 4.1.3), ed i pacchetti associati mgcv e nlme (R Core Team, 2022).

3.3.2 Meiobenthos

Metodi di elaborazione dati

I dati quali-quantitativi registrati nelle 21 campagne di studio (Bianco, I14, E14, I15, E15, I16, E16, I17, E17, I18, E18, I19, E19, I20, E20, I21, E21, I22, E22, I23, E23) sono stati raggruppati in un'unica matrice *taxa x stazioni* e analizzati congiuntamente per valutarne l'andamento complessivo.

I dati di densità 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 l'analisi non-metric MultiDimensional Scaling (n-MDS) applicata alla matrice di similarità ottenuta sulla base dell'indice di Bray-Curtis.

Analogamente a quanto descritto negli anni precedenti e per i popolamenti macrobentonici, anche in questa occasione è stata formulata l'ipotesi secondo la quale i siti più vicini al terminale rigassificatore FSRU siano quelli che maggiormente possono risentire della sua influenza. Pertanto, le stazioni sono state raggruppate in ragione della loro distanza dal Terminale in tre gruppi, ossia: FSRU (stazioni vicine), I (stazioni intermedie), C (controlli, stazioni più lontane). Inoltre, avendo a disposizione un'unica fase di Bianco, per la quale i campionamenti sono stati condotti in estate, i dati faunistici sono stati anche analizzati utilizzando unicamente i survey estivi (B, E14, E15, E16, E17, E18, E19, E20, E21, E22, E23), al fine di eliminare eventuali effetti confondenti dovuti alla stagionalità. 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.

I dati relativi alle campagne estive sono stati sottoposti anche all'analisi PERMANOVA (Permutational Multivariate Analysis of Variance), test multivariato non parametrico, per verificare la significatività dei pattern osservati. A questo riguardo, 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.

A completamento dei testi statistici sui dati ottenuti nel corso del tempo, relativi alla comunità meiobentonica che popola l'area in cui si trova il terminale rigassificatore FSRU, è stata effettuata l'analisi SIMPER (Similarity Percentages), volta ad individuare i taxa cui imputare maggiormente le eventuali difformità rilevate tra campioni in base ai fattori considerati. In coerenza con le precedenti analisi, anche SIMPER è stata condotta sulla matrice dei dati trasformati.

Tutte le analisi statistiche sopra riportate sono state condotte 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 complessiva della fauna rinvenuta nel corso delle 21 campagne di campionamento (Bianco, I14, E14, I15, E15, I16, E16, I17, E17, I18, E18, I19, E19, I20, E20, I21, E21, I22, E22, I23, E23) si osserva una biocenosi meiobentonica costituita nell'insieme da organismi appartenenti a 29 gruppi tassonomici, dei quali 7 rilevati in tutte le campagne di monitoraggio. I Gastrotrichi risultano presenti soltanto nella campagna di Bianco, mentre Idrozoi, Rotiferi, Oligocheiti, Sipunculidi, Briozoi, Solenogastri, Scafopodi, Acari, Ofiuroidi e Tunicati sono stati registrati in una (Scafopodi e Tunicati) o più campagne delle fasi di Esercizio. La presenza o meno di questi taxa nei campioni delle diverse fasi deriva verosimilmente dalla loro rarità, che ne rende occasionale il campionamento, più che da altre cause.

La densità media totale della meiofauna dell'area investigata è risultata pari a $358,8 \pm 168,3$ ind./10 cm² nei campioni del Bianco, ed è variata nelle fasi di Esercizio da un minimo di $45,4 \pm 74,8$ ind./10 cm² in E21 ad un massimo di $360,7 \pm 271,4$ ind./10 cm² in E17. I Nematodi sono risultati sempre il taxon dominante (range: 38-290 ind./10 cm²), con percentuali variabili tra 71,8% nella fase I21 e 85,8% in E19, seguiti nell'ordine da Copepodi (range: 2-34 ind./10 cm²; 3,7-11,8%), Policheti (range: 3-20 ind./10 cm²; 3,9-10,4%) e, infine, Nauplii (range: 1-18 ind./10 cm²; 1,4-5,3%). I primi quattro gruppi costituiscono globalmente e, a seconda delle campagne, il 95-98% della biocenosi meiobentonica. I restanti 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, Oligocheiti, Briozoi e Ciliati raggiungono in alcune occasioni l'1,0% del totale.

Il piano di ordinamento bidimensionale ottenuto mediante l'analisi n-MDS (**Figura 94**) non evidenzia né chiari pattern spaziali, né temporali, riconducibili alla stagionalità.

Per valutare eventuali variazioni avvenute a seguito del posizionamento del Terminale, i dati sono stati nuovamente elaborati considerando esclusivamente le campagne estive, dal momento che, come ricordato sopra, quella di Bianco è stata condotta in questa stagione.

Nel piano di ordinamento bidimensionale ottenuto per mezzo del n-MDS (**Figura 95**) si osserva una diversa distribuzione spaziale delle stazioni prossime al terminale rispetto a quelle ubicate a maggiore distanza da esso. Nello specifico, i punti stazioni prossimi al Terminale (FSRU) risultano in gran parte ravvicinati tra loro, nella parte destra del plot, verosimilmente in virtù di una maggiore similarità faunistica. Per contro, le stazioni poste a distanza maggiore dal Terminale presentano invece una distribuzione meno addensata e spostata verso la porzione centrale e sinistra del piano. Se il pattern osservato è indipendente dalla presenza del Terminale, e quindi dai suoi effetti sul biota, ne deriva che le differenze tra siti vicini e siti lontani non dovrebbero variare nel tempo.

