



Piano di Monitoraggio dell’Ambiente Marino
Autunno 2021(A21), Inverno 2022 (I22)
Primavera 2022 (P22), Estate 2022 (E22)

Fase di esercizio IX Report Annuale
Volume 2

<i>Rev 2</i>	<i>27.04.23</i>	<i>Emissione per errata corrige</i>	<i>SL/AMDB</i>	<i>AMDB</i>	<i>GBP</i>
<i>Rev. 1</i>	<i>05.04.2023</i>	<i>Emissione definitiva</i>	<i>SL/AMDB</i>	<i>AMDB</i>	<i>GBP</i>
<i>Rev. 0</i>	<i>28.03.23</i>	<i>Emissione per commenti committente</i>	<i>SL/AMDB</i>	<i>AMDB</i>	<i>GBP</i>
<i>Rev</i>	<i>Data</i>	<i>Descrizione della revisione</i>	<i>Preparato da</i>	<i>Verificato da</i>	<i>Approvato da</i>

Commessa 23237

	VOLUME II	13
1	RISULTATI SURVEY PRIMAVERA 2022	14
	1.1 COLONNA D'ACQUA	14
	1.1.1 Profili idrologici	14
	1.1.2 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	17
	Tensioattivi	24
	Analisi microbiologiche	25
	1.1.3 Plancton	26
1.1.3.1	Fitoplancton	26
	Analisi quantitativa e qualitativa del fitoplancton da bottiglia	26
1.1.3.2	Zooplancton	32
	1.2 BIOTA	36
	1.2.1 Macrozoobenthos	36
	1.2.2 Bioaccumulo	40
	Metalli	40
	Idrocarburi totali	40
	Cloroderivati	41
	Analisi microbiologiche	41
	1.2.1 Biomarkers	42
	Neutral Red Retention Time (NRRT)	42
	1.2.2 Cetacei e tartarughe marine	44
	1.3 INDGINI GENERALI	45
	1.3.1 Bioacustica	45
2	RISULTATI SURVEY ESTATE 2022	47
	2.1 COLONNA D'ACQUA	47
	2.1.1 Profili idrologici	47
	Misure di irradianza e irradianza spettrale	48
	2.1.2 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	49
	Nutrienti inorganici disciolti	49
	Tensioattivi	57
	Cloroderivati	57
	Idrocarburi totali	58
	Analisi microbiologiche	59
	2.1.3 Saggi eco tossicologici su campioni di acqua	59
	<i>Vibrio fischeri</i>	59
	<i>Pheodactylum tricorutum</i>	60
	<i>Paracentrotus lividus</i>	61
	<i>Acartia tonsa</i>	62
	2.1.4 Plancton	64
2.1.4.1	Fitoplancton	64
2.1.4.2	Zooplancton	71
	2.2 SEDIMENTI	75
	2.2.1 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	75
	Analisi granulometrica	75
	Metalli	75
	Composti organici	75
	Cloroderivati	77
	Analisi microbiologiche	77
	2.2.2 Saggi ecotossicologici su campioni di sedimento	78
	<i>Paracentrotus lividus</i>	78
	<i>Corophium orientale</i> (Test cronico a 28 gg)	79
	<i>Corophium orientale</i> (Test acuto a 10 gg)	79
	<i>Vibrio fischeri</i> (fase solida)	80
	<i>Vibrio fischeri</i> (eseguito su elutriato)	80

2.3	BIOTA	81
2.3.1	Macrozoobenthos	81
2.3.2	Meiobenthos	85
2.3.3	Bioaccumulo	94
	Metalli.....	94
	Idrocarburi totali.....	94
	Cloroderivati.....	95
	Analisi microbiologiche	95
2.3.4	Biomarkers.....	96
	Neutral Red Retention Time (NRRT)	96
2.3.5	Fauna ittica bentonectonica	98
2.3.6	Fauna ittica pelagica	108
2.3.7	Cetacei e tartarughe marine.....	109
2.4	INDAGINI GENERALI	110
2.4.1	Bioacustica	110
3	CONFRONTO INTERSTAGIONALE E CON LA CAMPAGNA DI BIANCO	111
3.1	COLONNA D'ACQUA	111
3.1.1	Profili idrologici	111
	Metodi di elaborazione dati	111
	Risultati	111
3.1.2	Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	116
	Metodi di elaborazione dati	116
	Risultati	117
	Misure di irradianza e irradianza spettrale	117
	Clorofilla e diversità pigmentaria.....	118
	Tensioattivi, cloroderivati, Idrocarburi totali e analisi microbiologiche.....	119
3.1.3	Saggi ecotossicologici su campioni di acqua.....	120
3.1.4	Plancton	121
3.1.4.1	Fitoplancton	121
	Metodi di elaborazione dati	121
	Risultati	121
3.1.4.2	Zooplancton	123
	Metodi di elaborazione dati	123
	Risultati	123
3.2	SEDIMENTI	126
3.2.1	Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	126
	Metodi di elaborazione dati	126
	Risultati	126
3.2.2	Saggi ecotossicologici su campioni di sedimento	128
3.3	BIOTA	130
3.3.1	Macrozoobenthos	130
	Metodi di elaborazione dati	130
	Risultati	131
3.3.2	Meiobenthos	135
	Metodi di elaborazione dati	135
	Risultati	136
3.3.3	Bioaccumulo	138
3.3.4	Biomarkers.....	139
	Metodi di elaborazione dati	139
	Risultati	139
3.3.5	Fauna ittica bentonectonica	143
	Metodi di elaborazione dati	143
	Risultati	143
3.3.6	Fauna ittica pelagica	150
3.3.7	Cetacei e tartarughe marine.....	150
4	CONCLUSIONI	153
5	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	156

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 – Profili di temperatura (°C), salinità (ppt), pH e torbidità (NTU); survey primavera 2022.	14
Figura 2 – Profili di ossigeno disciolto (% saturazione), clorofilla (µg/l), e potenziale di ossidoriduzione (mV); survey primavera 2022.	15
Figura 3 - Profilo del rapporto fra l'irradianza quantica PAR (Photosynthetic Available Radiation) disponibile alle varie profondità con quella contemporanea in superficie, PAR (0 m), nelle stazioni P21 MG7 e P21 MG10. Dati relativi alla Primavera 2022.	16
Figura 4 - Irradianza spettrale discendente superficiale e subacquea alle profondità indicate. E' inoltre riportata la irradianza spettrale ascendente a 5 m (5m up). Ogni spettro è stato normalizzato per il proprio massimo ($E_{max}(\lambda)$) riportato nella legenda insieme con la lunghezza d'onda dove si colloca (λ_{max}). Dati relativi alla Primavera 2022.	16
Figura 5 - Profili delle concentrazioni (µM) dei nutrienti inorganici disciolti: NO ₂ (nitriti), NO ₃ (nitrati), PO ₄ (fosfati), SiO ₂ (silicati).	18
Figura 6 - Profili delle concentrazioni (mg/l) dei solidi sospesi (TSM) e delle concentrazioni di particolato organico (POM). Dati relativi alla Primavera 2022.	19
Figura 7 - Profili degli assorbimenti (m ⁻¹) della CDOM a 325 nm ($a_{CDOM}(325)$ m ⁻¹). Dati relativi alla Primavera 2022.	20
Figura 8 - Profili delle concentrazioni (mg/m ³) di clorofilla a tot. Dati relativi alla Primavera 2022.	21
Figura 9 – Concentrazione relativa dei singoli pigmenti diagnostici in rapporto al totale delle concentrazioni dei nove Pigmenti Diagnostici (PD= Fuco+Perid+Hex-Fuco+But-Fuco+Allo+Prasino+Chl <i>b</i> +DVA+Zea). Dati relativi alla Primavera 2022.	23
Figura 10 - Profili delle densità fitoplanctoniche totali (cell/ml). Dati relativi alla Primavera 2022.	27
Figura 11 – Abbondanza relativa delle classi fitoplanctoniche indicate in legenda in rapporto all'abbondanza totale (P22).	28
Figura 12 - Ripartizione dell'abbondanza totale e del numero di specie tra i principali taxa rinvenuti nella Primavera 2022. Altro= nemertini, cnidari.	37
Figura 13 - Abbondanza totale e contributo percentuale cumulativo delle specie dominanti (P22).	38
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. La stazione MG9 è stata rimossa dal piano di ordinamento perché essendo molto diversa dalle altre, raggruppava queste ultime in un singolo cluster illeggibile.	39
Figura 15 - Valutazione del danno cellulare mediante la misura del tempo di ritenzione del colorante vitale Rosso Neutro (NRRT) nei lisosomi degli emociti di mitilo. Valori alti del tempo di ritenzione corrispondono ad una maggiore integrità.	42
Figura 16 - Valutazione del grado di integrità del DNA mediante Comet assay. Valori elevati della percentuale di DNA migrato corrispondono ad una maggiore entità del danno.	42
Figura 17 - Analisi istologica delle branchie di mitilo. Il parametro rappresentato nel grafico è il punteggio medio (score) per ciascuna delle stazioni indagate. La scala va da 1 a 5; il punteggio 1 indica una condizione di integrità mentre il punteggio 5 indica una forte compromissione della struttura dei filamenti branchiali.	43
Figura 18 - Rotte percorse per il monitoraggio visivo, acustico e biocustico condotte a partire da giugno 2022 (P22).	44
Figura 19 - Frame di registrazione del 14.06.2022.	45
Figura 20 - Esempio di registrazione con assenza di suoni biologici.	46
Figura 21 – Profili di temperatura (°C), salinità (ppt), pH e torbidità (NTU); survey estate 2022.	47
Figura 22 – Profili di ossigeno disciolto (% saturazione), clorofilla (µg/l), e potenziale di ossidoriduzione (mV); survey estate 2022.	48
Figura 23 - 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 E22 MG7 e E22 MG10.	48
Figura 24 - 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}).	49
Figura 25 - Profili delle concentrazioni (µM) dei nutrienti inorganici disciolti: NO ₂ (nitriti), NO ₃ (nitrati), PO ₄ (fosfati), SiO ₂ (silicati).	51
Figura 26 - Profili delle concentrazioni (mg/l) dei solidi sospesi (TSM) e delle concentrazioni di particolato organico (POM).	52
Figura 27 - Profili degli assorbimenti (m ⁻¹) della CDOM a 325 nm ($a_{CDOM}(325)$).	53
Figura 28 - Profili delle concentrazioni (mg/m ³) di clorofilla a tot.	54
Figura 29 – Concentrazione relativa dei singoli pigmenti diagnostici in rapporto al totale delle concentrazioni dei nove Pigmenti Diagnostici (PD= Fuco+Perid+Hex-Fuco+But-Fuco+Allo+Prasino+Chl <i>b</i> +DVA+Zea).	56
Figura 30 - Profili delle densità fitoplanctoniche totali (cell/ml).	65
Figura 31 – Abbondanza relativa delle classi fitoplanctoniche indicate in legenda in rapporto all'abbondanza totale.	66
Figura 32 - Ripartizione dell'abbondanza totale e del numero di specie tra i principali taxa rinvenuti nell'Estate 2022. Altro= nemertini, nematodi, cnidari.	82
Figura 33 - Abbondanza totale e contributo percentuale cumulativo delle specie dominanti (E22).	83
Figura 34 - 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.	84
Figura 35 - Stazione E22 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).	85
Figura 36 - Stazione E22 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).	86
Figura 37 - Stazione E22 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).	86

Figura 38 - Stazione E22 MG6. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	87
Figura 40 - Stazione E22 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).	88
Figura 41 - Stazione E22 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).	88
Figura 42 - Stazione E22 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).	89
Figura 43 - Stazione E22 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).	90
Figura 44 - Stazione E22 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).	90
Figura 45 - Stazione E22 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).	91
Figura 46 - Stazione E22 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).	91
Figura 47 - 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.	92
Figura 48 - 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.	96
Figura 49 - Valutazione del grado di integrità del DNA mediante Comet assay. Valori elevati della percentuale di DNA migrato corrispondono ad una maggiore entità del danno.	96
Figura 50 - 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.	97
Figura 51 - Reti da posta: composizione percentuale delle catture, espressa come n° individui/1000m/24h e kg/1000m/24h, dei principali gruppi tassonomici campionati nelle stazioni E22 P1-P4 e E22 PC.	99
Figura 52 - Rete a strascico: composizione percentuale delle catture, espressa come n° individui/km ² e kg/km ² , dei principali gruppi tassonomici campionati nelle stazioni E22 S1-S4 e E22 SC.	100
Figura 53 - Reti da posta: indici di densità e biomassa, stimati per le stazioni E22 P1-P4 e per la stazione E22 PC, per specie. Sono riportati i valori medi + la deviazione standard. In blu n° individui/1000m/24h, in azzurro kg/1000m/24h.	103
Figura 54 - Rete a strascico: indici di densità e biomassa, stimati per le stazioni E22 S1-S4 e per la stazione E22 SC, per specie. Sono riportati i valori medi + la deviazione standard. In blu n° individui/km ² , in azzurro chiaro kg/km ²	104
Figura 55 - Rete da posta: distribuzione taglia-frequenza del gattuccio (<i>Scyliorhinus canicula</i>). N° individui: 232 (E22 P1-P4); 39 (E22 PC).	105
Figura 56 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del sugarello (<i>Trachurus trachurus</i>). N° individui: 395 (E22 S1-S4); 660 (E22 SC).	105
Figura 57 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del nasello (<i>Merluccius merluccius</i>). N° individui: 647 (E22 S1-S4); 123 (E22 SC).	106
Figura 58 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza della triglia di fango (<i>Mullus barbatus</i>). N° individui: 351 (E22 S1-S4).	106
Figura 59 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del merluzzetto (<i>Trisopterus capelanus</i>). N° individui: 192 (E22 S1-S4); 38 (E22 SC).	107
Figura 60 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del sacchetto (<i>Serranus hepatus</i>). N° individui: 86 (E22 S1-S4); 22 (E22 SC).	107
Figura 61 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del pagello fragolino (<i>Pagellus erythrinus</i>). N° individui: 65 (E22 S1-S4).	107
Figura 62 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del gattuccio (<i>Scyliorhinus canicula</i>). N° individui: 113 (E22 S1-S4).	108
Figura 63 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del gambero bianco (<i>Parapenaeus longirostris</i>). N° individui: 825 (E22 S1-S4); 118 (E22 SC).	108
Figura 64 - Sono riportate le rotte percorse per il monitoraggio visivo, acustico e bioacustico condotte a partire da settembre 2022 (E22).	109
Figura 65 - Frame di registrazione del 09.10.2022.	110
Figura 66 - Andamento della temperatura media dal bianco (2012) all'estate 2022 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).	113
Figura 67 - Andamento della salinità media dal bianco (2012) all'estate 2022 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).	113

Figura 68 – Andamento del pH medio dal bianco (2012) all'estate 2022 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).	114
Figura 69 – Andamento della torbidità media dal bianco (2012) all'estate 2022 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).	114
Figura 70 – Andamento della percentuale di saturazione di ossigeno medio dal bianco (2012) all'estate 2022 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).	115
Figura 71 – Andamento della clorofilla a media dal bianco (2012) all'estate 2022 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).	115
Figura 72 – Andamento del potenziale di ossido-riduzione medio dal bianco (2012) all'estate 2022 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).	116
Figura 73 – 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.	117
Figura 74 - Relazione fra il log del rapporto fra le riflettanze a 443 nm e quelle a 555 nm ($R(443)/R(555)$) ed il log della concentrazione della chl-a. Sono riportati l'equazione della retta di regressione ed il coefficiente di determinazione R^2 . I simboli pieni rappresentano le stazioni più vicine al Terminale e quelli vuoti le stazioni lontane.	118
Figura 75 - Andamenti temporali delle concentrazioni della chl-a, medie per campagna delle 4 stazioni (MG6, MG7, MG12, MG13) più vicine al Terminale (100m) e della stazione a 2000 m (MG10); a) media 0-12,5 m; b) media 50-70 m.	119
Figura 76 - Variazione stagionale delle densità cellulari medie totali per campagna e dei diversi gruppi fitoplanctonici.	122
Figura 77 – Confronto dei valori di R dei pairwise tests nel confronto tra fase di bianco (B) e fase di esercizio estivo (E).	124
Figura 78 – Principali classi granulometriche nei sedimenti campionati durante la campagna di Bianco (E12) e nelle successive campagne estive (da E14, a E22).	126
Figura 79 – Risultati dell'Analsi delle Componenti Principali (PCA) relativa ai dati acquisti durante i periodi estivi (dal Bianco all'estate 2022). Prima dell'analisi i dati sono stati normalizzati. Per concentrare la varianza sono stati rimossi ghiai, silt, argilla, idrocarburi C<12.	128
Figura 80 – 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 dispesi nel plot.	131
Figura 81 – 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.	132
Figura 82 – 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.	134
Figura 83 – Analisi grafica dei residui per valutare le assunzioni di omogeneità e normalità dei residui nella analisi di regressione lineare multipla sulla ricchezza specifica (S).	135
Figura 84 – Piano di ordinamento delle 12 stazioni investigate ottenuto dal non-metric MultiDimensional Scaling (n-MDS), basato sul valore delle abbondanze medie dei taxa principali e similarità di Bray-Curtis, previa trasformazione logaritmica dei dati. Sono stati analizzati i dati acquisti nel corso di 19 campagne di prelievo, dal Bianco (B) all'Estate 2022 (E22).	137
Figura 85 – Piano di ordinamento delle 12 stazioni investigate ottenuto dal non-metric MultiDimensional Scaling (n-MDS), basato sul valore delle abbondanze medie dei taxa principali e similarità di Bray-Curtis, previa trasformazione logaritmica dei dati. Sono stati analizzati i dati acquisti nel corso di dieci campagne estive, dal Bianco (B) all'Estate 2022 (E22). Nel plot sono sovrapposti i label in base alle distanze delle stazioni dal Terminale (FSRU: vicine al Terminale, I: distanze intermedie, C: controlli).	138
Figura 86 - Variazione temporale del grado di frammentazione del DNA nelle cellule branchiali di mitilo (non significativa)	140
Figura 87 - Variazione temporale dell'integrità della membrana lisosomiale negli emociti di mitilo (non significativa).....	140
Figura 88 - Variazione temporale della frequenza di emociti nei filamenti branchiali (non significativa)	141
Figura 89 - Variazione temporale dell'indice di integrità del tessuto branchiale di mitilo (non significativa)	141
Figura 90 - Integrazione ponderata dei risultati dei biomarker mediante il programma Sediqualssoft, da cui emerge un impatto assente o moderato del Terminale nella quasi totalità delle campagne di monitoraggio effettuate.....	143
Figura 91 - Dati storici sulla presenza di cetacei risalenti agli anni 2000	150
Figura 92 - Avvistamenti a partire dalla campagna di Bianco (B12) fino al 9° anno (A21-I22-P22-E22).	152

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 - Concentrazioni (μM) dei nutrienti inorganici disciolti.....	17
Tabella 2 - Concentrazioni (mg/l) dei solidi sospesi (TSM).....	19
Tabella 3 - Assorbimento (m^{-1}) della CDOM alla lunghezza d'onda di 325 nm.....	20
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).....	21
Tabella 5 - Concentrazioni (mg/m^3) dei principali pigmenti diagnostici fitoplanctonici (acronimi a pagina 9).....	22
Tabella 6 - Concentrazione tensioattivi anionici e tensioattivi non ionici presenti nei campioni di acqua di mare lungo il profilo batimetrico (P22). Le profondità sono espresse in metri. I dati sono espressi in milligrammi/litro.....	24
Tabella 7 - Concentrazione dei cloroderivati nelle acque. I livelli indicano la profondità di prelievo del campione (P22).....	24
Tabella 8 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di acqua di mare lungo il profilo batimetrico (P21). I dati sono espressi in microgrammi/litro. In neretto (0,5 - 12,5 - 50 - 70) sono indicate le profondità di prelievo in metri.....	25
Tabella 9 - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di acqua superficiale (P22). I dati sono espressi in ufc/100 ml.....	25
Tabella 10 - Densità fitoplanctonica totale (cell/ml) e delle classi o gruppi identificati.....	26
Tabella 11 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni osservati (prelievo con Niskin).....	28
Tabella 12 - Lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative microscopiche.....	29
Tabella 13 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni osservati (prelievo con retino).....	30
Tabella 14 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni P22 MG6, P22 MG7, P22 MG10, P22 MG12 e P22 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13).....	31
Tabella 15 - Oloplancton. O.le=orizzontale, 50-0=campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100-50=campionamento verticale da 100 a 50 metri. * presente in almeno un sub-campione, ** presente solo nell'osservazione <i>in toto</i>	33
Tabella 16 - Biomassa: volumi di sedimentazione dell'oloplancton (espressi in ml). OR = campionamento orizzontale; 50-0 = campionamento verticale da 0 a 50 metri; 100-50: campionamento verticale da 100 a 50 metri.....	34
Tabella 17 - Meroplancton. O.le = orizzontale, 50-0 = campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100-50 = campionamento verticale da 100 a 50 metri. * presente in almeno un sub-campione, ** presente solo nell'osservazione <i>in toto</i> . La lista include specie determinate a fresco.....	34
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>	35
Tabella 19 - Lista delle specie macrobentoniche rinvenute nell'inverno (P22).....	36
Tabella 20 - Indici strutturali ($\pm\text{DS}$) relativi al popolamento macrobentonico. Numero di taxa (S), Numero di individui (N), Diversità specifica di Shannon-Weaver (H'), Ricchezza specifica di Margalef (d), Equitabilità di Pielou (J). MG6, MG7, MG12, MG13: stazioni a 100 m dal Terminale).....	39
Tabella 21 - Concentrazione dei metalli nei mitili. Dati relativi alla campagna P22 espressi in mg/kg. Sono riportati i dati riferiti sia alla sostanza secca (s.s.) sia al peso fresco (p.f.) in accordo alla prescrizione 13 delle Determinazioni 2990 DVA R.D.R 0000100.04-04-2017 e 3337 DVA R.D.R 0000277.28-09-2017.....	40
Tabella 22 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna P22, sono espressi in mg/kg.....	40
Tabella 23 - Concentrazione degli IPA e dei composti organostannici presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna P22, sono espressi in mg/kg.....	40
Tabella 24 - Concentrazione degli cloroderivati presenti nei campioni di mitili. I dati relativi alla campagna P22 sono espressi in $\mu\text{g/kg}$. Per il calcolo delle medie, nel caso di valori al di sotto del limite di quantificazione, è stata usata una concentrazione pari alla metà di quest'ultimo.....	41
Tabella 25 - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna P22, sono espressi in ufc/g.....	41
Tabella 26 - Analisi istologica. Lo score indica lo stato dell'epitelio branchiale secondo la seguente scala: 1, normale morfologia epitelio branchiale; 2, lieve riduzione dello spessore dell'epitelio branchiale e dello sviluppo delle ciglia; 3, marcata riduzione dello spessore dell'epitelio e delle ciglia; 4, erosione dell'epitelio branchiale e dello sviluppo ciliare; 5, destrutturazione dei filamenti con estesa erosione dell'epitelio branchiale ed assenza delle ciglia.....	43
Tabella 27 - Concentrazioni (μM) dei nutrienti inorganici disciolti.....	50
Tabella 28 - Concentrazioni (mg/l) dei solidi sospesi (TSM).....	52
Tabella 29 - Assorbimento (m^{-1}) della CDOM alla lunghezza d'onda di 325 nm.....	53
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).....	54
Tabella 31 - Concentrazioni (mg/m^3) dei principali pigmenti diagnostici fitoplanctonici (acronimi in Tabella 7).....	55
Tabella 32 - Concentrazione tensioattivi anionici e tensioattivi non ionici presenti nei campioni di acqua di mare lungo il profilo batimetrico. Le profondità sono espresse in metri. I dati sono espressi in milligrammi/litro.....	57
Tabella 33 - Concentrazione dei cloroderivati nelle acque. I livelli indicano la profondità di prelievo del campione.....	57
Tabella 34 - Risultati della ricerca di idrocarburi totali in acqua di mare lungo il profilo batimetrico. I dati sono espressi in microgrammi/litro. Le profondità di prelievo (0,5; 12,5; 50; 70) sono espresse in metri.....	58
Tabella 35 - Risultati delle analisi microbiologiche condotte nelle acque superficiali durante la stagione estiva. I dati sono espressi in ufc/100ml.....	59

Tabella 36 - Parametri registrati nell'acqua dei campioni testati con <i>V. fischeri</i> , <i>P. lividus</i> , <i>P. tricornutum</i> e <i>D. labrax</i> . Salinità (‰); Ossigeno disciolto (mg/l).	59
Tabella 37 - Risultati del test con il <i>V. fischeri</i> eseguito su campioni di acqua (incubazione 15', 30') prelevati a diverse profondità. EC20/50, max. effetto 15', max. effetto 30', espressi in %.	59
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 %.	60
Tabella 39 - Risultati del test con giovanili di <i>Dicentrarchus labrax</i> esposte a campioni di colonna d'acqua (72 h). Screening test su campioni tal quale (senza diluizioni). Il controllo è costituito da acqua di stabulazione. Volume 5000 ml, aerazione, % saturazione ossigeno disciolto >90%, pH range 8,06-8,12, salinità 38 ‰, temperatura 20,5±1 °C.	60
Tabella 40 - Risultati del test di embriotossicità (72 ore) con <i>P.lividus</i> e successiva stima della tossicità cronica.	61
Tabella 41 - Risultati del test eseguito con <i>A. tonsa</i> e stima della tossicità acuta.	62
Tabella 42 - Densità fitoplanctonica totale (cell/ml) e delle classi o gruppi identificati.	64
Tabella 43 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni osservati (prelievo con Niskin).	66
Tabella 44 - Lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative microscopiche.	67
Tabella 45 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni osservati (prelievo con retino).	68
Tabella 46 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni E22 MG6, E22 MG7, E22 MG10, E22 MG12 e E22 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13).	68
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>	72
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.	72
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.	73
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 <i>in toto</i>	74
Tabella 51 - Ripartizione delle principali classi granulometriche e relativa classificazione dei sedimenti. I dati sono espressi in percentuale.	75
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, DM 56/2009) 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.	75
Tabella 53 - Concentrazione dei contaminanti organici nei sedimenti campionati nell'estate 2022. Standard di Qualità (SQ D.M. 260/2010), e Limite Chimico di Riferimento Nazionale L1 e L2 (DM 173/2016) sono tutti espressi in mg/kg. In neretto i valori >SQ e L1, in rosso >L2.	76
Tabella 54 - Concentrazione dei composti cloro derivati nei sedimenti campionati nell'Estate 2022.	77
Tabella 55 - Risultati delle analisi microbiologiche condotte nei sedimenti durante la stagione estiva 2022. I dati sono espressi in MPN/g.	77
Tabella 56 - Parametri registrati negli elutriati da utilizzare per il saggio con <i>P. lividus</i>	78
Tabella 57 - Risultati del saggio biologico di embriotossicità (72ore) e successiva stima della tossicità cronica.	78
Tabella 58 - Parametri (chimico-fisici) dell'acqua sovrastante i sedimenti testati registrati all'inizio e al termine del test di tossicità con il <i>C.orientale</i>	79
Tabella 59 - Percentuali di mortalità degli organismi di <i>C. orientale</i> osservate nei sedimenti testati e successiva stima della tossicità cronica.	79
Tabella 60 - Percentuali di mortalità degli organismi di <i>C. orientale</i> osservate nei sedimenti testati e successiva stima della tossicità acuta (10gg).	79
Tabella 61 - Risultati del test con il <i>V. fischeri</i> su sedimento tal quale. R ² (%)=coeff. di determinazione; TU=unità tossiche; STI - sediment toxicity index. Pelite espressa in %.	80
Tabella 62 - Risultati del test con il <i>V. fischeri</i> eseguito su campioni di elutriato (incubazione 15', 30').	80
Tabella 63 - Lista delle specie macrobentoniche rinvenute nell'Estate (E22).	81
Tabella 64 - 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).	84
Tabella 65 - Struttura della comunità meiobentonica nelle stazioni E22 MG1, E22 MG2, E22 MG4, E22 MG6, E22 MG7, E22 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.	85
Tabella 66 - Struttura della comunità meiobentonica nelle stazioni E22 MG9, E22 MG10, E22 MG11, E22 MG12, E22 MG13, E22 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.	88

Tabella 67 - 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').	92
Tabella 68 - Struttura della comunità meiobentonica dell'area interessata dal posizionamento del terminale rigassificatore, incluse le stazioni di controllo. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo rinvenuto. L'abbondanza relativa (%) dei singoli taxa è stata calcolata in relazione alla densità totale.	93
Tabella 69 - Concentrazione dei metalli nei mitili. Dati relativi alla campagna E22 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.	94
Tabella 70 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna E22, sono espressi in mg/kg.	94
Tabella 71 - Concentrazione degli IPA e dei composti organostannici presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna E22, sono espressi in mg/kg.	94
Tabella 72 - Concentrazione degli cloroderivati presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna E22, sono espressi in μ g/kg.	95
Tabella 73 - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna E22, sono espressi in ufc/g.	96
Tabella 74 - 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.	97
Tabella 75 - Lista delle specie catturate con la rete a strascico e le reti da posta. Strascico: E22 S1-S4 = stazioni campionate in prossimità del terminale; E22 SC = stazione di controllo. Reti da posta: E22 P1-P4 = stazioni campionate in prossimità del terminale; E22 PC = stazione di controllo.	98
Tabella 76 - 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 E22 P1-P4 e nella stazione di controllo E22 PC. * = DS<0,05.	100
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 stazioni E22 S1-S4 e nella stazione di controllo E22 SC. * = DS<0,05.	101
Tabella 78 - Valori di p value in funzione della variabile (1 ^a colonna), della stagione (2 ^a colonna) e del fattore (ultime tre colonne). In grassetto i valori statisticamente significativi. Legenda: I = inverno, P = primavera, E = estate, A = autunno	112
Tabella 79 - 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). * 0,01<p<0,05; ** p<0,01	118
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). * 0,01<p<0,05; ** p<0,01	119
Tabella 81 - Output del modello GLM (Generalized Linear Model) applicato ai risultati delle analisi ecotossicologiche trattati come dati di Presenza-Assenza (0-1).	121
Tabella 82 - ANOVA ad un fattore per i fattori anno di campionamento, distanza dal Terminale, profondità di prelievo, sulle campagne estive (Bianco fino a E22). * 0,01<p<0,05; ** p<0,01	122
Tabella 83 - PAIRWISE test tra Bianco (B) e le campagne estive. R (globale) = 0,546, p = 0,0001. Sono indicati gli R (**p<0,0001).	122
Tabella 84 - Pairwise test di confronto tra fase di Bianco (B) e stagioni estive (E) dal 2014 al 2021. Valore di R del <i>global test</i> = 0,497. P = 0,001. * = 0,01<P<0,05; ** = P<0,01	125
Tabella 85 - 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.	127
Tabella 86 - Coefficienti delle combinazioni lineari degli assi. Matrice sedimenti con dati abiotici (normalizzati). Dati dal Bianco all'E22.	127
Tabella 87 - Risultati complessivi dei test ecotossicologici condotti dal Bianco all'Estate 2022. A = tossicità Assente; B = tossicità Bassa; M = tossicità Media. Le stazioni MG6, MG7, MG12, MG13 sono quelle in prossimità del Terminale.	129
Tabella 88 - Risultati dei test ecotossicologici condotti durante l'estate 2022 con <i>C. orientale</i> (cronico) e <i>Vibrio fischeri</i> (fase solida) messi a confronto con <i>C. orientale</i> (acuto) e <i>Vibrio fischeri</i> (fase liquida) A = tossicità Assente; B = tossicità Bassa; M = tossicità Media. Le stazioni MG6, MG7, MG12, MG13 sono quelle in prossimità del Terminale.	129
Tabella 89 - Classificazione del pericolo ecotossicologico eseguita tramite SediQualSoft 109.0®. Bianco=Assente, Cleste=Basso secondo il DM 173/16.	129
Tabella 90 - 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%.	132
Tabella 91 - Risultati della PERMANOVA. S (Sito) random 4 livelli gerarchizzato in D, T (Tempo) random 8 livelli; D (Distanza) 3 livelli fisso. I dati significativi sono indicati in neretto.	133
Tabella 92 - Risultati della analisi di regressione lineare multipla sull'indice di biodiversità di Shannon.	133
Tabella 93 - Risultati della analisi di regressione lineare multipla sull'indice di ricchezza specifica (D).	134
Tabella 94 - Risultati della PERMANOVA (Permutational Multivariate Analysis of Variance). T: Tempo, D: Distanza, S: Sito. I dati significativi sono indicati in neretto.	138
Tabella 95 - <i>Mullus barbatus</i> : coefficienti stimati attraverso analisi con modello GAM. EDF = Gradi di libertà della funzione di smoothing.	144
Tabella 96 - <i>Merluccius merluccius</i> : coefficienti stimati attraverso analisi con modello GAM. EDF = Gradi di libertà della funzione di smoothing.	144

Tabella 97 – <i>Parapenaeus longirostris</i> : coefficienti stimati attraverso analisi con modello GAM. EDF = Gradi di libertà della funzione di smoothing.	145
Tabella 98 – <i>Scylliorhinus canicula</i> : coefficienti stimati attraverso analisi con modello GAM. EDF = Gradi di libertà della funzione di smoothing.	145
Tabella 99 – Pesci Ossei: coefficienti stimati attraverso analisi con modello GAM. EDF = Gradi di libertà della funzione di smoothing.	146
Tabella 100 – Pesci Cartilaginei: coefficienti stimati attraverso analisi con modello GAM. EDF = Gradi di libertà della funzione di smoothing.	146
Tabella 101 – Molluschi Cefalopodi: coefficienti stimati attraverso analisi con modello GAM. EDF = Gradi di libertà della funzione di smoothing.	147
Tabella 102 – Crostacei Decapodi: coefficienti stimati attraverso analisi con modello GAM. EDF = Gradi di libertà della funzione di smoothing.	147
Tabella 103 – Indice di biodiversità di Shannon H': coefficienti stimati attraverso analisi con modello GAM. EDF = Gradi di libertà della funzione di smoothing.	148
Tabella 104 – Ricchezza specifica S: coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla.	148
Tabella 105 – <i>Scylliorhinus canicula</i> : coefficienti stimati attraverso analisi con modello GAM. EDF = Gradi di libertà della funzione di smoothing.	149
Tabella 106 – <i>Raja clavata</i> : coefficienti stimati attraverso analisi con modello GAM. EDF = Gradi di libertà della funzione di smoothing.	149
Tabella 107 – Tabella riassuntiva dei risultati con approccio "Traffic light".....	150
Tabella 108 - Tabella riassuntiva avvistamenti.....	152

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 IX 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 digitale omnidirezionale Aguattech Smid Technology e sonda CTD



VOLUME II



1 RISULTATI SURVEY PRIMAVERA 2022

1.1 COLONNA D'ACQUA

1.1.1 Profili idrologici

Nel survey condotto in primavera 2022, si evidenzia l'iniziale formazione del termoclino con valori superficiali di **temperatura** (Figura 1) intorno a 23,3°C che diminuiscono rapidamente fino ad arrivare a valori intorno a 14°C alla profondità di 90 m per poi mantenersi pressoché costanti fino al fondo.

La **salinità** presenta valori più o meno omogenei dalla superficie al fondo con valori compresi fra 38 e 38.18 ppt.

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

La **torbidità** presenta bassi valori (0.6 NTU) dalla superficie a 100 m per poi aumentare leggeremnte fino ad arrivare a 2 NTU sul fondo .

I profili di **ossigeno** disciolto (

Figura 2) mostrano una graduale diminuzione dalla superficie (valori che oscillano tra 100% e 107%) al fondo (valori intorno a 80%). I profili di **clorofilla** presentano valori molto bassi prossimi allo zero in superficie che aumentano fino a 0.36 µg/l in uno strato d'acqua compreso fra 40 m e 70 m per poi diminuire fino a 0,1 µg/l sul fondo. I profili di **ORP** risultano omogenei dalla superficie al fondo con valori intorno a 213mV.

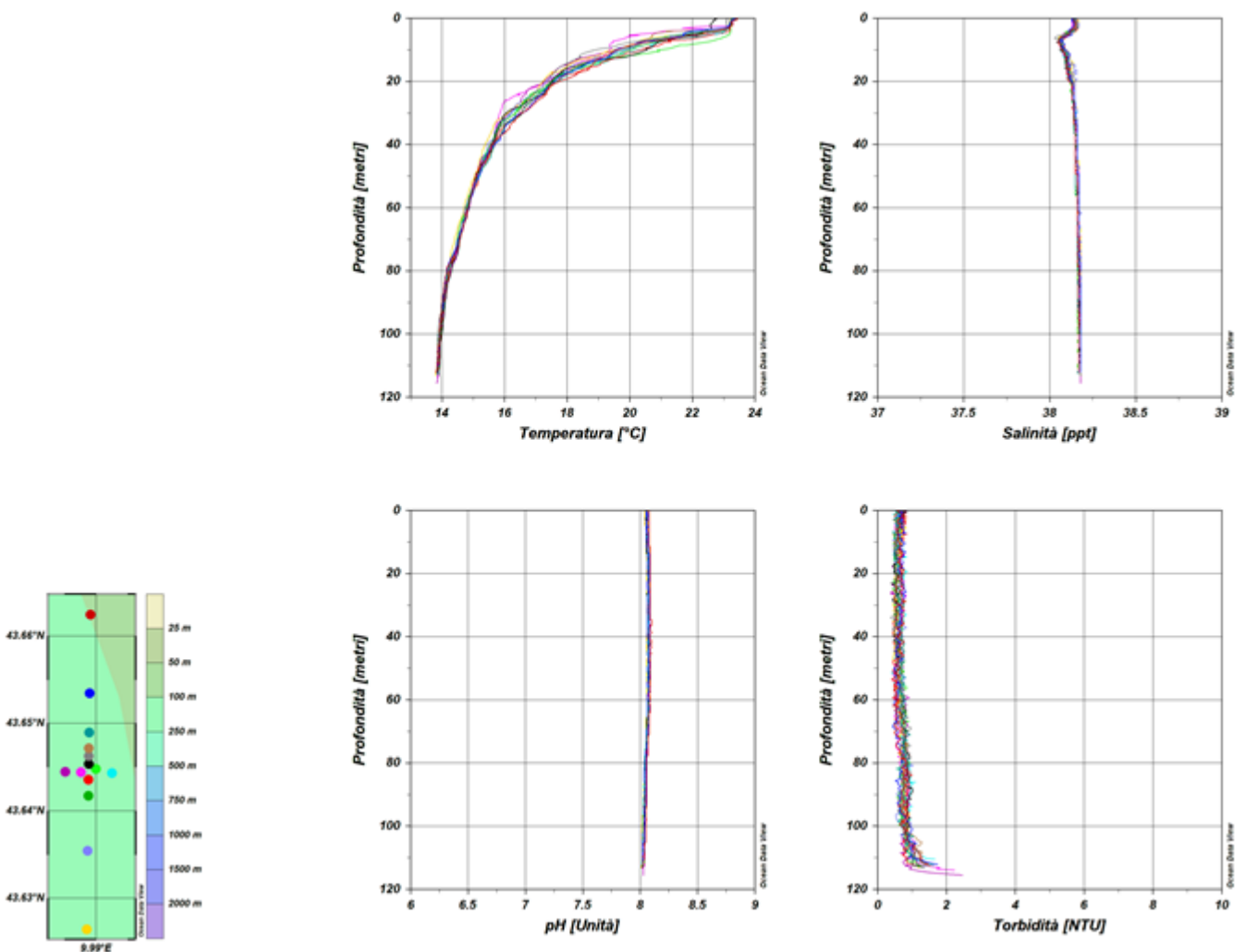


Figura 1 – Profili di temperatura (°C), salinità (ppt), pH e torbidità (NTU); survey primavera 2022.