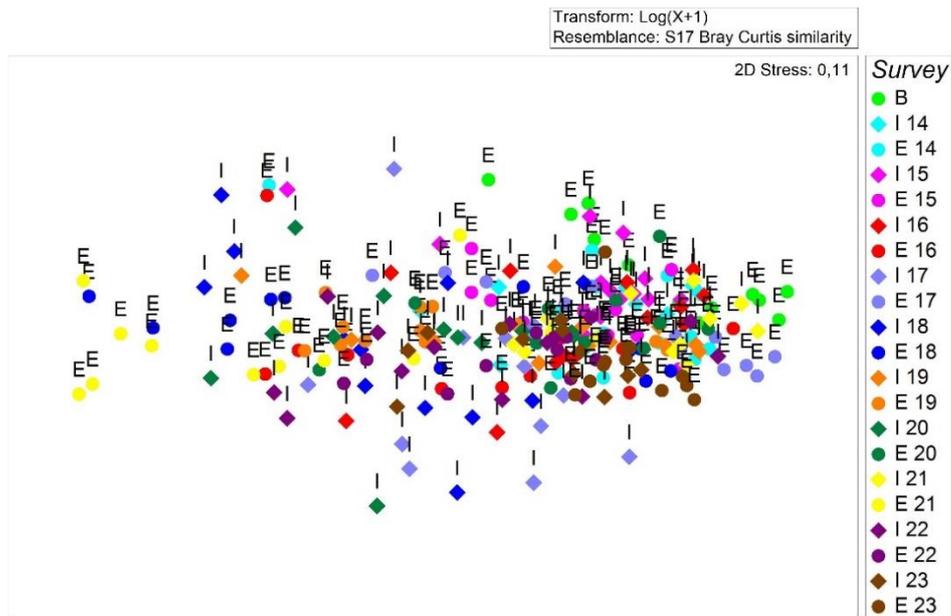


Figura 94 – Piano di ordinamento delle 12 stazioni investigate ottenuto dal non-metric MultiDimensional Scaling (n-MDS), basato sul valore delle abbondanze medie dei taxa principali e similarità di Bray-Curtis, previa trasformazione logaritmica dei dati. Sono stati analizzati i dati acquisiti nel corso di 21 campagne di prelievo, dal Bianco (B) all'Estate 2023 (E23).

Per indagare eventuali differenze tra i popolamenti posti a distanze diverse dal Terminale e per verificare in quale modo tali differenze evolvano nel tempo rispetto alla fase di Bianco, è stata utilizzata l'analisi PERMANOVA, applicata unicamente ai dati derivanti dalle campagne estive.

In particolare, i dati sono stati analizzati per valutare se dopo la campagna di Bianco siano avvenute variazioni significative nelle biocenosi e se questi cambiamenti siano riconducibili alla presenza del Terminale o se, al contrario, si verifichino indipendentemente da esso. L'analisi parte dal presupposto che, se il Terminale ha un effetto, esso sarà maggiormente 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.

L'analisi PERMANOVA evidenzia 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, indicando che i popolamenti posti a diverse distanze dal Terminale non differiscono tra loro. Tale condizione non varia nel tempo, infatti l'interazione "Tempo x Distanza" non risulta significativa (**Tabella 95**).

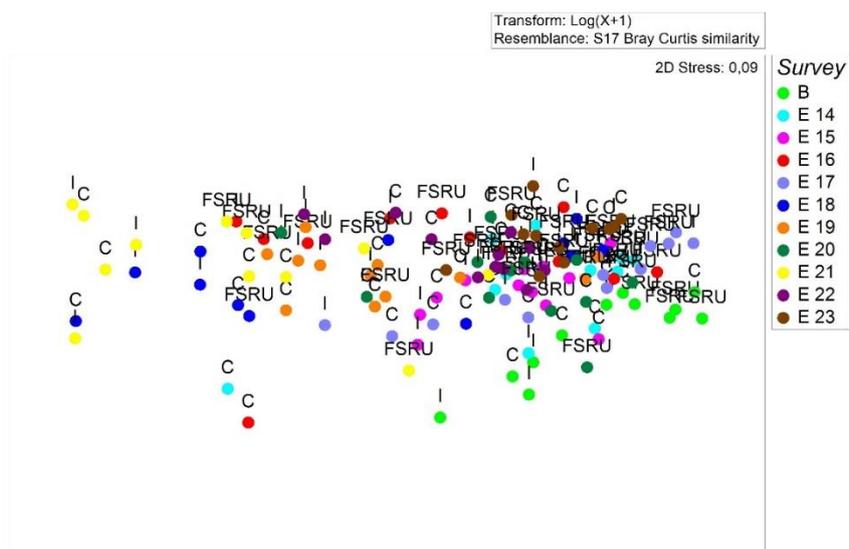


Figura 95 – Piano di ordinamento delle 12 stazioni investigate ottenuto dal non-metric MultiDimensional Scaling (n-MDS), basato sul valore delle abbondanze medie dei taxa principali e similarità di Bray-Curtis, previa trasformazione logaritmica dei dati. Sono stati analizzati i dati acquisiti nel corso di undici campagne estive, dal Bianco (B) all'Estate 2023 (E23). Nel plot sono sovrapposti i label in base alle distanze delle stazioni dal Terminale (FSRU: vicine al Terminale, I: distanze intermedie, C: controlli).

Tabella 95 – 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)	10	35749	3574,9	8,6969	0,001
Distanza (D)	2	4844	2422	2,8335	0,121
Sito [S(D)]	9	7692,8	854,76	2,0794	0,004
T x D	20	7891,1	394,56	0,95986	0,557
Residuo	90	36995	411,06		
Totale	131	93172			

L'analisi SIMPER evidenzia che le differenze tra siti derivano principalmente dalle variazioni delle densità di Copepodi e Nauplii. Inoltre, riguardo al solo fattore "Tempo", dalla SIMPER analysis emerge anche una significativa riduzione di Ciliati e Turbellari.

Complessivamente le analisi condotte hanno evidenziato alcune significative variazioni a carico della biocenosi meiobentonica nell'area indagata. Tuttavia, le differenze riscontrate, dovute principalmente a fluttuazioni delle abbondanze avvenute nel tempo, non risultano imputabili alla presenza e funzionamento del Terminale FSRU, ma sono riconducibili ad altre cause, non necessariamente di origine antropica.

3.3.3 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). 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 (A19-E20), 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.

Nel periodo A20-E21 modesti segnali di bioaccumulo erano stati registrati anche per l'Arsenico nel periodo autunnale, con valori analoghi a quelli registrati in A18.

Questo dato è stato confermato dai dati di A21, survey in cui l'Arsenico risulta bioaccumulato in 2 stazioni su 4. In questo survey anche il ferro risulta bioaccumulato in tre stazioni su 4 e lo zinco in una stazione su 4. Niente da segnalare nelle altre campagne (I22, P22, E22) condotte nel 2022.

Nel decimo anno di monitoraggio (A22-E23) l'unica variazione da segnalare riguarda lo zinco che in I23 e E23 tende ad essere bioaccumulato in particolare nella stazione D (Pos-4, prua nave) sebbene i tenori complessivi rimangano bassi.

Per quanto concerne gli Idrocarburi C10-C40 non si rilevano anomalie degne di nota. Inoltre, si osserva che i valori relativi a P23 e E23 sono complessivamente maggiori rispetto alle campagne precedenti: questo dato deriva dal fatto che già nel campione T0, questi contaminanti sono presenti in concentrazioni sensibilmente più elevate rispetto ai survey scorsi.

Nel complesso, gli 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.

3.3.4 Biomarkers

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

Metodi di elaborazione dati

Per verificare se le nostre indagini sui tre distinti biomarcatori indagati mostrassero variazioni temporali abbiamo eseguito un'analisi della regressione lineare utilizzando come variabile indipendente il tempo (la serie delle campagne di monitoraggio comprese tra P-14 e E-23) e come variabile dipendente la grandezza T-C (Terminale meno Controllo), dove T rappresenta il valore medio ottenuto analizzando i dati provenienti dai mitili traslocati presso le quattro stazioni del terminale FSRU e C il valore medio risultante dai mitili di controllo (mantenuti per

ogni campagna 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 *Sediqualsoft*, 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

Per nessuno dei tre biomarker analizzati l'analisi delle regressioni lineare aggiornata alla campagna E-23 ha evidenziato trend significativi. I risultati ottenuti a seguito della valutazione di genotossicità in termini di grado di danno primario dell DNA, che negli anni 2016 e 2017 aveva mostrato un certo incremento rispetto agli anni precedenti, non rivelano un impatto nel corso dell'ultimo biennio di attività (**Figura 1**).

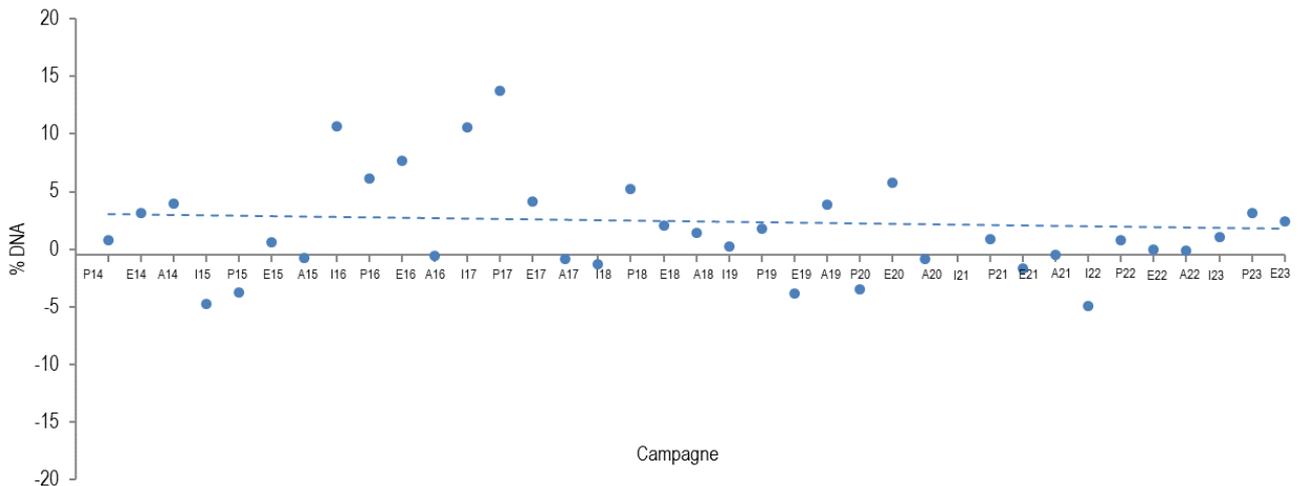


Figura 96 - Variazione temporale del grado di danno primario del DNA nelle cellule branchiali di mitilo (non significativa)

I risultati relativi alla valutazione di effetti citotossici condotta sugli emociti (**Figura 97**) e perturbazioni istologiche a carico del tessuto branchiale nei mitili trapiantati (**Figura 98 e Figura 99**) non mostrano trend significativi integrati nel tempo.

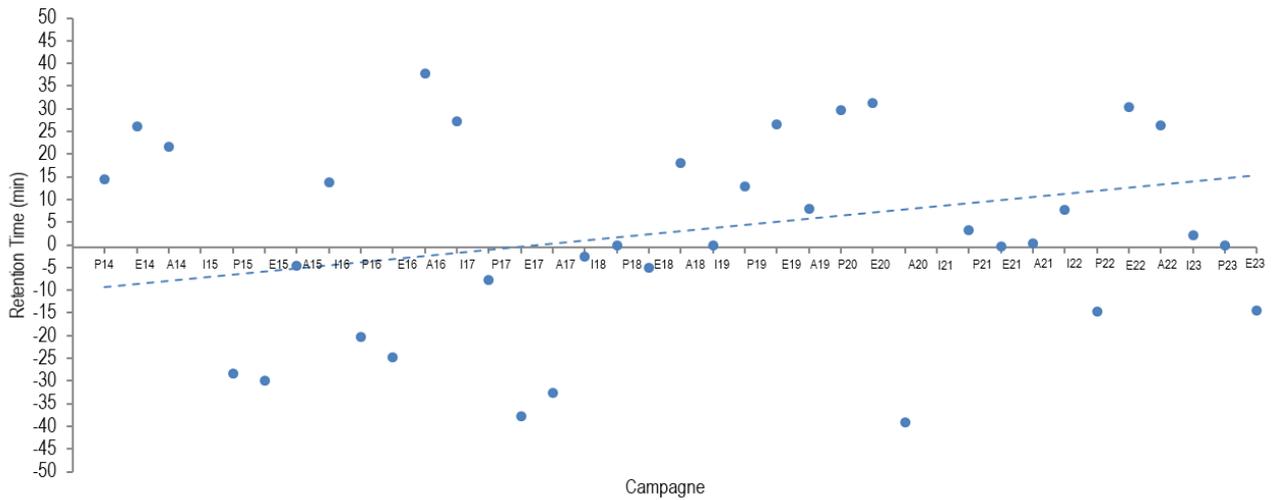


Figura 97- Variazione temporale dell'integrità della membrana lisosomiale negli emociti di mitilo (non significativa)