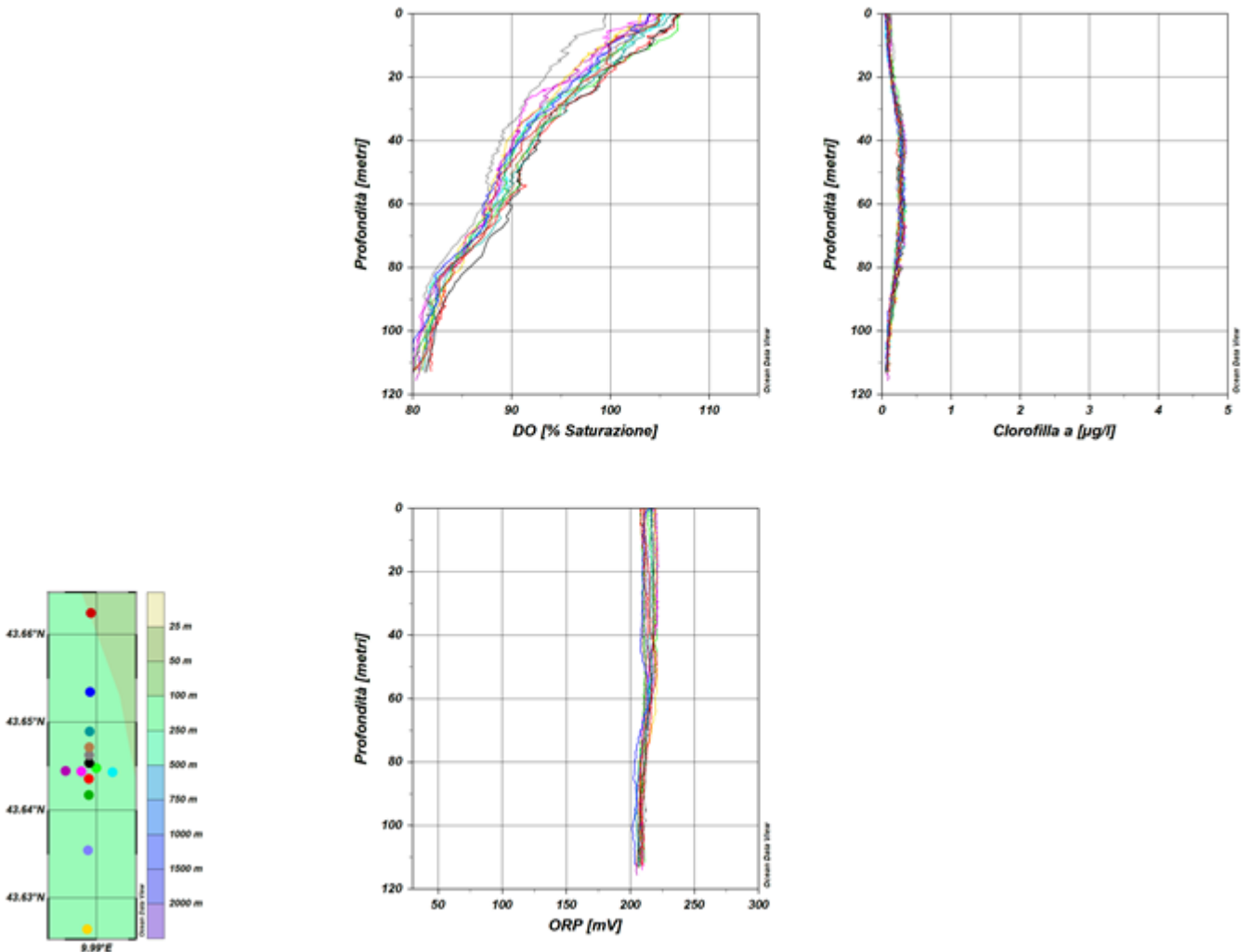


Figura 2 – Profili di ossigeno disciolto (% saturazione), clorofilla ($\mu\text{g/l}$), e potenziale di ossidoriduzione (mV); survey primavera 2022.

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 P22 MG7 e P22 MG10. La profondità della zona eufotica (Z_{eu}) è 77 m in P22 MG7 e 73 m in P22 MG10. In generale Z_{eu} ha mostrato una variazione limitata compresa tra 73 m (P22 MG10) e 77 m (P22 MG3, P22 MG7).

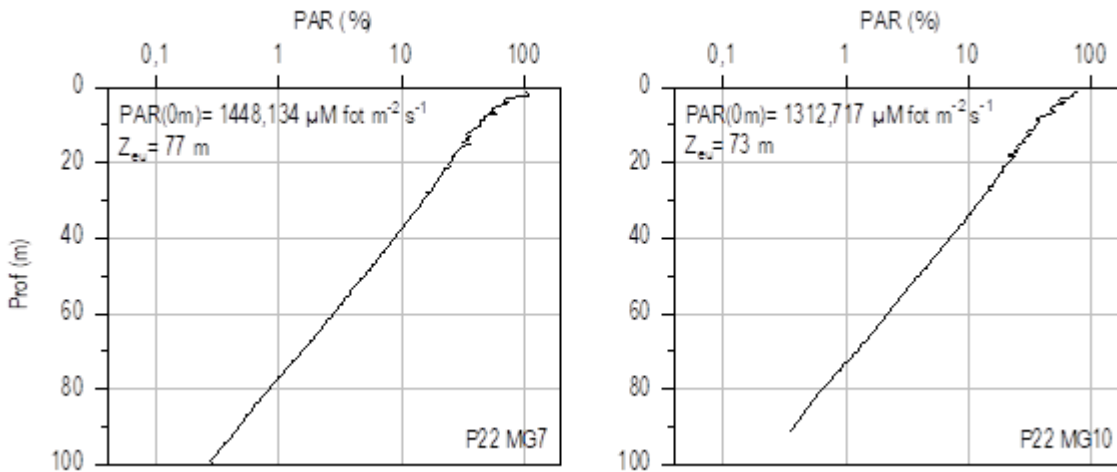


Figura 3 - Profilo del rapporto fra l'irradianza quantica PAR (Photosynthetic Available Radiation) disponibile alle varie profondità con quella contemporanea in superficie, PAR (0 m), nelle stazioni P21 MG7 e P21 MG10. Dati relativi alla Primavera 2022.

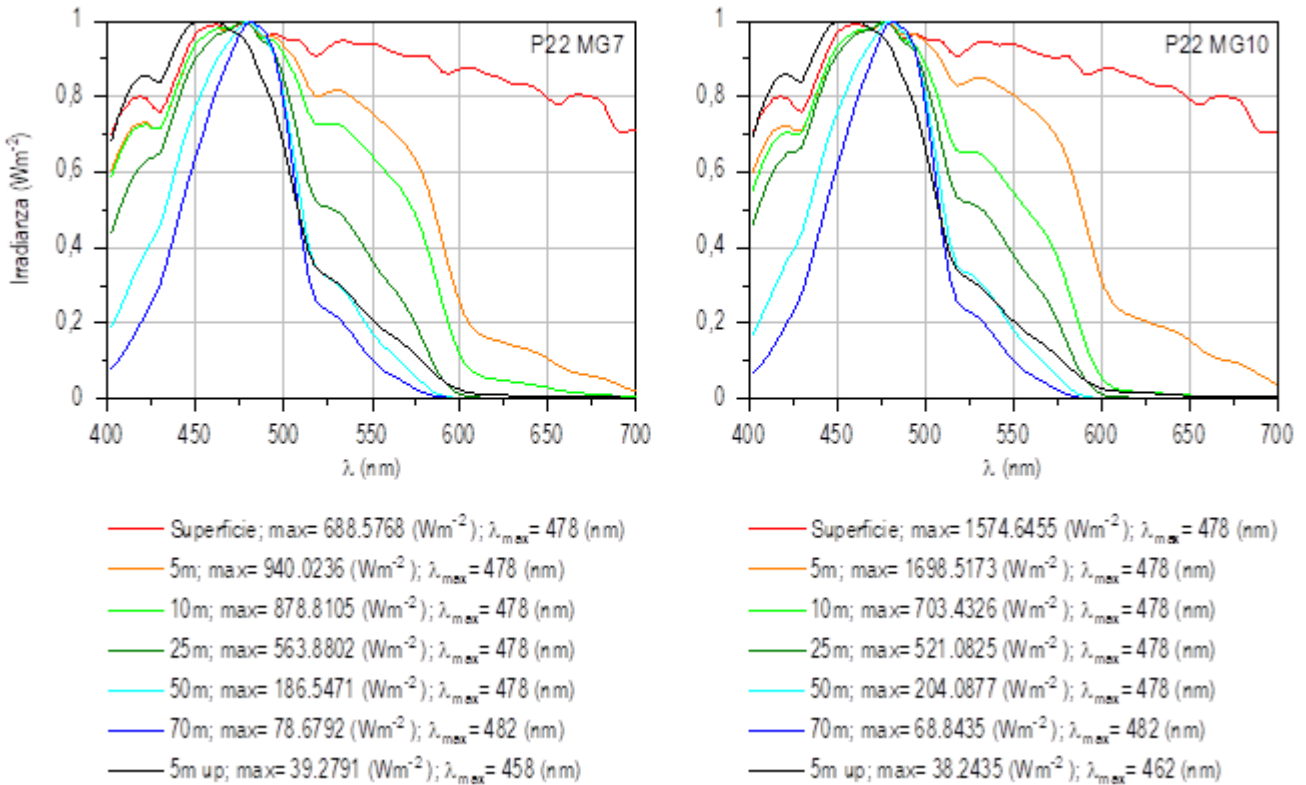


Figura 4 - Irradianza spettrale discendente superficiale e subacquea alle profondità indicate. E' inoltre riportata la irradianza spettrale ascendente a 5 m (5m up). Ogni spettro è stato normalizzato per il proprio massimo ($E_{max}(\lambda)$) riportato nella legenda insieme con la lunghezza d'onda dove si colloca (λ_{max}). Dati relativi alla Primavera 2022.

In **Figura 4** sono riportati gli spettri della irradianza discendente tra 400 e 700 nm in superficie e alle varie profondità insieme con quelli dell'irradianza ascendente a 5 m, tutti normalizzati per i loro massimi, in P22 MG7 e P22 MG10. I massimi (λ_{max}) degli spettri dell'irradianza discendente si collocano nel range di lunghezze d'onda comprese fra 458 e 482 nm. La radiazione che raggiunge la maggior profondità, ovvero quella più penetrante (λ_{max} a 70 m), si trova a 482 nm sia alla P22 MG7 che alla P22 MG10.

1.1.2 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche

Nutrienti inorganici disciolti

In **Tabella 1** sono riportate le concentrazioni di silicati (SiO_2), ortofosfati (PO_4), nitriti (NO_2) e nitrati (NO_3), nelle 8 stazioni campionate. Le concentrazioni dei nutrienti sono in generale comparabili con quelle rilevate nella medesima stagione degli anni precedenti. In figura **Figura 25** vengono riportati i profili batimetrici dei nutrienti inorganici disciolti.

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
P22 MG3	0,5	1,123	0,069	<0,03	0,111	P22 MG9	0,5	0,623	0,076	<0,03	0,195
	12,5	0,726	0,053	<0,03	0,181		12,5	0,638	0,076	<0,03	0,086
	50	0,990	0,050	<0,03	0,081		50	1,074	0,115	<0,03	0,164
	70	0,658	0,079	0,033	0,051		70	0,645	0,084	0,049	0,154
P22 MG5	0,5	0,945	0,043	<0,03	0,087	P22 MG10	0,5	0,515	0,053	<0,03	0,045
	12,5	0,653	0,059	<0,03	0,085		12,5	0,591	0,080	0,047	0,169
	50	0,901	0,039	<0,03	0,058		50	0,901	0,077	<0,03	0,110
	70	0,840	0,081	0,052	0,067		70	0,725	0,073	0,041	0,202
P22 MG6	0,5	0,650	0,044	<0,03	0,368	P22 MG12	0,5	0,991	0,059	0,087	0,127
	12,5	0,697	0,044	<0,03	0,179		12,5	0,691	0,079	0,043	0,176
	50	1,149	0,054	<0,03	0,077		50	1,155	0,138	0,044	0,159
	70	0,846	0,044	0,052	0,182		70	0,946	0,081	0,075	0,107
P22 MG7	0,5	0,659	0,064	0,035	0,098	P22 MG13	0,5	0,787	0,069	<0,03	0,318
	12,5	0,538	0,063	<0,03	0,194		12,5	0,449	0,088	0,047	0,168
	50	0,978	0,055	0,042	0,054		50	0,853	0,062	0,058	0,203
	70	0,667	0,043	0,030	0,057		70	0,488	0,091	<0,03	0,194

Per i silicati si ha una condizione piuttosto comparabile tra tutte le stazioni con massimi raggiunti a 50 m, ad eccezione che nelle stazioni P22 MG3 e P22 MG5 caratterizzate da concentrazioni massime a 0,5 m, pur mantenendo valori alti anche a 50 m; i minimi, invece si ritrovano prevalentemente nello strato superficiale (0,5-12,5 m), ad eccezione che in P22 MG3 dove i valori più bassi si hanno a 70 m (**Tabella 1**). In media le concentrazioni dei silicati sono di $0,784 \mu\text{M}$ e variano in un range compreso tra $0,449 \mu\text{M}$ in P22 MG13 12,5 m e $1,155 \mu\text{M}$ in P22 MG12 50 m.

Per quanto riguarda i fosfati, la maggior parte delle stazioni hanno massimi compresi tra 50 e 70 m mentre solo P22 MG7 e P22 MG10 presentano massimi superficiali, rispettivamente a 0,5 m e a 12,5 m. I minimi invece si collocano a diverse profondità, prevalentemente a 0,5 m e a 50 m (**Figura 25**). La concentrazione dei fosfati è in media $0,068 \mu\text{M}$, con minimi di $0,039 \mu\text{M}$ in P22 MG5 50 m e massimi di $0,138 \mu\text{M}$ in P22 MG12 50 m (**Tabella 1**).

I nitriti presentano una distribuzione verticale con massimi prevalentemente nello strato profondo (50-70 m), ad eccezione di P22 MG10 e P22 MG12 rispettivamente con massimi a 12,5 m e 0,5 m, e minimi che variano tra lo strato superficiale 0,5- 12,5 m (P22 MG3, P22 MG5, P22 MG7, P22 MG10, P22 MG12 e P22 MG13) e i 50 m (P22 MG3, P22 MG6 e P22 MG9). Le concentrazioni sono in media $0,033 \mu\text{M}$, variando tra un minimo di $0,007 \mu\text{M}$ in P22 MG3 12,5 m e un massimo di $0,087 \mu\text{M}$ in P22 MG12 0,5 m (**Tabella 1**).

I profili batimetrici dei nitrati (**Figura 25**) mostrano una distribuzione verticale con massimi compresi tra 0,5 e 12,5 m e minimi individuati prevalentemente nello strato profondo (50-70 m), al contrario P22 MG10 presenta il suo valore più alto a 70 m e minimo superficiale. In media le concentrazioni sono $0,141 \mu\text{M}$ con un range di variazione tra $0,045 \mu\text{M}$ in P22 MG10 0,5 m e $0,368 \mu\text{M}$ in P22 MG6 0,5 m (**Tabella 1**).

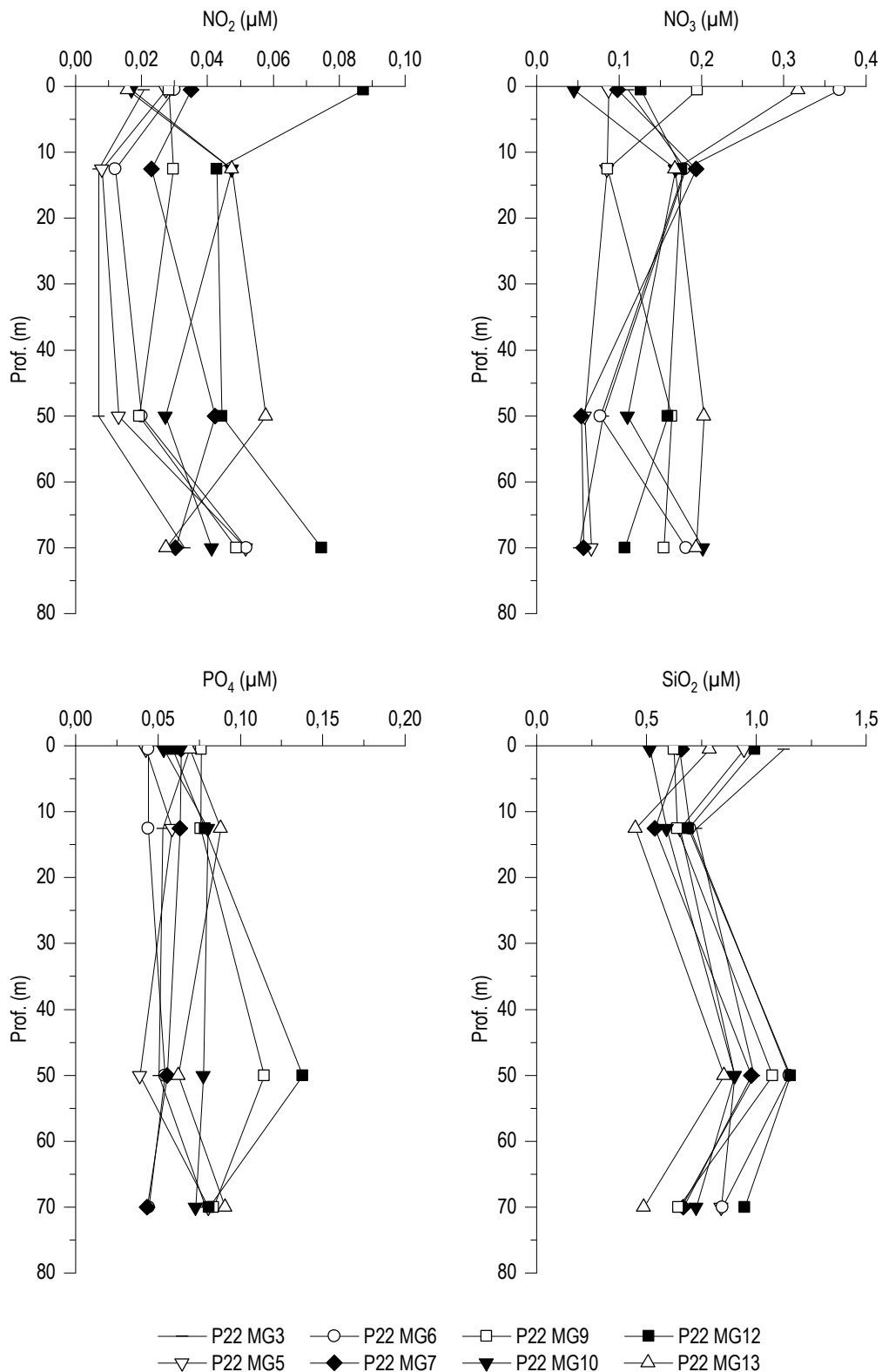


Figura 5 - Profili delle concentrazioni (μM) dei nutrienti inorganici disciolti: NO_2 (nitriti), NO_3 (nitrati), PO_4 (fosfati), SiO_2 (silicati).

Solidi sospesi (Total Suspended Matter)

Le concentrazioni di TSM in tutte le stazioni sono riportate in **Tabella 2**. Il valore medio generale è 0,842 mg/l ($\pm 0,4$), il minimo è 0,365 mg/l in P22 MG9 in superficie ed il massimo è 2,633 mg/l in P22 MG9 a 70 m.

Tabella 2 - Concentrazioni (mg/l) dei solidi sospesi (TSM).				
Prof. m	Stazione	TSM (mg/l)	Stazione	TSM (mg/l)
0,5	P22 MG3	0,5983	P22 MG9	0,3650
12,5		0,9695		0,8543
50		0,6030		0,7228
70		0,8325		2,6335
0,5	P22 MG5	0,5747	P22 MG10	0,6430
12,5		0,6435		1,1613
50		0,5013		0,7583
70		0,5633		0,6563
0,5	P22 MG6	0,6733	P22 MG12	0,7897
12,5		0,7085		0,8743
50		0,5213		0,7882
70		0,7648		0,8488
0,5	P22 MG7	0,6138	P22 MG13	1,2273
12,5		0,6958		1,3598
50		0,9077		1,1560
70		0,6733		1,2698

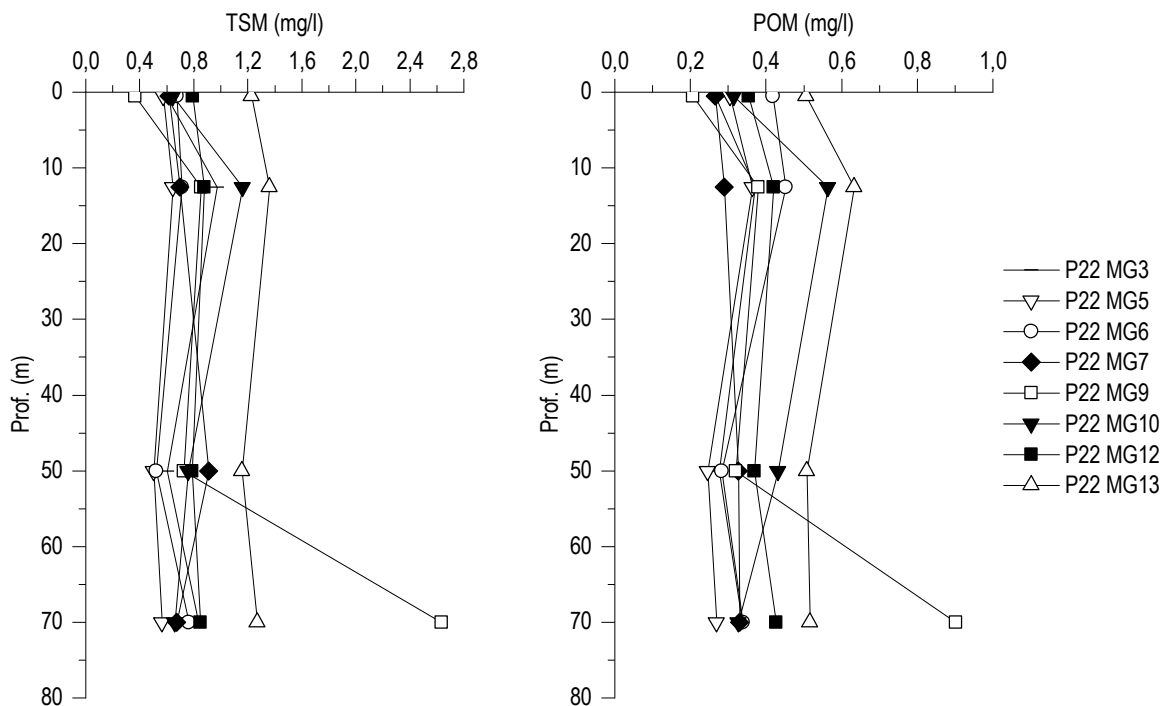


Figura 6 - Profili delle concentrazioni (mg/l) dei solidi sospesi (TSM) e delle concentrazioni di particolato organico (POM). Dati relativi alla Primavera 2022.

I profili batimetrici di TSM (Figura 6) mostrano nella maggior parte delle stazioni concentrazioni simili lungo la colonna d'acqua, solo P22 MG13 ha concentrazioni più alte rispetto alle altre lungo tutta la colonna d'acqua. In un gruppo di stazioni i minimi si trovano in superficie (P22 MG3, P22 MG7, P22 MG9 e P22 MG10) mentre nelle restanti stazioni sono a 50 m (P22 MG5 e P22 MG6, P22 MG12 e P22 MG13). I massimi si trovano prevalentemente a 12,5 m ad eccezione di P22 MG7 che ha il massimo a 50 m e di P22 MG6 e P22 MG9 che presentano il massimo a 70 m. La concentrazione della frazione organica del TSM (POM) è in media 0,385 mg/l (+ 0,14) con minimo di 0,206 mg/l in P22 MG9 a 0,5 m e massimo di 0,903 mg/l alla stessa stazione a 70 m. I profili batimetrici del POM (Figura 6) nelle varie stazioni presentano

concentrazioni minime in superficie (P22 MG5 e P22 MG6 hanno il minimo a 50 m) e concentrazioni massime a 12,5 m tranne in P22 MG7, P22 MG9 e P22 MG12 dove il massimo è a 70 m. La frazione organica particellata rappresenta in media il 47,34 % del TSM con minimo di 34,27 % in P22 MG9 a 70 m e massimo di 63,81% in P22 MG6 a 12,5 m.

Sostanza Organica Disciolta Cromoforica (CDOM)

Gli assorbimenti della CDOM a 325 nm $a_{CDOM}(325)$ sono in media $0,248 \text{ m}^{-1}$ ($\pm 0,06$) e variano da un minimo di $0,158 \text{ m}^{-1}$ in P22 MG10 a 12,5 m ad un massimo di $0,352 \text{ m}^{-1}$ in P22 MG9 a 50 m (Tabella 3). I profili batimetrici (Figura 7) sono molto simili tra le varie stazioni con valori minimi tra la superficie e 12,5 m e massimi a 50 m. La stazione P22 MG6, pur mantenendo lo stesso andamento descritto, mostra concentrazioni più alte rispetto alle altre sia in superficie che a 12,5 m.

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	P22 MG3	0,1927	P22 MG9	0,1766
12,5		0,1828		0,1709
50		0,3434		0,3521
70		0,2798		0,2631
0,5	P22 MG5	0,1876	P22 MG10	0,2042
12,5		0,1628		0,1576
50		0,3242		0,3133
70		0,2782		0,2905
0,5	P22 MG6	0,2596	P22 MG12	0,1829
12,5		0,2529		0,1916
50		0,3221		0,3173
70		0,2812		0,3164
0,5	P22 MG7	0,1980	P22 MG13	0,1614
12,5		0,1871		0,1883
50		0,3273		0,3186
70		0,2928		0,2679

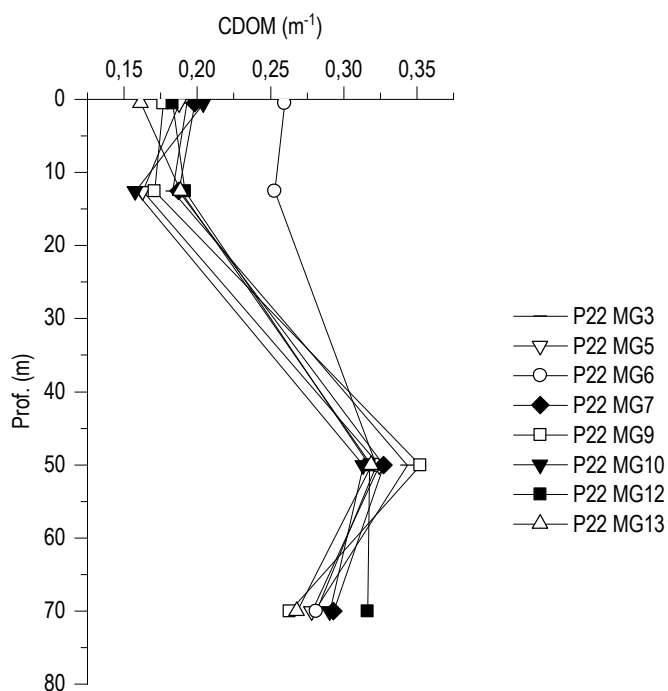


Figura 7 - Profili degli assorbimenti (m^{-1}) della CDOM a 325 nm ($a_{CDOM}(325) \text{ m}^{-1}$). Dati relativi alla Primavera 2022.

Clorofilla a e diversità pigmentaria

La concentrazione di clorofilla a è in media 0,105 mg/m³ (dev. st. = ± 0,05) e mostra un range di variazione compreso tra 0,039 mg/m³ in P22 MG9 in superficie e 0,233 mg/m³ in P22 MG5 a 70 m (**Tabella 4**). I profili batimetrici delle concentrazioni di Chl a lungo la colonna d'acqua sono simili (**Figura 8**), mostrano prevalentemente minimi a 12,5 m tranne P22 MG6 con minimo a 50 m e P22 MG9 con minimo a 0,5 m. Le concentrazioni massime in tutte le stazioni si raggiungono a 70 m.

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	P22 MG3	0,0766	P22 MG9	0,0387
12,5		0,0743		0,0670
50		0,0750		0,0903
70		0,2049		0,1925
0,5	P22 MG5	0,0798	P22 MG10	0,0806
12,5		0,0737		0,0472
50		0,0745		0,0874
70		0,2332		0,1546
0,5	P22 MG6	0,0778	P22 MG12	0,0941
12,5		0,0792		0,0622
50		0,0685		0,1031
70		0,1815		0,1801
0,5	P22 MG7	0,1046	P22 MG13	0,1065
12,5		0,0710		0,0838
50		0,0728		0,0945
70		0,2009		0,1408

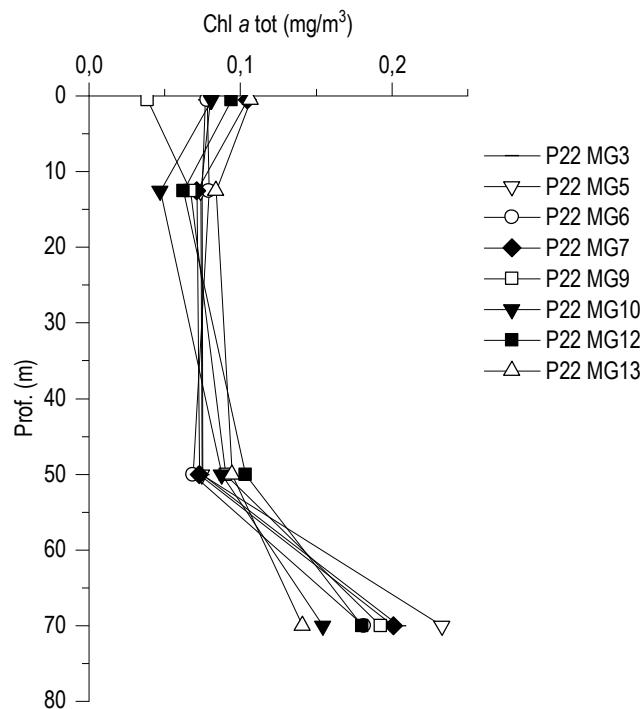


Figura 8 - Profili delle concentrazioni (mg/m³) di clorofilla a tot. Dati relativi alla Primavera 2022.

Le concentrazioni dei nove pigmenti diagnostici principali sono riportate in **Tabella 5**. Il pigmento a maggiore concentrazione media (mg/m^3) è Hex-Fuco (media 0,039, dev. st. = $\pm 0,02$), seguono Chl *b* (media 0,027, dev. st. = $\pm 0,007$), Zea (media 0,02, dev. st. = $\pm 0,006$), Perid (media 0,011, dev. st. = $\pm 0,001$), But-Fuco (media 0,009, dev. st. = $\pm 0,005$), Fuco (media 0,007, dev. st. = $\pm 0,005$), DVA (media 0,003, dev. st. = $\pm 0,003$), Prasino (media 0,023, dev. st. = $\pm 0,001$), e Allo (media 0,0006, dev. st. = $\pm 0,0006$).

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

Tabella 5 - Concentrazioni (mg/m^3) dei principali pigmenti diagnostici fitoplanctonici (acronimi a pagina 9).										
Stazione	Prof.m	Fuco	Perid	Hex-Fuco	But-Fuco	Prasino	Allo	Zea	DVA	Chl b
P22 MG3	0,5	0,0074	0,0114	0,0267	0,0078	0,0014	0,0001	0,0225	0,0000	0,0187
	12,5	0,0056	0,0111	0,0248	0,0065	0,0018	0,0003	0,0223	0,0000	0,0142
	50	0,0041	0,0102	0,0260	0,0065	0,0013	0,0004	0,0172	0,0058	0,0245
	70	0,0210	0,0100	0,0869	0,0212	0,0062	0,0017	0,0292	0,0076	0,0367
P22 MG5	0,5	0,0063	0,0114	0,0217	0,0059	0,0014	0,0008	0,0296	0,0000	0,0184
	12,5	0,0049	0,0101	0,0228	0,0054	0,0010	0,0000	0,0266	0,0000	0,0226
	50	0,0049	0,0102	0,0277	0,0057	0,0016	0,0003	0,0146	0,0049	0,0212
	70	0,0214	0,0151	0,0920	0,0218	0,0059	0,0020	0,0388	0,0060	0,0382
P22 MG6	0,5	0,0059	0,0104	0,0206	0,0063	0,0015	0,0000	0,0277	0,0000	0,0178
	12,5	0,0049	0,0104	0,0206	0,0070	0,0008	0,0000	0,0194	0,0000	0,0194
	50	0,0055	0,0105	0,0270	0,0072	0,0019	0,0000	0,0127	0,0018	0,0212
	70	0,0149	0,0091	0,0685	0,0200	0,0034	0,0013	0,0314	0,0061	0,0370
P22 MG7	0,5	0,0060	0,0137	0,0390	0,0122	0,0028	0,0000	0,0181	0,0000	0,0279
	12,5	0,0039	0,0138	0,0294	0,0055	0,0018	0,0000	0,0140	0,0000	0,0246
	50	0,0034	0,0132	0,0280	0,0052	0,0016	0,0003	0,0151	0,0028	0,0256
	70	0,0137	0,0135	0,0919	0,0150	0,0039	0,0017	0,0313	0,0076	0,0471
P22 MG9	0,5	0,0021	0,0103	0,0132	0,0025	0,0004	0,0001	0,0090	0,0000	0,0227
	12,5	0,0038	0,0105	0,0263	0,0040	0,0000	0,0000	0,0158	0,0000	0,0290
	50	0,0044	0,0108	0,0339	0,0069	0,0022	0,0007	0,0136	0,0032	0,0315
	70	0,0137	0,0108	0,0841	0,0149	0,0041	0,0012	0,0246	0,0121	0,0432
P22 MG10	0,5	0,0047	0,0127	0,0312	0,0059	0,0016	0,0003	0,0206	0,0000	0,0236
	12,5	0,0017	0,0144	0,0168	0,0021	0,0016	0,0000	0,0170	0,0000	0,0259
	50	0,0038	0,0132	0,0314	0,0054	0,0023	0,0011	0,0178	0,0029	0,0278
	70	0,0116	0,0137	0,0570	0,0131	0,0047	0,0010	0,0253	0,0056	0,0365
P22 MG12	0,5	0,0056	0,0106	0,0349	0,0151	0,0023	0,0000	0,0146	0,0000	0,0222
	12,5	0,0030	0,0113	0,0227	0,0053	0,0007	0,0000	0,0148	0,0000	0,0172
	50	0,0087	0,0111	0,0361	0,0074	0,0022	0,0013	0,0146	0,0019	0,0282
	70	0,0247	0,0099	0,0585	0,0177	0,0035	0,0012	0,0223	0,0059	0,0337
P22 MG13	0,5	0,0055	0,0101	0,0349	0,0133	0,0023	0,0007	0,0188	0,0000	0,0293
	12,5	0,0045	0,0113	0,0300	0,0085	0,0012	0,0009	0,0170	0,0000	0,0198
	50	0,0041	0,0103	0,0313	0,0073	0,0022	0,0003	0,0162	0,0066	0,0269
	70	0,0107	0,0101	0,0480	0,0146	0,0026	0,0005	0,0223	0,0059	0,0353

In percentuale i pigmenti più abbondanti sono: Hex-Fuco, pigmento diagnostico dei coccolitofori, con il 30,6%, Chl *b*, pigmento diagnostico delle Chlorophyta, che costituisce in media circa il 23,54% della diversità pigmentaria, Zea (Cyanobatteri *Synechococcus*-like) con il 17,87%, Perid in media il 10,64%, But-Fuco con il 7,52%, Fuco in media il 5,84%, DVA (Cyanobatteri *Prochlorococcus*-like), con l'1,84%, Prasino in media l'1,76%, e Allo che presenta un contributo inferiore all' 1%. La somma dei due pigmenti Zea (Cyanobatteri *Synechococcus*-like) e DVA (Cyanobatteri *Prochlorococcus*-like) ci da una stima della componente picoplanctonica che in P22 rappresenta mediamente il 19,71% del popolamento con percentuali di entrambi i pigmenti simili lungo tutta la colonna d'acqua.

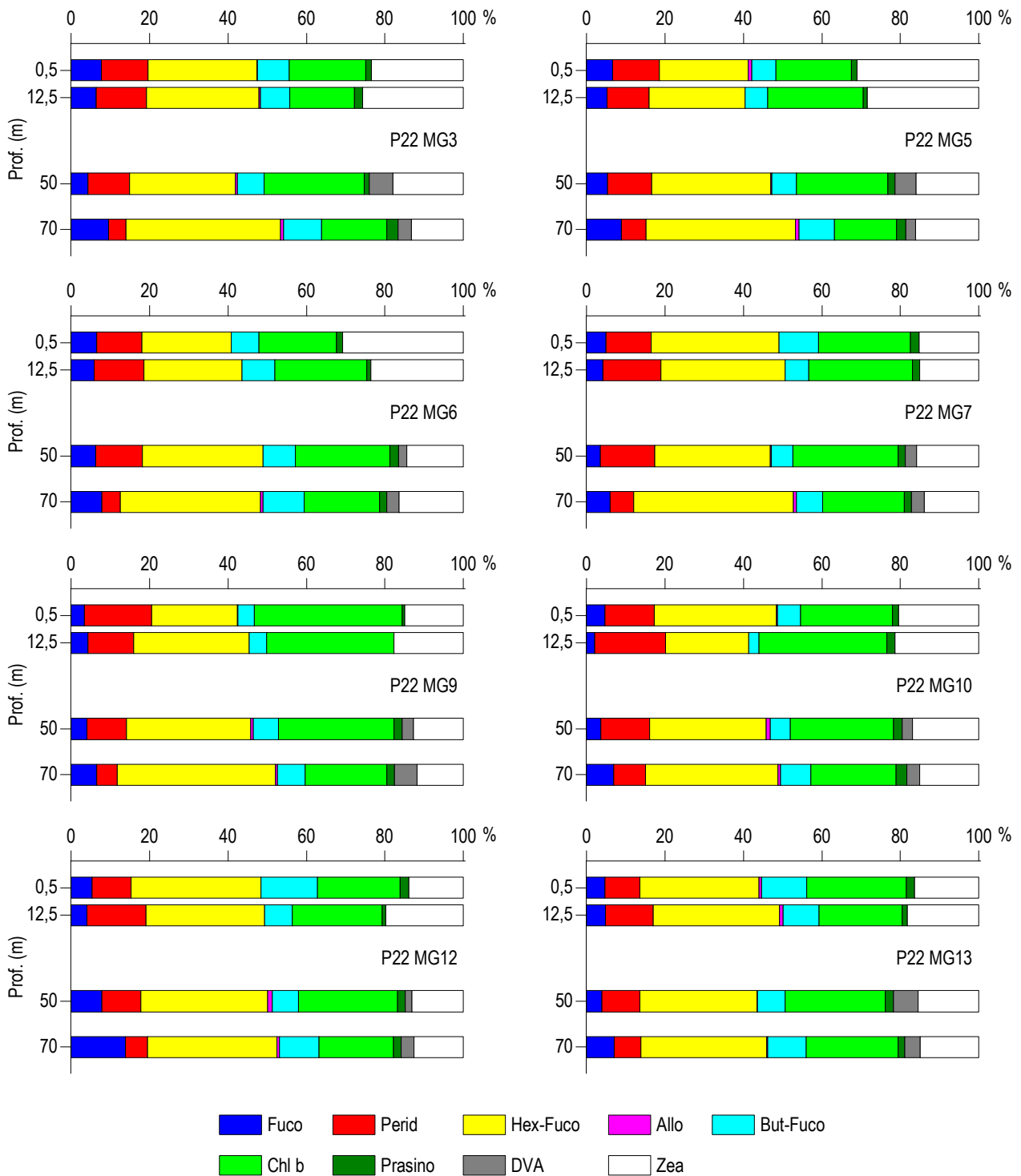


Figura 9 – Concentrazione relativa dei singoli pigmenti diagnostici in rapporto al totale delle concentrazioni dei nove Pigmenti Diagnostici (PD= Fuco+Perid+Hex-Fuco+But-Fuco+Allo+Prasino+Chlb+DVA+Zea). Dati relativi alla Primavera 2022.

Tensioattivi

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

Tabella 6 - Concentrazione tensioattivi anionici e tensioattivi non ionici presenti nei campioni di acqua di mare lungo il profilo batimetrico (P22). Le profondità sono espresse in metri. I dati sono espressi in milligrammi/litro.

Profondità	P22 MG3				P22 MG5				P22 MG6				P22 MG7			
	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70
tensioattivi anionici	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
tensioattivi non ionici	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03

Profondità	P22 MG9				P22 MG10				P22 MG12				P22 MG13			
	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70
tensioattivi anionici	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
tensioattivi non ionici	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03

Cloroderivati

Questi composti non sono stati rilevati (Tabella 7).

Tabella 7 - Concentrazione dei cloroderivati nelle acque. I livelli indicano la profondità di prelievo del campione (P22).