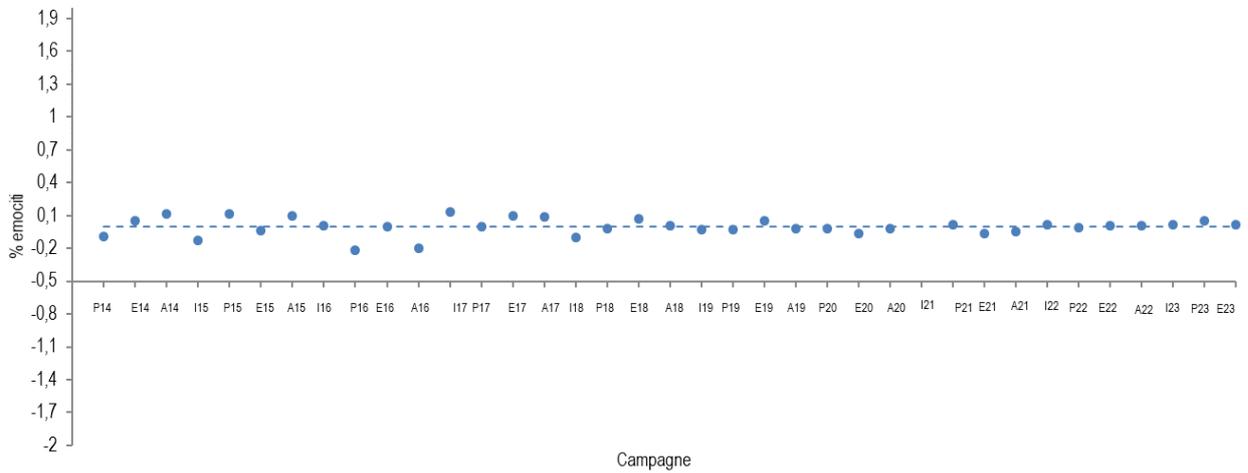


Figura 98 - Variazione temporale della frequenza di emociti nei filamenti branchiali (non significativa)

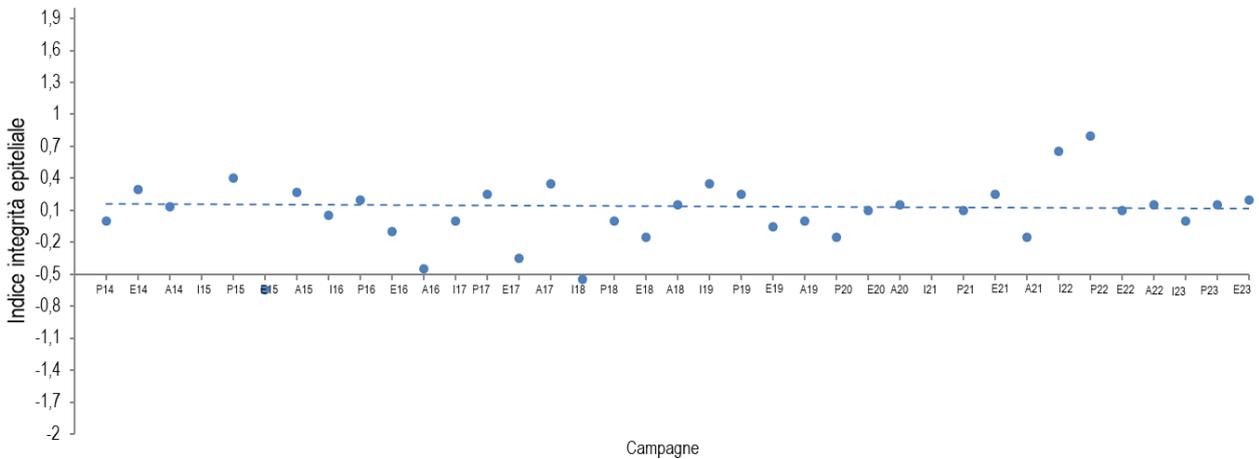


Figura 99- Variazione temporale dell'indice di integrità del tessuto branchiale di mitilo (non significativa)

I risultati della elaborazione *Sediqualsoft*, che integra i dati relativi a tutti i biomarker indagati, sono illustrati graficamente nella **Figura 100**, nella quale è riportata la classe di rischio per ciascuna delle 36 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		Sample	Class		Sample	Class	
I 20	-	-	I 21	-	-	I 22	SLIGHT	
P 20	ABSENT		P 21	SLIGHT		P 22	SLIGHT	

E 20	SLIGHT		E 21	ABSENT		E 22	SLIGHT	
A 20	ABSENT		A 21	ABSENT		A 22	ABSENT	

Sample	Class	
I 23	SLIGHT	
P 23	SLIGHT	
E 23	SLIGHT	

Figura 100- Integrazione ponderata dei risultati dei biomarker mediante il programma *Sediqualsoft*, da cui emerge un impatto assente o moderato del Terminale nella quasi totalità delle campagne di monitoraggio effettuate.

3.3.5 Fauna ittica bentonectonica

Metodi di elaborazione dati

Per lo studio delle risposte della componente demersale, monitorata attraverso le campagne sperimentali di pesca con rete a traino di fondo (o a strascico), sono stati presi in considerazione gli indici di biomassa, espressi come kg/km², delle principali specie demersali catturate nel corso dei campionamenti nell'area di indagine: triglia di fango, *Mullus barbatus*, nasello, *Merluccius merluccius*, gambero rosa, *Parapenaeus longirostris*, e gattuccio, *Scyllorhinus canicula*. Queste specie rappresentano anche i principali target della pesca professionale con rete a traino di fondo.

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

La formula del modello iniziale è la seguente:

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

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 è una variante non lineare dell'analisi di regressione lineare.

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

Infine, questo stesso approccio è stato seguito per i dati provenienti dalle campagne sperimentali realizzate con reti 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/h, in quanto la

lunghezza delle reti è mantenuta costante. 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 4.1.3), utilizzando i pacchetti associati *mgcv* e *nlme* (R Core Team, 2022).

Risultati

Mullus barbatus

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

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

La **Tabella 96** mostra gli output del modello. Dalla stima dei coefficienti si evince che il fattore tempo ha un effetto positivo sull'indice di biomassa della triglia di fango *M. barbatus*, il che sta ad indicare che la tendenza generale della biomassa di questa specie è all'aumento, come confermato da altre evidenze scientifiche (STECF, 2021). Per quanto riguarda l'effetto stagionale, l'inverno sarebbe associato a valori di biomassa significativamente più alti rispetto alle campagne di monitoraggio effettuate in estate. Questo fenomeno è in linea con la dinamica di popolazione della specie. La biomassa di questa specie risulta significativamente superiore nella zona interna. Di conseguenza, è possibile individuare un effetto positivo sulla biomassa della popolazione di triglia di fango legato alla presenza del terminale FSRU.

Tabella 96 – <i>Mullus barbatus</i> : coefficienti stimati attraverso analisi con modello GAM. EDF = Gradi di libertà della funzione di smoothing.				
Coefficienti parametrici:	Stima	Dev.St.	valore test t	livello di significatività
Intercetta	3,89	0,17	22,47	<0,05
fDistanza - I	0,51	0,16	3,25	<0,05
fStagione - I	0,49	0,11	4,54	<0,05
Coefficienti:	EDF	Ref.DF	F	livello di significatività
Anno	2,70	2,94	10,60	<0,05
Profondità	1,67	2,06	8,04	<0,05

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

Merluccius merluccius

Nel caso del nasello, *M. merluccius*, la *backward selection analysis* ha mostrato che il modello migliore nel fittare i dati relativi all'indice di biomassa (kg/km^2) di questa specie è quello contenente come variabili esplicative i fattori stagione e distanza dal terminale FSRU.