Profondità (m)	P22 MG3				P22 MG5				P22 MG6				P22 MG7			
	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70
Acidi aloacetici (µg/l)																
Dalapon	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Dibromoacetico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Tribromoacetico	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Acido Monobromoacetico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Bromodichloroacetico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Bromocloroacetico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Dichloroacetico	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Acido Tricloroacetico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Monocloroacetico	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Acido Clorodibromoacetico	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Aloacetoneitrili (µg/l)																
Dibromoacetoneitrile	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Dicloroacetoneitrile	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Tricloroacetoneitrile	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
1,1,1-Tricloro-2-Propanone	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
1,1-Dicloro-2-Propanone	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Cloropicrina	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Alometani e VOC (µg/l)																
Cloroformio	0,017	<0,01	0,019	0,018	0,016	0,017	0,019	0,017	0,016	0,017	0,018	0,017	0,014	0,017	0,019	0,017
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	0,013	<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	0,021	<0,01	<0,01	0,098	0,038	<0,01	<0,01	<0,01	0,019	<0,01	<0,01	<0,01	0,035	<0,01	<0,01
1,2-Dibromo Etano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,1,1-Tricloro Etano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,1,2-Tricloro Etano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Alofenoli (µg/l)																
2,4-Diclorofenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
4-Cloro-3-Metilfenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
2,4,6-Triclorofenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Pentaclorofenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2

Profondità (m)	P22 MG9				P22 MG10				P22 MG12				P22 MG13			
	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70
Acidi aloacetici (µg/l)																
Dalapon	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5

Tabella 7 - Concentrazione dei cloroderivati nelle acque. I livelli indicano la profondità di prelievo del campione (P22).

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	
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	
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	
Acido Bromodichloroacetico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	
Acido Dichloroacetico	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	
Acido Trichloroacetico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	
Acido Monochloroacetico	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	
Acido Clorodibromoacetico	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	
Aloacetoniirili (µg/l)																
Dibromoacetoniirile	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	
Dichloroacetoniirile	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	
Trichloroacetoniirile	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	
1,1,1-Trichloro-2-Propanone	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	
1,1-Dichloro-2-Propanone	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	
Cloropicrina	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	
Alometani e VOC (µg/l)																
Cloroformio	0,016	0,016	0,017	0,017	0,017	0,017	0,018	0,018	0,016	0,017	0,016	0,018	0,016	0,017	0,019	0,017
Carbonio Tetracloruro	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Trichloro Etilene	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Dichloro Bromo Metano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Tetracloro Etilene	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Dibromo Cloro Metano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Bromoformio	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,1854	0,0515	<0,01	<0,01	<0,01	0,0111	<0,01	<0,01
1,2-Dibromo Etano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,1,1-Trichloro Etano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,1,2-Trichloro Etano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,025	<0,01	<0,01	0,025	0,025	0,025	<0,01
Alofenoli (µg/l)																
2,4-Dichlorofenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
4-Cloro-3-Metilfenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
2,4,6-Trichlorofenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Pentaclorofenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2

Idrocarburi totali

Nella 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. Si segnala un picco nella stazione MG13, posta nei pressi del terminale, che esibisce un valore pari a 420,98 mg/kg per i campione prelevato alla profondità di 50 metri.

Tabella 8 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di acqua di mare lungo il profilo batimetrico (P21). I dati sono espressi in microgrammi/litro. In neretto (0,5 - 12,5 - 50 - 70) sono indicate le profondità di prelievo in metri.

P22 MG3				P22 MG5				P22 MG6				P22 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
194,00	219,01	210,49	218,92	215,01	206,73	176,61	260,68	171,45	213,07	191,30	225,59	210,00	191,81	198,24	211,76
P22 MG9				P22 MG10				P22 MG12				P22 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
209,14	160,23	138,87	138,87	212,07	156,78	215,19	192,34	201,76	183,59	129,57	237,05	179,59	123,32	420,98	226,36

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 (P22). I dati sono espressi in ufc/100 ml.

	P22 MG3	P22 MG5	P22 MG6	P22 MG7	P22 MG9	P22 MG10	P1 MG12	P22 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

Dall'analisi dei campioni di fitoplancton è emersa una situazione finora mai rilevata in quanto, sia dal punto di vista quantitativo che qualitativo, nelle stazioni P22 MG7, P22 MG10, P22 MG12 e P22 MG13, su tutta la colonna d'acqua, sono stati osservati popolamenti composti prevalentemente da Chlorophyta e Cyanophyceae in percentuali che vanno dall'1% fino ad oltre il 90% (P22 MG13 in superficie). Questi popolamenti sono più caratteristici di acque dolci e non sono apparsi vitali in quanto le concentrazioni di Chl *a* non hanno mostrato aumenti evidenti nei punti più interessati, e l'osservazione di alcuni campioni al MO in fluorescenza ha confermato l'assenza di Chl *a*. Popolamenti simili con queste caratteristiche fisiologiche sono stati descritti da diversi autori nelle osservazioni di acque di stiva (ballast waters) di navi commerciali (es. Casas-Monroy and Bailey, 2021). Le stazioni con queste caratteristiche sono state campionate tutte nello stesso giorno mentre l'unica stazione che non presenta anomalie è la P22 MG6 che è stata campionata a distanza di 4 giorni dalle altre. Questo conferma la transitorietà e l'eccezionalità dell'anomalia riscontrata probabilmente collegata alla presenza di un corpo d'acqua estraneo e temporaneo rispetto alle masse d'acqua residenti la cui presenza potrebbe essere attribuita ad acque di scarico che hanno interessato la zona al momento del primo giorno di campionamento estendendosi fino alla P22 MG10, situata a 2 km dal terminale. La restante parte del popolamento osservato in P22 MG7, P22 MG10, P22 MG12 e P22 MG13 si presenta come in P22 MG6 e con caratteristiche coerenti con i popolamenti primaverili degli anni precedenti sia in quantità che in qualità con prevalenza del gruppo "Altro plancton", diatomee e dinoflagellati.

Tabella 10 - Densità fitoplanctonica totale (cell/ml) e delle classi o gruppi identificati.						
Stazione	prof. (m)	Diatomee	Dinoflagellati	Coccolitofori	Altro	Totale
P22 MG6	0,5	3,43	13,36	7,45	18,11	42,34
	12,5	3,17	12,67	8,97	18,00	42,80
	50	2,51	13,20	6,53	15,49	37,73
	70	34,28	8,39	11,12	17,36	71,15
P22 MG7	0,5	5,18	13,34	7,77	35,71	62,00
	12,5	3,02	12,02	11,36	28,05	54,45
	50	3,19	9,29	5,31	16,33	34,12
	70	19,50	10,17	15,16	47,55	92,37
P22 MG10	0,5	2,82	17,84	8,92	57,14	86,71
	12,5	3,84	13,11	17,23	36,83	71,01
	50	8,25	11,96	5,50	44,28	69,99
	70	10,73	11,60	4,76	36,35	63,44
P22 MG12	0,5	5,51	13,53	8,21	63,83	91,08
	12,5	5,01	10,69	10,02	43,22	68,93
	50	6,48	8,87	4,01	24,79	44,15
	70	25,35	11,67	3,62	26,29	66,93
P22 MG13	0,5	95,42	0,83	1,66	2143,13	2241,03
	12,5	20,05	3,19	1,19	182,67	207,09
	50	12,97	5,44	2,37	45,90	66,69
	70	16,09	10,02	2,96	45,49	74,55

Le densità fitoplanctoniche totali sono in media circa 179 cell/ml variando da un minimo di 34 cell/ml in P22 MG7 a 50 m al massimo di 2241 cell/ml in P22 MG13 in superficie che risulta la più influenzata dall'anomalia (Tabella 10).

L'andamento delle densità lungo la colonna d'acqua mostra minimi prevalentemente tra 50 e 70 m e abbondanze massime in superficie tranne che a P22 MG6 e P22 MG7 che presentano il massimo a 70 m (Figura 10). Mediamente le maggiori abbondanze sono date dal gruppo denominato "Altro plancton" costituito dalle classi di nanoflagellati (Cryptophyceae, Chrysophyceae, Dictyochophyceae, Chlorophyta, Euglenoidea, Prasinophyceae, Prymnesiophyceae non Coccolitofori, Cyanophyceae più i flagellati non identificati) che varia tra 15 cell/ml in P22 MG6 a 50 m e 2143 cell/ml in P22 MG13 a 0,5 m. La classe mediamente più abbondante è quella delle diatomee che variano tra circa 3 cell/ml in P22 MG6 a 50 m e 95 cell/ml in P22 MG13 in superficie. I dinoflagellati, risultano meno abbondanti variando tra 0,8 cell/ml in P22 MG13 a 0,5 m e circa 18 cell/ml in P22 MG10 in superficie. I coccolitofori variano da un minimo di 1 cell/ml in P22 MG13 a 12,5 m ad un massimo di 17 cell/ml alla P22 MG10 a 12,5 m.

Il gruppo Altro plancton costituisce in media l'82,11% del popolamento (**Figura 11**) con *Gloeocapsa* sp., *Ankistrodesmus spiralis*, *Scenedesmus acutus*, *Kirchneriella lunaris*, che caratterizzano il popolamento di acqua dolce, mentre *Phaeocystis* sp., *Telonema* sp., *Leucocryptos marina*, prevalgono nel gruppo "Altro plancton" nella restante parte del popolamento. Le diatomee contribuiscono per l'8% grazie a *Navicula* sp., *Pseudo-nitzschia delicatissima*, *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima*, *Pseudo-nitzschia galaxiae* mentre i dinoflagellati, in media il 5,89%, sono rappresentati da individui appartenenti alle Gymnodiniaceae e da forme tectate come *Heterocapsa minima*, *Heterocapsa rotundata*, e *Oxytoxum variabile*.

I coccolitofori infine, sono la classe meno rappresentata rispetto alle altre costituendo mediamente il 4,02% con *Emiliana huxleyi*.

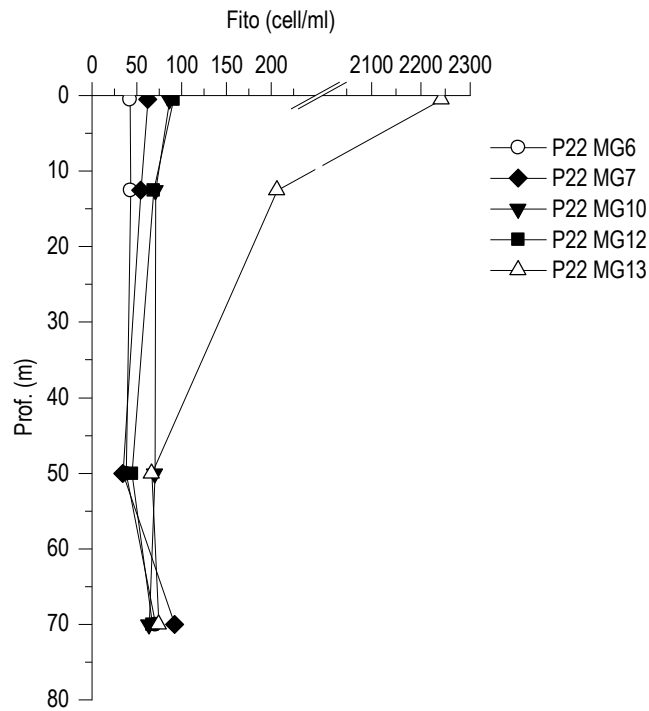


Figura 10 - Profili delle densità fitoplanctoniche totali (cell/ml). Dati relativi alla Primavera 2022.

In totale sono stati identificati a diverso livello tassonomico 204 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 ai dinoflagellati che sono rappresentati da 64 specie, 4 forme identificate a livello di genere e 4 categorie soprageneriche. Anche le diatomee sono ben rappresentate con 49 specie, 8 forme identificate a livello di genere e 4 categorie. Il gruppo "Altro plancton", nonostante sia quello che caratterizza di più il popolamento in termini quantitativi, è rappresentato da un totale di 45 taxa suddivisi in 30 specie, 12 generi e 3 categorie superiori. I coccolitofori, infine, risultano meno diversificati con 23 specie insieme a 2 generi e 1 categoria sopragenerica. Il popolamento fitoplanctonico primaverile del 2022 presenta valori medi di diversità specifica (Shannon) e di equitabilità (Pielou) rispettivamente di 3,99 bit/cell e di 0,67 variando rispettivamente tra 1,81 (P22 MG13 0,5 m) e 4,97 bit/cell (P22 MG12 70 m) e tra 0,37 (P22 MG13 12,5 m) e 0,83 (P22 MG7 50 m). I minimi di diversità si raggiungono in corrispondenza della prevalenza delle specie di acqua dolce del gruppo "Altro plancton", come *Gloeocapsa* sp., *Ankistrodesmus spiralis*, *Scenedesmus acutus* e *Kirchneriella lunaris*.

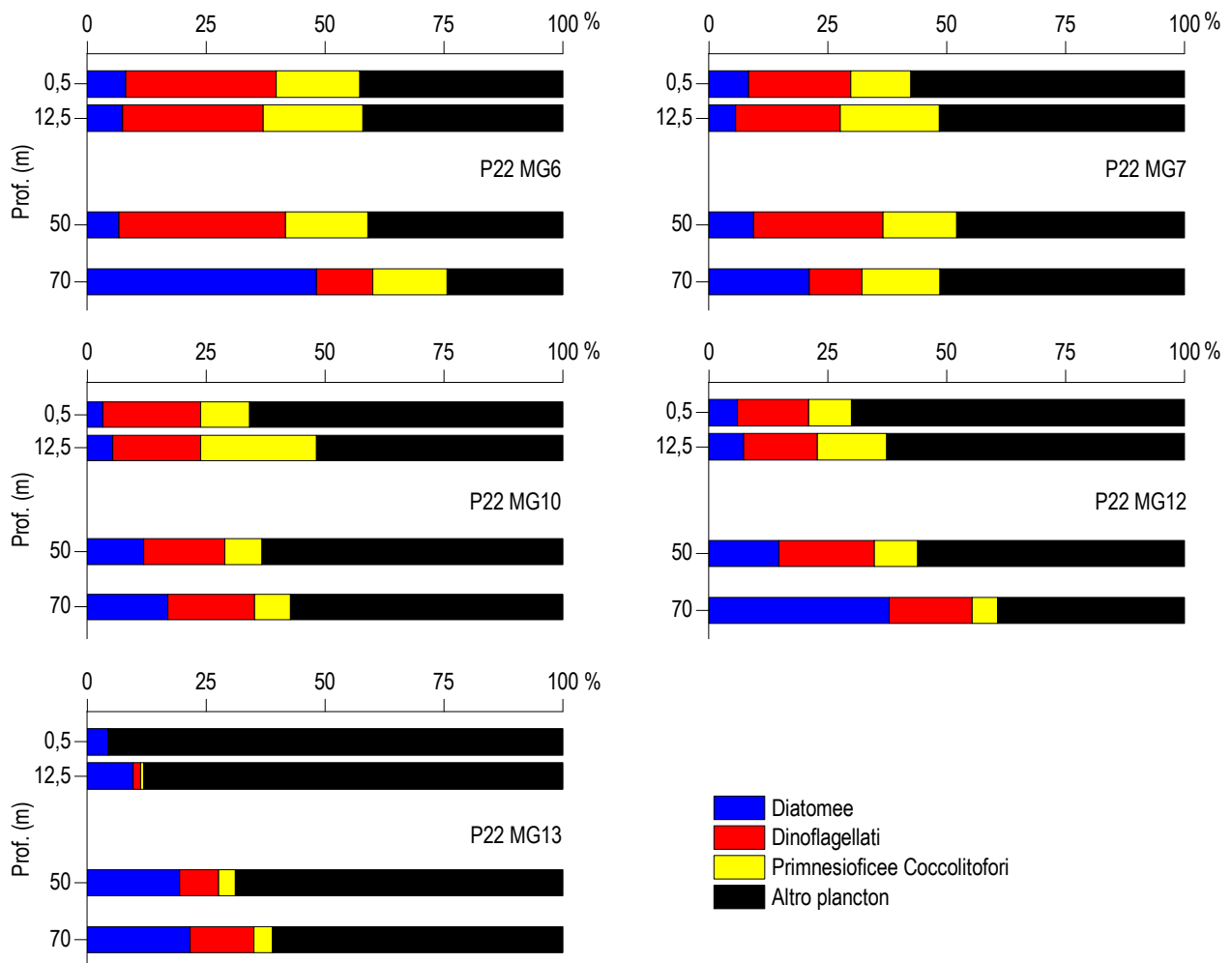


Figura 11 – Abbondanza relativa delle classi fitoplanctoniche indicate in legenda in rapporto all'abbondanza totale (P22).

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	49	8	4
Dinoflagellati	64	4	4
Prymnesiophyceae coccolitofori	23	2	1
Cryptophyceae	1		1
Chrysophyceae/Dictyochophyceae	4		1
Chlorophyta/Euglenoidea	12	2	1
Prasinophyceae	3	2	
Prymnesiophyceae non coccolitofori		1	
Cyanophyceae	2	4	
Raphidophyceae	3		
Altro	5	3	
Totale	166	26	12

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

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

DIATOMEE		
<i>Amphora</i> spp.	Diatomea pennata n.i. (forma p)	<i>Nitzschia sicula</i> (Castracane) Hustedt
<i>Asteromphalus flabellatus</i> Ehrenberg 1844	Diatomee centriche ≤ 20 µm n.i.	<i>Nitzschia</i> spp.
<i>Bacteriastrium delicatulum</i> Cleve 1897	Diatomee pennate ≤ 20 µm n.i.	<i>Plagiogramma</i> sp.
<i>Bacteriastrium furcatum</i> Shadbolt 1854	Diatomee pennate > 20 µm n.i.	<i>Plagiotropis</i> sp.
<i>Bacteriastrium hyalinum</i> Lauder 1864	<i>Dimeregramma nanum</i> (Gregory) Ralfs 1861	<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström 1886
<i>Bacteriastrium jadrinum</i> Godrijan, Maric & Pfannkuchen 2012	<i>Fragilariopsis doliolus</i> (Wallich) Medlin & Sims 1993	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cleve) Heiden 1928
<i>Bacteriastrium mediterraneum</i> Pavillard 1916	<i>Fragilariopsis</i> spp.	<i>Pseudo-nitzschia galaxiae</i> Lundholm & Moestrup 2002
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder 1864	<i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle 1996	<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle 1993
<i>Chaetoceros anastomosans</i> Grunow 1882	<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow 1880	<i>Pseudo-nitzschia subfraudulenta</i> (Hasle) Hasle 1993
<i>Chaetoceros cf. costatus</i> Pavillard 1911	<i>Haslea wawriake</i> (Hustedt) Simonsen 1974	<i>Pseudo-nitzschia turgidula</i> (Hustedt) Hasle 1993
<i>Chaetoceros compressus</i> Lauder 1864	<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow ex Van Heurck 1882	<i>Rhizosolenia decipiens</i> Sundström 1886
<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve 1889	<i>Leptocylindrus convexus</i> Nanjappa & Zingone 2013	<i>Rhizosolenia imbricata</i> Brightwell 1858
<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve 1873	<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve 1889	<i>Skeletonema menzelsii</i> Guillard Carpenter & Reimann 1974
<i>Chaetoceros muelleri</i> Lemmermann 1898	<i>Leptocylindrus mediterraneus</i> (Peragallo) Hasle 1975	<i>Synedra</i> spp.
<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell 1856	<i>Leptocylindrus minimus</i> Gran 1915	<i>Tabularia gailonii</i> (Bory de Saint-Vincent) Bukhtiyarova 1995
<i>Chaetoceros</i> spp.	<i>Mastogloia smithii</i> Thwaites ex Smith 1856	<i>Thalassionema cf. bacillare</i> (Heiden) Kolbe 1955
<i>Coscinodiscus granii</i> Gough 1905	<i>Navicula directa</i> (Smith) Ralfs 1861	<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Hallegraef 1986
<i>Ctenophora pulchella</i> (Ralfs ex Kützing) Williams & Round 1986	<i>Navicula distans</i> (Smith) Ralfs 1861	<i>Thalassionema nitzschoides</i> (Grunow) Mereschkowsky 1902
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & Lewin 1964	<i>Navicula</i> spp.	<i>Thalassiosira pseudonana</i> Hasle & Heimdal 1970
<i>Dactyliosolen fragillissimus</i> (Bergon) Hasle 1996	<i>Nitzschia bicapitata</i> Cleve 1901	
<i>Dactyliosolen phuketensis</i> (Sundstrom) Hasle 1996	<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs 1861	
DINOFLAGELLATI		
<i>Achradina pulchra</i> Lohmann 1903	<i>Gyrodinium fusiforme</i> Kofoid & Swezy 1921	<i>Oxytoxum sceptrum</i> (Stein) Schroder 1906
<i>Actiniscus pentasterias</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1844	<i>Heterocapsa circularisquama</i> Horiguchi 1995	<i>Oxytoxum sphaeroideum</i> Stein 1883
<i>Alexandrium cf. margalefii</i> Balech 1994	<i>Heterocapsa horiguchii</i> Iwataki, Takayama & Matsuoka 2002	<i>Oxytoxum strophalatum</i> Dodge & Saunders 1985
<i>Alexandrium cf. minutum</i> Halim 1960	<i>Heterocapsa minima</i> Pomroy 1989	<i>Oxytoxum variabile</i> Schiller 1937
<i>Alexandrium pseudogonyaulax</i> (Biecheler) Horiguchi ex Kita & Fukuyo 1992	<i>Heterocapsa niei</i> (Loeblich III) Morrill & Loeblich III 1981	<i>Oxytoxum viride</i> Schiller 1937
<i>Amphidiniopsis</i> sp.	<i>Heterocapsa orientalis</i> Iwataki Botes & Fukuyo 2003	<i>Phalacroma rotundatum</i> (Claparède & Lachmann) Kofoid & Michener 1911
<i>Amphidinium cf. globosum</i> Schröder 1911	<i>Heterocapsa rotundata</i> (Lohmann) Hansen 1995	<i>Pronoctiluca pelagica</i> Fabre-Domergue 1889
<i>Amphidinium cf. sphenoides</i> Wulff 1916	<i>Heterocapsa triquetra</i> (Ehrenberg) Stein 1883	<i>Pronoctiluca spinifera</i> (Lohmann) Schiller 1932
<i>Amphidinium</i> spp.	<i>Karenia brevis</i> (Davis) Hansen & Moestrup 2000	<i>Prorocentrum balticum</i> (Lohmann) Loeblich 1970
<i>Amphidoma languida</i> Tillmann, Salas & Elbrächter 2012	<i>Karenia mikimotoi</i> (Miyake & Kominami ex Oda) Hansen & Moestrup 2000	<i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) Abé ex Dodge 1975
<i>Azadinium spinosum</i> Elbrächter & Tillmann 2009	<i>Karenia papilionacea</i> Haywood & Steidinger 2004	<i>Prorocentrum gracile</i> Schütt 1895
<i>Centrodinium punctatum</i> (Cleve) Taylor 1976	<i>Karenia</i> spp.	<i>Prorocentrum rathymum</i> Loeblich, Sherley & Schmidt 1979
<i>Ceratium carriense</i> Gourret 1883	<i>Lessardia elongata</i> Saldarriaga & Taylor 2003	<i>Prorocentrum vaginula</i> (Stein) Dodge 1975
<i>Cochlodinium pulchellum</i> Lebour 1917	<i>Mesoporos adriaticus</i> (Schiller) Lillick	<i>Protoceratium reticulatum</i> (Claparède & Lachmann) Butschli 1885
<i>Cochlodinium</i> sp.	<i>Mesoporos perforatus</i> (Gran) Lillick 1937	<i>Protoperidinium breve</i> Paulsen 1907
Dinoflagellati tecati ≤ 20 µm n.i.	<i>Micracanthodinium setiferum</i> (Lohmann) Deflandre 1937	<i>Protoperidinium brochii</i> (Kofoid & Swezy) Balech
Dinoflagellati tecati > 20 µm n.i.	<i>Minuscula bipes</i> (Paulsen) Lebour 1925	<i>Protoperidinium cerasus</i> (Paulsen) Balech 1973
<i>Dinophysis amandula</i> (Balech) Sournia 1973	<i>Neoceratium declinatum</i> (Karsten) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Protoperidinium crassipes</i> (Kofoid) Balech 1974
<i>Dinophysis parvula</i> (Schütt) Balech 1967	<i>Neoceratium eucarautum</i> (Jørgensen) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Protoperidinium leonis</i> (Pavillard) Balech 1974
<i>Goniodoma polyedricum</i> (Pouchet) Jørgensen 1899	<i>Neoceratium furca</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Pselodinium fusus</i> (Schütt) Gómez 2018
<i>Gonyaulax polygramma</i> Stein 1883	<i>Neoceratium belone</i> (Cleve) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Balech ex Loeblich III 1965
Gymnodiniaceae ≤ 20 µm n.i.	<i>Oxytoxum curvatum</i> (Kofoid) Kofoid 1911	<i>Spatulodinium pseudonoclituca</i> (Pouchet) Cachon & Cachon 1968
Gymnodiniaceae > 20 µm n.i.	<i>Oxytoxum longum</i> Schiller 1937	<i>Torodinium robustum</i> Kofoid & Swezy 1921
<i>Gyrodinium aciculatum</i> Hansen & Larsen 1992	<i>Oxytoxum mediterraneum</i> Schiller	<i>Torodinium teredo</i> (Pouchet) Kofoid & Swezy 1921
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>Daktylethra pirus</i> (Kamptner) Norris 1985	<i>Sphaerocalyptra quadridentata</i> (Schiller) Deflandre 1952
<i>Anacanthoica acanthos</i> (Schiller) Deflandre 1952	<i>Discosphaera tubifer</i> (Murray & Blackman) Ostenfeld 1900	<i>Syracosphaera anthos</i> (Lohman) Janin 1987
<i>Calciosolenia brasiliensis</i> (Lohmann) Young 2003	<i>Emiliana huxleyi</i> (Lohmann) Hay & Mohler 1967	<i>Syracosphaera cf. molischii</i> Schiller 1925
<i>Calyptrosphaera oblonga</i> Lohmann 1902	<i>Helicosphaera carterii</i> (Wallich) Kamptner 1954	<i>Syracosphaera histrica</i> Kamptner 1941
<i>Calyptrosphaera sphaeroidea</i> Schiller 1913	<i>Helladosphaera cornifera</i> (Schiller) Kamptner 1937	<i>Syracosphaera pulchra</i> Lohmann 1902
Coccolitofori ≤ 10 µm n.i.	<i>Ophiaster hydroideus</i> (Lohmann) Lohmann 1913	<i>Zygosphaera hellerica</i> Kamptner 1937
<i>Corisphaera</i> spp.	<i>Pontosphaera</i> sp.	
CRYPTOPHYCEAE		
Cryptophyceae n.i.	<i>Plagioselmis prolunga</i> Butcher ex Novarino, Lucas & Morrall 1994	
CHRYSOPHYCEAE/DICTYOCOPHYCEAE		
<i>Apedinella radians</i> (Lohmann) Campbell 1973	<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg 1839	<i>Ollicola vangoorii</i> (Conrad) Vørs 1992
Chrysophyceae spp. <10	<i>Meringosphaera mediterranea</i> Lohmann 1902	
PRASINOPHYCEAE		
<i>Halosphaera viridis</i> Schmitz 1878	<i>Pseudoscourfieldia marina</i> (Thronsdon) 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.	
CHLORO/EUGLENO		

Tabella 12 - Lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative microscopiche.		
<i>Ankistrodesmus falcatus</i> (Corda) Ralfs 1848	<i>Gloeocystis</i> sp.	<i>Monoraphidium griffithii</i> (Berkeley) Komárková-Legnerová 1969
<i>Ankistrodesmus spiralis</i> (Turner) Lemmermann 1908	<i>Kirchneriella lunaris</i> (Kirchner) Möbius 1894	<i>Nephrocytium agardhianum</i> Nägeli 1849
<i>Coelastrum</i> sp.	<i>Kirchneriella obesa</i> (West) West & West 1894	<i>Pseudopediastrum boryanum</i> (Turpin) Hegewald 2005
<i>Desmodesmus communis</i> (Hegewald) Hegewald	<i>Microspora stagnorum</i> (Kützing) Lagerheim 1887	<i>Scenedesmus acutus</i> Meyen, 1829
<i>Euglenoidea</i> n.i.	<i>Monoraphidium contortum</i> (Thuret) Komárková-Legnerová 1969	<i>Stauridium tetras</i> (Ehrenberg) Hegewald 2005
RAPHIDOPHYCEAE		
<i>Commation cryoporinum</i> Thomsen & Larsen 1993	<i>Fibrocapsa japonica</i> Toriumi & Takano 1973	<i>Heterosigma akashiwo</i> (Hada) Hada ex Hara & Chihara 1987
CYANOPHYCEAE		
<i>Gloeocapsa</i> sp.	<i>Merismopedia</i> sp.	<i>Rhabdoderma lineare</i> Schmidle & Lauterborn 1900
<i>Limnothrix</i> sp.	<i>Planktolyngbya contorta</i> (Lemmermann) Anagnostidis & Komárek 1988	<i>Spirulina</i> sp.
ALTRO		
Flagellati indeterminati < 10 µm	<i>Tetraëdriella</i> sp.	<i>Mesodinium rubrum</i>
<i>Cosmarium</i> sp.	<i>Hermesinum adriaticum</i> Zacharias 1906	<i>Paulinella ovalis</i> (Wulff) Johnson, Hargraves & Sieburth 1988
<i>Staurastrum crenulatum</i> (Nägeli) Delponte 1877	<i>Leucocryptos marina</i> (Braarud) Butcher 1967	<i>Telonema</i> sp.

Analisi qualitativa del fitoplancton da retino

Per l'identificazione della comunità microfitoplanctonica lungo tutta la colonna d'acqua, sono stati raccolti con retino 5 campioni nelle stazioni P22 MG6, P22 MG7, P22 MG10, P22 MG12 e P22 MG13.

Dall'analisi qualitativa dei campioni sono stati individuati 195 taxa, di cui 177 identificati a livello di specie, 13 come genere e 5 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	42	5	3
Dinoflagellati	110	5	2
Prymnesiophyceae coccolitofori	14		
Chrysophyceae / Dictyochophyceae	2		
Euglenoideae	5		
Chlorophyceae	2	1	
Prasinophyceae	1		
Prymnesiophyceae non Coccolitofori		1	
Cyanophyceae		1	
Raphidophyceae	1		
Totale	177	13	5

*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, 50 taxa appartengono alle diatomee, 117 alla classe dei dinoflagellati e 14 ai coccolitofori. Sono stati individuati anche 2 taxa attribuibili alla classe delle Chrysophyceae/Dictyochophyceae, 5 alle Euglenoideae, 3 alle Chlorophyceae, 1 taxon alle Prasinophyceae, 1 alle Prymnesiophyceae non Coccolitofori, 1 alle Raphidophyceae e 1 alle Cyanophyceae. Per la categoria Altro, invece, non sono stati identificati taxa.

La numerosità dei taxa presenti nelle diverse stazioni va da un minimo di 69 in P22 MG10 ad un massimo di 109 in P22 MG7.

Dall'osservazione è emersa una differenza nel numero dei taxa individuati nella stazione P22 MG10 (69), nettamente inferiore rispetto al numero riscontrato nelle altre stazioni (rispettivamente 98 in P22 MG6, 109 in P22 MG7, 104 in P22 MG12 e 84 in P22 MG13).

I taxa individuati, in tutte le stazioni, sono prevalentemente appartenenti alla classe dei dinoflagellati (con rispettivamente 58 taxa in P22 MG6, 65 in P22 MG7, 39 in P22 MG10, 66 in P22 MG12 e 52 in P22 MG13) ed in secondo luogo alle diatomee (con 27 taxa in P22 MG6, 32 in P22 MG7, 22 in P22 MG10, 21 in P22 MG12 e 21 in P22 MG13). Anche i coccolitofori risultano piuttosto differenziati con 14 taxa individuati tutti a livello di specie, diventando così la terza classe più rappresentativa (con 9 taxa in P22 MG6, 6 in P22 MG7, 3 in P22 MG10, 10 in P22 MG12 e 5 in P22 MG13). 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 6 nuovi taxa, 1 dei quali appartenente alle diatomee (*Guinardia delicatula*), 1 ai dinoflagellati (*Oxytoxum* sp.), 1 alle Euglenoideae (*Eutreptia globulifera*) e 3 taxa attribuibili alle Chlorophyta (*Gloeocystis* sp., *Kirchneriella contorta* e *Scenedesmus acutus*), che non erano stati rilevati nei campionamenti dei precedenti anni.

Tabella 14 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni P22 MG6, P22 MG7, P22 MG10, P22 MG12 e P22 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13)

Specie	6	7	10	12	13	Specie	6	7	10	12	13
DIATOMEE											
<i>Amphora bigibba</i> Grunow ex Schmidt 1875			x			<i>Haslea wawriakae</i> (Hustedt) Simonsen 1974					x
<i>Asteromphalus heptactis</i> (Brébisson) Ralfs 1861	x		x			<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow ex Van Heurck 1882	x	x	x	x	x
<i>Bacteriastrium delicatulum</i> Cleve 1897					x	<i>Hemidiscus cuneiformis</i> Wallich 1860	x		x	x	x
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey 1937	x					<i>Leptocylindrus convexus</i> Nanjappa & Zingone 2013	x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder 1864		x		x	x	<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve 1889	x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros anastomosans</i> Grunow 1882		x				<i>Leptocylindrus mediterraneus</i> (Peragallo) Hasle 1975	x				
<i>Chaetoceros compressus</i> Lauder 1864	x	x				<i>Leptocylindrus minimus</i> Gran 1915	x				
<i>Chaetoceros danicus</i> Cleve 1889	x					<i>Melosira</i> sp.	x				
<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve 1873	x	x	x			Naviculaceae > 20 µm n.i.				x	
<i>Chaetoceros neogracile</i> Van Landingham 1968		x				<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs 1861	x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell 1856		x			x	<i>Nitzschia</i> spp.	x	x			
<i>Chaetoceros</i> spp.	x	x		x		<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström 1986	x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros wighamii</i> Brightwell 1856		x				<i>Pseudo-nitzschia cf. galaxiae</i> Lundholm & Moestrup 2002	x				
<i>Coscinodiscus cf. curvatus</i> Grunow ex Schmidt 1878		x	x	x		<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cleve) Heiden 1928	x				
<i>Coscinodiscus granii</i> Gough 1905	x	x	x	x	x	<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle 1993	x	x	x		x
<i>Coscinodiscus lineatus</i> Ehrenberg 1841				x		<i>Pseudo-nitzschia subfraudulenta</i> (Hasle) Hasle 1993	x	x	x	x	x
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & Lewin 1964	x	x	x			<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultze) Sundström 1986		x	x	x	x
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i> (Bergon) Hasle 1996		x		x	x	<i>Rhizosolenia decipiens</i> Sundström 1986	x	x	x		
<i>Dactyliosolen phuketensis</i> (Sundström) Hasle 1996					x	<i>Rhizosolenia imbricata</i> Brightwell 1858	x				
Diatomee centriche > 20 µm n.i.				x	x	<i>Synedra cf. affinis</i> Kützing 1844				x	x
Diatomee pennate > 20 µm n.i.	x	x	x		x	<i>Tabularia gallionii</i> (Bory de Saint-Vincent) Bukhtiyarova 1995		x			
<i>Entomoneis</i> spp.	x					<i>Thalassionema bacillare</i> (Heiden) Kolbe 1955	x	x		x	x
<i>Guinardia delicatula</i> (Cleve) Hasle 1997		x				<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Hallegraeff 1986	x	x	x	x	x
<i>Guinardia flaccida</i> (Castracane) Peragallo 1892		x				<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky 1902	x	x	x	x	x
<i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle 1996	x	x		x	x	<i>Thalassiosira</i> spp.				x	x
DINOFLAGELLATI											
<i>Achradina pulchra</i> Lohmann 1903	x	x				<i>Neoceratium massiliense</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-García 2010	x				x
<i>Actiniscus pentasterias</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1844		x		x	x	<i>Neoceratium pentagonum</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-García 2010		x			
<i>Alexandrium cf. minutum</i> Halim 1960	x	x	x	x	x	<i>Neoceratium pulchellum</i> (Schröder) Gómez, Moreira & López-García 2010		x			
<i>Alexandrium taylori</i> Balech 1994	x					<i>Neoceratium symmetricum</i> (Pavillard) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x	x		
<i>Amphidoma languida</i> Tillmann, Salas & Elbrächter 2012		x	x	x	x	<i>Neoceratium trichoceros</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010		x			
<i>Amphidoma steinii</i> Schiller 1929					x	<i>Neoceratium tripos</i> (O.F. Müller) Gómez, Moreira & López-García 2010				x	x
<i>Azadinium caudatum</i> var. <i>caudatum</i> Nézan & Chomérat 2012			x			<i>Ornithocercus heteroporus</i> Kofoid 1907	x	x			
<i>Azadinium caudatum</i> var. <i>margalefii</i> Nézan & Chomérat 2012		x	x	x		<i>Ornithocercus quadratus</i> Schütt 1900		x			
<i>Azadinium</i> sp.		x				<i>Oxytoxum adriaticum</i> Schiller 1937	x	x	x	x	x
<i>Azadinium spinosum</i> Elbrächter & Tillmann 2009	x	x	x	x	x	<i>Oxytoxum areolatum</i> Rampi					x
<i>Ceratium azoricum</i> Cleve 1900		x				<i>Oxytoxum caudatum</i> Schiller 1937		x			
<i>Ceratium gibberum</i> Gourret 1883					x	<i>Oxytoxum coronatum</i> Schiller 1937			x		x
<i>Ceratocorys goureii</i> Paulsen 1931	x				x	<i>Oxytoxum curvatum</i> (Kofoid) Kofoid 1911					x
<i>Ceratocorys horrida</i> Stein 1883	x	x		x		<i>Oxytoxum globosum</i> Schiller					x
<i>Cladopyxis brachiolata</i> Stein 1883	x					<i>Oxytoxum laticeps</i> Schiller 1937	x	x	x	x	
<i>Corythodinium frenguelli</i> (Rampi) Taylor 1976		x				<i>Oxytoxum longiceps</i> Schiller	x				x
Dinoflagellati tecati > 20 µm n.i.	x	x				<i>Oxytoxum longum</i> Schiller 1937					x
<i>Dinophysis amandula</i> (Balech) Sournia 1973		x	x	x		<i>Oxytoxum mediterraneum</i> Schiller	x	x	x	x	x
<i>Dinophysis caudata</i> Saville-Kent 1881					x	<i>Oxytoxum milneri</i> Murray & Whitting 1899					x
<i>Dinophysis fortii</i> Pavillard 1923	x	x				<i>Oxytoxum scolopax</i> Stein 1883	x	x		x	x
<i>Dinophysis infundibula</i> Schiller 1928					x	<i>Oxytoxum</i> sp.					x
<i>Dinophysis operculoides</i> (Schütt) Balech 1967	x			x	x	<i>Oxytoxum sphaeroideum</i> Stein 1883	x	x			
<i>Dinophysis ovum</i> (Schütt) Abé			x		x	<i>Oxytoxum spinosum</i> Rampi		x			
<i>Dinophysis parva</i> Schiller 1928		x	x	x	x	<i>Oxytoxum variabile</i> Schiller 1937	x		x	x	
<i>Dinophysis sacculus</i> Stein 1883	x					<i>Oxytoxum viride</i> Schiller 1937	x	x	x	x	x
<i>Dinophysis schroederi</i> Pavillard 1909	x					<i>Phalacroma doryphorum</i> Stein 1883					x
<i>Dinophysis tripos</i> Gourret 1883		x				<i>Phalacroma rotundatum</i> (Claparède & Lachmann) Kofoid & Michener 1911	x	x	x	x	x
<i>Diplopsalis lenticula</i> Bergh 1881					x	<i>Podolampas bipes</i> Stein 1883		x			x
<i>Diplopsalis</i> spp.					x	<i>Podolampas palmipes</i> Stein 1883		x			x
<i>Goniadoma polyedricum</i> (Pouchet) Jörgensen 1899	x	x	x	x	x	<i>Podolampas spinifer</i> Okamura 1912					x
<i>Gonyaulax cf. sphaeroidea</i> Kofoid 1911	x	x	x	x	x	<i>Pronocilluca pelagica</i> Fabre-Domergue 1889	x	x	x	x	x
<i>Gonyaulax fragilis</i> (Schütt) Kofoid 1911					x	<i>Prorocentrum balticum</i> (Lohmann) Loeblich 1970		x			
<i>Gonyaulax polygramma</i> Stein 1883		x				<i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) Abé ex Dodge 1975	x	x	x	x	x
Gymnodiniaceae > 20 µm n.i.	x	x		x	x	<i>Prorocentrum dactylus</i> (Stein) Dodge 1975		x			x
<i>Gymnodinium</i> spp.	x	x	x	x	x	<i>Prorocentrum dentatum</i> Stein 1883	x	x		x	x
<i>Gyrodinium aciculatum</i> Hansen & Larsen 1992		x			x	<i>Prorocentrum gracile</i> Schütt 1895	x	x	x	x	x
<i>Heterocapsa circularisquama</i> Horiguchi 1995					x	<i>Prorocentrum lima</i> (Ehrenberg) Stein 1878		x	x	x	x
<i>Heterocapsa horiguchii</i> Wataki, Takayama & Matsuoka 2002			x			<i>Prorocentrum maximum</i> (Gourret) Schiller 1937			x	x	
<i>Heterocapsa minima</i> Pomroy 1989					x	<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg 1833	x	x			
<i>Heterocapsa niei</i> (Loeblich III) Morrill & Loeblich III 1981	x				x	<i>Prorocentrum triestinum</i> Schiller 1918		x			
<i>Heterocapsa rotundata</i> (Lohmann) Hansen 1995					x	<i>Protoceratium reticulatum</i> (Claparède & Lachmann) Bütschli 1885	x				x
<i>Heterocapsa triquetra</i> (Ehrenberg) F. Stein 1883				x		<i>Protoperidinium breve</i> Paulsen 1907			x	x	x
<i>Histonis variabilis</i> Schiller 1933					x	<i>Protoperidinium brochii</i> (Kofoid & Swezy) Balech 1974			x	x	
<i>Karenia brevis</i> (Davis) Gert Hansen & Moestrup 2000	x					<i>Protoperidinium cerasus</i> (Paulsen) Balech 1973	x	x		x	x
<i>Karenia selliformis</i> Haywood, Steidinger & MacKenzie 2004	x				x	<i>Protoperidinium cf. brevipes</i> (Paulsen) Balech 1974					x

Ad un confronto della lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative (**Tabella 12**) con l'elenco dei taxa ottenuti dalle analisi qualitative (**Tabella 46**), vediamo che il numero di taxa osservati nei campioni da bottiglia (207) è superiore rispetto a quelli da retino (195); il numero di taxa appartenenti ai Dinoflagellati è nettamente superiori nei campioni da retino, mentre i taxa attribuibili alle classi delle Diatomee, ai coccolitofori e alle restanti classi risultano di molto superiori nei campioni da bottiglia.