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:

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

La **Tabella 97** mostra gli output del modello. Per quanto riguarda il fattore stagionale, risulta che in inverno la biomassa di questa specie sia inferiore a quella osservata in estate. La biomassa del nasello risulta superiore nella zona interna. Di conseguenza, è possibile individuare un effetto positivo sulla biomassa della popolazione di nasello legato alla presenza del terminale FSRU.

Tabella 97 – <i>Merluccius merluccius</i> : coefficienti stimati attraverso analisi con modello GAM. EDF = Gradi di libertà della funzione di smoothing.				
Coefficienti:	Stima	Dev.St.	valore test t	livello di significatività
Intercetta	3,32	0,27	12,49	<0,05
fDistanza - I	0,69	0,27	2,51	<0,05
fStagione - I	-0,77	0,20	-3,75	<0,05

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

Parapenaeus longirostris

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

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

La **Tabella 98** mostra gli output del modello. Dalla stima dei coefficienti delle variabili incluse nel modello, si osserva un aumento generale della biomassa del gambero rosa, *P. longirostris*, nel tempo. Questo è in linea con le conoscenze sulla dinamica della specie lungo le coste italiane nord-occidentali (STECF, 2021). Infine, in inverno la biomassa osservata risulta inferiore a quella presente in estate. In conclusione, non si evidenzia alcun effetto sulla popolazione di gambero rosa legato alla presenza del terminale FSRU.

Tabella 98 – *Parapenaeus longirostris*: coefficienti stimati attraverso analisi con modello GAM. EDF = Gradi di libertà della funzione di smoothing.

Coefficienti:	Stima	Dev.St.	valore test t	livello di significatività
Intercetta	3,04	0,28	10,93	<0,05
fStagione - I	-1,38	0,28	-4,96	<0,05
Coefficienti:	EDF	Ref.DF	F	livello di significatività
Anno	2,79	2,97	10,206	<0,05
Profondità	2,70	3,21	6,38	<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.

Scylliorhinus canicula

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

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

La **Tabella 99** 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 99 – *Scylliorhinus canicula*: coefficienti stimati attraverso analisi con modello GAM. EDF = Gradi di libertà della funzione di smoothing.

Coefficienti:	Stima	Dev.St.	valore test t	livello di significatività
Intercetta	3,70	0,26	14,46	<0,05
fDistanza - I	0,73	0,23	3,18	<0,05
fStagione - I	0,44	0,12	3,80	<0,05
Coefficienti:	EDF	Ref.DF	F	livello di significatività
Anno	2,74	2,95	12,64	<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 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:

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

La **Tabella 100** 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. La biomassa dei Pesci Ossei non mostra trend temporali: la variabile Anno, infatti, non è risultata significativa. In conclusione, anche per quanto riguarda questa categoria faunistica, non si evidenzia alcun effetto sulla popolazione legato alla presenza del terminale FSRU.

Tabella 100 – Pesci Ossei: coefficienti stimati attraverso analisi con modello GAM. EDF = Gradi di libertà della funzione di smoothing.				
Coefficienti:	Stima	Dev.St.	valore test t	livello di significatività
Intercetta	6,12	0,16	38,37	<0,05
fStagione - I	0,87	0,14	6,31	<0,05
Coefficienti:	EDF	Ref.DF	F	livello di significatività
Profondità	2,63	3,17	5,67	<0,05

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

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), la 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:

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

La **Tabella 101** mostra gli output del modello. Oltre ad un generale pattern temporale, in inverno la biomassa osservata risulta superiore a quella presente in estate. In conclusione, per quanto riguarda questa categoria faunistica, non si evidenzia un effetto sul popolamento legato alla presenza del terminale FSRU.

Tabella 101 – Pesci Cartilaginei: coefficienti stimati attraverso analisi con modello GAM. EDF = Gradi di libertà della funzione di smoothing.				
Coefficienti:	Stima	Dev.St.	valore test t	livello di significatività
Intercetta	5,03	0,18	27,90	<0,05
fStagione - I	0,84	0,14	6,06	<0,05
Coefficienti:	EDF	Ref.DF	F	livello di significatività
Profondità	2,44	2,97	3,49	<0,05
Anno	2,81	2,97	10,43	<0,05

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

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 variabili esplicative la Profondità ed il fattore stagione. Per la presenza di pattern non lineari nei residui, si è utilizzato un modello GAM. Il modello migliore selezionato attraverso la *backward selection analysis* è pertanto risultato il seguente:

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

La **Tabella 102** mostra gli output del modello. Dalla stima dei coefficienti delle variabili incluse nel modello, si evince come il fattore stagione abbia un effetto significativo sulla biomassa totale dei Molluschi Cefalopodi. In particolare, in inverno la biomassa osservata risulta superiore a quella presente in estate. Anche le variabili continue anno e profondità hanno effetti significativi. Di conseguenza, anche per quanto riguarda questa categoria faunistica, non si evidenzia alcun effetto sulla popolazione legato alla presenza del terminale FSRU.

Tabella 102 – Molluschi Cefalopodi: coefficienti stimati attraverso analisi con modello GAM. EDF = Gradi di libertà della funzione di smoothing.				
Coefficienti:	Stima	Dev.St.	valore test t	livello di significatività
Intercetta	4,03	0,19	20,87	<0,05
fStagione - I	0,67	0,15	4,36	<0,05
Coefficienti:	EDF	Ref.DF	F	livello di significatività
Profondità	2,61	3,15	8,86	<0,05
Anno	2,74	2,95	3,83	<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). 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:

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

La **Tabella 103** 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. L'aumento della biomassa in base al tempo è probabilmente legato al fatto che la specie più abbondante è il gambero rosa, *P. longirostris*, che, come ricordato in precedenza, sta mostrando un generale trend all'aumento lungo tutte le coste nord-occidentali italiane (probabilmente legato all'aumento della temperatura media del Mediterraneo). La biomassa dei crostacei è superiore in estate, rispetto all'inverno. In conclusione, anche per quanto riguarda questa categoria faunistica, non si evidenzia alcun effetto sulla popolazione legato alla presenza del terminale FSRU.

Tabella 103 – Crostacei Decapodi: coefficienti stimati attraverso analisi con modello GAM. EDF = Gradi di libertà della funzione di smoothing.				
Coefficienti:	Stima	Dev.St.	valore test t	livello di significatività
Intercetta	4,14	0,18	23,06	<0,05
fStagione - I	-0,41	0,16	-2,63	<0,05
Coefficienti:	EDF	Ref.DF	F	livello di significatività
Anno	2,31	2,68	3,17	<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:

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

La **Tabella 104** mostra gli output del modello. La biodiversità risulta positivamente correlata solo con la profondità e mostra un pattern temporale (variabile Anno). L'analisi dell'indice di Shannon non evidenzia alcun effetto sul popolamento legato alla presenza del terminale FSRU.

Tabella 104 – Indice di biodiversità di Shannon H' : coefficienti stimati attraverso analisi con modello GAM. EDF = Gradi di libertà della funzione di smoothing.				
Coefficienti:	Stima	Dev.St.	valore test t	livello di significatività
Intercetta	2,25	0,07	32,97	<0,05
fDistanza - l	-0,09	0,07	-1,36	NS
Coefficienti:	EDF	Ref.DF	F	livello di significatività
Profondità	1,19	9,00	1,35	<0,05
Anno	3,38	4,18	5,83	<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:

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

La **Tabella 105** mostra gli output del modello. Dalla stima dei coefficienti si evince che la ricchezza specifica risulta positivamente correlata solo con la profondità.

Tabella 105 – Ricchezza specifica S : coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla.				
Coefficienti:	Stima	Dev.St.	valore test t	livello di significatività
Intercetta	-19,86	12,03	-1,65	NS
Profondità	9,97	2,56	3,89	<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

Scyliorhinus canicula

Per quanto riguarda i dati di cattura del gattuccio, *S. canicula*, con reti a imbrocco, le analisi hanno riscontrato la presenza di pattern non lineari. Di conseguenza, per questa specie sono stati utilizzati dei Generalized Additive Model (GAM) (Hastie e Tibshirani, 1990) in sostituzione dell'approccio lineare (rispetto agli anni precedenti). 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 smoothing.

La *backward selection analysis* ha mostrato che il modello migliore nel fittare i dati relativi alle catture in peso di questa specie è quello contenente come variabili esplicative l'Anno e la Profondità, ed i fattori stagione e distanza. Il modello migliore selezionato attraverso la *backward selection analysis* è pertanto risultato il seguente:

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

La **Tabella 106** mostra gli output del modello. I fattori stagione e distanza dal terminale non mostrano effetti significativi sulla biomassa, così come le variabili continue Anno e Profondità. Anche in questo caso, non si individua alcun effetto sulla popolazione di gattuccio legato alla presenza del terminale FSRU.

Tabella 106 – <i>Scyliorhinus canicula</i> : coefficienti stimati attraverso analisi con modello GAM. EDF = Gradi di libertà della funzione di smoothing.				
Coefficienti:	Stima	Dev.St.	valore test t	livello di significatività
Intercetta	-0,78	0,21	-3,81	<0,05
fDistanza - I	0,18	0,22	0,83	NS
fStagione - I	-0,24	0,15	-1,65	NS
Coefficienti:	EDF	Ref.DF	F	livello di significatività
Profondità	1,00	1,00	0,04	NS
Anno	1,79	2,18	0,79	NS

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

Raja clavata

Anche per questa specie sono stati utilizzati dei Generalized Additive Model (GAM) (Hastie e Tibshirani, 1990). Per quanto riguarda i dati di cattura della razza chiodata, *R. clavata*, con reti a imbrocco, la *backward selection analysis* ha mostrato che il modello migliore nel fittare i dati relativi alle catture in peso di questa specie 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:

$$kg = \alpha + s(\text{Profondità}) + s(\text{Anno}) + \varepsilon_i.$$

La **Tabella 107** mostra gli output del modello. Dalla stima dei coefficienti delle variabili incluse nel modello, si evince che la biomassa della razza chiodata aumenta con la profondità. Inoltre, si osserva un aumento della biomassa nel tempo. In ogni caso, anche per questa specie non si individua alcun effetto sulla popolazione legato alla presenza del terminale FSRU.

Tabella 107 – <i>Raja clavata</i> : coefficienti stimati attraverso analisi con modello GAM. EDF = Gradi di libertà della funzione di smoothing.				
Coefficienti:	Stima	Dev.St.	valore test t	livello di significatività
Intercetta	-1,59	0,18	-8,78	<0,05
Coefficienti:	EDF	Ref.DF	F	livello di significatività
Profondità	2,04	2,46	2,33	NS
Anno	1,00	1,00	24,13	<0,05

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

Al fine di sintetizzare i risultati ottenuti con le analisi statistiche è stata utilizzata una rappresentazione *traffic light* che permette una immediata valutazione visiva dei risultati ottenuti (**Tabella 108**). Nel caso in cui l'analisi statistica mostri una differenza statisticamente significativa degli indici analizzati in relazione alla distanza con incremento dei valori a maggiori distanze dal terminale, l'effetto è rappresentato da un rettangolo colorato in rosso. La colorazione è verde se gli indici risultano significativamente più elevati in vicinanza del terminale rispetto alle stazioni più lontane, mentre in grigio è rappresentato il caso in cui non ci sia alcun tipo di effetto in relazione alla distanza.

Tabella 108 – Tabella riassuntiva dei risultati con approccio “Traffic light”.		
Attrezzo campionario	Specie	Effetto del terminale
Strascico	<i>Mullus barbatus</i>	
Strascico	<i>Merluccius merluccius</i>	
Strascico	<i>Parapenaeus longirostris</i>	
Strascico	<i>Scylliorhinus canicula</i>	
Rete ad imbrocco	<i>Scylliorhinus canicula</i>	
Rete ad imbrocco	<i>Raja clavata</i>	
Strascico	Pesci Ossei	
Strascico	Pesci Cartilaginei	
Strascico	Crostacei Decapodi	
Strascico	Molluschi Cefalopodi	
Strascico	Diversità specifica	
Strascico	Ricchezza di specie	

Legenda:

Effetto negativo

Nessun effetto

Effetto positivo

3.3.1 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.