Inoltre, l'osservazione qualitativa del microfitoplancton ha permesso di rilevare la presenza di numerose specie rare appartenenti alla classe dei dinoflagellati, principalmente attribuibili ai generi *Dinophysis*, *Neoceratium* (= *Ceratium*), *Oxytoxum*, e *Protoperidinium*. Da segnalare anche la presenza di taxa appartenenti alle Chlorophyta come *Gloeocystis* sp., *Kirchneriella contorta* e *Scenedesmus acutus* già segnalate nell'analisi dei campioni da bottiglia facenti parte del popolamento di acque dolci mai rilevato in precedenza.

1.1.3.2 Zooplancton

Oloplancton

I risultati relativi alla campagna primaverile P22, in linea con i dati delle precedenti campagne, evidenziano i crostacei Copepodi come gruppo tassonomico dominante all'interno della componente oloplanctonica. I principali gruppi trofici caratteristici della copepodofauna quali erbivori, onnivori e carnivori sono stati identificati sia nelle stazioni in prossimità del terminale sia nella stazioni di controllo, pertanto la rete trofica pelagica risulta ben strutturata.

L'analisi dei dati quali-quantitativi (ind. per m³) evidenzia una frazione a Copepodi che tende ad avere una distribuzione omogenea lungo il gradiente batimetrico. Le pescate orizzontali superficiali mostrano valori medi massimi di abbondanza pari a 794,28 ind./m³ (max: 1573,49 ind./m³ MG13; min: 105,31 ind./m³ MG10). Le pescate verticali profonde, comprese tra i 50 e i 100 m di profondità, esibiscono dati medi sovrapponibili, pari a 740,34 ind./m³ (max: 998,21 ind./m³ MG13; min: 540,70 ind./m³ MG7), mentre le pescate verticali, effettuate tra i 50 m di profondità e la superficie, presentano abbondanze medie lievemente inferiori, pari a 546,42 ind./m³ (max: 795,45 ind./m³ MG7; min: 288,55 ind./m³ MG10).

I valori di abbondanza registrati nelle 5 stazioni investigate variano anche di un ordine di grandezza: questo scostamento quantitativo nella distribuzione orizzontale è riconducibile principalmente alla presenza del *taxon Paracalanus* spp, composto in gran parte da copepoditi. I suoi valori complessivi lungo l'intera colonna d'acqua variano infatti da un massimo di 1467,96 ind./m³ MG13 a un minimo di 131,66 MG10. L'irregolare presenza di stadi giovanili del genere *Paracalanus* nelle stazioni indagate non deve essere interpretata come indice di una perturbazione di natura antropica, ma piuttosto come una naturale distribuzione a *patches* della componente zooplanctonica.

Nel complesso, la presenza media di crostacei Copepodi planctonici, nella porzione superficiale della colonna d'acqua, è superiore a quanto osservato nelle precedenti due stagioni primaverili P20 e P21. Tale *trend* sembra avere una stretta correlazione con l'abbondanza ciclica di stadi adulti di *Pelagia noctiluca* (Scyphozoa) a cui è corrisposta una scarsa presenza di Copepodi nello strato superficiale della colonna, come evidenziato nel Report trimestrale P21 e nelle precedenti campagne primaverili (P15, P17, P18, P20). Al contrario, nella campagna P22, a elevati valori di abbondanza dei Copepodi planctonici, nello strato superficiale, coincide una scarsa presenza di *P. noctiluca*, così come riscontrato nelle stagioni P14, P16 e P19. Viene pertanto confermata l'ipotesi secondo la quale i *blooms* di *P. noctiluca* siano in grado di determinare una forte pressione predatoria sulla comunità a Copepodi abitante la colonna d'acqua.

In totale sono stati identificati 98 *taxa* di Copepodi (**Tabella 15**) appartenenti a 3 famiglie, con una biodiversità superiore alla media stagionale. La famiglia più rappresentata all'interno della colonna d'acqua è quella dei Calanoida Paracalanidae, rappresentata da 10 *taxa*. La distribuzione verticale media di tale famiglia, soprattutto per quanto riguarda gli stadi di copepodite, è prettamente superficiale (orizzontali superficiali: 505,05 ind./m³; 0 – 50 m: 82,37 ind./m³; 50 – 100 m: 81,10 ind./m³). Fra i Paracalanidae adulti le specie più abbondanti sono *Paracalanus parvus* (superficiale media 368,98 ind./m³; 0 – 50 m: 31,80 ind./m³; 50 – 100 m: 23,40 ind./m³) e, con abbondanze nettamente inferiori e distribuzione verticale opposta, *Calocalanus styliremis* (superficiale 7,97 ind./m³; 0 – 50 m: 6,24 ind./m³; 50 – 100 m: 19,24 ind./m³). La famiglia Clausocalanidae, rappresentata da 11 *taxa* (generi *Clausocalanus*, *Ctenocalanus* e *Pseudocalanus*) è scarsamente rappresentata nelle pescate orizzontali superficiali, mostrando valori medi maggiori all'aumentare della profondità lungo la colonna d'acqua (superficiale: 47,09 ind./m³; 0 – 50 m: 126,86 ind./m³; 50 – 100 m: 118,54 ind./m³). Le specie più abbondanti risultano *Clausocalanus lividus* (media superficiale: 9,11 ind./m³; 0 – 50 m: 17,16 ind./m³; 50 – 100 m: 31,71 ind./m³) e *C. pergens* (media superficiale: 4,49 ind./m³; 0 – 50 m: 14,56 ind./m³; 50 – 100 m: 23,46 ind./m³), entrambe aventi distribuzione verticale direttamente proporzionale alla profondità.

Centropages typicus, specie primaverile regolarmente dominante nelle precedenti campagne, presenta una distribuzione in prevalenza profonda, con valori medi di abbondanza superiori alle ultime campagne primaverili (P21 e P20). I dati di abbondanza medi sono i seguenti: superficiale 82,36 ind./m³; 0 – 50 m: 89,94 ind./m³; 50 – 100 m: 203,28 ind./m³. I copepoditi sono concentrati quasi esclusivamente nella porzione profonda della colonna.

Fra i calanoidi costantemente presenti nell'area investigata è abbondante la presenza di *Temora stylifera* (superficiale: 30,45 ind./m³; 0 – 50 m: 49,91 ind./m³; 50 – 100 m: 50,43 ind./m³) mentre è trascurabile la presenza di *Acartia negligens* e *Nannocalanus minor*.

Fra i Corycaeidae (11 *taxa* - superficiale: 69,93 ind./m³; 0 – 50 m: 75,04 ind./m³; ; 50 – 100 m: 104,06 ind./m³) la specie più abbondante è *Farranula rostrata* (superficiale: 16,62 ind./m³; 0 – 50 m: 49,91 ind./m³; 50 – 100 m: 57,91 ind./m³), mentre *Corycaeus (Onchocorycaeus) giesbrechti* presenta distribuzione verticale opposta (superficiale: 37,80 ind./m³; 0 – 50 m: 5,85 ind./m³; 50 – 100 m: 6,24 ind./m³) mostrandosi più concentrata nello strato superficiale.

I copepodi Harpacticoida (superficiale: 2,55 ind./m³; 0 – 50 m: 4,55 ind./m³; 50 – 100 m: 12,35 ind./m³), sono rappresentati dalle famiglie Ectinosomatidae (2 *taxa*), Euterpinidae (1 *taxa*), Miracidae (2 *taxa*) e Peltidiidae (2 *taxa*), sempre con abbondanze contenute.

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

	O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50
Famiglia Acartiidae				<i>Heterorhabdus papilliger</i>			*	<i>Lubbockia squillimana</i>			*
<i>Acartia (Acartia) negligens</i>	*	*		Famiglia Lucicutiidae				Famiglia Oithonidae			
<i>Acartia sp</i>			*	<i>Lucicutia flavicornis</i>		*	*	<i>Oithona longispina</i>			*
Famiglia Aetideidae				Famiglia Mecynoceridae				<i>Oithona nana</i>	*	*	*
<i>Aetidius giesbrechti</i>		*		<i>Mecynocera clausi</i>		*	*	<i>Oithona plumifera</i>		*	*
Famiglia Calanidae				Famiglia Metridinidae				<i>Oithona similis</i>	**	*	*
<i>Calanus helgolandicus</i>		**	*	<i>Pleuromamma abdominalis</i>			*	<i>Oithona tenuis</i>		*	
<i>Mesocalanus tenuicornis</i>			*	<i>Pleuromamma gracilis</i>		*	*	<i>Oithona spp</i>		*	*
<i>Nannocalanus minor</i>	*	*	*	Famiglia Paracalanidae				Famiglia Oncaeeidae			
<i>Neocalanus gracilis</i>		*	*	<i>Calocalanus contractus</i>		*	*	<i>Oncaea curta</i>	*	*	*
Famiglia Candaciidae				<i>Calocalanus ovalis</i>		*	*	<i>Oncaea media</i>	*	*	*
<i>Candacia armata</i>	*	*	*	<i>Calocalanus pavo</i>	*	*	*	<i>Oncaea mediterranea</i>	*	*	*
<i>Candacia bispinosa</i>	*			<i>Calocalanus plumatus</i>		*	*	<i>Oncaea scottodicarloi</i>	*	*	*
<i>Candacia ethiopica</i>	*			<i>Calocalanus plumulosus</i>		*	*	<i>Oncaea venusta</i>	*	*	*
<i>Candacia giesbrechti</i>			*	<i>Calocalanus styliremis</i>	*	*	*	<i>Oncaea spp</i>	*	*	*
<i>Candacia simplex</i>	*	*		<i>Calocalanus spp</i>	*	*	*	<i>Triconia conifera</i>		*	*
<i>Candacia juv spp</i>		*	*	<i>Paracalanus nanus</i>	*	*	*	Famiglia Sapphirinidae			
Famiglia Centropagidae				<i>Paracalanus parvus</i>	*	*	*	<i>Copilia mediterranea</i>	*	*	
<i>Centropages typicus</i>	*	*	*	<i>Paracalanus spp</i>	*	*	*	<i>Copilia quadrata</i>			*
<i>Centropages violaceus</i>	*	*	*	Famiglia Pontellidae				<i>Copilia vitrea</i>		**	
<i>Isias clavipes</i>	*			<i>Pontella mediterranea</i>	*			<i>Sapphirina angusta</i>	*		
Famiglia Clausocalanidae				<i>Pontellina plumata</i>	*			<i>Sapphirina intestinata</i>	*		
<i>Clausocalanus arcuicornis</i>	*	*	*	<i>Pontellopsis regalis</i>	**			<i>Sapphirina iris</i>		*	*
<i>Clausocalanus furcatus</i>	*	*	*	<i>Pontellopsis villosa</i>	*			<i>Sapphirina opalina</i>			*
<i>Clausocalanus jobei</i>	*	*	*	<i>Pontellidae juv</i>	*			<i>Sapphirina ovatolanceolata</i>	*		*
<i>Clausocalanus lividus</i>	*	*	*	Famiglia Scolecitrichidae				<i>Sapphirina sali</i>		*	
<i>Clausocalanus mastigophorus</i>	*	*	*	<i>Scolecitrix danae</i>	*			<i>Sapphirina juv spp</i>	*		
<i>Clausocalanus parapergens</i>	*	*	*	Famiglia Temoridae				<i>Vettoria granulosa</i>		*	
<i>Clausocalanus paululus</i>		*		<i>Temora stylifera</i>	*	*	*	Famiglia Ectinosomatidae			
<i>Clausocalanus pergens</i>	*	*	*	Famiglia Corycaeeidae				<i>Microsetella norvegica</i>		*	*
<i>Clausocalanus juv spp</i>	*	*	*	<i>Corycaeus anglicus</i>	*	*	*	<i>Microsetella rosea</i>	*	*	*
<i>Ctenocalanus vanus</i>		*	*	<i>Corycaeus brehmi</i>	*	*	*	Famiglia Euterpidae			
<i>Pseudocalanus elongatus</i>		*		<i>Corycaeus clausi</i>		*	*	<i>Euterpina acutifrons</i>	*	*	*
Famiglia Eucalanidae				<i>Corycaeus flaccus</i>		*	*	Famiglia Miraciidae			
<i>Pareucalanus attenuatus</i>			*	<i>Corycaeus furcifer</i>	*	*	*	<i>Distiocolus minor</i>	*	*	
<i>Subeucalanus monachus</i>			*	<i>Corycaeus giesbrechti</i>	*	*	*	<i>Macrosetella gracilis</i>	*		*
Famiglia Euchaetidae				<i>Corycaeus limbatus</i>		*	*	Famiglia Peltidiidae			
<i>Euchaeta acuta</i>			**	<i>Corycaeus ovalis</i>	*	*	*	<i>Clytemnestra scutellata</i>	*		
<i>Euchaeta juv spp</i>	**	**	*	<i>Corycaeus typicus</i>		*	*	<i>Goniopsyllus rostratus</i>	*	*	
<i>Paraeuchaeta hebes</i>		*		<i>Corycaeus spp</i>	*	*	*				
<i>Paraeuchaeta sarsi</i>			*	<i>Farranula rostrata</i>	*	*	*				
Famiglia Eterorhabdidae				Famiglia Lubbockiidae							

Nella tabella seguente (Tabella 16) sono indicati i volumi di sedimentazione (dopo 24 h), espressi in ml, della componente mesozooplanctonica raccolta nella campagna primaverile 2022. Per quanto concerne lo strato superficiale della colonna (campionamento orizzontale), i valori risultano piuttosto eterogenei tra le stazioni, con un dimezzamento della biomassa unicamente nelle stazioni MG7 e MG10. Tale variabilità nella distribuzione orizzontale, come precedentemente citato, è riconducibile alla distribuzione a *patches* dei copepoditi appartenenti al genere *Paracalanus*, meno abbondanti nelle due stazioni sopra citate. Vista la concomitante notevole abbondanza di esemplari adulti di *Paracalanus parvus* (*Paracalanus "parvus complex"*), si ipotizza che anche i copepoditi appartengano al medesimo *taxon*. È maggiormente omogenea la distribuzione quantitativa mesozooplanctonica nelle pescate verticali intermedie e profonde. Lungo la colonna d'acqua, la presenza di stadi giovanili e adulti di *Pelagia noctiluca* (P22) risulta scarsa, contrariamente alla precedente campagna primaverile (P21) in cui l'abbondante presenza ha invece generato un impatto dal punto di vista ecologico (predazione) ed economico (balneazione turistica).

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)	P22 MG6	P22 MG7	P22 MG10	P22 MG12	P22 MG13
OR	43.5	19.5	21	41	43
50-0	14	13	13	12.5	11.5
100-50	8	8.5	9.5	4	5.5

Meroplancton

La campagna primaverile P22, (Tabella 17), ha consentito di determinare complessivamente 51 taxa meroplanctonici appartenenti a 8 phyla di invertebrati marini (Cnidaria, Mollusca, Annelida, Sipuncula, Arthropoda, Echinodermata, Phoronidaea, Enteropneusta).

A livello qualitativo le larve di crostacei decapodi, nello specifico caridei e brachiuri, constano di 32 taxa (62,7%), seguite dai policheti con 5 taxa (9,8%) e dagli echinodermi con 5 taxa (9,8%) comprese le fasi precoci di sviluppo larvale come la brachiolaria e la bipinnaria degli asteroidei (stelle marine). I molluschi, invece, annoverano due soli taxa che comprendono, oltre alle larve di accrescimento post veliger dei gasteropodi, anche le larve del cefalopode *Octopus vulgaris* (polpo) raccolte nella stazione superficiale nei pressi del rigassificatore (MG7) e nella stazione di controllo (MG10), tra – 50 metri di profondità e la superficie, inconsuete per l'area di studio. Altri phyla di invertebrati marini contano un solo taxa rappresentato da fasi larvali precoci (efire degli cnidari, pelagosphera dei sipunculidi, actinotroca dei foronidei e tornaria degli enteropneusti) che non permettono di prevedere e determinarne l'adulto. In particolare, per gli cnidari, la presenza della fase adulta di *Pelagia noctiluca*, pescata nelle reti, suggerisce che le efire presenti nel campione possano rappresentare la fase larvale di questo scifozoo che manca della fase polipoide (ciclo ipogenetico).

A livello qualitativo il gruppo dei crostacei decapodi rappresenta la frazione meroplanctonica che mostra una maggiore biodiversità. Tra i crostacei, oltre ai decapodi, si segnala la presenza di larve di cirripedi (solo fase naupliare) e di due larve di stomatopodi presenti nel Mar Mediterraneo (*Rissoides desmaresti* e *Platysquilla eusebia*).

Da un punto di vista quantitativo il campione P22 è contraddistinto da un cospicuo contingente di efire (max in MG7 0-50 con 5,66 ind/m²) presente in tutte e cinque le stazioni incluso il sito di controllo dove, sommando i tre livelli investigati (superficiale, intermedio e profondo), si annoverano 8,06 ind/m³. L'aumento medio della temperatura superficiale della colonna d'acqua favorisce l'emissione di uova e successivamente la dispersione larvale. Il numero consistente di larve di scifozoi può essere correlato infatti alla temperatura media superficiale di 25°C registrata all'inizio di giugno, lasciando prevedere un bloom di meduse per la seguente estate 2022. Contemporaneamente anche i molluschi gasteropodi hanno mostrato lo stesso andamento. Le larve di gasteropodi tendono a concentrarsi prevalentemente nei settori più profondi della colonna d'acqua e la maggior parte di essi è stata raccolta nelle stazioni comprese tra – 100 m e – 50 m di profondità (max nella stazione di controllo MG10 con 7,49 ind/m³). Si tratta ad ogni modo di larve delle quali non è possibile identificare la specie su base morfologica in quanto ci troviamo nelle prime fasi di sviluppo durante le quali si comincia a percepire solo l'abbozzo della protoconca.

Tra le larve degli anellidi policheti il taxa dominante è rappresentato dal genere *Poecilochaetus* sp (max in MG7 = 1,82 ind/m³) unico rappresentante della famiglia dei Poecilochaetidae. Si tratta di organismi che prediligono durante la vita bentonica substrati mobili, tra i quali quelli compatibili con l'area di studio, ovvero fanghi del circolitorale. La maggior parte delle larve di anellidi si concentrano nelle stazioni profonde (max in MG7 = 4,1 ind/m³).

Tra gli echinodermi, oltre alle sopracitate bipinnaria e brachiolaria, sono presenti larve di echinopluteus appartenenti alle specie *Spatangus purpureus*, *Ophiotrix fragilis* e al genere *Ophiura*. Si registrano valori massimi per *Ophiotrix fragilis* nel campione profondo della stazione MG12 (1,32 ind/m³) e per il genere *Ophiura* nella fascia intermedia della colonna d'acqua in MG10 (1,13 ind/m³). In generale la presenza degli echinodermi si concentra, come già sottolineato in precedenti survey nelle stazioni intermedie e profonde comprese tra la batimetrica dei 100 e dei 50 metri di profondità.

Ai crostacei decapodi appartiene il 62,7% del campione complessivo rappresentato da brachiuri, anomuri e caridei natanti con un numero contenuto di specie (6). La specie dominante è il carideo processide *Processa edulis edulis* che presenta un picco massimo in MG7 (1,72 ind/m³) seguita dall'Alpheidae *Alpheus glaber* con 1,09 ind/m³ in MG13. A questi si aggiunge il carideo *Lysmata seticaudata*, l'anomuro *Anapagurus breviaculeatus* e le larve di brachiuro *Ebalia tuberosa* e *Liocarcinus* sp. Si tratta di specie largamente diffuse in questo settore di Mar Ligure di cui talvolta si apprezzano, a partire dalla stagione invernale, variazioni significative che possono protrarsi fino alla primavera. Nel complesso non emergono discontinuità quali-quantitative tra la stazione di controllo P22 MG10 e le quattro stazioni di esercizio posizionate in prossimità del rigassificatore off shore. Questo aspetto consente di escludere qualunque forma di impatto sulla comunità meroplanctonica riconducibile alla presenza del Terminale.

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>Deosergestes henseni</i>	*			<i>Processa edulis edulis</i>	*	*	*
Efira ind	*	*	*	<i>Ebalia nux</i>	*	*	*	<i>Processa noveli noveli</i>			*
MOLLUSCA				<i>Ebalia tuberosa</i>	*	*	*	<i>Sergia robusta</i>	*		
Gastropoda laervae ind	*	*	*	<i>Eriphia verrucosa</i>	*			<i>Solenocera membranacea</i>		*	*
<i>Octopus vulgaris</i>	*	*		<i>Eualus</i> sp	*			<i>Upogebia</i> sp		*	

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.

ANNELIDA		<i>Herbstia condiliata</i>		*	<i>Xantho granulicarpus</i>	*
<i>Chaetopterus variopedatus</i>	*	<i>Ilia nucleus</i>	*	*	STOMATOPODA	
Hesionidae ind	*	<i>Jaxea nocturna</i>	*	*	<i>Platysquilla eusebia</i>	* *
<i>Poecilochaetus</i> sp	*	<i>Liocarcinus</i> sp	*	*	<i>Rissoides desmaresti</i>	* *
Spionidae ind	*	<i>Lucifer typus</i>	*	*	ECHINODERMATA	
Syllidae ind	*	<i>Lysmata seticaudata</i>	*	*	Bipinnaria larvae ind	* *
Trocofora larvae ind	*	<i>Maja brachydactyla</i>	*	*	Brachiolaria larvae ind	* *
SIPUNCULA		<i>Monodaeus couchii</i>	*	*	<i>Ophiotrix fragilis</i>	* *
Pelagosphaera larvae ind	*	<i>Pachygrapsus marmoratus</i>	*	*	<i>Ophiura</i> sp	* *
CRUSTACEA		<i>Palaemon serratus</i>	*	*	<i>Spatangus purpureus</i>	* *
Cirripedia larvae ind	*	<i>Parapenaeus longirostris</i>	*	*	PHORONIDAE	
Decapoda		<i>Parasergestes vigilax</i>	*	*	Actinotroca larvae ind	* *
<i>Alpheus glaber</i>	*	<i>Periclimenes</i> sp	*	*	ENTEROPNEUSTA	
<i>Alpheus macrocheles</i>	*	<i>Parthenopoides massena</i>	*	*	Tomaria larvae ind	* *
<i>Anapagurus breviaculeatus</i>	*	<i>Pirimela denticulata</i>	*	*		
<i>Athanas nitescens</i>	*	<i>Planes minutus</i>	*	*		
<i>Callianassa</i> sp	*					

Ittioplancton

Il survey primaverile (P22) condotto sulle fasi larvali dell'ittiofauna ha permesso l'identificazione di 17 *taxa* appartenenti a 15 famiglie di osteitti (pesci ossei) (Tabella 18). Si tratta del numero di *taxa* più elevato degli ultimi tre anni di monitoraggio primaverile anche se, nell'area di studio, non è stata identificata nessuna nuova specie.

I dati relativi al campione primaverile rivelano una massiccia presenza di uova di *Engraulis encrasicolus* (acciuga), in tutte le stazioni di raccolta, con picco massimo in MG6 (43,22 uova/m³). Questo dato conferma la presenza di un contingente planctonico caratterizzato dal ciclo riproduttivo di due specie influenzate dalla stagionalità e dai parametri fisici che ne definiscono l'alternanza. Durante la primavera e il tardo periodo estivo si registra una maggiore concentrazione di larve di *Engraulis encrasicolus*, dalle sue inconfondibili uova ellittiche, mentre con il progressivo raffreddamento della colonna e la scomparsa dei termoclini estivi prevalgono le larve di sardina (*Sardina pilchardus*) tipiche del tardo autunno e dell'inverno.

L'alternanza del ciclo riproduttivo di queste due specie chiave, negli anni, rappresenta potenzialmente un buon indicatore ambientale, in quanto variazioni quali-quantitative a carico di tale successione potrebbe infatti rispecchiare potenziali stress ambientali nell'area di survey. I pesci abissali sono una presenza costante nei campioni ittioplanctonici; questi sono rappresentati nella stagione P22 da due le famiglie, i Gonostomatidae con la specie dominante *Cyclothone braueri* (max in MG 6, 100-50 m = 1,76 ind/m³) e i Michtophidae con le specie *Myctophum punctatum* (max in MG6 50-0 = 1,13 ind/m³) e *Lampanyctus crocodilus* (max in MG6 50-0 m = 0,57 ind/m³). Si conferma quindi la risalita di forme larvali per fenomeni di upwelling provenienti dal limite della piattaforma continentale prossima all'area interessata dal monitoraggio. Il numero di individui raccolti, in relazione a queste specie, tende a ridursi a partire dalla primavera rispetto a quanto riscontrato durante la stagione invernale. Questo fenomeno è dovuto alla progressiva comparsa di termoclini che influenzano gli spostamenti larvali relegandoli a settori più profondi e limitandone la presenza nei campioni superficiali.

Nel complesso quindi il popolamento ittico larvale della stagione P22 è coerente e confrontabile con le precedenti raccolte primaverili e non presenta anomalie attribuibili all'esercizio del rigassificatore offshore, mostrando una comunità ittica larvale che varia prevalentemente in base alla stagionalità.

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

	O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50
BLENNIDAE				GONOSTOMATIDAE				SCOMBRIDAE			
<i>Microlophrys canevae</i>	*			<i>Cyclothone braueri</i>	*	*		<i>Auxis rochei rochei</i>	*		
<i>Parablennius</i> sp				LABRIDAE				SERRANIDAE			
CALLYONIMIDAE				<i>Coris julis</i>	*			Serranidae ind	*		
<i>Callionymus maculatus</i>			*	Labridae ind	*	*	*	SPARIDAE			
CARANGIDAE				MULLIDAE				<i>Diplodus</i> sp	*	*	
<i>Trachurus trachurus</i>	*		*	<i>Mullus barbatus</i>	*	*	*	Sparidae ind	*	*	*
CLUPEIDAE				MYCTOPHIDAE				ZEIDAE			
<i>Sardinella aurita</i>	*	*		<i>Lampanyctus crocodilus</i>		*		<i>Zeus faber</i>	*		
ENGRAULIDAE				<i>Myctophum punctatum</i>	*	*	*	Uova di <i>E. encrasicolus</i>	*	*	*
<i>Engraulis encrasicolus</i>	*	*	*	OPHIDIIDAE				Uova ind	*	*	*
Gobiidae				<i>Ophidion barbatum</i>		*					
<i>Gobiidae</i> ind	*	*									

1.2 BIOTA
1.2.1 Macrozoobenthos

Lo studio ha portato alla raccolta e determinazione di 10790 individui appartenenti a 186 specie comprendenti anellidi (policheti), molluschi, artropodi (crostacei), sipunculidi, echinodermi, cnidari, nemertini (Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.).

Tabella 19 - Lista delle specie macrobentoniche rinvenute nell'inverno (P22).

Anellida		
<i>Abyssoninoe hibernica</i> (McIntosh, 1903)	<i>Galathowenia oculata</i> Zachs, 1923	<i>Paradiopatra lepta</i> (Chamberlin, 1919)
<i>Ampharete acutifrons</i> (Grube, 1860)	<i>Gallardoneris iberica</i> Martins, Carrera-Parra, Quintino & Rodrigues, 2012	<i>Paradoneis lyra</i> (Southern, 1914)
<i>Amphicteis gunneri</i> (M. Sars, 1835)	<i>Glycera alba</i> (O.F. Müller, 1776)	<i>Paralacydonia paradoxa</i> Fauvel, 1913
<i>Ancistrosyllis groenlandica</i> Mc Intosh, 1879	<i>Glycera tessellata</i> Grube, 1863	<i>Paraprionospio pinnata</i> (Ehlers, 1901)
<i>Anobothrus gracilis</i> (Malmgren, 1866)	<i>Glycera unicornis</i> Lamarck, 1818	<i>Paucibranchia bellii</i> (Audouin & Milne Edwards, 1833)
<i>Aphelochaeta marioni</i> (Saint-Joseph, 1894)	<i>Gyptis</i> sp.	<i>Pherusa plumosa</i> (Müller, 1776)
<i>Apistobranchus tullbergi</i> (Théel, 1879)	<i>Harmothoe antilopes</i> Mc Intosh, 1876	<i>Phyllodoce mucosa</i> Örsted, 1843
<i>Aponuphis brementi</i> (Fauvel, 1916)	<i>Harmothoe</i> sp.	<i>Phyllodoce</i> sp.
<i>Aricidea assimilis</i> Tebble, 1959	<i>Heteromastus filiformis</i> (Claparède, 1864)	<i>Pilargis verrucosa</i> (Saint-Joseph, 1899)
<i>Aricidea claudiae</i> Laubier, 1967	<i>Heterospio mediterranea</i> Laubier, Picard & Ramos, 1972	<i>Pista cristata</i> (O. F. Müller, 1776)
<i>Aricidea mariannae</i> Katzmann & Laubier, 1975	<i>Hyalinoecia tubicola</i> (O. F. Müller, 1776)	<i>Poecilochaetus fauchaldi</i> Pilato & Cantone, 1976
<i>Aricidea monicae</i> Laubier, 1967	<i>Kirkegaardia heterochaeta</i> (Laubier, 1961)	<i>Polycirrus</i> sp.
<i>Aricidea</i> sp.	<i>Lagis koreni</i> (Malmgren, 1866)	<i>Polygordius</i> sp.
<i>Auchenoplax crinita</i> Ehlers, 1887	<i>Laonice</i> sp.	<i>Praxillella affinis</i> (M. Sars, 1872)
<i>Chaetozone carpenteri</i> McIntosh, 1911	<i>Leiocapitella dollfusi</i> (Fauvel, 1936)	<i>Praxillella gracilis</i> (M. Sars, 1861)
<i>Chaetozone setosa</i> Malmgren, 1867	<i>Lepidasthenia brunnea</i> Day, 1960	<i>Prionospio ehlersi</i> Fauvel, 1928
Cirratulidae ind.	<i>Levinsenia demiri</i> Çinar, Dagli & Acik, 2011	<i>Prionospio fallax</i> Soderstrom, 1920
<i>Cossura soyeri</i> Laubier, 1962	<i>Levinsenia gracilis</i> (Tauber, 1879)	<i>Prionospio</i> sp.
<i>Dasybranchus caducus</i> (Grube, 1846)	<i>Lumbrineris luciliae</i> Martins, Carrera-Parra, Quintino & Rodrigues, 2012	<i>Pseudopolydora</i> sp.
<i>Diplocirrus glaucus</i> (Malmgren, 1867)	<i>Lumbrineris</i> sp.	<i>Scalibregma inflatum</i> Rathke, 1843
<i>Drilonereis filum</i> (Claparède, 1868)	<i>Lysidice unicornis</i> (Grube, 1840)	<i>Schistomeringos rudolphi</i> (Delle Chiaje, 1828)
<i>Euclymene lombricoides</i> (Quatrefages, 1866)	<i>Maldane glebifex</i> Grube, 1860	<i>Scolecopsis</i> sp.
<i>Euclymene oerstedii</i> (Claparède, 1863)	<i>Malmgrenia lunulata</i> (Delle Chiaje, 1841)	<i>Sphaerodoridium</i> sp.
<i>Euclymene palermitana</i> (Grube, 1840)	<i>Melinna palmata</i> Grube, 1860	<i>Spio multioculata</i> (Rioja, 1918)
<i>Euclymene</i> sp.	<i>Nephtys incisa</i> Malmgren, 1865	<i>Spiophanes kroyeri</i> Grube, 1860
<i>Eumida sanguinea</i> (Örsted, 1843)	<i>Nereis rava</i> Ehlers, 1868	<i>Sternaspis scutata</i> (Ranzani, 1817)
<i>Eunice vittata</i> (Delle Chiaje, 1828)	<i>Ninoe amoricana</i> Glémarec, 1968	<i>Syllis alternata</i> Moore, 1908
<i>Eupanthalis kinbergi</i> McIntosh, 1876	<i>Notomastus profundus</i> (Eisig, 1887)	<i>Syllis amica</i> Quatrefages, 1866
<i>Exogone verugera</i> (Claparède, 1868)	<i>Ophelina abranchiata</i> Støp-Bowitz, 1948	<i>Syllis parapari</i> San Martín & López, 2000
<i>Fauveliopsis</i> sp.	<i>Oxydromus flexuosus</i> (Delle Chiaje, 1827)	<i>Terebellides mediterranea</i> Parapar, Mikac & Fiege, 2013
Arthropoda		
<i>Akanthophoreus gracilis</i> (Krøyer, 1842)	<i>Eurydice spinigera</i> Hansen, 1890	<i>Pardaliscella boeckii</i> (Malm, 1870)
<i>Alpheus glaber</i> (Olivi, 1792)	<i>Gnathia oxyuraea</i> (Lilljeborg, 1855)	<i>Perioculodes longimanus</i> (Bate & Westwood, 1868)
<i>Ampelisca</i> sp.	<i>Goneplax rhomboides</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Photis longicaudata</i> (Bate & Westwood, 1862)
<i>Araphura brevimanus</i> (Lilljeborg, 1864)	<i>Haploops nirae</i> Kaim Malka, 1976	<i>Phtisica marina</i> Slabber, 1769
<i>Campylaspis glabra</i> G.O. Sars, 1880	<i>Harpinia antennaria</i> Meinert, 1890	<i>Pilumnus spinifer</i> H. Milne-Edwards, 1834
<i>Campylaspis macrophthalma</i> Sars, 1879	<i>Harpinia crenulata</i> (Boeck, 1871)	<i>Processa macrophthalma</i> Nouvel & Holthuis, 1957
<i>Carangoliopsis spinulosa</i> Ledoyer, 1970	<i>Harpinia dellavallei</i> Chevreux, 1910	<i>Pseudotanaïs</i> sp.
<i>Cerapopsis longipes</i> Della Valle, 1893	<i>Hippomedon bidentatus</i> Chevreux, 1903	<i>Scalpellum scalpellum</i> (Linnaeus, 1767)
<i>Collettea cylindrata</i> (Sars, 1882)	<i>Hippomedon massiliensis</i> Bellan-Santini, 1965	<i>Stenothoe</i> sp.
<i>Deflexilodes acutipes</i> (Ledoyer, 1983)	<i>Kupellonura mediterranea</i> Barnard, 1925	<i>Tuberapseudes echinatus</i> (Sars, 1882)
<i>Desmosoma</i> sp.	<i>Leucon (Epileucon) longirostris</i> Sars, 1871	<i>Westwoodilla rectirostris</i> (Della Valle, 1893)
<i>Diastylis rugosa</i> Sars, 1865	<i>Leucothoe oboa</i> G. Karaman, 1971	<i>Eurynome aspera</i> (Pennant, 1777)
<i>Diastylis</i> sp. Say, 1818	<i>Medicorophium rotundirostre</i> (Stephensen, 1915)	<i>Gammaropsis</i> sp.

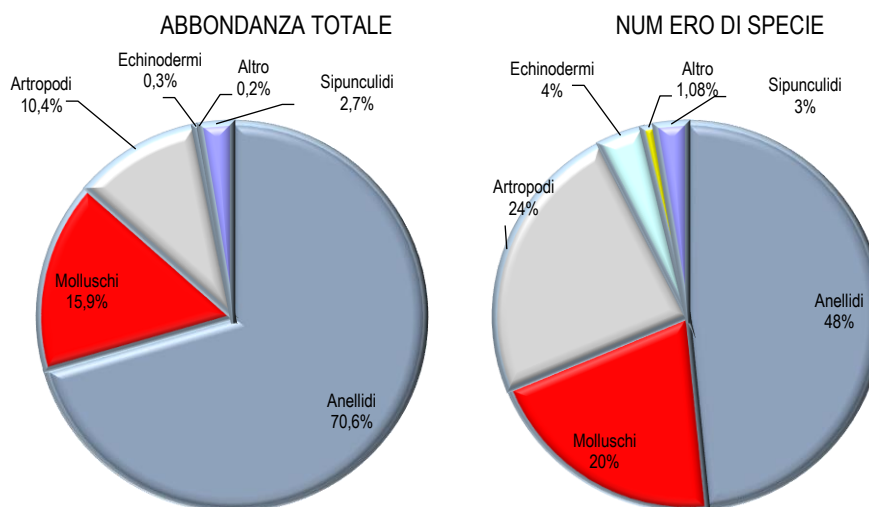
Tabella 19 - Lista delle specie macrobentoniche rinvenute nell'inverno (P22).