3.3.2 Cetacei e tartarughe marine

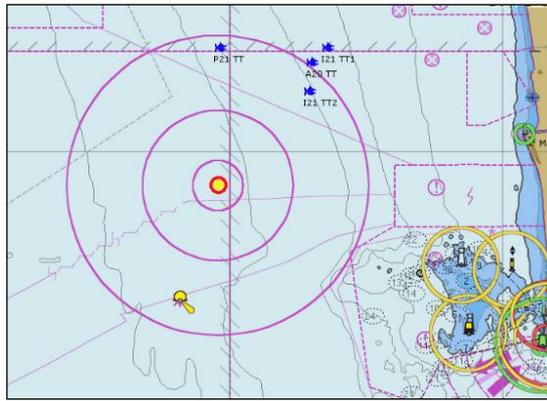
L'area scelta per il posizionamento del Terminale FSRU Toscana ricade all'interno della porzione sud dell'area marina definita Santuario Pelagos. Il primo monitoraggio della presenza di cetacei e tartarughe risale agli anni 2000. Nella **Figura 101** sono riportati gli avvistamenti nell'area di monitoraggio antecedenti alla campagna di Bianco B12.



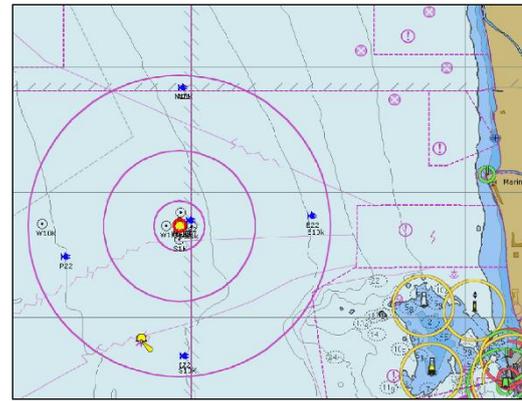
Figura 101 - Dati storici sulla presenza di cetacei risalenti agli anni 2000

Al termine della campagna di Bianco (B12) gli avvistamenti sono stati principalmente nelle zone E all'interno delle 6nm e a S-SW all'esterno dell'area.

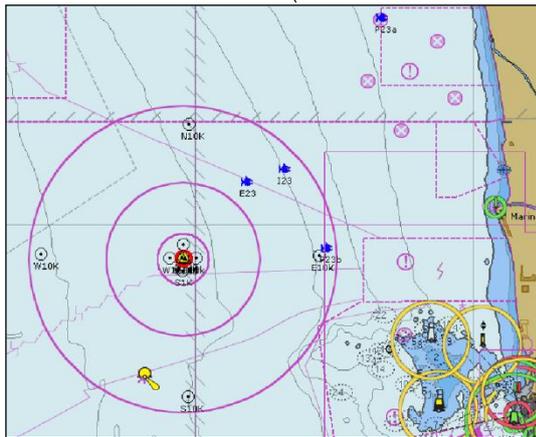
Riguardo al 10° anno di monitoraggio (A22-I23-P23-E23) all'interno dell'area di monitoraggio sono stati effettuati in totale quattro avvistamenti (n°4) con 20 delfini di cui 2 piccoli. Nessun avvistamento di tartarughe marine. Il primo avvistamento è stato effettuato nel mese di marzo a 5nm a NE dal terminale, in totale 7 delfini; il secondo e terzo nel mese di maggio rispettivamente a 12nm a NE dal terminale con 5 delfini e a 6nm a E dal terminale con 4 delfini di cui 2 piccoli; il quarto ed ultimo nel mese di settembre a 3,8nm a E dal terminale in totale 4 delfini. Di seguito si riportano le mappe con tutti gli avvistamenti per anno di campagna.



Avvistamenti 8° anno (A20-I21-P21-E21)



Avvistamenti 9° anno (A21-I22-P22-E22)



Avvistamenti 10° anno (A22-I23-P23-E23)

Figura 102 - Avvistamenti a partire dalla campagna di Bianco (B12) fino al 10° anno (A22-I23-P23-E23).

Osservando le mappe si nota che su dieci campagne annuali solo in tre, quindi nel 33% del totale, si sono verificati avvistamenti di cetacei della specie *Tursiops truncatus* a distanza di 1nm dal Terminale e tra questi, due su cinque entro i 100m di distanza. Tuttavia la **tabella** riassuntiva sottostante mostra che la maggior parte degli avvistamenti, sia durante i periodi di osservazione che durante gli spostamenti tra le stazioni di registrazione del rumore, ricadono tra le 4nm e le 6nm di distanza dall'FSRU. Questa, che possiamo considerare l'area di maggiore intensità di avvistamenti, è situata nei settori N ed E dal Terminale ed è anche quella quotidianamente utilizzata dai pescherecci a strascico delle marinere di Viareggio e Livorno. Tale osservazione conferma che la presenza dei delfini in alcune aree sia talvolta indotta/modificata dalla presenza di attività antropiche (definita dalla letteratura come alimentazione opportunistica) e come questa influenzi la scelta delle zone di caccia e di residenza da parte di gruppi di delfini (nel nostro caso i tursiopi). A conferma di questo la **Tabella** sottostante mostra che il maggior numero di delfini avvistati ricade nella fascia di 6nm dal Terminale.

Tabella 109 - Tabella riassuntiva avvistamenti				
Distanze dalla sorgente	1nm	3nm	6nm	oltre
Survey Bianco			3	
1° anno (A13-I14-P14-E14)			4	3
2° anno (A14-I15-P15-E15)			1	1
3° anno (A15-I16-P16-E16)			9	5
4° anno (A16-I17-P17-E17)			4	2
5° anno (A17-I18-P18-E18)	2		3	
6° anno (A18-I19-P19-E19)			4	
7° anno (A19-I20-P20-E20)	2		2	
8° anno (A20-I21-P21-E21)		1	2	1
9° anno (A21-I22-P22-E22)	1		4	
10° anno (A22-I23-P23-E23)			3	1
Totali	5	1	37	12

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 c'è la capacità di interagire con le attività antropiche, quali ad esempio la pesca a strascico, imparando a nutrirsi dei pesci che sfuggono dalle reti (generalmente distante dalla

costa) e l'identificazione delle reti da posta dove i pesci vengono catturati direttamente dalle reti (maggiormente più sottocosta). Queste attività vengono definite "alimentazione opportunistica" con facilitazione e minor dispendio di tempo ed energia nel reperimento delle prede. Molti degli avvistamenti nella fascia da N a E sono avvenuti infatti in presenza di pescherecci a strascico.

Anche durante il 10° anno gli avvistamenti si sono verificati esclusivamente nel settore di NE tra le 4 e le 6nm. Il numero di avvistamenti entro le 6nm è stato nella media, mentre il numero degli individui avvistati è risultato tra i più bassi.