<i>Ebalia cranchii</i> Leach, 1817	<i>Paranthura nigropunctata</i> (Lucas, 1846)	<i>Gastrosaccus sanctus</i> (Van. Beneden, 1861)
<i>Eudorella nana</i> Sars, 1879	<i>Paraphoxus oculatus</i> (G.O. Sars, 1879)	
Echinodermata		
<i>Amphiura chiajei</i> Forbes, 1843	<i>Leptopentacta elongata</i> (Düben Koren, 1846)	<i>Ophiothrix quinquemaculata</i> Müller-Troschel, 1842
<i>Amphiura filiformis</i> (O. F. Müller, 1776)	<i>Ophiacantha setosa</i> (Bruzelius, 1805)	<i>Ophiura albida</i> Forbes, 1839
<i>Astropecten</i> sp.		
Mollusca		
<i>Abra longicallus</i> (Scacchi, 1834)	<i>Falcidens guttuosus</i> (Kowalevsky, 1901)	<i>Papillicardium minimum</i> (Philippi, 1836)
<i>Abra nitida</i> (O.F. Muller, 1776)	<i>Gregariella semigranata</i> (Reeve, 1858)	<i>Philine catena</i> (Montagu, 1803)
<i>Acteon tomatis</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Hemilepton nitidum</i> (W. Turton, 1822)	<i>Pitar rudis</i> (Poli, 1795)
<i>Antalis inaequicostata</i> (Dautzenberg, 1891)	<i>Hiatella arctica</i> (Linnaeus, 1767)	<i>Prochaetoderma raduliferum</i> (Kowalevsky, 1901)
<i>Batharca pectunculoides</i> (Scacchi, 1834)	<i>Hyala vitrea</i> (Montagu, 1803)	<i>Pulsellum lofotense</i> (M. Sars, 1865)
<i>Cadulus jeffreysi</i> (Monterosato, 1875)	<i>Kelliella abyssicola</i> (Forbes, 1844)	<i>Saccella commutata</i> (Philippi, 1844)
<i>Capulus ungaricus</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Kurtiella bidentata</i> (Montagu, 1803)	<i>Tellimya ferruginosa</i> (Montagu, 1808)
<i>Cardiomya costellata</i> (Deshayes, 1835)	<i>Lyonsia norvegica</i> (Gmelin, 1791)	<i>Thyasira alleni</i> Carozza, 1981
<i>Clathrella clathrata</i> (Philippi, 1844)	<i>Mendicula ferruginosa</i> (Forbes, 1844)	<i>Thyasira biplicata</i> (Philippi, 1836)
<i>Cuspidaria cuspidata</i> (Olivi 1792)	<i>Myrtea spinifera</i> (Montagu, 1803)	<i>Thyasira granulosa</i> (Monterosato, 1874)
<i>Cylichna cylindracea</i> (Pennant, 1777)	<i>Neopycnodonte cochlear</i> (Poli, 1795)	<i>Timoclea ovata</i> (Pennant, 1777)
<i>Ennucula aegeensis</i> (Forbes, 1844)	<i>Nucula sulcata</i> (Bronn, 1831)	<i>Turritella communis</i> Risso, 1826
<i>Epilepton clarkiae</i> (W. Clark, 1852)	<i>Pandora pinna</i> (Montagu, 1803)	
Sipuncula		
<i>Golfingia elongata</i> (Keferstein, 1862)	<i>Nephasoma diaphanes</i> (Gerould, 1913)	<i>Phascolion strombus strombus</i> (Montagu, 1804)
<i>Golfingia vulgaris vulgaris</i> (Blainville, 1827)	<i>Onchnesoma steenstrupii steenstrupii</i> Koren & Danilssen, 1876	
Cnidaria		
<i>Alcyonium palmatum</i> Pallas, 1766		
Nemertea ind.		

Gli anellidi, rappresentati unicamente da policheti, risultano essere il gruppo dominante che con 7613 individui rappresentano il 70,6% dell'abbondanza totale. I molluschi e i crostacei, secondi e terzi in ordine di abbondanza, forniscono, rispettivamente, il 15,9 e l'10,4% di contributo, mentre i sipunculidi rimangono al 2,7%. Gli echinodermi (36 individui) non arrivano al 0,5% in totale (**Figura 12**).

Più equilibrata risulta essere la ripartizione delle specie tra i vari gruppi, sebbene anche da questo punto di vista gli anellidi policheti si confermano il taxon dominante fornendo quasi la metà delle specie rinvenute (90 specie). Crostacei e Molluschi sono abbastanza equamente rappresentati fornendo il 24% e il 20% delle specie totali.

Gli echinodermi e i sipunculidi forniscono, rispettivamente, il 4% 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 2022. Altro= nemertini, cnidari.

Ai policheti appartengono le specie rinvenute col maggior numero di individui. Le prime tre specie dominanti, sono, infatti, policheti e rappresentano quasi la metà dell'abbondanza totale (45,1%).

Levinsenia demiri (3711 individui) è in assoluto il polichete più abbondante e da solo rappresenta il 34,39% dell'abbondanza totale. *Paradiopatra lepta* seconda in ordine di abbondanza, fornisce meno del 6% di contributo all'abbondanza totale seguita da *Kirkegaardia heterochaeta* (520 individui) con un contributo di circa 5% (**Figura 13**). *Galathowenia oculata* la quarta specie in ordine di abbondanza, con 424 individui, non arriva al 4% di contributo. Questo risultato, che conferma quanto emerso dalla fase di "bianco", dimostra che l'area è caratterizzata da un panorama faunistico dominato da poche specie molto abbondanti affiancate da un elevato numero di specie presenti con pochi individui. Infatti 170 specie (ossia 91,4 % del totale) contribuiscono per meno dell'1% (nell'insieme apportano un contributo del 25,89%) all'abbondanza totale. Inoltre il 13,4% delle specie è presente con un solo individuo.

Le specie dominanti e diffuse, fanno sì che le repliche esibiscano una elevata similarità tra di loro, mai inferiore al 70% con il minimo in P22 MG9 (70,17%). In quattro stazioni (P22 MG14, P22 MG11, P22 MG13, P22 MG1), inoltre, tale percentuale supera il 80% con un picco in P22 MG13 pari a 83,97%.

Levinsenia demiri dà il contributo maggiore a tale similarità in tutte le stazioni, contributo che in molti casi (P22 MG14, P22 MG13, P22 MG12, P22 MG11, P22 MG7, P22 MG4) supera il 40%, con un picco in P22 MG13 pari a 54,68%. Nelle stazioni P22 MG2, P22 MG8 e P22 MG6 il contributo è inferiore al 30%

La seconda specie che determina la similarità tra stazioni è variabile. In quattro stazioni (P22 MG4, P22 MG6, P22 MG10, P22 MG12) si tratta di *Paradiopatra lepta*, in due stazioni (P22 MG2, P22 MG13) di *Kirkegaardia heterochaeta* e in altre 2 (P22 MG1, P22 MG8) di *Kelliella abyssicola*. Nelle restanti stazioni sono sempre specie differenti: *Prionospio elhersi* (P22 MG9), *Ophelina abranchiata* (P22 MG7), *Onchnesoma steenstrupii steenstrupii* (P22 MG11), *Galathowenia oculata* (P22 MG14).

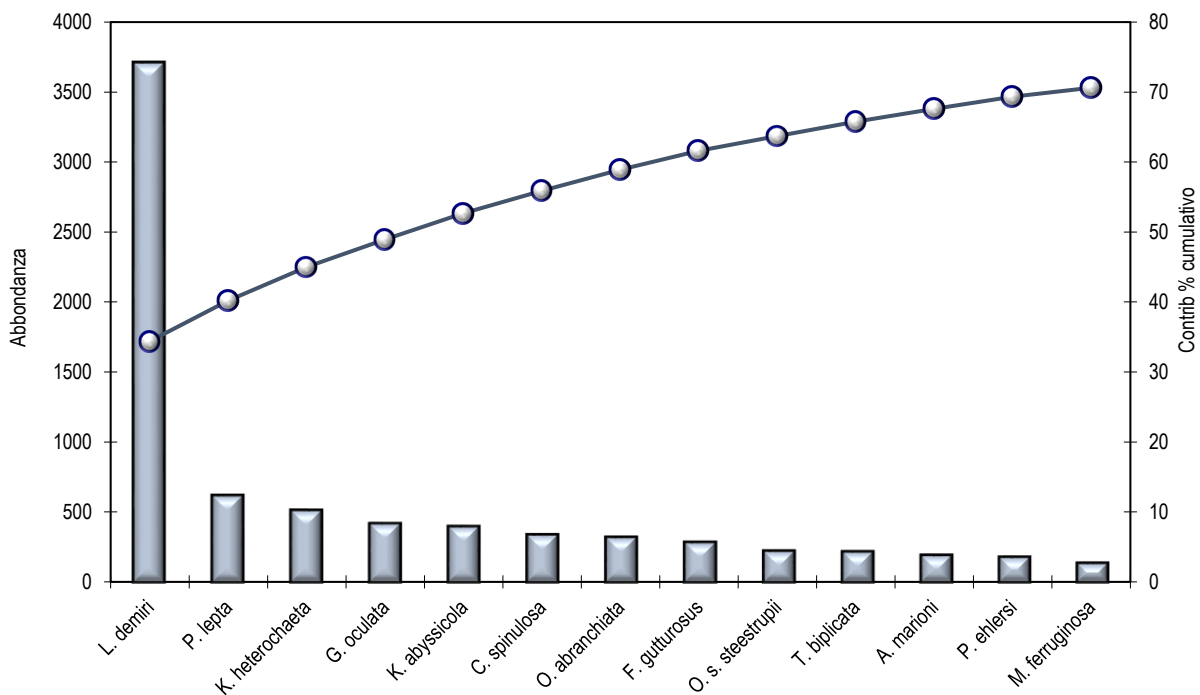


Figura 13 - Abbondanza totale e contributo percentuale cumulativo delle specie dominanti (P22).

La distribuzione dei punti stazione nel piano di ordinamento non rileva raggruppamenti relazionabili alla presenza del Terminale. La stazione P22 MG9, come già emerso dai monitoraggi precedenti, risulta particolarmente povera, tanto da mostrare una elevata dissimilarità rispetto alle stazioni. Per questo nel piano di ordinamento essa rimane separata da un lato del plot, mentre le altre stazioni si raggruppano dalla parte opposta formando una nuvola illeggibile. Per questo motivo, l'analisi è stata rifatta rimuovendo tale stazione.

Levinsenia demiri, la specie più abbondante nell'area di studio, spiega in parte la distribuzione dei punti stazione nel piano di ordinamento ottenuto dal non-Metric Multidimensional Scaling (n-MDS): da sinistra a destra, infatti, la stazioni presentano un gradiente crescente di abbondanza di questa specie (**Figura 14**). Le stazioni poste sul lato destro del plot sono anche quelle con i maggiori valori di abbondanza di *Paradiopatra lepta*.

Il polichete *Hyalinoecia tubicola* spiega la posizione delle stazioni P22 MG11, P22 MG12, P22 MG7.

Il crostaceo *Carangoliopsis spinulosa* spiega la posizione dei punti situati nella parte alta del plot (P22 MG4, P22 MG1, P22 MG2, P22 MG14).

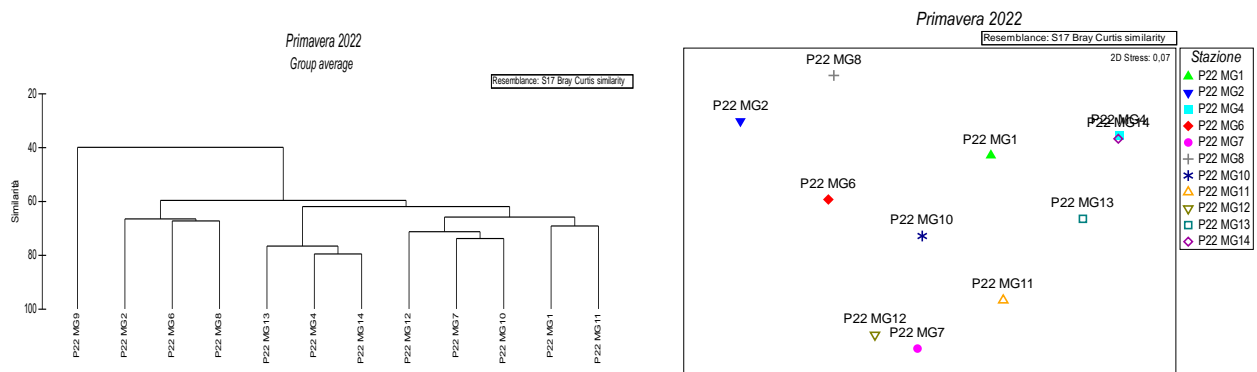


Figura 14 - Risultati della cluster analysis (group average) a sinistra, piano di ordinamento ottenuto dal n-MDS, a destra. La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Bray-Curtis. La stazione MG9 è stata rimossa dal piano di ordinamento perché essendo molto diversa dalle altre, raggruppava queste ultime in un singolo cluster illeggibile.

Anche dal punto di vista strutturale i parametri indagati risultano variabili da stazione a stazione. Il numero di specie medio (ossia ottenuto dopo il calcolo della media tra repliche) varia tra 27,2 minimo rilevato in P22 MG9 e 58,7, massimo osservato in P22 MG14.

Le stazioni P22 MG6, P22 MG7, P22 MG8, P22 MG9, P22 MG13 hanno un numero di specie più basso rispetto alla media totale (50,6±8,5). In totale il numero di specie rilevato complessivamente nelle quattro stazioni più vicine all'FSRU è pari a 138 di cui 30 esclusive ossia non rilevate nelle altre stazioni. Il numero totale di specie rilevato nelle stazioni più lontane (MG1, MG2, MG9, MG10) è 120 (di cui 10 esclusive), mentre quello trovato nelle stazioni intermedie (MG4, MG8, MG11, MG14) è pari a 133 (di cui 25 esclusive).

L'abbondanza totale media delle stazioni esibisce il minimo (75) in P22 MG9 e il massimo (348,7) in P22 MG14. Nel complesso, N, esibisce una elevata variabilità tra stazioni, oscillando intorno al valore medio di 224,7±77,7.

La diversità di Shannon-Weaver mostra il suo minimo in P22 MG13 (3,45) ed il massimo in P22 MG2 (4,94) con una media complessiva di 4,23±0,40. Due delle stazioni poste presso il Terminale, hanno una diversità specifica maggiore rispetto al valore medio, una leggermente inferiore, la quarta (P22 MG13) è quella in cui si registra il valore minimo.

Fra le stazione più lontane (MG1, MG2, MG9, MG10) solo P22 MG9 esibisce un valore di diversità inferiore alla media, mentre tra quelle intermedie (MG4, MG8, MG11, MG14) solo P22 MG4 e P22 MG11 hanno un valore inferiore alla media generale. In nessun caso, quindi, si identifica un trend relazionabile alla distanza dal Terminale.

Anche la ricchezza specifica di Margalef mostra valori variabili tra stazioni, ma confrontando le medie ottenute raggruppando le stazioni in ragione della loro distanza dal Terminale, non si osservano differenze degne di nota. Questa osservazione è valida anche per gli altri parametri, tranne N che mostra un picco presso le stazioni intermedie.

Infine l'equitabilità oscilla tra 0,86 (P22 MG2) e 0,63 (P22 MG13) con un valore medio di 0,75±0,07. Tra stazioni poste presso il Terminale 2 mostrano un valore inferiori a tale media.

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

Tabella 20 – 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).

Stazioni	S	N	d	H'(log ₂)	J
P22 MG1	58,25 ± 4,57	292,75 ± 15,59	10,08 ± 0,77	4,37 ± 0,22	0,75 ± 0,03
P22 MG2	53,50 ± 5,20	179,75 ± 17,56	10,11 ± 0,87	4,94 ± 0,13	0,86 ± 0,02
P22 MG4	58,75 ± 2,99	346,00 ± 50,76	9,89 ± 0,31	3,98 ± 0,36	0,68 ± 0,07
P22 MG6	52,50 ± 2,38	185,25 ± 16,15	9,87 ± 0,31	4,76 ± 0,08	0,83 ± 0,02
P22 MG7	49,00 ± 2,16	181,00 ± 23,08	9,26 ± 0,65	4,13 ± 0,33	0,74 ± 0,05
P22 MG8	46,50 ± 4,65	211,75 ± 20,63	8,49 ± 0,72	4,39 ± 0,22	0,79 ± 0,03
P22 MG9	27,25 ± 0,96	75,00 ± 11,58	6,10 ± 0,25	3,97 ± 0,10	0,83 ± 0,02
P22 MG10	51,50 ± 6,61	220,75 ± 27,32	9,35 ± 1,02	4,46 ± 0,14	0,79 ± 0,02
P22 MG11	52,00 ± 8,04	213,50 ± 17,31	9,50 ± 1,37	3,93 ± 0,32	0,69 ± 0,03
P22 MG12	54,50 ± 1,29	180,00 ± 6,27	10,31 ± 0,27	4,38 ± 0,22	0,76 ± 0,03
P22 MG13	45,50 ± 2,08	263,00 ± 28,15	8,00 ± 0,42	3,45 ± 0,07	0,63 ± 0,01
P22 MG14	58,25 ± 7,89	348,75 ± 48,42	9,77 ± 1,13	4,03 ± 0,24	0,69 ± 0,03

1.2.2 Bioaccumulo

Metalli

Le concentrazioni rilevate nei mitili posizionati lungo il Terminale risultano inferiori o paragonabili a quelle dei mitili al tempo "0" o al bianco, fatta eccezione per lo Zinco che presenta un lieve aumento di concentrazione in particolare nelle stazioni B e C; questo incremento non è imputabile alla presenza degli anodi sacrificali situati lungo lo scafo del terminale dal momento che si riscontra anche nella stazione di controllo E (Bianco) escludendo pertanto un ruolo di FSRU. Il Cadmio presenta un lieve aumento nella stazione D rispetto al tempo zero ritenuto trascurabile dal momento che si registra un incremento analogo anche nella stazione di bianco.

Tabella 21 - Concentrazione dei metalli nei mitili. Dati relativi alla campagna P22 espressi in mg/kg. Sono riportati i dati riferiti sia alla sostanza secca (s.s.) sia al peso fresco (p.f.) in accordo alla prescrizione 13 delle Determine 2990 DVA R.D.R 0000100.04-04-2017 e 3337 DVA R.D.R 0000277.28-09-2017.

	Tempo zero		Stazione A Pos. 1		Stazione B Pos. 2		Stazione C Pos. 3		Stazione D Pos. 4		Stazione E (Bianco Gorgona)	
	s.s.	p.f.	s.s.	p.f.	s.s.	p.f.	s.s.	p.f.	s.s.	p.f.	s.s.	p.f.
Arsenico	9,41	1,69	9,14	1,64	10,13	1,82	9,28	1,67	9,95	1,79	9,31	1,68
Bario	2,59	0,47	2,34	0,42	1,95	0,35	1,65	0,30	3,23	0,58	3,29	0,59
Cadmio	0,38	0,07	0,47	0,08	0,50	0,09	0,49	0,09	0,60	0,11	0,50	0,09
Cromo totale	1,08	0,20	< 1		0,48	0,09	0,51	0,09	0,67	0,12	0,51	0,09
Rame	6,44	1,16	3,94	0,71	3,87	0,70	4,01	0,72	3,75	0,67	4,03	0,73
Ferro	212,22	38,20	67,06	12,07	59,83	10,77	62,15	11,19	96,77	17,42	62,16	11,19
Manganese	7,84	1,41	2,18	0,39	2,42	0,44	2,25	0,41	3,92	0,71	2,38	0,43
Mercurio	0,12	0,02	0,12	0,02	0,10	0,02	0,12	0,02	0,13	0,02	0,11	0,02
Nichel	1,14	0,20	< 1		< 1		1,02	0,18	< 1		1,21	0,22
Piombo	1,22	0,22	1,14	0,21	1,23	0,22	1,14	0,21	1,48	0,27	1,02	0,18
Vanadio	2,24	0,40	1,97	0,36	1,86	0,33	1,94	0,35	1,67	0,30	1,85	0,33
Zinco	108,72	19,57	135,20	24,34	140,55	25,30	151,25	27,23	136,81	24,63	138,54	24,94

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 risultano in tutte le stazioni inferiori al tempo zero e al controllo posto in Gorgona ad eccezione della stazione C che presenta una concentrazione maggiore rispetto ad entrambe.

Tabella 22 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna P22, sono espressi in mg/kg.

	Tempo zero	Stazione A Pos. 1	Stazione B Pos. 2	Stazione C Pos. 3	Stazione D Pos. 4	Stazione E (Bianco Gorgona)
Idrocarburi C<10 (µg/kg)	< 500	< 500	< 500	< 500	< 500	< 500
Idrocarburi C10-C40 (mg/kg)	10,43	5,16	6,97	15,61	8,53	13,81

IPA e composti organo stannici

Gli Idrocarburi policiclici aromatici e i composti organo stannici 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 P22, sono espressi in mg/kg.

	Tempo zero	Stazione A Pos. 1	Stazione B Pos. 2	Stazione C Pos. 3	Stazione D Pos. 4	Stazione E (Bianco Gorgona)
Acenafte	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Acenafilene	0,005	0,003	0,002	0,002	0,003	0,002
Antracene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Benzo (a) antracene	0,001	0,001	< 0,001	< 0,001	0,001	< 0,001
Benzo (a) pirene	0,001	0,001	< 0,001	< 0,001	0,001	< 0,001
Benzo (b) fluorantene	0,001	0,001	< 0,001	< 0,001	0,001	< 0,001
Benzo (g,h,i) perilene	0,001	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Benzo (k) fluorantene	0,001	0,001	< 0,001	< 0,001	0,001	< 0,001
Crisene	0,001	0,001	< 0,001	< 0,001	0,001	< 0,001

Tabella 23 - Concentrazione degli IPA e dei composti organostannici presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna P22, 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)
Dibenzo (a,h) antracene	0,001	0,001	< 0,001	< 0,001	0,001	< 0,001
Fenantrene	0,003	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Fluorantene	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Fluorene	0,002	0,002	0,001	0,002	0,001	0,002
Indeno (1,2,3 - c,d) pirene	0,003	0,002	0,002	0,001	0,002	0,001
Naftalene	0,013	0,010	0,006	0,007	0,009	0,009
Pirene	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	< 0,001
Dibutilstagno	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Monobutilstagno	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Tributilstagno	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001

Cloroderivati

Questi composti sono inferiori al limite di quantificazione (Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.).

Tabella 24 - Concentrazione degli cloroderivati presenti nei campioni di mitili. I dati relativi alla campagna P22 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
Dibromoacetoneitrile	< 0,8	< 0,8	< 0,8	< 0,8	< 0,8	< 0,8
Tetracloroetilene	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15
Tetracloruro di carbonio	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Tricloroacetoneitrile	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Tricloroetilene	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25

Analisi microbiologiche

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

Tabella 25 - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna P22, 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)

L'analisi del Neutral Red Retention Time non ha evidenziato 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. Il tempo di ritenzione del colorante, indicatore del livello di stabilità lisosomale è risultato in ogni stazione maggiore di 135 minuti, mostrando un buono stato di salute degli emociti (Figura 15).

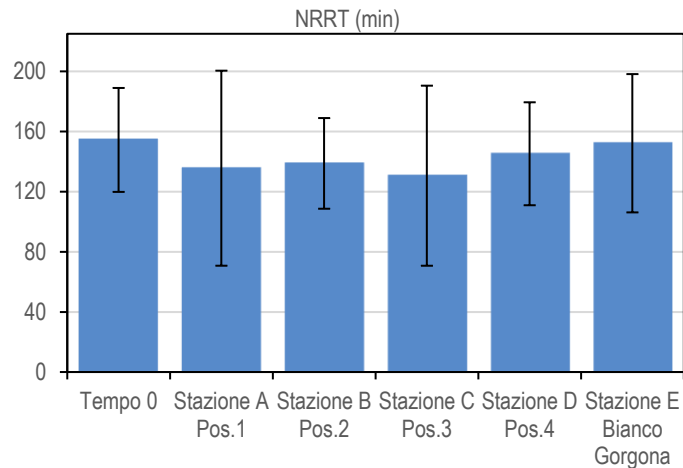


Figura 15 - Valutazione del danno cellulare mediante la misura del tempo di ritenzione del colorante vitale Rosso Neutro (NRRT) nei lisosomi degli emociti di mitilo. Valori alti del tempo di ritenzione corrispondono ad una maggiore integrità.

Comet Assay

I risultati relativi alla valutazione del danno genetico nelle cellule branchiali di mitilo, indice del grado di integrità della molecola di DNA, non hanno mostrato alcun decremento significativo rispetto ai valori del controllo (Stazione E-Gorgona), in tre delle quattro stazioni di monitoraggio, tranne che nella stazione A, sebbene di lieve entità. Questi risultati suggeriscono una assenza di impatto quasi totale da parte delle attività del Terminale FSRU, ad eccezione di una delle stazioni di monitoraggio (Figura 16). Valori statisticamente comparabili al controllo sono stati ottenuti anche nei mitili del Tempo zero.

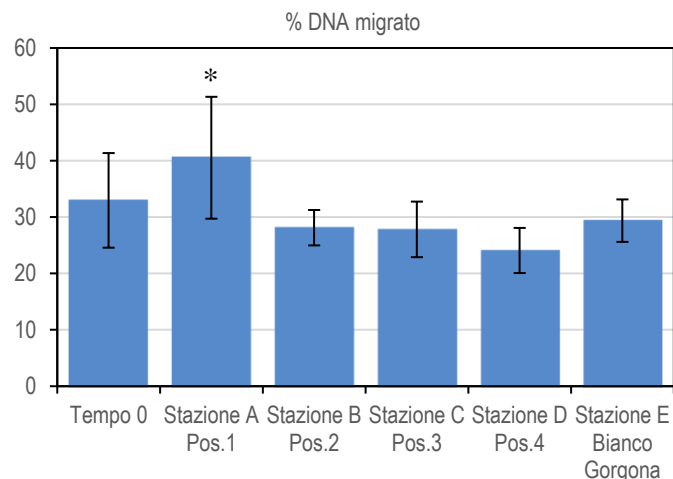


Figura 16 - Valutazione del grado di integrità del DNA mediante Comet assay. Valori elevati della percentuale di DNA migrato corrispondono ad una maggiore entità del danno.

Analisi istologica del tessuto branchiale.

L'analisi istologica dell'epitelio branchiale dei mitili trapiantati presso il Terminale FSRU ha mostrato in due delle quattro stazioni indagate (A e C) e nei mitili al Tempo zero (Tabella 26, Figura 17) una morfologia comparabile a quelli traslocati nella stazione di controllo; nelle restanti due stazioni (B e D) sono, invece, state rilevate differenze statisticamente significative nelle condizioni dell'epitelio branchiale rispetto a quella di controllo (Stazione E – Gorgona).

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

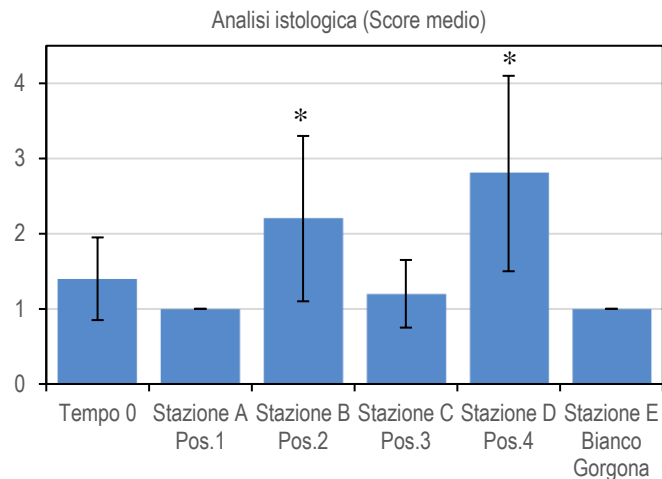


Figura 17- Analisi istologica delle branchie di mitilo. Il parametro rappresentato nel grafico è il punteggio medio (*score*) per ciascuna delle stazioni indagate. La scala va da 1 a 5; il punteggio 1 indica una condizione di integrità mentre il punteggio 5 indica una forte compromissione della struttura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

La campagna primaverile 2022 (P-22), relativamente ai risultati del test Neutral Red Retention Time (NRRT), non ha mostrato alterazioni a carico dei mitili trapiantati lungo il Terminale FSRU rispetto al controllo (Stazione E - Gorgona) e al Tempo zero. I risultati relativi ai restanti biomarker indagati hanno mostrato alterazioni puntiformi di lieve entità, in particolare nella stazione A per quanto riguarda l'integrità del DNA e nelle stazioni B e D a carico della valutazione istologica. Pertanto, nel periodo di riferimento, è possibile rilevare un moderato impatto sullo stato di salute dei mitili, imputabile probabilmente alla naturale variabilità delle condizioni atmosferiche ed ambientali.

1.2.2 Cetacei e tartarughe marine

Per questa indagine sono stati effettuati i seguenti percorsi: 81 km per il cerchio alla distanza di 6nm dal Terminale per un totale di 600 min di avvistamento; 34,2 km per il cerchio alla distanza di 3nm dal Terminale per un totale di 300 min di avvistamento; 5,3 km per il cerchio alla distanza di 1 nm dal Terminale per un totale di 90 min di avvistamento. In totale per il solo avvistamento di cetacei è stato effettuato uno sforzo pari a 120,5 km per un tempo totale di 990 min. (Figura 18).

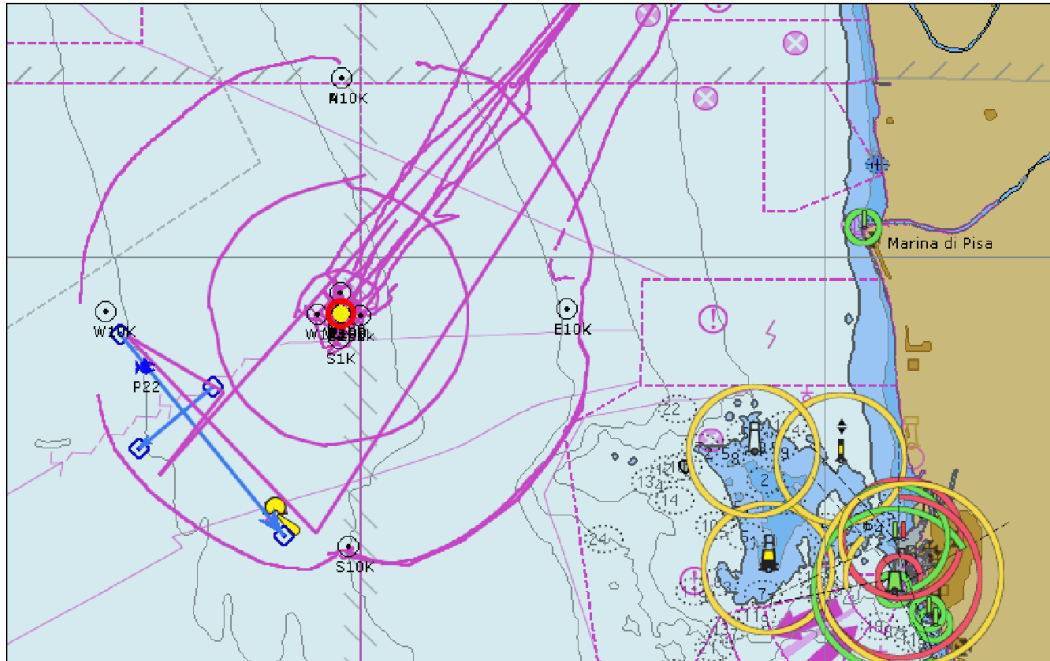


Figura 18 - Rotte percorse per il monitoraggio visivo, acustico e biocustico condotte a partire da giugno 2022 (P22).

In data 14 giugno, P22, è stato effettuato 1 avvistamento di delfini in posizione Latitudine 43° 37.461 N e Longitudine 009° 53.125 E, per un totale di 6 delfini adulti appartenenti alla specie tursiope (*Tursiops truncatus*) a 9,9 km in posizione W dal Terminale (Foto 1). Nessun avvistamento di tartarughe.



Foto 1 – Tursiope sullo sfondo FSRU Toscana

1.3 INDGINI GENERALI

1.3.1 Bioacustica

I transetti di bioacustica sono stati effettuati in data 14 giugno. Seguendo tali transetti, su rotte prefissate, è stato effettuato l'ascolto *in continuum* dell'ambiente marino attraverso specifico idrofono dedicato. Tale strumento è stato trainato ad una distanza di 40m secondo una delle due modalità da effettuare: a motore al minimo di velocità (2-3knt) in quanto in assenza di vento (la seconda modalità prevede la traina dell'idrofono ma a vela sempre ad una velocità di 2-3knt se in presenza di vento con direzione idonea ad effettuare i transetti). Questo al fine 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 esperti in bioacustica che si sono alternati ogni 30' alla postazione del computer e all'osservazione con binocolo. L'operatore al computer è rimasto in ascolto tramite cuffie e ha osservato contemporaneamente il video dove, tramite un software dedicato, viene visualizzato il risultato dell'ascolto/registrazione dei suoni ambientali. L'ascolto è stato effettuato ad una sampling rate di 48.000 Hz e visualizzazione di 24.000 Hz 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 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 4**) 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 P22, della lunghezza totale di circa 16 km, sono stati percorsi in circa 240', che rappresentano anche il tempo totale di ascolto. Durante questo intervallo di tempo è stato effettuato un avvistamento con le registrazioni di suoni biologici. Di seguito riportiamo un frame di spettro del 14 giugno (**Figura 19**).

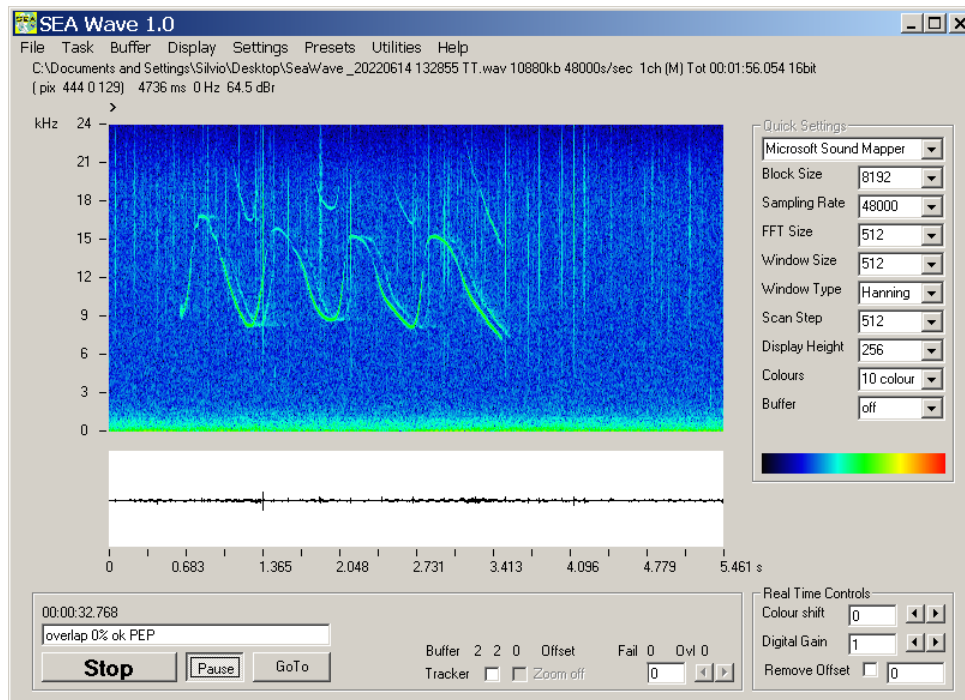


Figura 19 - Frame di registrazione del 14.06.2022

Come si può notare in **Figura 19** sono presenti suoni biologici che si evidenziano con presenza di segni marcati all'interno dello spettro (fischio) con un caratteristico eco.

A titolo di esempio si riporta un'immagine dello spettro senza rilevazione di suoni biologici (**Figura 20**).

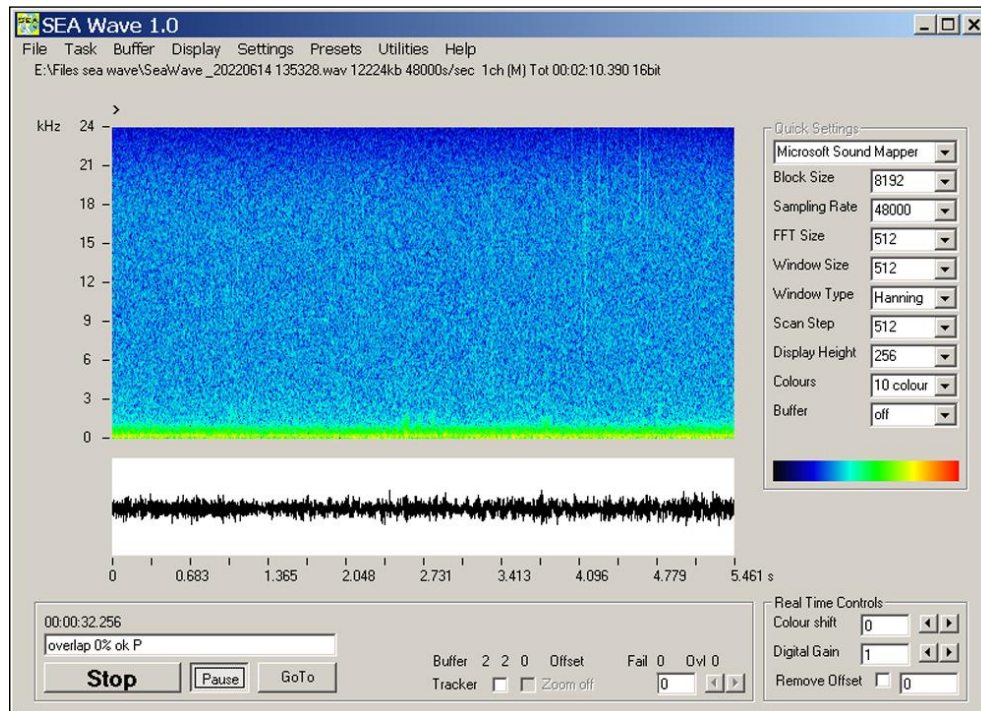


Figura 20 - Esempio di registrazione con assenza di suoni biologici

2 RISULTATI SURVEY ESTATE 2022

2.1 COLONNA D'ACQUA

2.1.1 Profili idrologici

Nel survey condotto in estate 2022, i profili di **temperatura (Figura 21)** mostrano un evidente termocline in accordo con le caratteristiche tipiche del periodo estivo. Le masse d'acqua superficiali esibiscono valori intorno a 26,4 °C nei primi 18m di profondità, per poi diminuire rapidamente fino a circa 15°C alla profondità di 60m e da qui diminuire gradualmente fino ad arrivare a valori prossimi a 14 °C sul fondo.

La **salinità** esibisce valori intorno a 38,2 ppt nei primi 18m della colonna d'acqua che diminuiscono fino a 37,9 ppt intorno a 20m per poi aumentare gradualmente fino ad arrivare a 38,1 ppt sul fondo. Il **pH** presenta valori omogenei su tutta la colonna d'acqua intorno a 8-8,2. La **torbidità** esibisce valori intorno a 0,6 NTU nei primi 12 m della colonna d'acqua che diminuiscono gradualmente fino ad arrivare a valori intorno a 0,3 NTU a 80m e da qui aumentando lievemente a 1,2 NTU negli ultimi 5m dal fondo.

I profili di **ossigeno disciolto (Figura 22)** presentano valori compresi tra 99% e 108% nei primi 20m di profondità per poi diminuire fino ad arrivare a 74 % di saturazione sul fondo.

I profili di **clorofilla** presentano valori intorno a 0,15 µg/l nei primi 40m della colonna d'acqua che aumentano fino a 0,55 µg/l intorno a 75m per poi diminuire fino ad arrivare a 0,25 µg/l sul fondo. I profili di **ORP** sono omogenei su tutta la colonna d'acqua con valori intorno a 200 mV.

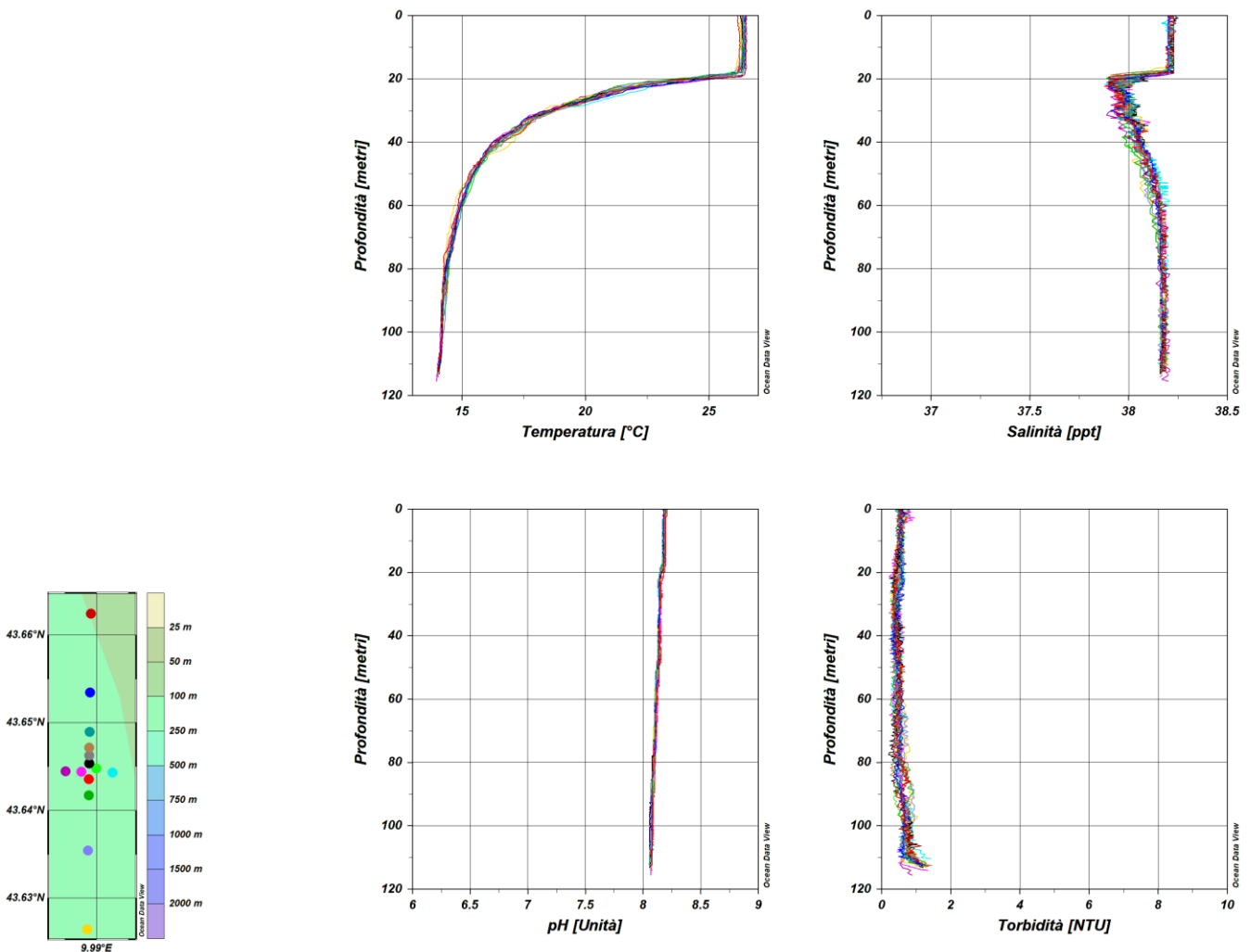


Figura 21 – Profili di temperatura (°C), salinità (ppt), pH e torbidità (NTU); survey estate 2022.

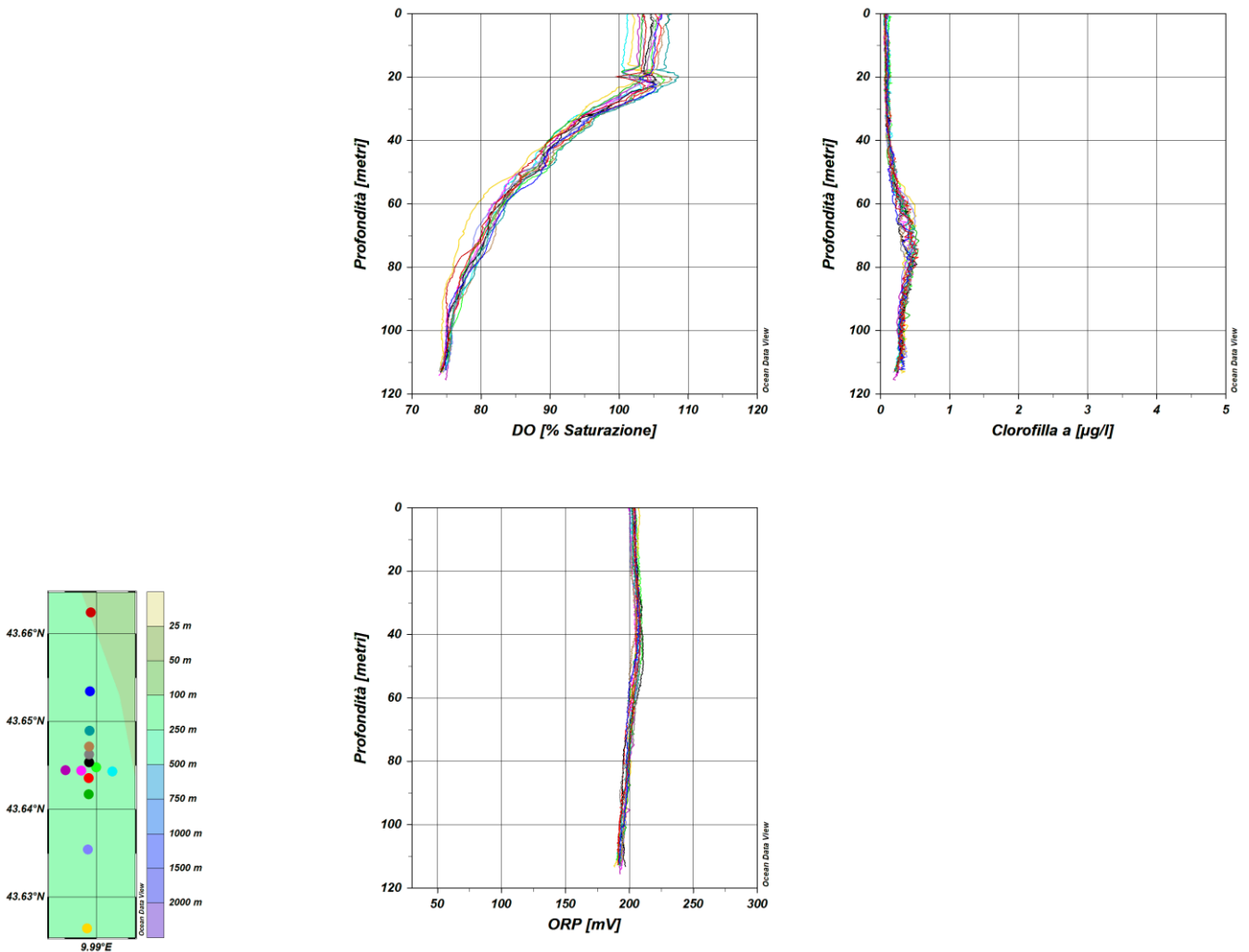


Figura 22 – Profili di ossigeno disciolto (% saturazione), clorofilla ($\mu\text{g/l}$), e potenziale di ossidoriduzione (mV); survey estate 2022.

Misure di irradianza e irradianza spettrale

In Figura 23 sono mostrati i profili di irradianza PAR (Photosynthetic Available Radiation) sottomarina normalizzati rispetto a quella contemporanea superficiale alle stazioni E22 MG7 e E22 MG10. La profondità della zona eufotica (Z_{eu}) nei due punti è rispettivamente 63,5 m e 60 m mentre in generale Z_{eu} ha mostrato una variazione compresa tra 56 m (E22 MG9) e 76,5 m (E22 MG12).

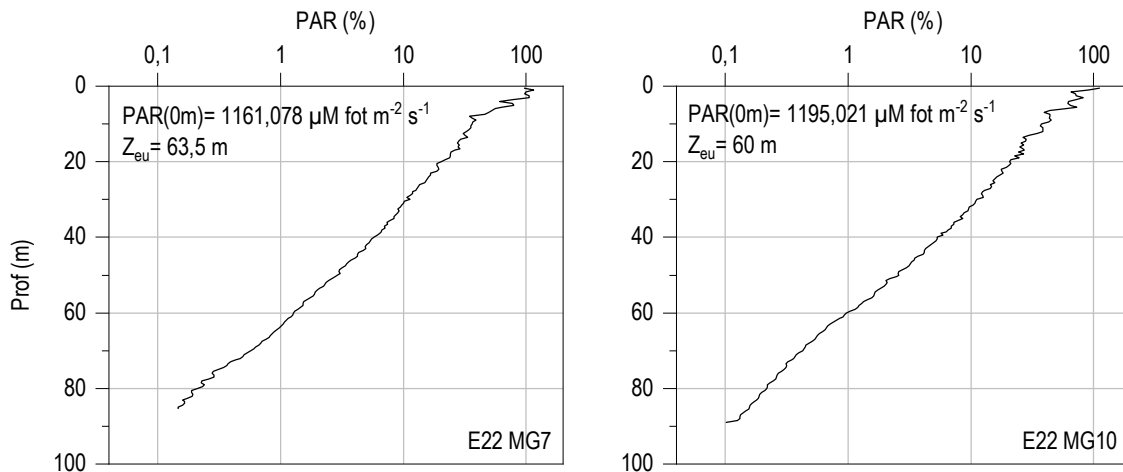


Figura 23 - Profilo del rapporto fra l'irradianza quantica PAR (Photosynthetic Available Radiation) disponibile alle varie profondità con quella contemporanea in superficie, PAR (0 m), nelle stazioni E22 MG7 e E22 MG10.

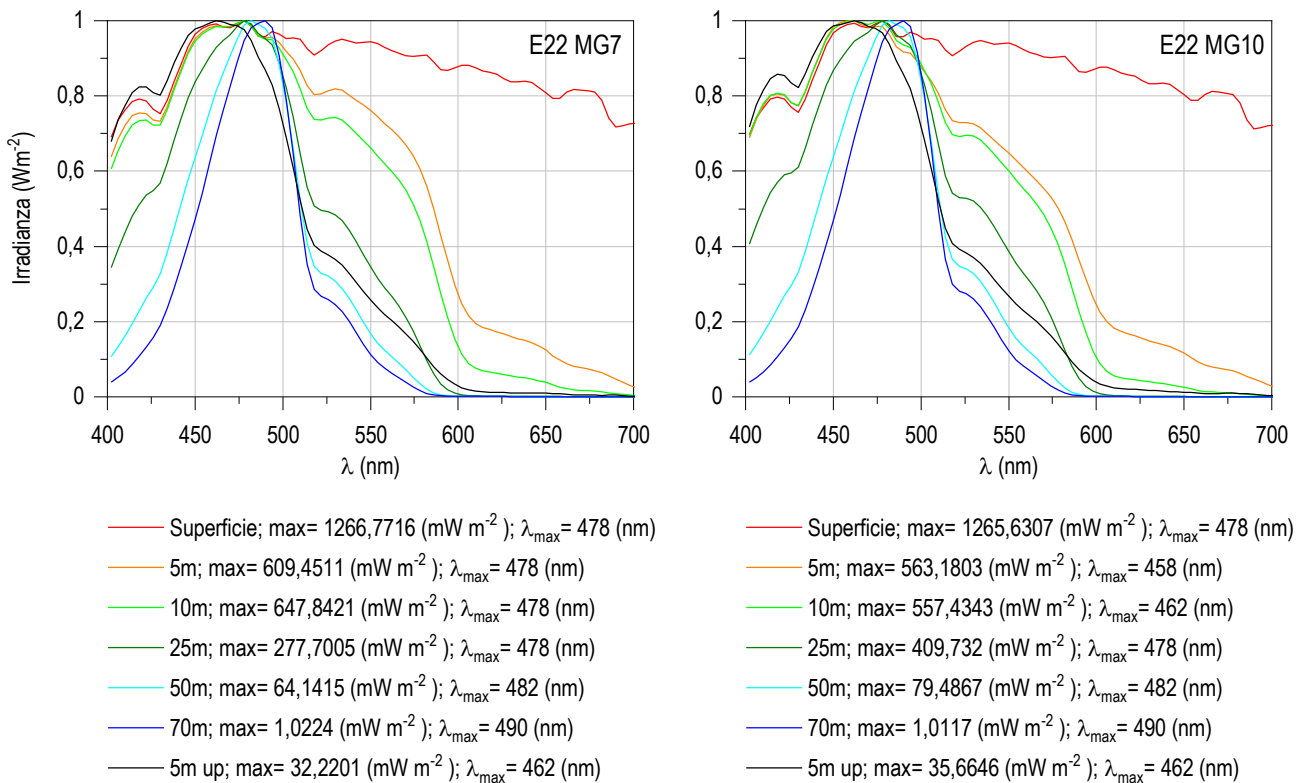


Figura 24 - Irradianza spettrale discendente superficiale e subacquea alle profondità indicate. E' inoltre riportata la irradianza spettrale ascendente a 5 m (5m up). Ogni spettro è stato normalizzato per il proprio massimo ($E_{\max}(\lambda)$) riportato nella legenda insieme con la lunghezza d'onda dove si colloca (λ_{\max}).

In **Figura 24** 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 E22 MG7 e E22 MG10. I massimi (λ_{\max}) degli spettri dell'irradianza discendente si collocano nel range di lunghezze d'onda comprese fra 458 e 490 nm. 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.

2.1.2 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche

Nutrienti inorganici disciolti

In **Tabella 27** sono riportate le concentrazioni di silicati (SiO_2), ortofosfati (PO_4), nitriti (NO_2) e nitrati (NO_3), nelle 8 stazioni campionate.

Le concentrazioni dei nutrienti sono in generale comparabili con quelle rilevate nella medesima stagione degli anni precedenti.

In figura **Figura 25** vengono riportati i profili batimetrici dei nutrienti inorganici disciolti. I profili dei silicati sono abbastanza simili in tutte le stazioni, i massimi si collocano a 70 m ad eccezione che nella stazione E22 MG7, con massimo a 50 m; i minimi, invece si ritrovano a 12,5 m ad eccezione che in E22 MG5 dove i valori più bassi si hanno a 0,5 m (**Tabella 27**).

In media le concentrazioni dei silicati sono di $0,903 \mu\text{M}$ e variano in un range compreso tra $0,529 \mu\text{M}$ in E22 MG5 0,5 m e $1,614 \mu\text{M}$ in E22 MG9 70 m.

Per quanto riguarda i fosfati, la maggior parte delle stazioni hanno massimi a 70 m mentre E22 MG3 e E22 MG6 presentano massimi in superficie e E22 MG12 a 12,5 m. I minimi invece si collocano a diverse profondità, prevalentemente a 12,5 m e a 70 m, ad eccezione che nelle stazioni E22 MG12 (a 50 m) e E22 MG13 (a 0,5 m) (**Figura 25**). La concentrazione dei fosfati è in media $0,077 \mu\text{M}$, con minimi di $0,059 \mu\text{M}$ in E22 MG5 12,5 m e massimi di $0,095 \mu\text{M}$ in E22 MG10 70 m (**Tabella 27**).

I nitriti presentano una distribuzione verticale con massimi quasi esclusivamente a 70 m ad eccezione di E22 MG7, che ha il suo massimo a 50 m, e minimi prevalentemente nello strato superficiale, tra gli 0,5 m (in E22 MG3 e E22 MG10) e 12,5 m (in E22 MG5, E22 MG6, E22 MG7 e E22 MG12), e i 50 m (E22 MG9 e E22 MG13). La concentrazione media è di $0,044 \mu\text{M}$, con un minimo di $0,002 \mu\text{M}$ in E22 MG9 50 m e un massimo di $0,170 \mu\text{M}$ in E22 MG12 70 m (**Tabella 27**).

I profili batimetrici dei nitrati (**Figura 25**) hanno una distribuzione verticale con massimi prevalentemente a 0,5 m (E22 MG3, E22 MG5, E22 MG9, E22 MG10) e a 70 m (E22 MG7, E22 MG12 e E22 MG13) con la sola eccezione di E22 MG6, che presenta il suo valore più alto a 12,5 m, e minimi individuati prevalentemente nello strato superficiale (0,5 -12,5 m), con l'eccezione di E22 MG5 (a 50 m) e E22 MG3 e E22 MG10 (a 70m).

In media le concentrazioni sono 0,164 μM con un range di variazione tra 0,073 μM in E22 MG13 0,5 m e 0,322 μM in E22 MG9 0,5 m (Tabella 27).

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
E22 MG3	0,5	0,892	0,068	<0,03	0,233	E22 MG9	0,5	1,119	0,069	0,060	0,322
	12,5	0,691	0,064	<0,03	0,205		12,5	0,764	0,063	<0,03	0,177
	50	0,773	0,065	<0,03	0,191		50	0,976	0,082	<0,03	0,202
	70	1,034	0,062	0,053	0,140		70	1,614	0,087	0,066	0,185
E22 MG5	0,5	0,529	0,064	<0,03	0,175	E22 MG10	0,5	0,698	0,084	<0,03	0,201
	12,5	0,647	0,059	<0,03	0,153		12,5	0,672	0,080	<0,03	0,150
	50	0,564	0,072	<0,03	0,097		50	0,932	0,083	0,038	0,152
	70	1,154	0,078	0,113	0,122		70	1,275	0,095	0,149	0,119
E22 MG6	0,5	0,636	0,069	<0,03	0,089	E22 MG12	0,5	0,827	0,089	0,055	0,178
	12,5	0,630	0,066	<0,03	0,184		12,5	0,660	0,095	<0,03	0,137
	50	1,002	0,065	<0,03	0,143		50	0,744	0,087	0,047	0,212
	70	1,320	0,063	0,125	0,135		70	1,314	0,090	0,170	0,239
E22 MG7	0,5	0,883	0,072	<0,03	0,116	E22 MG13	0,5	0,863	0,075	0,032	0,073
	12,5	0,708	0,068	<0,03	0,112		12,5	0,723	0,093	<0,03	0,157
	50	1,197	0,079	0,053	0,156		50	0,879	0,092	<0,03	0,114
	70	0,898	0,088	<0,03	0,191		70	1,269	0,094	0,068	0,184

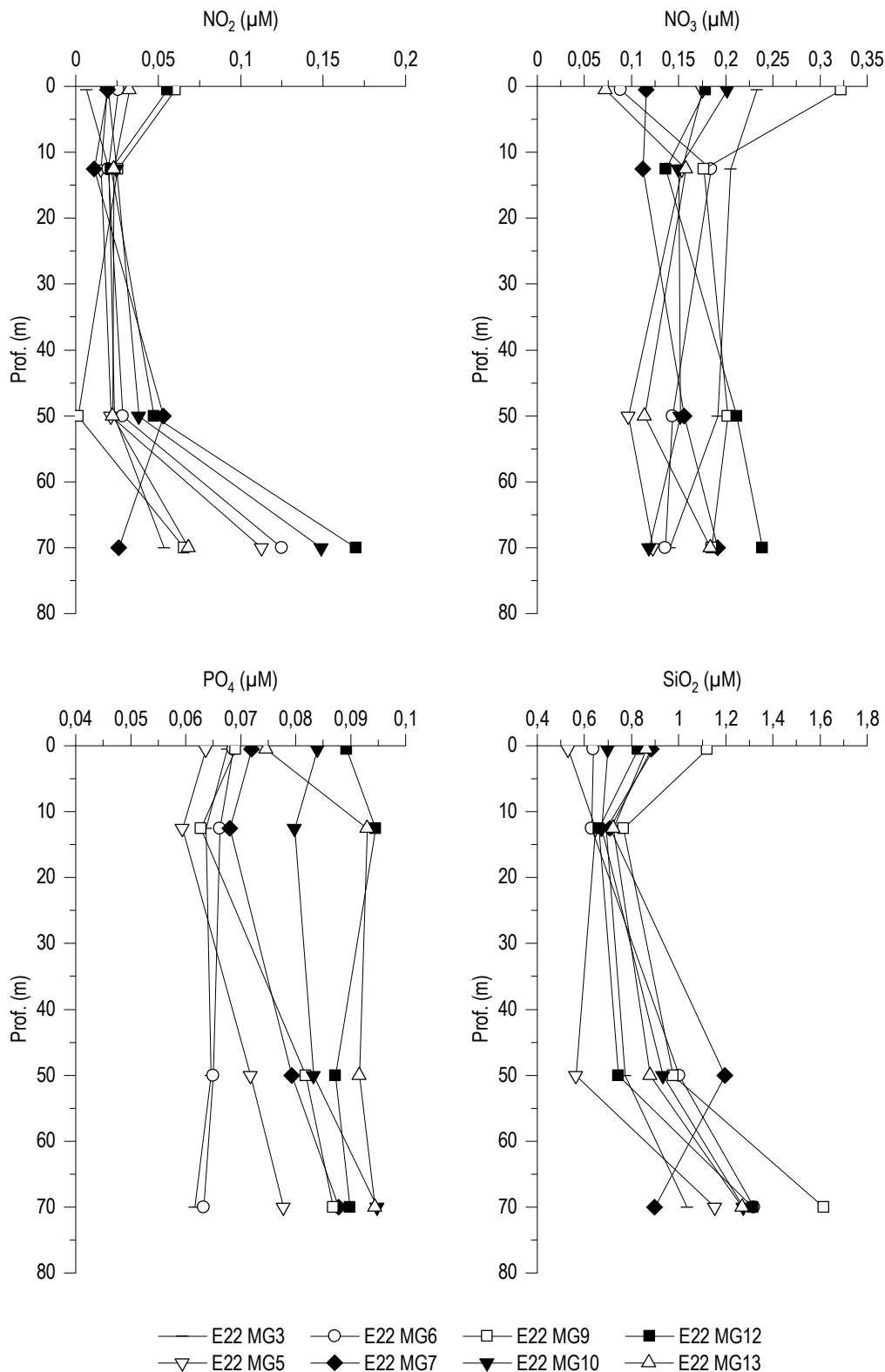


Figura 25 - Profili delle concentrazioni (μM) dei nutrienti inorganici disciolti: NO_2 (nitriti), NO_3 (nitrati), PO_4 (fosfati), SiO_2 (silicati).

Solidi sospesi (Total Suspended Matter)

Le concentrazioni di TSM in tutte le stazioni sono riportate in **Tabella 28**. Il valore medio generale è 0,8175 mg/l ($\pm 0,2$), il minimo è 0,5138 mg/l in E22 MG9 a 12,5 m ed il massimo è 1,2303 mg/l in E22 MG13 a 50 m.

Tabella 28 - Concentrazioni (mg/l) dei solidi sospesi (TSM).				
Prof. m	Stazione	TSM (mg/l)	Stazione	TSM (mg/l)
0,5	E22 MG3	0,7013	E22 MG9	0,5778
12,5		0,9920		0,5138
50		0,7960		0,7575
70		1,0115		0,9152
0,5	E22 MG5	0,7647	E22 MG10	0,6103
12,5		0,9005		0,7110
50		0,7975		0,7636
70		1,1005		0,9195
0,5	E22 MG6	0,6763	E22 MG12	0,7325
12,5		0,6770		0,8898
50		0,7937		0,8732
70		0,8955		1,1378
0,5	E22 MG7	0,6892	E22 MG13	0,8045
12,5		0,7010		0,8040
50		0,7721		1,2303
70		0,8049		0,8455

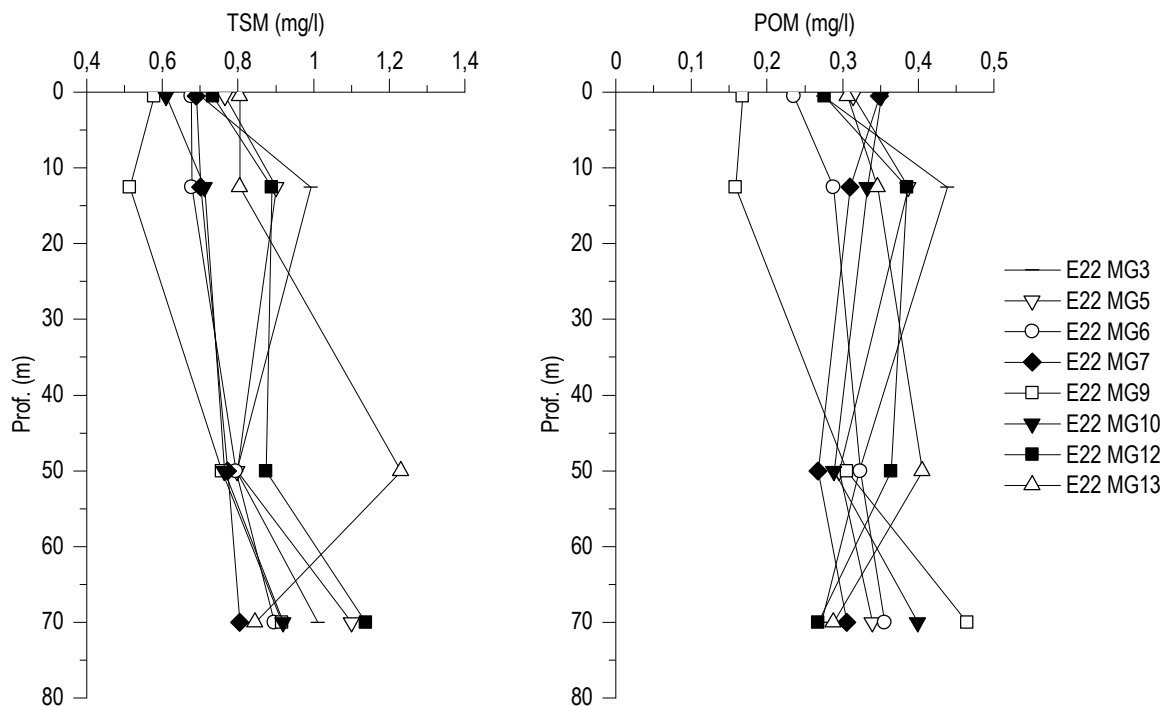


Figura 26 - Profili delle concentrazioni (mg/l) dei solidi sospesi (TSM) e delle concentrazioni di particolato organico (POM).

I profili batimetrici di TSM (Figura 26) mostrano nella maggior parte delle stazioni andamento simile lungo la colonna d'acqua con minimi nello strato superficiale e massimi a 70 m ad eccezione di E22 MG13 che ha il massimo a 50 m. La concentrazione della frazione organica del TSM (POM) è in media 0,318 mg/l (+ 0,01) con minimo di 0,1579 mg/l in E22 MG9 a 12,5 m e massimo di 0,4641 mg/l alla stessa stazione a 70 m. I profili batimetrici del POM (Figura 6) nelle varie stazioni presentano concentrazioni minime in profondità (con E22 MG6 e E22 MG9 che hanno il minimo rispettivamente a 0,5 e a 12,5 m) e concentrazioni massime nello strato superficiale alle stazioni E22 MG3, E22 MG5, E22 MG7, e E22 MG12 mentre nelle altre stazioni i massimi si trovano nello strato profondo. La frazione organica particellata rappresenta in media il 39,72 % del TSM con minimo di 23,52 % in E22 MG12 a 70 m e massimo di 57,54% in E22 MG10 in superficie.

Sostanza Organica Disciolta Cromoforica (CDOM)

Gli assorbimenti della CDOM a 325 nm $a_{CDOM(325)}$ sono in media $0,3073 \text{ m}^{-1}$ ($\pm 0,0977$) e variano da un minimo di $0,1705 \text{ m}^{-1}$ in E22 MG6 in superficie ad un massimo di $0,4776 \text{ m}^{-1}$ in E22 MG13 a 70 m (Tabella 29). I profili batimetrici (Tabella 27) sono molto simili tra le varie stazioni con concentrazioni minime tra la superficie e 12,5 m e concentrazioni massime a 50 m (E22 MG6 ed E22 MG13 presentano il massimo a 70 m).

Tabella 29 - 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	E22 MG3	0,2307	E22 MG9	0,2346
12,5		0,2711		0,2818
50		0,4393		0,4564
70		0,4025		0,4018
0,5	E22 MG5	0,1905	E22 MG10	0,2176
12,5		0,1945		0,2315
50		0,3635		0,4260
70		0,3623		0,3689
0,5	E22 MG6	0,1705	E22 MG12	0,2012
12,5		0,1842		0,1842
50		0,3556		0,3782
70		0,3575		0,3627
0,5	E22 MG7	0,2189	E22 MG13	0,2243
12,5		0,2031		0,2329
50		0,4040		0,4105
70		0,3939		0,4776

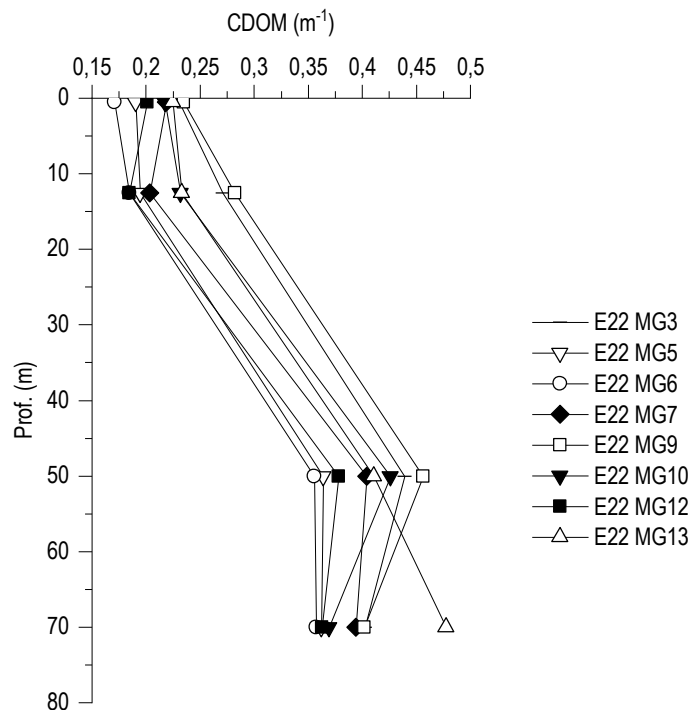


Figura 27 - Profili degli assorbimenti (m^{-1}) della CDOM a 325 nm ($a_{CDOM(325)}$).

Clorofilla a e diversità pigmentaria

La concentrazione di clorofilla a è in media 0,369 mg/m³ (dev. st. = ± 0,13) e mostra un range di variazione compreso tra 0,0849 mg/m³ in E22 MG13 in superficie e 0,4739 mg/m³ sempre in E22 MG13 ma a 70 m (**Tabella 30**). I profili batimetrici delle concentrazioni di Chl a lungo la colonna d'acqua (**Figura 28**) mostrano prevalentemente minimi in superficie, (tranne E22 MG5 ed E22 MG12 con minimo a 12,5 m) e concentrazioni massime a 70 m (solo in E22 MG7 il massimo si trova a 50 m).

Tabella 30 - 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	E22 MG3	0,1555	E22 MG9	0,1429
12,5		0,1594		0,1591
50		0,2054		0,3106
70		0,4674		0,4423
0,5	E22 MG5	0,1428	E22 MG10	0,1034
12,5		0,1082		0,1176
50		0,1895		0,3305
70		0,4374		0,3470
0,5	E22 MG6	0,1387	E22 MG12	0,1797
12,5		0,1442		0,1664
50		0,3765		0,1938
70		0,4227		0,4560
0,5	E22 MG7	0,0894	E22 MG13	0,0849
12,5		0,1043		0,1049
50		0,3901		0,2064
70		0,2308		0,4739

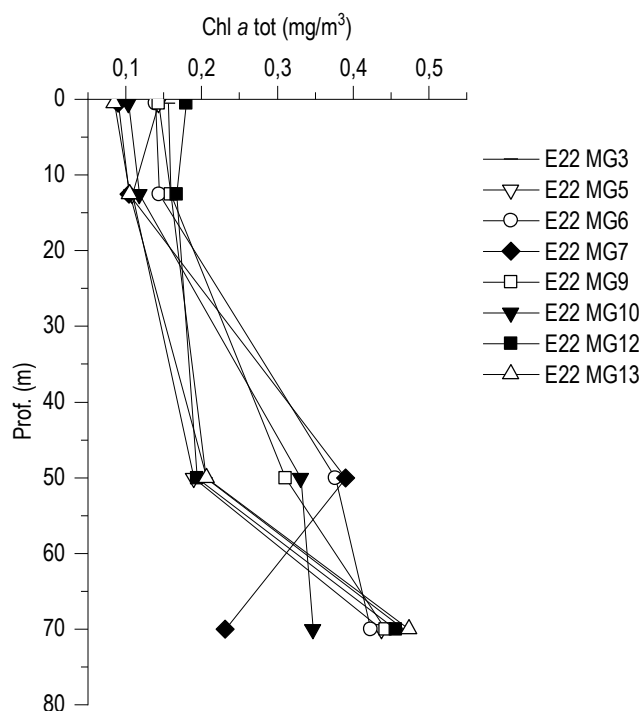


Figura 28 - Profili delle concentrazioni (mg/m³) di clorofilla a tot.

Le concentrazioni dei nove pigmenti diagnostici principali sono riportate in **Tabella 31**. Il pigmento a maggiore concentrazione media (mg/m³) è Chl b (media 0,063, dev. st. = ± 0,05), seguono DVA (media 0,053, dev. st. = ± 0,05), Hex-Fuco (media 0,048, dev. st. = ± 0,02), Zea

(media 0,048, dev. st. = $\pm 0,02$), But-Fuco (media 0,033, dev. st. = $\pm 0,03$), Fuco (media 0,019, dev. st. = $\pm 0,01$), Perid (media 0,012, dev. st. = $\pm 0,001$), Prasino (media 0,007, dev. st. = $\pm 0,007$), e Allo (media 0,0009, dev. st. = $\pm 0,001$).

La composizione pigmentaria presenta una differenziazione generalmente comune alle varie stazioni. Dai rapporti tra i singoli pigmenti e la loro somma totale si ottiene una stima della composizione tassonomica del popolamento fitoplanctonico (**Figura 29**).

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
E22 MG3	0,5	0,0109	0,0121	0,0271	0,0085	0,0000	0,0000	0,0299	0,0248	0,0230
	12,5	0,0100	0,0109	0,0358	0,0114	0,0017	0,0000	0,0334	0,0154	0,0225
	50	0,0076	0,0113	0,0371	0,0140	0,0019	0,0000	0,0594	0,0853	0,0369
	70	0,0401	0,0118	0,0779	0,0842	0,0157	0,0035	0,0562	0,1156	0,1155
E22 MG5	0,5	0,0131	0,0113	0,0346	0,0122	0,0017	0,0000	0,0308	0,0108	0,0228
	12,5	0,0111	0,0108	0,0334	0,0102	0,0000	0,0000	0,0304	0,0000	0,0267
	50	0,0080	0,0110	0,0375	0,0152	0,0015	0,0000	0,0575	0,0719	0,0367
	70	0,0420	0,0115	0,0810	0,0930	0,0230	0,0031	0,0546	0,0949	0,1444
E22 MG6	0,5	0,0132	0,0109	0,0394	0,0113	0,0023	0,0000	0,0420	0,0000	0,0339
	12,5	0,0127	0,0101	0,0484	0,0132	0,0037	0,0000	0,0223	0,0000	0,0217
	50	0,0231	0,0129	0,0650	0,0510	0,0121	0,0015	0,0656	0,1211	0,0835
	70	0,0366	0,0135	0,0656	0,0799	0,0157	0,0024	0,0424	0,1070	0,1328
E22 MG7	0,5	0,0124	0,0121	0,0267	0,0090	0,0015	0,0004	0,0530	0,0015	0,0203
	12,5	0,0144	0,0118	0,0322	0,0108	0,0010	0,0006	0,0543	0,0026	0,0266
	50	0,0353	0,0157	0,0773	0,0706	0,0191	0,0025	0,0714	0,1163	0,1596
	70	0,0182	0,0129	0,0527	0,0298	0,0089	0,0013	0,0151	0,0785	0,0629
E22 MG9	0,5	0,0120	0,0108	0,0281	0,0103	0,0015	0,0000	0,0403	0,0129	0,0250
	12,5	0,0125	0,0105	0,0264	0,0102	0,0015	0,0000	0,0363	0,0217	0,0213
	50	0,0173	0,0116	0,0499	0,0251	0,0067	0,0006	0,0798	0,1047	0,0604
	70	0,0242	0,0125	0,0748	0,0690	0,0146	0,0014	0,0581	0,1356	0,1652
E22 MG10	0,5	0,0141	0,0118	0,0313	0,0102	0,0017	0,0000	0,0311	0,0030	0,0219
	12,5	0,0153	0,0119	0,0349	0,0119	0,0020	0,0000	0,0532	0,0029	0,0250
	50	0,0205	0,0138	0,0665	0,0478	0,0086	0,0015	0,0859	0,1076	0,0932
	70	0,0221	0,0142	0,0607	0,0794	0,0164	0,0021	0,0392	0,0904	0,1465
E22 MG12	0,5	0,0155	0,0105	0,0414	0,0125	0,0032	0,0000	0,0361	0,0124	0,0285
	12,5	0,0151	0,0117	0,0428	0,0122	0,0023	0,0000	0,0328	0,0112	0,0271
	50	0,0101	0,0116	0,0338	0,0171	0,0018	0,0002	0,0558	0,0596	0,0299
	70	0,0408	0,0152	0,0829	0,0901	0,0221	0,0047	0,0724	0,1021	0,1439
E22 MG13	0,5	0,0108	0,0109	0,0247	0,0063	0,0019	0,0002	0,0519	0,0018	0,0183
	12,5	0,0124	0,0121	0,0288	0,0091	0,0014	0,0002	0,0529	0,0024	0,0262
	50	0,0097	0,0120	0,0508	0,0202	0,0045	0,0010	0,0214	0,0695	0,0446
	70	0,0308	0,0152	0,0965	0,0829	0,0220	0,0029	0,0743	0,1290	0,1770

In percentuale i pigmenti più abbondanti sono: Zea (Cyanobatteri *Synechococcus*-like), con il 21,1%, Chl b, pigmento diagnostico delle Chlorophyta, che costituisce in media circa il 19,86% della diversità pigmentaria, Hex-Fuco, pigmento diagnostico dei coccolitofori con il 19,43%, DVA (Cyanobatteri *Prochlorococcus*-like) in media il 15%, But-Fuco con il 9,62%, Fuco in media il 7,24%, Perid con il 5,68%, Prasino in media l'1,88%, e Allo che presenta un contributo inferiore all'1%. La somma dei due pigmenti Zea (Cyanobatteri *Synechococcus*-like) e DVA (Cyanobatteri *Prochlorococcus*-like) ci da una stima della componente picoplanctonica che in E22 rappresenta mediamente il 36,07 % con Zea prevalente nello strato superficiale e DVA prevalente tra 50 e 70 m.

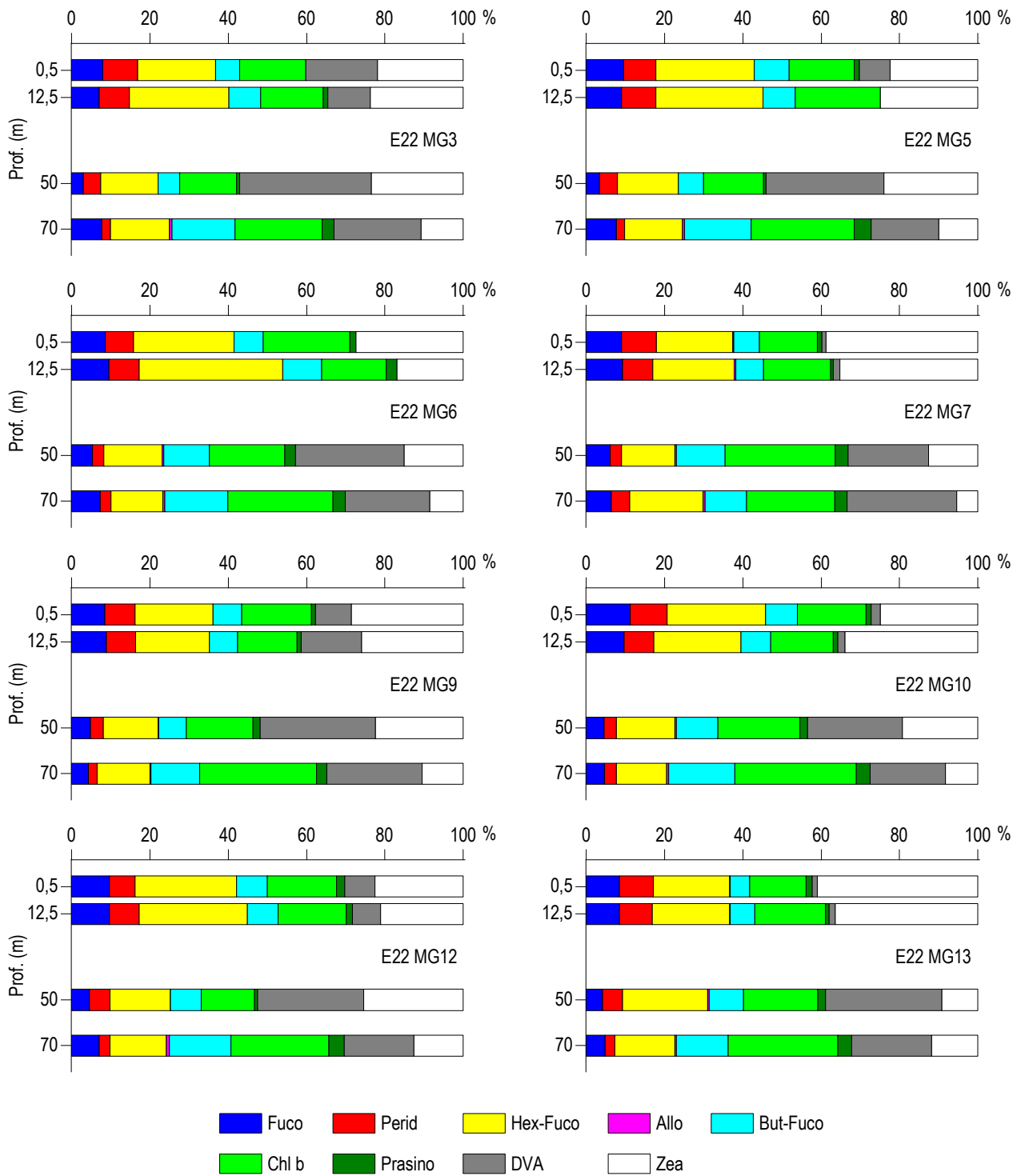


Figura 29 – Concentrazione relativa dei singoli pigmenti diagnostici in rapporto al totale delle concentrazioni dei nove Pigmenti Diagnostici (PD= Fuco+Perid+Hex-Fuco+But-Fuco+Allo+Prasino+Chlb+DVA+Zea).