Ad oggi possiamo affermare che la presenza del Terminale influenzi solo indirettamente i movimenti dei tursiopi presenti nell'area. Infatti il suo posizionamento e la creazione di aree con differenti interdizioni alla navigazione ha modificato anche le precedenti rotte dei pescherecci a strascico, influenzando a loro volta anche gli spostamenti dei delfini. Tuttavia, riguardo i tursiopi, particolari condizioni quali ad esempio la presenza di prede anche in aree antropizzate, (pescherecci a strascico, imbarcazioni da diporto, installazioni come ad esempio il Terminale) spingono i delfini a cacciare anche in queste aree.

Nel 33% delle campagne annuali (3 su 10) i tursiopi sono stati avvistati entro 1nm dal Terminale, e tutti sono stati rilevati tra le 4nm e le 6nm. La motivazione potrebbe ricondursi al tipico comportamento predatorio opportunistico e non dei tursiopi descritto nel paragrafo precedente. Al di là di tali osservazioni, non è però possibile definire se e quanto la presenza del Terminale determini effetti positivi, negativi o nulli. Rimane il dato che i tursiopi permangono nell'area anche in assenza di pescherecci nelle vicinanze.

Riguardo le tartarughe marine l'assenza di rilevamenti dalla terza campagna alla decima (con l'eccezione di 3 avvistamenti rispettivamente nelle prime due campagne) non risulta allarmante. Questo è ipotizzabile dal comportamento specifico delle tartarughe quali: lunghe apnee (anche di ore), stazionamento in superficie solo per brevissimi periodi, rapida immersione in caso di disturbi esterni.

I nidi del 2022 a Marina di Pietrasanta e Cinquale, nel 2023 a Forte dei Marmi non fanno altro che confermare che anche questa zona del Mar Ligure sia frequentata da tartarughe della specie *Caretta caretta*.

3.3.3 Bioacustica

Durante tutto il periodo del monitoraggio del Terminale OLT oltre alla misura del rumore prodotto dall'impianto sono stati effettuati transetti specifici di ascolto Bioacustico. Solo in rare occasioni, navigando lungo tali transetti sono state registrate vocalizzazioni di cetacei presenti nell'area.

In due occasioni vocalizzazioni sono registrate anche durante il monitoraggio del rumore dell'impianto con imbarcazione ferma.

In entrambi i casi le registrazioni hanno mostrato lo stesso tipo di vocalizzazioni tipicamente utilizzate dai delfini tursiopi: treni di clics per la visione dell'ambiente, degli ostacoli e per la ricerca delle prede e fischi per la comunicazione intraspecifica. Va evidenziato che le registrazioni effettuate in entrambe le situazioni (ossia in movimento o da fermi) sono dovute principalmente alla presenza di un grande gruppo di tursiopi (oggetto di studio del Centro CE.TU.S. di Viareggio dal 2000) che notoriamente orbita all'interno di una grande area che il Terminale OLT. I movimenti di questi animali sono subordinati, come tipicamente accade in altre zone del Mediterraneo e del mondo, fondamentalmente al movimento delle prede, la cui cattura porta i delfini a nuotare, per brevi o più lunghi periodi, anche in acque frequentate da imbarcazioni o caratterizzate dalla presenza di rumore antropico.

La Bioacustica fornisce un supporto molto importante per rilevare la presenza di cetacei permettendo in alcune situazione meteo-marine (in navigazione, con vento ed onde) di facilitare gli avvistamenti, ma in particolare fornisce informazioni sulla presenza di individui fotoidentificati che risiedono in un area. Questo metodo di riconoscimento individuale acustico si associa a quello fotografico meglio noto come Fotoid permettendo di definire la presenza di uno specifico individuo anche in caso di mancata cattura fotografica (come descritto nei report).

Negli anni di monitoraggio bioacustico, a fronte di molte ore di ascolto, le poche registrazioni effettuate hanno permesso di individuare all'interno degli spettri registrati marchi acustici precedentemente archiviati da CE.TU.S e presumibilmente corrispondenti a singoli individui presenti nei cataloghi fotografici dei tursiopi in Pelagos confermando quindi che l'area del Terminale è frequentata da parte di specifici tursiopi.

4 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. Per quanto riguarda i risultati del rumore prodotto dall'FSRU in fase di esercizio si rimanda al volume dedicato.
- d. Gli avvistamenti del 9° anno sono in generale in linea con le altre annualità.
- 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 nono 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 in grafici utilizzando colori differenti, così da rendere inequivocabilmente identificabili le diverse stazioni. L'elenco dei campioni con le date di campionamento relative al nono 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 nono 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, è 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. 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 nella tabella di sintesi dell'Allegato 2 sono comunque riportati i dettagli delle attività implementate.
11. La risposta a tale prescrizione non è pertinente nella tabella di sintesi dell'Allegato 2 sono comunque riportati i dettagli delle attività implementate.
12. Nel nono 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 decimo anno di esercizio oggetto della presente Relazione, permettono di asserire che non si sono verificate, durante i primi dieci anni di esercizio del Terminale, situazioni di rischio per la fauna marina.

5 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.
- Casas-Monroy O and Bailey SA (2021). Do Ballast Water Management Systems Reduce Phytoplankton Introductions to Canadian Waters? *Front. Mar. Sci.* 8:691723. doi: 10.3389/fmars.2021.691723
- 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., Ciapriani F., Onorati F., Benedetti M., Fattorini D., Ausili A, Regoli F. 2011. Assessing sediment hazard through a weight of evidence approach with bioindicator organisms: A practical model to elaborate data from sediment chemistry, bioavailability, biomarkers and ecotoxicological bioassays. *Chemosphere*: 83(4):475-85.
- Pfannkuche O., Thiel H. 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>
- STECF, 2021. Stock Assessments: demersal stocks in the western Mediterranean Sea (STECF-21-11). Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2021, EUR 28359 EN, ISBN 978-92-76-46116-6, doi:10.2760/046729, JRC127744.
- 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. Mediterr.* 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. Mediterr.* 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., Thébault J., Mea M., Allio N., Andro T., Arvigo A., Castrec J., Danielo M., Foulon V., Fumeron R., Hermabessiere L., Hulot V., James T., Langonne-Augen R., Le Bot T., Long M., Mahabror D., Morel Q., Pantalos M., Pouplard E., Raimondeau L., Rio-Cabello A., Seite S., Traisnel G., Urvoy K., Van Der Stegen T., Weyand M., Fernandes D. 2015. Is the meiofauna a good indicator for climate change and anthropogenic impacts? *Mar. Biodiv.* doi:10.1007/s12526-015-0359-z.
- Zuur, A. F., Ieno, E.N., Walker, N.J., Saveliev, A.A., Smith, G.M. 2009. Mixed effects models and extensions in ecology with R. Springer, New York, 574 pp.