Tensioattivi

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

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	E22 MG3				E22 MG5				E22 MG6				E22 MG7			
	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70
tensioattivi anionici	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
tensioattivi non ionici	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03

Profondità	E22 MG9				E22 MG10				E22 MG12				E22 MG13			
	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70
tensioattivi anionici	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
tensioattivi non ionici	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03

Cloroderivati

Questi composti non sono stati rilevati esibendo concentrazioni inferiori al limite di quantificazione (Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.).

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

Profondità (m)	E22 MG3				E22 MG5				E22 MG6				E22 MG7			
	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70
Acidi aloacetici (µg/l)																
Dalapon	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Dibromoacetico	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Tribromoacetico	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
Acido Monobromoacetico	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Bromodichloroacetico	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Bromocloroacetico	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Dichloroacetico	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
Acido Tricloroacetico	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Monocloroacetico	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
Acido Clorodibromoacetico	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
Aloacetoniitrili (µg/l)																
Dibromoacetoniitrile	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Dicloroacetoniitrile	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Tricloroacetoniitrile	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
1,1,1-Tricloro-2-Propanone	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
1,1-Dicloro-2-Propanone	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Cloropicrina	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Alometani e VOC (µg/l)																
Cloroformio	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Carbonio Tetracloruro	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Tricloro Etilene	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Dicloro Bromo Metano	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Tetracloro Etilene	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Dibromo Cloro Metano	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Bromoformio	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,2-Dibromo Etano	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,1,1-Tricloro Etano	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,1,2-Tricloro Etano	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Alofenoli (µg/l)																
2,4-Diclorofenolo	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
4-Cloro-3-Metilfenolo	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
2,4,6-Triclorofenolo	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Pentaclorofenolo	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2

Profondità (m)	E22 MG9				E22 MG10				E22 MG12				E22 MG13			
	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70
Acidi aloacetici (µg/l)																
Dalapon	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5

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

Profondità (m)	E22 MG3				E22 MG5				E22 MG6				E22 MG7			
	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70
Acido Dibromoacetico	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Tribromoacetico	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
Acido Monobromoacetico	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Bromodichloroacetico	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Bromocloroacetico	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Dichloroacetico	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
Acido Tricloroacetico	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Monocloroacetico	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
Acido Clorodibromoacetico	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
Aloacetoni (µg/l)																
Dibromoacetone	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Dicloroacetone	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Tricloroacetone	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
1,1,1-Tricloro-2-Propanone	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
1,1-Dicloro-2-Propanone	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Cloropirina	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Alometani e VOC (µg/l)																
Cloroformio	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Carbonio Tetracloruro	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Tricloro Etilene	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Dicloro Bromo Metano	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Tetracloro Etilene	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Dibromo Cloro Metano	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Bromoformio	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,2-Dibromo Etano	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,1,1-Tricloro Etano	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,1,2-Tricloro Etano	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
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 **Errore**. L'origine riferimento non è stata trovata. 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.

E22 MG3				E22 MG5				E22 MG6				E22 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
247,94	238,54	268,54	217,34	223,11	265,98	126,26	247,09	201,58	194,40	176,01	183,86	136,70	179,73	116,68	223,74
E22 MG9				E22 MG10				E22 MG12				E22 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
176,18	150,64	282,08	228,00	304,10	173,25	164,18	205,30	130,57	134,91	240,45	219,15	112,33	115,98	185,99	309,52

Analisi microbiologiche

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

	E22 MG3	E22 MG5	E22 MG6	E22 MG7	E22 MG9	E22 MG10	E22 MG12	E22 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	Campione	Prof. m	Salinità	pH	Ossigeno disciolto
Controllo		38	8,19	7,25					
E22 MG3	0,5	38	7,98	7,21	E22 MG9	0,5	38	8,12	6,88
	12,5	38	8,03	7,30		12,5	38	8,12	7,91
	50	38	8,03	7,45		50	38	8,09	7,92
E22 MG5	0,5	38	8,07	6,98	E22 MG10	0,5	38	8,12	7,99
	12,5	38	8,11	6,90		12,5	38	8,13	7,14
	50	38	8,07	7,05		50	38	8,11	7,03
E22 MG6	0,5	38	8,09	7,15	E22 MG12	0,5	38	8,12	7,30
	12,5	38	8,11	7,20		12,5	38	8,14	7,37
	50	38	8,09	7,47		50	38	8,09	7,50
E22 MG7	0,5	38	8,12	7,31	E22 MG13	0,5	38	8,13	7,31
	12,5	38	8,12	7,68		12,5	38	8,15	7,90
	50	38	8,10	6,88		50	38	8,10	7,53

Vibrio fischeri

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

QA-QC - Il test è stato effettuato con il lotto batterico n. 10641121 (scadenza 12/23) Il valore della EC50(15') = 9,48mg/l (LC= 6,70mg/l e UC=13,40mg/l) conseguito con la sostanza di riferimento ZnSO₄ · 7H₂O rientra nei limiti della carta di controllo del laboratorio.

Campione	Prof. (m)	EC20	EC50	max. effetto 15'	max. effetto 30'	Tossicità	Campione	Prof. (m)	EC20	EC50	max. effetto 15'	max. effetto 30'	Tossicità
E22 MG3	0,5	≥90	>90	-8,55	-11,82	Assente	E22 MG9	0,5	≥90	>90	-5,46	-7,82	
	12,5	≥90	>90	-15,47	-16,91			12,5	≥90	>90	-11,89	-13,02	
	50	≥90	>90	-18,18	-22,29			50	≥90	>90	-18,89	-22,03	
E22 MG5	0,5	≥90	>90	-9,52	-12,45		E22 MG10	0,5	≥90	>90	-13,60	-14,06	
	12,5	≥90	>90	-15,24	-17,34			12,5	≥90	>90	-12,34	-18,20	
	50	≥90	>90	-20,89	-23,76			50	≥90	>90	-13,93	-6,45	
E22 MG6	0,5	≥90	>90	-11,15	-14,95		E22 MG12	0,5	≥90	>90	-2,46	-10,74	
	12,5	≥90	>90	-19,81	-22,91			12,5	≥90	>90	-7,31	-17,77	
	50	≥90	>90	-24,79	-26,33			50	≥90	>90	-12,29	-8,34	
E22 MG7	0,5	≥90	>90	-9,10	-11,86		E22 MG13	0,5	≥90	>90	-4,89	-13,81	
	12,5	≥90	>90	-17,47	-18,87			12,5	≥90	>90	-6,55	-11,71	
	50	≥90	>90	-19,73	-22,51			50	≥90	>90	-14,49	-22,29	

I valori di EC20>90 ed i EC50>90 mostrano assenza di tossicità in tutti i campioni di acqua testati.

Phaeodactylum tricoratum

Nella **Tabella 38** sono riportati i risultati del test d'inibizione della crescita algale (72 h) con *P. tricoratum*. I risultati sono espressi come la media \pm DS del numero di cellule (n. di repliche/campione=3) e come EC20/50 %. In tabella è anche riportata la media \pm DS del numero di cellule del controllo negativo rappresentato da acqua di mare naturale.

QA-QC - Il test con il tossico di riferimento (dicromato di potassio-come ione cromo) ha fornito il valore dell'EC50 =2,68 mg/l (L.C. 95%: 2,06-3,33), rientra all'interno della carta di controllo del laboratorio. Il test è stato ritenuto valido in quanto la crescita algale nei controlli negativi, rispetto all'inoculo iniziale, ha superato il fattore 17, come indicato nelle linee guida.

Tabella 38 - Risultati del test con *Phaeodactylum tricoratum* condotti sui campioni di acqua (incubazione 72 h) prelevati a diverse profondità (esprese in metri). EC20/50 (L.C. 95%) espressa in %.

Campione	Prof.	EC20/50 %	Media N° cell. \pm DS x 10 ⁵ /ml	Tossicità	Campione	Prof.	EC20/50 %	Media N° cell. \pm DS x 10 ⁵ /ml	Tossicità
Controllo			12,00 \pm 0,90						
E22 MG3	0,5	$\geq 90 > 100$	12,20 \pm 0,70	Assente	E22 MG9	0,5	$\geq 90 > 100$	11,80 \pm 0,30	Assente
	12,5	$\geq 90 > 100$	14,10 \pm 0,46			12,5	$\geq 90 > 100$	10,73 \pm 0,38	
	50	$\geq 90 > 100$	11,93 \pm 0,71			50	$\geq 90 > 100$	11,90 \pm 0,46	
E22 MG5	0,5	$\geq 90 > 100$	12,97 \pm 0,50		E22 MG10	0,5	$\geq 90 > 100$	11,77 \pm 0,67	
	12,5	$\geq 90 > 100$	11,10 \pm 0,30			12,5	$\geq 90 > 100$	11,57 \pm 0,31	
	50	$\geq 90 > 100$	13,67 \pm 0,35			50	$\geq 90 > 100$	11,57 \pm 0,60	
E22 MG6	0,5	$\geq 90 > 100$	10,37 \pm 1,88		E22 MG12	0,5	$\geq 90 > 100$	11,07 \pm 0,35	
	12,5	$\geq 90 > 100$	11,13 \pm 0,99			12,5	$\geq 90 > 100$	10,90 \pm 0,78	
	50	$\geq 90 > 100$	10,40 \pm 1,14			50	$\geq 90 > 100$	10,97 \pm 0,35	
E22 MG7	0,5	$\geq 90 > 100$	11,37 \pm 0,35		E22 MG13	0,5	$\geq 90 > 100$	11,13 \pm 0,51	
	12,5	$\geq 90 > 100$	11,53 \pm 0,35			12,5	$\geq 90 > 100$	10,73 \pm 0,80	
	50	$\geq 90 > 100$	13,43 \pm 0,45			50	$\geq 90 > 100$	11,63 \pm 0,25	

I campioni di acqua prelevati a diverse profondità mostrano assenza di tossicità.

Dicentrarchus labrax

Nella **Tabella 40** sono riportati i risultati relativi al saggio di tossicità acuta condotto sui campioni di colonna d'acqua utilizzando giovanili di *D. labrax* (73 \pm 10 mm). Pur non essendo disponibile una scala di tossicità per questa tipologia di saggio biologico, tutti i campioni hanno mostrato una % di mortalità inferiore al 10%, limite indicato come mortalità accettabile nel controllo. Il saggio con tossico di riferimento ha mostrato valori di LC50 pari a 2,19 mg/L (L.C. 95%: 1,89 mg/L-2,75 mg/L), valore che rientra all'interno della carta di controllo del laboratorio (1,82-3,22 mg/L).

Tabella 39 - Risultati del test con giovanili di *Dicentrarchus labrax* esposte a campioni di colonna d'acqua (72 h). Screening test su campioni tal quale (senza diluizioni). Il controllo è costituito da acqua di stabulazione. Volume 5000 ml, aerazione, % saturazione ossigeno disciolto >90%, pH range 8,06-8,12, salinità 38 ‰, temperatura 20,5 \pm 1 °C.

N. pesci esposti						N. pesci esposti							
Campione	Prof. (m)	repl. 1	repl. 2	repl. 3	% mortalità (media)	Tossicità acuta	Campione	Prof. (m)	repl. 1	repl. 2	repl. 3	% mortalità (media)	Tossicità acuta
Controllo	-	10	10	10	3,33								
E22 MG3	0,5	10	10	10	3,33	Assente	E22 MG9	0,5	10	10	10	0,00	Assente
	12,5	10	10	10	0,00			12,5	10	10	10	3,33	
	50	10	10	10	3,33			50	10	10	10	0,00	
E22 MG5	0,5	10	10	10	3,33		E22 MG10	0,5	10	10	10	0,00	
	12,5	10	10	10	0,00			12,5	10	10	10	0,00	
	50	10	10	10	0,00			50	10	10	10	0,00	
E22 MG6	0,5	10	10	10	6,67		E22 MG12	0,5	10	10	10	3,33	
	12,5	10	10	10	0,00			12,5	10	10	10	3,33	
	50	10	10	10	0,00			50	10	10	10	0,00	
E22 MG7	0,5	10	10	10	0,00		E22 MG13	0,5	10	10	10	3,33	
	12,5	10	10	10	3,33			12,5	10	10	10	0,00	
	50	10	10	10	0,00			50	10	10	10	0,00	

Paracentrotus lividus

QA-QC – Il test eseguito con la sostanza di riferimento ha fornito una EC₅₀ di 25,98 µg l⁻¹ di Cu (LC=24,53 e UC=27,51), che rientra nei limiti della carta di controllo del laboratorio. La percentuale media di embrioni allo stadio di pluteo (90 ± 1,00%) è risultata conforme, in quanto superiore al limite del 75% e inferiore al limite del 95%,

Le percentuali degli embrioni che hanno raggiunto lo stadio di pluteo nel test di embriotossicità (72ore) con *P.lividus* e successiva stima della tossicità cronica (EC20/50) dei campioni della colonna d'acqua sono riportati nella tabella **Tabella 40**.

Tabella 40 - Risultati del test di embriotossicità (72 ore) con <i>P.lividus</i> e successiva stima della tossicità cronica.								
	Concentrazione (%) del campione	% media di plutei (± dev,st %)		% media di embrioni non sviluppati	Correzione ABBOTT (embrioni non sviluppati)	EC 20 (%)	EC 50 (%)	Tossicità
Controllo		90	± 2,00	10	0	≥ 90	>100	Assente
E22 MG3/0,5	100	77	± 1,53	23	15	≥90	>100	Assente
	50	85	± 2,52	15	5			
	25	86	± 1,53	14	4			
E22MG3/12,5	100	81	± 1,53	19	10	≥90	>100	Assente
	50	86	± 0,58	14	4			
	25	87	± 1,00	13	3			
E22 MG3/50	100	80	± 0,58	20	11	≥90	>100	Assente
	50	85	± 1,53	15	5			
	25	86	± 1,00	14	4			
E22 MG5/0,5	100	77	± 1,15	23	15	≥90	>100	Assente
	50	84	± 2,08	16	6			
	25	87	± 0,58	13	4			
E22 MG5/12,5	100	82	± 1,53	18	9	≥90	>100	Assente
	50	85	± 1,53	15	5			
	25	86	± 0,58	14	4			
E22 MG5/50	100	81	± 1,53	19	10	≥90	>100	Assente
	50	86	± 1,53	14	5			
	25	87	± 1,00	13	3			
E22 MG6/0,5	100	81	± 1,15	19	10	≥90	>100	Assente
	50	85	± 1,53	15	6			
	25	86	± 1,15	14	4			
E22 MG6/12,5	100	81	± 0,58	19	10	≥90	>100	Assente
	50	85	± 1,53	15	5			
	25	87	± 0,58	13	4			
E22 MG6/50	100	82	± 1,53	18	9	≥90	>100	Assente
	50	85	± 1,73	15	6			
	25	86	± 0,58	14	5			
E22 MG7/0,5	100	74	± 1,53	26	17	≥90	>100	Assente
	50	82	± 2,52	18	9			
	25	86	± 1,00	14	4			
E22 MG7/12,5	100	67	± 1,00	33	26	68,8	>100	Bassa
	50	75	± 1,53	25	16			
	25	83	± 1,53	17	8			
E22 MG7/50	100	75	± 4,73	25	16	≥90	>100	Assente
	50	83	± 2,00	17	8			
	25	85	± 1,00	15	6			
E22 MG9/0,5	100	72	± 1,53	28	20	≥90	>100	Assente
	50	82	± 1,53	18	9			
	25	85	± 1,53	15	6			
E22 MG9/12,5	100	46	± 2,52	54	49	34,7	>100	Bassa
	50	63	± 2,52	37	30			
	25	79	± 1,53	21	13			
E22 MG9/50	100	80	± 1,00	20	11	≥90	>100	Assente
	50	84	± 1,53	16	7			
	25	86	± 1,15	14	4			
E22 MG10/0,5	100	81	± 1,53	19	10	≥90	>100	Assente
	50	84	± 2,00	16	7			
	25	86	± 1,53	14	4			

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

	Concentrazione (%) del campione	% media di plutei (\pm dev, st %)			% media di embrioni non sviluppati		Correzione ABBOTT (embrioni non sviluppati)	EC 20 (%)	EC 50 (%)	Tossicità
E22 MG10/12,5	100	72	\pm 1,53	28	20				Assente	
	50	80	\pm 2,08	20	11	≥ 90	>100			
	25	83	\pm 2,00	17	8					
E22 MG10/50	100	67	\pm 2,00	33	26			71,9	Bassa	
	50	77	\pm 2,00	23	14		>100			
	25	82	\pm 2,08	18	9					
E22 MG12/0,5	100	79	\pm 2,31	21	13		≥ 90	>100	Assente	
	50	84	\pm 1,15	16	6					
	25	85	\pm 1,53	15	5					
E22 MG12/12,5	100	76	\pm 1,00	24	16		≥ 90	>100	Assente	
	50	82	\pm 1,53	18	9					
	25	85	\pm 1,73	15	6					
E22 MG 12/50	100	79	\pm 1,73	21	12		≥ 90	>100	Assente	
	50	84	\pm 1,53	16	6					
	25	86	\pm 1,15	14	4					
E22 MG13/0,5	100	77	\pm 1,00	23	14		≥ 90	>100	Assente	
	50	84	\pm 2,08	16	7					
	25	86	\pm 2,08	14	5					
E22 MG13/12,5	100	80	\pm 1,00	20	11		≥ 90	>100	Assente	
	50	84	\pm 1,53	16	7					
	25	86	\pm 1,53	14	5					
E22 MG13/50	100	64	\pm 2,52	36	29			61,0	Bassa	
	50	75	\pm 1,53	25	17		>100			
	25	83	\pm 1,53	17	8					

I campioni di acqua prelevati nelle stazioni MG7 e MG9, a 12,5 metri, e nelle stazioni MG10 e MG13, a 50 metri, mostrano rispettivamente una tossicità bassa. I restanti campioni sono privi di tossicità.

Acartia tonsa

QA-QC – Il test eseguito con *A. tonsa* è stato verificato mediante test di controllo positivo con Nickel, il cui risultato ha fornito una EC_{50} a 24h (L.C. 95%) di $NiCl_2 \cdot 6H_2O = 0,302$ mg Ni^{2+}/L (0,198-0,458) e una EC_{50} a 48h (L.C. 95%) di $NiCl_2 \cdot 6H_2O = 0,213$ mg Ni^{2+}/L (0,157-0,268) che rientra nei limiti della carta di controllo del laboratorio. I risultati del saggio sono stati riportati in **Tabella 41** come % di immobilizzazione della capacità motoria in stadi naupliari di *A. tonsa*.

Tabella 41 - Risultati del test eseguito con *A. tonsa* e stima della tossicità acuta.

Campione Max. Conc.	Sopravvivenza media (\pm dev. st. %)			Mortalità media (\pm dev.st. %)			Tossicità	Sopravvivenza media (\pm dev. st. %)			Mortalità media (\pm dev.st. %)			Tossicità
	24 ore							48 ore						
Controllo	96,67	\pm 0,41	3,33	\pm 0,41				90,00	\pm 0,55	10,00	\pm 0,55			
E22 MG3/0,5	93,33	\pm 0,52	6,67	\pm 0,52	Assente			90,00	\pm 0,55	10,00	\pm 0,55	Assente		
E22 MG3/12,5	96,67	\pm 0,41	3,33	\pm 0,41				96,67	\pm 0,41	3,33	\pm 0,41			
E22MG3/50	96,67	\pm 0,41	3,33	\pm 0,41				96,67	\pm 0,41	3,33	\pm 0,41			
E22 MG5/0,5	93,33	\pm 0,52	6,67	\pm 0,52				93,33	\pm 0,52	6,67	\pm 0,52			
E22 MG5/12,5	96,67	\pm 0,41	3,33	\pm 0,41				90,00	\pm 0,55	10,00	\pm 0,55			
E22 MG5/50	93,33	\pm 0,52	6,67	\pm 0,52				90,00	\pm 0,55	10,00	\pm 0,55			
E22 MG6/0,5	93,33	\pm 0,52	6,67	\pm 0,52				93,33	\pm 0,52	6,67	\pm 0,52			

Tabella 41 - Risultati del test eseguito co *A. tonsa* e stima della tossicità acuta.

Campione Max. Conc.	Sopravvivenza media (± dev. st. %)		Mortalità media (± dev.st. %)		Tossicità	Sopravvivenza media (± dev. st. %)		Mortalità media (± dev.st. %)		Tossicità
	24 ore					48 ore				
E22 MG6/12,5	96,67	± 0,41	3,33	± 0,41		93,33	± 0,52	6,67	± 0,52	
E22 MG6/50	96,67	± 0,41	3,33	± 0,41		96,67	± 0,41	3,33	± 0,41	
E22 MG7/0,5	96,67	± 0,41	3,33	± 0,41		93,33	± 0,52	6,67	± 0,52	
E22 MG7/12,5	93,33	± 0,52	6,67	± 0,52		90,00	± 0,55	10,00	± 0,55	
E22 MG7/50	93,33	± 0,52	6,67	± 0,52		93,33	± 0,52	6,67	± 0,52	
E22 MG9/0,5	100,00	± 0,00	0,00	± 0,00		96,67	± 0,41	3,33	± 0,41	
E22 MG9/12,5	96,67	± 0,41	3,33	± 0,41		96,67	± 0,41	3,33	± 0,41	
E22 MG9/50	93,33	± 0,52	6,67	± 0,52		93,33	± 0,52	6,67	± 0,52	
E22 MG10/0,5	96,67	± 0,41	3,33	± 0,41		96,67	± 0,41	3,33	± 0,41	
E22 MG10/12,5	93,33	± 0,52	6,67	± 0,52		90,00	± 0,84	10,00	± 0,84	
E22 MG10/50	96,67	± 0,41	3,33	± 0,41		96,67	± 0,41	3,33	± 0,41	
E22 MG12/0,5	96,67	± 0,41	3,33	± 0,41		90,00	± 0,84	10,00	± 0,84	
E22 MG12/12,5	93,33	± 0,52	6,67	± 0,52		90,00	± 0,84	10,00	± 0,84	
E22 MG12/50	96,67	± 0,41	3,33	± 0,41		93,33	± 0,52	6,67	± 0,52	
E22 MG13/0,5	96,67	± 0,41	3,33	± 0,41		96,67	± 0,41	3,33	± 0,41	
E22 MG13/12,5	96,67	± 0,41	3,33	± 0,41		90,00	± 0,55	10,00	± 0,55	
E22 MG13/50	96,67	± 0,41	3,33	± 0,41		93,33	± 0,52	6,67	± 0,52	

I campioni di acqua analizzati risultano privi di tossicità.

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 76,34 cell/ml variando da un minimo di 23,26 cell/ml in E22 MG6 a 70m ad un massimo di 131,84 cell/ml in E22 MG7 a 12,5 m (**Tabella 42**).

L'andamento delle densità lungo la colonna d'acqua mostra minimi prevalentemente tra 50 e 70 m (E22 MG6 con minimo in superficie) e abbondanze massime tra 0,5 e 12,5 m tranne E22 MG13 che presenta il massimo a 70 m (**Figura 30**). Mediamente le maggiori abbondanze sono date dal gruppo denominato "Altro plancton" costituito dalle classi di nanoflagellati (Cryptophyceae, Chrysophyceae, Dictyochophyceae, Chlorophyceae, Euglenoidea, Prasinophyceae, Prymnesiophyceae non Coccolitofori, Cyanophyceae più i flagellati non identificati) che varia tra 8,87 cell/ml in E22 MG6 a 70 m e 69,58 cell/ml in E22 MG7 a 12,5 m. Le diatomee variano tra 7,27 cell/ml in E22 MG6 a 70 m e 49,06 cell/ml in E22 MG13 sempre a 70 m. I coccolitofori variano da un minimo di 4,58 cell/ml in E22 MG12 a 50 m ad un massimo di 20,06 cell/ml alla E22 MG7 a 12,5 m. I dinoflagellati infine risultano i meno abbondanti variando tra 1,89 cell/ml in E22 MG6 a 70 m e 23,89 cell/ml in E22 MG7 a 12,5 m.

Osservando il contributo percentuale delle classi (**Figura 31**) si nota che il popolamento estivo del 2022 è rappresentato principalmente dal gruppo Altro plancton, in media il 47,82%, con *Phaeocystis* sp., Flagellati indeterminati < 10µm e *Telonema* sp. e dalle diatomee che contribuiscono mediamente con il 44,00% grazie a *Pseudo-nitzschia galaxiae* (forma grande e piccola), *Leptocylindrus danicus*, *Chaetoceros socialis* e *Cylindrotheca closterium*. I coccolitofori, in media il 22,52% del popolamento, sono rappresentati principalmente da *Emiliania huxleyi*. I dinoflagellati, infine, sono la classe meno rappresentata rispetto alle altre costituendo mediamente il 20,32% grazie a individui del genere *Gymnodinium* e da forme tectate come *Heterocapsa minima*, *Heterocapsa rotundata* e *Alexandrium minutum*.

Tabella 42 - Densità fitoplanctonica totale (cell/ml) e delle classi o gruppi identificati.						
Stazione	prof. (m)	Diatomee	Dinoflagellati	Coccolitofori	Altro	Totale
E22 MG6	0,5	0,0109	0,0121	0,0271	0,0085	61,49
	12,5	0,0100	0,0109	0,0358	0,0114	62,92
	50	0,0076	0,0113	0,0371	0,0140	58,18
	70	0,0401	0,0118	0,0779	0,0842	23,26
E22 MG7	0,5	0,0131	0,0113	0,0346	0,0122	65,07
	12,5	0,0111	0,0108	0,0334	0,0102	131,84
	50	0,0080	0,0110	0,0375	0,0152	120,85
	70	0,0420	0,0115	0,0810	0,0930	82,14
E22 MG10	0,5	11,10	11,85	12,19	38,06	73,19
	12,5	10,09	16,78	9,86	52,23	88,96
	50	19,67	6,52	11,73	42,19	80,12
	70	29,39	5,81	6,74	24,86	66,80
E22 MG12	0,5	31,02	9,41	13,48	33,57	87,48
	12,5	29,97	7,32	11,39	36,01	84,69
	50	12,25	12,94	4,58	33,89	63,67
	70	27,07	5,23	6,27	35,67	74,24
E22 MG13	0,5	10,92	11,73	13,36	27,65	63,66
	12,5	11,16	13,10	15,60	33,49	73,35
	50	8,82	7,88	6,23	29,87	52,79
	70	49,06	8,57	13,38	41,08	112,08

In totale sono stati identificati a diverso livello tassonomico 179 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 ai dinoflagellati ed alle diatomee che sono rappresentati rispettivamente da 59 e 51 specie, 3 ed 8 forme identificate a livello di genere e 4 e 3 categorie soprageneriche. I coccolitofori risultano meno diversificati con 25 specie insieme a 1 genere ed 1 categoria sopragenerica. Il gruppo "Altro plancton", infine, nonostante sia quello che caratterizza di più il popolamento in termini quantitativi, è rappresentato da un totale di 24 taxa suddivisi in 17 specie, 5 generi e 2 categorie superiori. Il popolamento fitoplanctonico estivo del 2022 presenta valori medi di diversità specifica (Shannon) e di equitabilità (Pielou) di 3,28 bit/cell e di 0,597 variando rispettivamente tra 2,92 (E22 MG10 50 m) e 3,82 (E22 MG13 12,5 m) bit/cell e tra 0,53 (E22 MG6 12,5 m) e 0,70 (E22 MG13 0,5 m). I minimi di diversità si raggiungono in corrispondenza delle maggiori abbondanze di *Phaeocystis* sp, *Emiliania huxleyi*, *Pseudo-nitzschia galaxiae* e *Cylindrotheca closterium*.

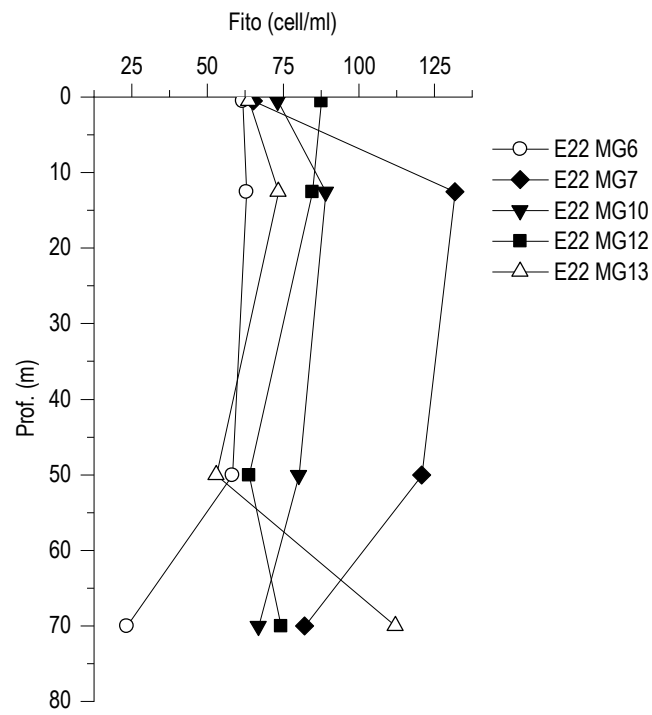


Figura 30 - Profili delle densità fitoplanctoniche totali (cell/ml).

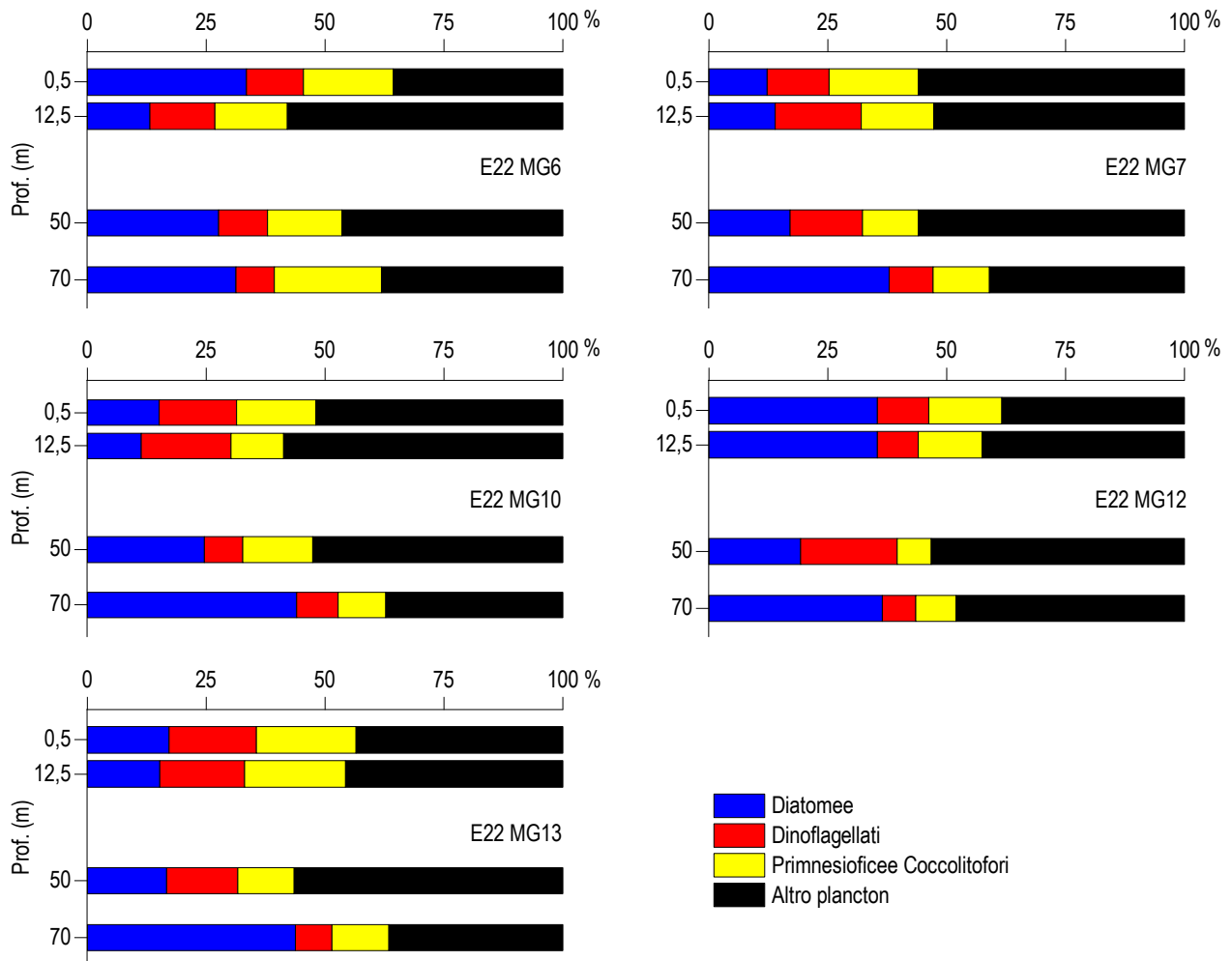


Figura 31 – Abbondanza relativa delle classi fitoplanctoniche indicate in legenda in rapporto all'abbondanza totale.

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	49	8	4
Dinoflagellati	64	4	4
Prymnesiophyceae coccolitofori	23	2	1
Cryptophyceae	1		1
Chrysophyceae/Dictyochophyceae	4		1
Chlorophyta/Euglenoidea	12	2	1
Prasinophyceae	3	2	
Prymnesiophyceae non coccolitofori		1	
Cyanophyceae	2	4	
Raphidophyceae	3		
Altro	5	3	
Totale	166	26	12

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

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

DIATOMEE		
<i>Amphora binodis</i> Gregory 1857	<i>Dictyoneis marginata</i> (Lewis) Cleve 1890	<i>Navicula</i> spp.
<i>Amphora</i> spp.	<i>Diploneis bombus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1853	<i>Nitzschia bicapitata</i> Cleve 1901
<i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castracane) Round 1990	<i>Diploneis crabro</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1854	<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs 1861
<i>Bacteriastrium delicatulum</i> Cleve 1897	<i>Entomoneis</i> spp.	<i>Nitzschia sicula</i> (Castracane) Hustedt
<i>Bacteriastrium jadrantum</i> Godrijan, Maric & Pfannkuchen 2012	<i>Eucampia cornuta</i> (Cleve) Grunow 1883	<i>Nitzschia</i> spp.
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey 1937	<i>Fragilariopsis</i> spp.	<i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve 1873
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder 1864	<i>Guinardia flaccida</i> (Castracane) Peragallo 1892	<i>Plagiotropis</i> sp.
<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve 1889	<i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle 1996	<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström 1986
<i>Chaetoceros lauderi</i> Ralfs 1864	<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow 1880	<i>Pseudo-nitzschia cf. fraudulenta</i> (Cleve) Hasle 1993
<i>Chaetoceros muelleri</i> Lemmermann 1898	<i>Haslea wawriake</i> (Hustedt) Simonsen 1974	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cleve) Heiden 1928
<i>Chaetoceros similis</i> Cleve 1896	<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow ex Van Heurck 1882	<i>Pseudo-nitzschia galaxiae</i> Lundholm & Moestrup 2002
<i>Chaetoceros socialis</i> Lauder 1864	<i>Hemiaulus sinensis</i> Greville	<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle 1993
<i>Chaetoceros</i> spp.	<i>Lauderia annulata</i> Cleve 1873	<i>Pseudo-nitzschia subfraudulenta</i> (Hasle) Hasle 1993
<i>Ctenophora pulchella</i> (Ralfs ex Kützing) Williams & Round 1986	<i>Leptocylindrus convexus</i> Nanjappa & Zingone 2013	<i>Rhizosolenia decipiens</i> Sundström 1986
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & Lewin 1964	<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve 1889	<i>Rhizosolenia hebetata f. semispina</i> (Hensen) Gran 1905
<i>Cylindrotheca gracilis</i> (Brébisson ex Kützing) Grunow 1882	<i>Leptocylindrus mediterraneus</i> (Peragallo) Hasle 1975	<i>Skeletonema pseudocostatum</i> Medlin 1991
<i>Dactylosolen fragillissimus</i> (Bergon) Hasle 1996	<i>Leptocylindrus minimus</i> Gran 1915	<i>Synedra cf. affinis</i> Kützing 1844
Diatomea pennata n.i. (forma p)	<i>Licmophora flabellata</i> (Grev.) Agardh 1831	<i>Tabularia gallonii</i> (Bory de Saint-Vincent) Bukhtiyarova 1995
Diatomee centriche < 20 µm n.i.	<i>Licmophora gracilis</i> (Ehrenberg) Grunow 1867	<i>Thalassionema cf. bacillare</i> (Heiden) Kolbe 1955
Diatomee pennate < 20 µm n.i.	<i>Navicula cf. transitans</i> Heimdal 1970	<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Hallegraeff 1986
Diatomee pennate > 20 µm n.i.	<i>Navicula directa</i> (Smith) Ralfs 1861	<i>Thalassiosira</i> spp.
DINOFLAGELLATI		
<i>Achradina pulchra</i> Lohmann 1903	<i>Heterocapsa circularisquama</i> Horiguchi 1995	<i>Oxytoxum sceptrum</i> (Stein) Schroder 1906
<i>Alexandrium cf. minutum</i> Halim 1960	<i>Heterocapsa minima</i> Pomroy 1989	<i>Oxytoxum sphaeroideum</i> Stein 1883
<i>Alexandrium ostenfeldii</i> (Paulsen) Balech & Tangen 1985	<i>Heterocapsa niei</i> (Loeblich III) Morrill & Loeblich III 1981	<i>Oxytoxum strophalatum</i> Dodge & Saunders 1985
<i>Amphidinium cf. globosum</i> Schröder 1911	<i>Heterocapsa rotundata</i> (Lohmann) Hansen 1995	<i>Oxytoxum variabile</i> Schiller 1937
<i>Amphidinium cf. sphenoides</i> Wulff 1916	<i>Heterocapsa triquetra</i> (Ehrenberg) Stein 1883	<i>Oxytoxum viride</i> Schiller 1937
<i>Amphidinium</i> spp.	<i>Karenia brevis</i> (Davis) Hansen & Moestrup 2000	<i>Phalacroma rotundatum</i> (Claparède & Lachmann) Kofoid & Michener 1911
<i>Amphidoma languida</i> Tillmann, Salas & Elbrächter 2012	<i>Karenia mikimotoi</i> (Miyake & Kominami ex Oda) Hansen & Moestrup 2000	<i>Pronoctiluca pelagica</i> Fabre-Domergue 1889
<i>Azadinium caudatum</i> var. <i>margalefii</i> Nézan & Chomérat 2012	<i>Karenia papilionacea</i> Haywood & Steidinger 2004	<i>Prorocentrum balticum</i> (Lohmann) Loeblich 1970
<i>Azadinium poporum</i> Tillmann & Elbrächter 2011	<i>Karenia selliformis</i> Haywood, Steidinger & MacKenzie 2004	<i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) Abé ex Dodge 1975
<i>Azadinium spinosum</i> Elbrächter & Tillmann 2009	<i>Karenia</i> spp.	<i>Prorocentrum dactylus</i> (Stein) Dodge 1975
<i>Azadinium zhuanium</i> Luo, Tillmann & Gu 2017	<i>Lessardia elongata</i> Saldarriaga & Taylor 2003	<i>Prorocentrum maximum</i> (Gourret) Schiller 1937
<i>Cochlodinium pulchellum</i> Lebour 1917	<i>Mesoporos perforatus</i> (Gran) Lillick 1937	<i>Prorocentrum triestinum</i> Schiller 1918
<i>Cochlodinium</i> sp.	<i>Neoceratium candelabrum</i> (Ehrenberg) Stein 1883	<i>Protoperidinium brevipes</i> (Paulsen, 1908) Balech 1974
Dinoflagellati tecati ≤ 20 µm n.i.	<i>Neoceratium furca</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Protoperidinium brocii</i> (Kofoid & Swezy) Balech
Dinoflagellati tecati > 20 µm n.i.	<i>Neoceratium fusus</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Protoperidinium cf. globulus</i> (Stein) Balech 1974
<i>Goniodoma polyedricum</i> (Pouchet) Jörgensen 1899	<i>Neoceratium macroceros</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Protoperidinium oviforme</i> (Dangeard 1927) Balech 1974
<i>Gonyaulax scrippsae</i> Kofoid 1911	<i>Neoceratium trichoceros</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Protoperidinium pyriforme</i> (Paulsen) Balech 1974
<i>Gonyaulax sphaeroidea</i> Kofoid 1911	<i>Oxytoxum adriaticum</i> Schiller 1937	<i>Protoperidinium steinii</i> (Jörgensen) Balech 1974
Gymnodiniaceae ≤ 20 µm n.i.	<i>Oxytoxum areolatum</i> Rampi 1941	<i>Protoperidinium subinermis</i> (Paulsen) Loeblich III 1969
Gymnodiniaceae > 20 µm n.i.	<i>Oxytoxum caudatum</i> Schiller 1937	<i>Protoperidinium tuba</i> (Schiller) Balech 1974
<i>Gyrodinium aciculatum</i> Hansen & Larsen 1992	<i>Oxytoxum longiceps</i> Schiller	<i>Spatulodinium pseudonoclitucae</i> (Pouchet) Cachon & Cachon 1968
<i>Gyrodinium fusiforme</i> Kofoid & Swezy 1921	<i>Oxytoxum longum</i> Schiller 1937	<i>Torodinium robustum</i> Kofoid & Swezy 1921
PRYMNESIOPHYCEAE COCCOLITOFORI		
<i>Acanthoica quattrosipina</i> Lohmann 1903	<i>Coronosphaera mediterranea</i> (Lohmann) Gaarder 1977	<i>Ophiaster hydroideus</i> (Lohmann) Lohmann 1913
<i>Algiosphaera robusta</i> (Lohmann) Norris 1984	<i>Cyrtosphaera aculeata</i> (Kamptner) Kleijne 1992	<i>Pontosphaera</i> sp.
<i>Alisphaera ordinata</i> (Kamptner) Heimdal 1973	<i>Daktylithra pirus</i> (Kamptner) Norris 1985	<i>Rhabdosphaera clavigera</i> Murray & Blackman 1898
<i>Calcidiscus leptoporus</i> (Murray & Blackman) Loeblich & Tappan 1978	<i>Emiliania huxleyi</i> (Lohmann) Hay & Mohler 1967	<i>Sphaerocalyptra quadridentata</i> (Schiller) Deflandre 1952
<i>Calciosolenia brasiliensis</i> (Lohmann) Young 2003	<i>Florisphaera profunda</i> Okada & Honjo 1973	<i>Syracosphaera anthos</i> (Lohman) Janin 1987
<i>Calciosolenia murrayi</i> Gran 1912	<i>Gephyrocapsa cf. oceanica</i> Kamptner 1943	<i>Syracosphaera cf. molischii</i> Schiller 1925
<i>Calyptrosphaera oblonga</i> Lohmann 1902	<i>Helicosphaera carterii</i> (Wallich) Kamptner 1954	<i>Syracosphaera histrica</i> Kamptner 1941
<i>Calyptrosphaera sphaeroidea</i> Schiller 1913	<i>Helladosphaera cornifera</i> (Schiller) Kamptner 1937	<i>Syracosphaera pulchra</i> Lohmann 1902
Coccolitofori ≤ 10 µm n.i.	<i>Michaelsarsia adriaticus</i> (Schiller) Manton, Bremer & Oates 1984	<i>Zygospaera hellenica</i> Kamptner 1937
CRYPTOPHYCEAE		
Cryptophyceae n.i.	<i>Plagioselmis prolunga</i> Butcher ex Novarino, Lucas & Morrall 1994	
CHRYSOPHYCEAE/DICTYOCOPHYCEAE		
<i>Dictyocha fibula</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> spp.	
CHLORO/EUGLENO		
<i>Ankistrodesmus falcatus</i> (Corda) Ralfs 1848	<i>Euglenoidea</i> n.i.	<i>Scenedesmus acutus</i> Meyen, 1829
RAPHIPOPHYCEAE		
<i>Chattonella marina</i> (Subrahmanyam) Hara & Chihara 1982	<i>Commation cryoporinum</i> Thomsen & Larsen 1993	<i>Heterosigma akashiwo</i> (Hada) Hada ex Hara & Chihara 1987

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

ALTRIO		
Flagellati indeterminati < 10 µm	<i>Hermesinium adriaticum</i> Zacharias 1906	<i>Paulinella ovalis</i> (Wulff) Johnson, Hargraves & Sieburth 1988
<i>Staurastrum paradoxum</i> Meyen ex Ralfs 1848	<i>Leucocryptos marina</i> (Braarud) Butcher 1967	<i>Telonema</i> sp.
<i>Tetraëdriella</i> sp.	<i>Mesodinium rubrum</i>	

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 E22 MG6, E22 MG7, E22 MG10, E22 MG12 e E22 MG13.

Dall'analisi qualitativa dei campioni sono stati individuati 252 taxa, di cui 233 identificati a livello di specie, 12 come genere e 7 attribuibili a categorie soprageneriche (**Tabella 45**).

In **Tabella 46** è fornito l'elenco completo dei taxa presenti nelle diverse stazioni di campionamento.

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	68	6	3
Dinoflagellati	128	3	2
Prymnesiophyceae coccolitofori	19		
Chrysophyceae/Dictyochophyceae	4		
Euglenoideae	6		1
Chlorophyceae	2	1	
Prasinophyceae	1		
Prymnesiophyceae non Coccolitofori		1	
Cyanophyceae		1	1
Raphidophyceae	1		
Altro	4		
Totale	233	12	7

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

Nell'insieme di tutte le stazioni, 77 taxa appartengono alle diatomee, 133 alla classe dei dinoflagellati e 19 ai coccolitofori; sono stati inoltre individuati 4 taxa attribuibili alle Chrysophyceae/Dictyochophyceae, 7 alle Euglenoideae, 3 alle Chlorophyceae, 2 alle Cyanophyceae ed 1 taxon per le Prasinophyceae, le Prymnesiophyceae non Coccolitofori e le Raphidophyceae. Per la categoria Altro, invece, sono stati identificati 4 taxa.

La numerosità dei taxa presenti nelle diverse stazioni va da un minimo di 94 in E22 MG10 ad un massimo di 141 in E22 MG6.

Dall'osservazione è emersa una differenza nel numero dei taxa individuati nella stazione E22 MG10 (94), nettamente inferiore rispetto al numero riscontrato nelle altre stazioni ed in particolare in E22 MG6 e E22 MG7, rispettivamente con 141 e 131 taxa osservati.

I taxa individuati, in tutte le stazioni, sono prevalentemente appartenenti alla classe dei dinoflagellati (con rispettivamente 75 taxa in E22 MG6, 66 in E22 MG7, 64 in E22 MG12 e 58 in E22 MG13) ed in secondo luogo alle diatomee (con 39 taxa in E22 MG6, 42 in E22 MG7, 29 in E22 MG12 e 36 in E22 MG13) ad eccezione di E22 MG10, dove il numero dei taxa attribuibili alle due classi è sostanzialmente uguale (40 taxa per le diatomee e 38 per i dinoflagellati). Anche i coccolitofori risultano piuttosto differenziati con 19 taxa individuati tutti a livello di specie, diventando così la terza classe più rappresentativa (con 14 taxa in E22 MG6, 12 in E22 MG7, 8 in E22 MG10 e 9 taxa in E22 MG12 e E22 MG13). 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, 1 dei quali appartenente alle diatomee (*Anaulus birostratus*), 2 ai dinoflagellati (*Achradina reticulata* e *Gymnodinium coeruleum*), 1 alle Chlorophyceae (*Scenedesmus* sp.) e 1 taxon attribuibile alla categoria Altro plancton (*Staurodesmus cuspidatus*).

Tabella 46 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni E22 MG6, E22 MG7, E22 MG10, E22 MG12 e E22 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				<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow 1880				x	x
<i>Amphora</i> spp.		x			x	<i>Haslea wawriakae</i> (Hustedt) Simonsen 1974		x	x	x	
<i>Anaulus birostratus</i> (Grunow) Grunow		x				<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow ex Van Heurck 1882		x	x	x	x
<i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castracane) Round 1990		x		x		<i>Hemiaulus sinensis</i> Greville 1865		x			x
<i>Bacteriastrum delicatulum</i> Cleve 1897					x	<i>Hemidiscus cuneiformis</i> Wallich 1860				x	
<i>Bacteriastrum jadrantum</i> Godrijan, Maric & Pfannkuchen 2012		x	x	x	x	<i>Leptocylindrus convexus</i> Nanjappa & Zingone 2013		x	x	x	x
<i>Bacteriastrum mediterraneum</i> Pavillard 1916		x			x	<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve 1889		x	x	x	x
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey 1937		x	x		x	<i>Leptocylindrus mediterraneus</i> (Peragallo) Hasle 1975		x		x	x

Tabella 46 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni E22 MG6, E22 MG7, E22 MG10, E22 MG12 e E22 MG13 (indicare come 6, 7, 10, 12 e 13)

<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder 1864	x	x	x	x	x	<i>Leptocylindrus minimus</i> Gran 1915	x	x	x	x
<i>Chaetoceros anastomosans</i> Grunow 1882	x					<i>Licmophora flabellata</i> (Grev.) Agardh 1831		x		x
<i>Chaetoceros cf. crinitus</i> Schütt 1895	x					<i>Licmophora gracilis</i> (Ehrenberg) Grunow 1867		x	x	x
<i>Chaetoceros cf. densus</i> (Cleve) Cleve 1899			x			<i>Navicula directa</i> (Smith) Ralfs 1861		x		
<i>Chaetoceros compressus</i> Lauder 1864				x		<i>Navicula distans</i> (Smith) Ralfs 1861		x	x	
<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve 1889	x	x				<i>Navicula</i> spp.	x	x	x	x
<i>Chaetoceros dadayi</i> Pavillard 1913	x					<i>Navicula transitans</i> var. <i>delicatula</i> Heimdal 1970				x
<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve 1873		x	x			Naviculaceae > 20 µm n.i.	x	x	x	x
<i>Chaetoceros diversus</i> Cleve 1873	x	x	x			<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs 1861	x	x	x	x
<i>Chaetoceros laciniosus</i> Schütt 1895	x					<i>Nitzschia lorenziana</i> Grunow 1879		x		
<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow 1863				x		<i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve 1873				x
<i>Chaetoceros muelleri</i> Lemmermann 1898		x	x			<i>Pleurosigma angulatum</i> (Quekett) Smith 1852			x	
<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell 1856	x			x		<i>Pleurosigma normanii</i> Ralfs 1861				x
<i>Chaetoceros similis</i> Cleve 1896	x					<i>Pleurosigma rigidum</i> Smith 1853			x	
<i>Chaetoceros simplex</i> Ostenfeld 1901	x					<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström 1986	x	x	x	x
<i>Chaetoceros socialis</i> Lauder 1864	x	x	x	x		<i>Psammodictyon panduriforme</i> (Gregory) Mann 1990			x	x
<i>Chaetoceros</i> spp.	x	x	x	x	x	<i>Pseudo-nitzschia cf. galaxiae</i> Lundholm & Moestrup 2002	x	x	x	x
<i>Chaetoceros tortissimus</i> Gran 1900	x					<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cleve) Heiden 1928	x	x	x	x
<i>Chaetoceros wighamii</i> Brightwell 1856	x	x	x	x	x	<i>Pseudo-nitzschia fraudulenta</i> (Cleve) Hasle 1993				x
<i>Coccolodiscus granii</i> Gough 1905			x			<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle 1993	x	x	x	x
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & Lewin 1964	x	x	x	x	x	<i>Pseudo-nitzschia subfraudulenta</i> (Hasle) Hasle 1993	x	x	x	x
<i>Dactyliosolen fragillissimus</i> (Bergon) Hasle 1996	x	x	x	x		<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultze) Sundström 1986	x			
Diatomee centriche > 20 µm n.i.	x	x	x			<i>Rhizosolenia decipiens</i> Sundström 1986	x			
Diatomee pennate > 20 µm n.i.		x	x	x		<i>Rhizosolenia hebetata</i> f. <i>semispina</i> (Hensen) Gran 1908			x	
<i>Diploneis bombus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1853		x	x	x		<i>Synedra</i> spp.				x
<i>Diploneis crabro</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1854		x	x			<i>Thalassionema bacillare</i> (Heiden) Kolbe 1955	x	x	x	
<i>Entomoneis cf. paludosa</i> (Smith) Reimer 1975				x		<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Hallegraeff 1986	x	x		x
<i>Entomoneis</i> spp.		x	x			<i>Thalassiosira cf. delicatula</i> Ostenfeld 1908				x
<i>Eucampia cornuta</i> (Cleve) Grunow 1883				x		<i>Toxarium undulatum</i> Bailey 1854	x			
<i>Grammatophora</i> spp.			x			<i>Tryblionella punctata</i> Smith 1853		x		
<i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle 1996	x	x	x	x	x					
DINOFLAGELLATI										
<i>Achradina pulchra</i> Lohmann 1903		x		x		<i>Neoceratium furca</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x	x	x
<i>Achradina reticulata</i> Lohmann 1920		x				<i>Neoceratium fusus</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x	x	x
<i>Actiniscus pentasterias</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1844			x	x		<i>Neoceratium hexacantum</i> (Gouret) Gómez, Moreira & López-García 2010			x	x
<i>Akashiwo sanguinea</i> (Hirasaka) Hansen & Moestrup 2000	x	x				<i>Neoceratium horridum</i> (Gran) Gómez, Moreira & López-García 2010	x			
<i>Alexandrium cf. minutum</i> Halim 1960	x	x	x	x	x	<i>Neoceratium karstenii</i> (Pavillard) Gómez, Moreira & López-García 2010		x		x
<i>Alexandrium ostenfeldii</i> (Paulsen) Balech & Tangen, 1985		x				<i>Neoceratium macroceros</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x		x
<i>Amphidoma languida</i> Tillmann, Salas & Elbrächter 2012	x	x	x	x	x	<i>Neoceratium massiliense</i> (Gouret) Gómez, Moreira & López-García 2010	x			x
<i>Amphidoma nucla</i> Stein 1883				x		<i>Neoceratium pentagonum</i> (Gouret) Gómez, Moreira & López-García 2010		x	x	x
<i>Amphisolenia bidentata</i> Schröder 1900		x				<i>Neoceratium pulchellum</i> (Schröder) Gómez, Moreira & López-García 2010				x
<i>Azadinium spinosum</i> Elbrächter & Tillmann 2009	x	x	x		x	<i>Neoceratium setaceum</i> (Jørgensen) Gómez, Moreira & López-García 2010		x		
<i>Ceratium buceros</i> Zacharias 1906		x		x		<i>Neoceratium symmetricum</i> (Pavillard) Gómez, Moreira & López-García 2010	x			x
<i>Ceratium gibberum</i> Gouret 1883		x				<i>Neoceratium trichoceros</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x		x
<i>Ceratium kofoidii</i> Jørgensen 1911		x				<i>Neoceratium tripos</i> (O.F.Müller) Gómez, Moreira & López-García 2010				x
<i>Ceratium longissimum</i> (Schröder) Kofoid 1907		x				<i>Ornithocercus heteroporus</i> Kofoid 1907	x	x		x
<i>Ceratocorys armata</i> (Schütt) Kofoid 1910			x			<i>Ornithocercus magnificus</i> Stein 1883		x		
<i>Ceratocorys gourreti</i> Paulsen 1931	x	x		x	x	<i>Ornithocercus quadratus</i> Schütt 1900				x
<i>Ceratocorys horrida</i> Stein 1883			x	x		<i>Oxytoxum adriaticum</i> Schiller 1937	x	x	x	x
<i>Cladopyxis brachiolata</i> Stein 1883	x	x	x			<i>Oxytoxum crassum</i> Schiller 1937				x
<i>Cochlodinium</i> sp.				x		<i>Oxytoxum curvatum</i> (Kofoid) Kofoid 1911	x		x	x
<i>Corythodinium constrictum</i> (Stein) Taylor 1976		x				<i>Oxytoxum elegans</i> Pavillard 1916			x	x
<i>Corythodinium frenguelli</i> (Rampi) Taylor 1976		x				<i>Oxytoxum globosum</i> Schiller	x	x		
<i>Corythodinium tessellatum</i> (Stein) Loeblich Jr. & Loeblich III 1966				x		<i>Oxytoxum laticeps</i> Schiller 1937	x	x		x
Dinoflagellati tecati > 20 µm n.i.	x	x	x	x	x	<i>Oxytoxum ligusticum</i> Rampi 1941				x
<i>Dinophysis amandula</i> (Balech) Sournia 1973	x	x				<i>Oxytoxum longiceps</i> Schiller		x		x
<i>Dinophysis caudata</i> Saville-Kent 1881		x	x	x	x	<i>Oxytoxum mediterraneum</i> Schiller	x	x		x
<i>Dinophysis fortii</i> Pavillard 1923			x			<i>Oxytoxum parvum</i> Schiller 1937	x	x		x
<i>Dinophysis operculoides</i> (Schütt) Balech 1967				x		<i>Oxytoxum sceptrum</i> (Stein) Schröder 1906	x			
<i>Dinophysis parva</i> Schiller 1928	x					<i>Oxytoxum scolopax</i> Stein 1883	x	x	x	x
<i>Dinophysis parvula</i> (Schütt) Balech 1967	x			x		<i>Oxytoxum sphaeroideum</i> Stein 1883	x	x		x
<i>Dinophysis sacculus</i> Stein 1883				x		<i>Oxytoxum variabile</i> Schiller 1937			x	
<i>Dinophysis schuettii</i> Murray & Whitting 1899		x				<i>Oxytoxum viride</i> Schiller 1937	x	x	x	x
<i>Diplopsalis lenticula</i> Bergh 1881	x	x	x	x	x	<i>Phalacroma doryphorum</i> Stein 1883				x
<i>Goniodoma polyedricum</i> (Pouchet) Jørgensen 1899	x		x	x	x	<i>Phalacroma rapa</i> Jørgensen 1923				x

Tabella 46 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni E22 MG6, E22 MG7, E22 MG10, E22 MG12 e E22 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13)									
<i>Gonyaulax cf. sphaeroidea</i> Kofoid 1911	x	x	x	x	x	<i>Phalacroma rotundatum</i> (Claparède & Lachmann) Kofoid & Michener 1911	x	x	x
<i>Gonyaulax fragilis</i> (Schütt) Kofoid 1911	x					<i>Podolampas palmipes</i> Stein 1883	x	x	x
<i>Gonyaulax hyalina</i> Ostenfeld & Schmidt 1901	x					<i>Podolampas spinifer</i> Okamura 1912			x
<i>Gonyaulax milneri</i> (Murray & Whitting) Kofoid 1911				x		<i>Pronoctiluca pelagica</i> Fabre-Domergue 1889	x	x	x
<i>Gonyaulax polygramma</i> Stein 1883	x		x			<i>Prorocentrum balticum</i> (Lohmann) Loeblich 1970	x	x	x
<i>Gonyaulax spinifera</i> (Claparède & Lachmann) Diesing 1866			x			<i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) Abé ex Dodge 1975	x	x	x
Gymnodiniaceae > 20 µm n.i.	x	x	x	x	x	<i>Prorocentrum dactylus</i> (Stein) Dodge 1975		x	x
<i>Gymnodinium coeruleum</i> Dogiel 1906				x		<i>Prorocentrum dentatum</i> Stein 1883		x	x
<i>Gymnodinium</i> spp.	x	x	x	x	x	<i>Prorocentrum gracile</i> Schütt 1895	x	x	x
<i>Gyrodinium aciculatum</i> Hansen & Larsen 1992	x	x	x	x		<i>Prorocentrum lima</i> (Ehrenberg) Stein 1878		x	x
<i>Gyrodinium</i> spp.				x		<i>Prorocentrum maximum</i> (Gourret) Schiller 1937			
<i>Heterocapsa circularisquama</i> Horiguchi 1995					x	<i>Prorocentrum rathymum</i> Loeblich, Sherley & Schmidt 1979			x
<i>Heterocapsa minima</i> Pomroy 1989			x			<i>Prorocentrum triestinum</i> Schiller 1918		x	
<i>Heterocapsa niei</i> (Loeblich III) Morrill & Loeblich III 1981	x	x		x		<i>Protoceratium reticulatum</i> (Claparède & Lachmann) Bütschli 1885	x		
<i>Heterocapsa triquetra</i> (Ehrenberg) F. Stein 1883					x	<i>Protoperidinium breve</i> Paulsen 1907	x	x	x
<i>Histioneis cf. striata</i> Kofoid & Michener 1911					x	<i>Protoperidinium brochii</i> (Kofoid & Swezy) Balech 1974	x		
<i>Histioneis cf. vouckii</i> Schiller 1928		x				<i>Protoperidinium cerasus</i> (Paulsen) Balech 1973			x
<i>Histioneis joergensenii</i> Schiller 1928				x		<i>Protoperidinium cf. brevipes</i> (Paulsen) Balech 1974	x	x	x
<i>Histioneis marchesonii</i> Rampi 1941				x		<i>Protoperidinium crassipes</i> (Kofoid) Balech 1974	x		
<i>Histioneis variabilis</i> Schiller 1933		x				<i>Protoperidinium divergens</i> (Ehrenberg) Balech 1974	x		
<i>Karenia brevis</i> (Davis) Gert Hansen & Moestrup 2000		x				<i>Protoperidinium globulus</i> (Stein) Balech 1974			x
<i>Karenia selliformis</i> Haywood, Steidinger & MacKenzie 2004	x	x				<i>Protoperidinium leonis</i> (Pavillard) Balech 1974	x		x
<i>Karenia mikimotoi</i> (Miyake & Kominami ex Oda) Gert Hansen & Moestrup	x	x				<i>Protoperidinium mediterraneum</i> (Kofoid) Balech 1974		x	x
<i>Lessardia elongata</i> Saldarriaga & Taylor 2003	x	x	x			<i>Protoperidinium mite</i> (Pavillard) Balech 1974		x	
<i>Lingulodinium polyedrum</i> (Stein) Dodge 1989				x		<i>Protoperidinium ovum</i> (Schiller) Balech 1974	x		x
<i>Mesoporos adriaticus</i> (Schiller) Lillick	x	x	x	x	x	<i>Protoperidinium pellicidum</i> Bergh ex Loeblich Jr. & Loeblich III 1881	x	x	x
<i>Mesoporos perforatus</i> (Gran) Lillick 1937	x	x	x	x	x	<i>Protoperidinium pyriforme</i> (Paulsen) Balech 1974		x	x
<i>Micracanthodinium setiferum</i> (Lohmann) Deflandre 1937			x		x	<i>Protoperidinium quamerense</i> (Schröder) Balech 1974	x		x
<i>Neoceratium belone</i> (Cleve) F. Gómez, D. Moreira & P. López-García, 2010	x					<i>Protoperidinium steinii</i> (Jørgensen) Balech 1974	x	x	x
<i>Neoceratium candelabrum</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	x		x	x		<i>Protoperidinium tuba</i> (Schiller) Balech 1974		x	x
<i>Neoceratium concilians</i> (Jørgensen) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x				<i>Ptychodiscus noctiluca</i> Stein 1883	x		
<i>Neoceratium declinatum</i> (Karsten) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x		x		<i>Pyrocystis cf. robusta</i> Kofoid 1907		x	x
<i>Neoceratium eucaratum</i> (Jørgensen) Gómez, Moreira & López-García 2010	x				x	<i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Balech ex Loeblich III 1965	x	x	x
<i>Neoceratium extensum</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-García 2010	x								
PRYMNESIOPHYCEAE COCCOLITOFORI									
<i>Calcidiscus leptoporus</i> (Murray & Blackman) Loeblich & Tappan 1978	x	x	x	x	x	<i>Helicosphaera carterii</i> (Wallich) Kamptner 1954	x	x	x
<i>Calciosolenia murrayi</i> Gran 1912					x	<i>Rhabdosphaera clavigera</i> Murray & Blackman 1898	x		
<i>Calyptrothina wettsteinii</i> (Kamptner) Norris 1985	x		x			<i>Rhabdosphaera stylifera</i> Lohmann	x	x	x
<i>Calyptosphaera oblonga</i> Lohmann 1902	x	x	x	x	x	<i>Scyphosphaera apsteinii</i> Lohmann 1902			x
<i>Coccolithus pelagicus</i> (Wallich) Schiller 1930	x					<i>Sphaerocalyptra quadridentata</i> (Schiller) Deflandre 1952		x	
<i>Coronosphaera binodata</i> (Kamptner) Gaarder 1977	x	x				<i>Syracosphaera histrica</i> Kamptner 1941		x	
<i>Coronosphaera mediterranea</i> (Lohmann) Gaarder 1977	x	x	x	x	x	<i>Syracosphaera pulchra</i> Lohmann 1902	x	x	x
<i>Cyrtosphaera aculeata</i> (Kamptner) Kleijne 1992	x					<i>Zygosphaera debilis</i> Kamptner		x	
<i>Daktylethra pirus</i> (Kamptner) R.E. Norris 1985	x	x	x	x	x	<i>Zygosphaera hellenica</i> Kamptner 1937	x		x
<i>Discosphaera tubifer</i> (Murray & Blackman) Ostenfeld 1900	x	x			x				
CHRISOPHYCEAE/DICTYOCOPHYCEAE									
<i>Dictyocha epidon</i> subsp. <i>subaculeata</i> (Bukry) Desikachary & Prema 1996					x	<i>Octactis octonaria</i> (Ehrenberg) Hovasse 1946			x
<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg 1839	x	x	x	x	x	<i>Meringosphaera mediterranea</i> Lohmann 1902	x		
EUGLENOIDEAE									
<i>Euglena viridis</i> (Müller) Ehrenberg 1830	x	x				<i>Eutreptiella gymnastica</i> Thronsen 1969	x		
<i>Eutreptia viridis</i> Perty 1852	x	x		x		<i>Eutreptiella marina</i> da Cunha 1914			x
<i>Eutreptiella braarudii</i> Thronsen 1969		x				Euglenoideae n.i.			x
<i>Eutreptiella eupharyngea</i> Moestrup & Norris 1986				x	x				
PRASINOPHYCEAE									
<i>Halosphaera viridis</i> Schmitz 1878 (forma coloniale)		x			x				
CHLOROPHYCEAE									
<i>Ankistrodesmus falcatus</i> (Corda) Ralfs 1848	x	x	x			<i>Scenedesmus</i> sp.			x
<i>Scenedesmus acutus</i> Meyen 1829					x				
PRYMNESIOPHYCEAE NON COCCOLITOFORI									
<i>Phaeocystis</i> sp. (forma coloniale)	x	x	x	x	x				
CYANOPHYCEAE									
Cianobatteri filamentosi n.i.		x				<i>Spirulina</i> sp.	x	x	x
RAPHIDOPHYCEAE									
<i>Heterosigma akashiwo</i> (Hada) Hada ex Hara & Chihara 1987	x	x			x				
ALTRO									
<i>Ebria tripartita</i> (Schumann) Lemmermann 1899	x					<i>Mesodinium rubrum</i> (Lohmann) 1908	x		x
<i>Hermesinum adriaticum</i> Zacharias 1906	x	x	x	x	x	<i>Stauradesmus cuspidatus</i> (Brébisson) Teiling 1967			x

Ad un confronto della lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative (Tabella 44) con l'elenco dei taxa ottenuti dalle analisi qualitative (Tabella 46), vediamo che il numero di taxa osservati nei campioni da retino (252) è superiore rispetto a quelli da bottiglia (182); il numero di taxa appartenenti alle diatomee, ai dinoflagellati e alle Euglenoideae è superiore nei campioni da retino, mentre i taxa attribuibili ai cocolitofori risultano in numero più alto nei campioni da bottiglia.

Inoltre, l'osservazione qualitativa del microfitoplancton ha permesso di rilevare la presenza di numerose specie rare appartenenti alla classe dei dinoflagellati, principalmente attribuibili ai generi *Ceratocorys*, *Corythodinium*, *Dinophysis*, *Neoceratium* (= *Ceratium*), *Oxytoxum*, e *Protoperidinium*,

Da segnalare anche la presenza di taxa appartenenti alle classi delle Euglenoideae (*Euglena viridis*, *Eutreptia viridis*, *Eutreptiella braarudii*, *Eutreptiella eupharyngea*, *Eutreptiella gymnastica*, *Eutreptiella marina* e Euglenoideae n.i.), delle Chlorophyceae (*Ankistrodesmus falcatus*, *Scenedesmus acutus* e *Scenedesmus* sp.) e delle Cyanophyceae (Cianobatteri filamentosi n.i. e *Spirulina* sp.), tipicamente di acque dolci.

2.1.4.2 Zooplancton

Oloplancton

I dati relativi all'estate 2022 risultano in linea con le precedenti campagne di monitoraggio in cui il gruppo più rappresentato è quello dei crostacei Copepodi. Domina la frazione a Copepodi planctonici uniformemente distribuita lungo il gradiente batimetrico la cui abbondanza media tende ad aumentare con la profondità.

Si osserva una maggiore presenza di copepodi planctonici nella fascia compresa tra la superficie e i 50 metri di profondità che mostra valori medi di abbondanza pari a 1185,38 ind. m⁻³ (max= 1450,53 ind. m⁻³ E22 MG13; min= 925,43 ind. m⁻³ E22 MG6) confrontabili con i dati relativi alle peschate verticali più profonde (50-100 m) 1093,87 ind. m⁻³ (max= 1362,14 ind. m⁻³ E22 MG6; min= 842,24 ind. m⁻³ E22 MG7-MG10). Le peschate orizzontali invece presentano valori di abbondanza minori pari a 302,88 ind. m⁻³ (max= 355,92 ind. m⁻³ E22 MG13; min= 216,22 ind. m⁻³ E22 MG6).

Nel survey E22 i taxa di copepodi identificati sono 98 (Tabella 47) appartenenti a 26 famiglie. La biodiversità osservata è sovrapponibile a quella riscontrata mediamente nelle precedenti stagioni estive (E15 - E21).

All'interno della colonna d'acqua domina la famiglia dei Clausocalanidae (medie: 145,66 ind/m³ 0 – 5 m; 339,04 ind/m³ 0 – 50 m; 359,81 ind/m³ 50 – 100 m), rappresentata complessivamente da 10 taxa, 9 dei quali appartenenti al genere *Clausocalanus*. Gli stadi giovanili (copepoditi) costituiscono la maggioranza degli individui campionati. A differenza di quanto osservato nella stagione E21 (27,5%), i Clausocalanidae rappresentano in media il 36,6% del comparto a copepodi (48,1% 0 – 5 m; 28,6% 0 – 50 m; 32,9% 50 – 100 m), valori percentuali paragonabili con le stagioni estive E18-E19. Tra i Clausocalanidae le specie dominanti estive sono *Clausocalanus arcuicornis* (medie: 2,41 ind/m³ 0 – 5 m; 19,76 ind/m³ 0 – 50 m; 30,15 ind/m³ 50 – 100 m), *C. pergens* (medie: 11,77 ind/m³ 0 – 5 m; 83,18 ind/m³ 0 – 50 m; 39,51 ind/m³ 50 – 100 m) e *C. furcatus* che presenta valori medi di abbondanza superiori a quanto osservato l'anno precedente (medie: 45,02 ind/m³ 0 – 5 m; 69,67 ind/m³ 0 – 50 m; 13,53 ind/m³ 50 – 100 m).

In termini qualitativi si osserva una situazione analoga alle precedenti campagne estive mentre, a livello quantitativo, si evidenzia una drastica riduzione di due specie generalmente dominanti durante il periodo estivo, il Calanoida *Nannocalanus minor* (medie: 1,28 ind/m³ 0 – 5 m; 6,26 ind/m³ 0 – 50 m; 34,31 ind/m³ 50 – 100 m) e il Cyclopoida *Farranula rostrata* (medie: 5,60 ind/m³ 0 – 5 m; 51,99 ind/m³ 0 – 50 m; 31,19 ind/m³ 50 – 100 m).

Al contrario risultano più abbondanti alcune delle specie tipiche di acque più fredde del periodo tardo estivo/autunnale, come il Temoridae *Temora stylifera* (medie: 28,32 ind/m³ 0 – 5 m; 349,37 ind/m³ 0 – 50 m; 54,07 ind/m³ 50 – 100 m) e il Centropagidae primaverile *Centropages typicus* (medie: 2,00 ind/m³ 0 – 5 m; 29,11 ind/m³ 0 – 50 m; 146,61 ind/m³ 50 – 100 m).

Le famiglie Paracalanidae (11 taxa; medie complessive: 4,49 ind/m³ 0 – 5 m; 115,42 ind/m³ 0 – 50 m; 135,17 ind/m³ 50 – 100 m), Corycaeidae (11 taxa; medie complessive: 34,14 ind/m³ 0 – 5 m; 98,90 ind/m³ 0 – 50 m; 178,08 ind/m³ 50 – 100 m) e Oithonidae (6 taxa; medie complessive: 2,63 ind/m³ 0 – 5 m; 127,90 ind/m³ 0 – 50 m; 79,04 ind/m³ 50 – 100 m) sono rispettivamente seconda, terza e quarta per abbondanza. Nella famiglia Paracalanidae la specie più abbondante è *Paracalanus parvus* che ha una distribuzione verticale omogenea, fatta eccezione per i primi metri della colonna d'acqua (medie: 1,14 ind/m³ 0 – 5 m; 66,55 ind/m³ 0 – 50 m; 31,19 ind/m³ 50 - 100 m). I Corycaeidae più abbondanti sono il precedentemente citato *Farranula rostrata* e *Corycaeus (Onychocorycaeus) giesbrechti* (medie: 16,11 ind/m³ 0 – 5 m; 28,07 ind/m³ 0 – 50 m; 5,20 ind/m³ 50 - 100 m), mentre fra gli Oithonidae sono dominanti gli stadi giovanili.

La Famiglia Acartiidae risulta caratterizzata da minore biodiversità (2 taxa) ma elevati valori di abbondanza (medie: 26,04 ind/m³ 0 – 5 m; 59,27 ind/m³ 0 – 50 m; 48,89 ind/m³ 50 – 100 m), come nella precedente campagna E21: è rappresentata dalla specie *Acartia negligens* nella parte superficiale della colonna d'acqua (medie: 20,83 ind/m³ 0 – 5 m; 37,43 ind/m³ 0 – 50 m; 1,06 ind/m³ 50 – 100 m) e dagli stadi giovanili di copepodite in profondità (media 47,83 ind/m³ 0 – 5 m).

L'iponeuston è raffigurato dalla famiglia Pontellidae (6 taxa), con abbondanze piuttosto contenute. La famiglia Sapphirinidae, anche se con abbondanze trascurabili risulta avere un'elevata biodiversità pari a 13 taxa, appartenenti ai generi *Copilia*, *Sapphirina* e *Vetoria*.

Si segnala l'identificazione di specie tipicamente di profondità appartenenti alla famiglia Augaptilidae: *Haloptilus longicornis* e *H. oxycephalus*. La famiglia Oncaeidae (7 taxa) ha sempre nel periodo estivo distribuzione prevalentemente profonda (medie: 14,51 ind/m³ 0 – 5 m; 18,75 ind/m³ 0 – 50 m; 83,23 ind/m³ 50 – 100 m). Rispetto al precedente survey estivo, sono stati identificati sporadici individui dell'harpacticoida Miracidae *Distiocolus minor* a tutte le profondità investigate. Così come osservato nel corso delle campagne estive E19 - E21, sono stati pescati alcuni rappresentanti dell'ordine Monstrilloida, aventi forma larvale parassita e adulta effimera, priva di apparato digestivo. Si segnala invece per la prima volta la presenza intorno al rigassificatore del copepode calanoide *Diaxis pigmaea*.

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 flavicomis</i>			*	<i>Oithona longispina</i>	*	*	*
<i>Acartia negligens</i>	*	*	*	Famiglia Mecynoceridae				<i>Oithona plumifera</i>		*	*
<i>Acartia</i> spp	*	*	*	<i>Mecynocera clausi</i>		*	*	<i>Oithona setigera</i>	*	*	
Famiglia Augaptilidae				Famiglia Metridinidae				<i>Oithona similis</i>		**	*
<i>Haloptilus longicomis</i>			*	<i>Pleuromamma abdominalis</i>			*	<i>Oithona tenuis</i>	*	**	*
<i>Haloptilus oxycephalus</i>			*	<i>Pleuromamma gracilis</i>	*	*	*	<i>Oithona</i> spp	*	*	*
Famiglia Candaciidae				Famiglia Paracalanidae				Famiglia Oncaeidae			
<i>Calanus helgolandicus</i>			*	<i>Calocalanus contractus</i>			*	<i>Oncaea curta</i>		*	*
<i>Nannocalanus minor</i>	*	*	*	<i>Calocalanus longisetosus</i>			*	<i>Oncaea media</i>	*	*	*
<i>Neocalanus gracilis</i>		*	*	<i>Calocalanus neptunus</i>			*	<i>Oncaea mediterranea</i>		*	*
Famiglia Candaciidae				<i>Calocalanus ovalis</i>		*	*	<i>Oncaea scottodiarloii</i>	*	*	*
<i>Candacia ethiopica</i>	*	*	*	<i>Calocalanus pavo</i>		*	*	<i>Oncaea venusta</i>	*	*	*
<i>Candacia giesbrechti</i>		*	*	<i>Calocalanus styliremis</i>	*	*	*	<i>Oncaea</i> spp	*		**
<i>Candacia simplex</i>	*	*	*	<i>Calocalanus tenuis</i>		*	*	<i>Triconia conifera</i>			*
<i>Candacia</i> juv.	*	*	*	<i>Calocalanus</i> spp		*	*	Famiglia Sapphirinidae			
Famiglia Centropagidae				<i>Paracalanus nanus</i>	*	*	*	<i>Copilia mediterranea</i>	*	*	*
<i>Centropages typicus</i>	*	*	*	<i>Paracalanus parvus</i>	*	*	*	<i>Copilia quadrata</i>		*	*
<i>Centropages violaceus</i>	*	*	*	<i>Paracalanus</i> spp	*	*	*	<i>Copilia vitrea</i>	*	*	*
<i>Isias clavipes</i>	*	*	*	Famiglia Pontellidae				<i>Copilia</i> juv spp	*	*	*
Famiglia Clausocalanidae				<i>Labidocera wollastoni</i>	*			<i>Sapphirina auronitens</i>		*	
<i>Clausocalanus arcuicornis</i>	*	*	*	<i>Pontella mediterranea</i>	*			<i>Sapphirina bicuspitata</i>	*		
<i>Clausocalanus furcatus</i>	*	*	*	<i>Pontella</i> juv	*			<i>Sapphirina intestinata</i>		*	*
<i>Clausocalanus jobei</i>	*	**	*	<i>Pontellina plumata</i>	*			<i>Sapphirina iris</i>		*	*
<i>Clausocalanus lividus</i>	*	*	*	<i>Pontellopsis regalis</i>	*			<i>Sapphirina nigromaculata</i>	*	*	*
<i>Clausocalanus mastigophorus</i>	*	*	*	<i>Pontellopsis villosa</i>	*			<i>Sapphirina ovatolanceolata</i>		*	
<i>Clausocalanus parapergens</i>	*	*	*	Famiglia Scolecitrichidae				<i>Sapphirina sali</i>	*		*
<i>Clausocalanus paululus</i>	*	*	*	<i>Scolecithrix danae</i>	*			<i>Sapphirina</i> juv spp	*	*	*
<i>Clausocalanus pergens</i>	*	*	*	Famiglia Temoridae				<i>VetTORIA granulosa</i>	*		
<i>Clausocalanus</i> spp	*	*	*	<i>Temora stylifera</i>	*	*	*	Famiglia Ectinosomatidae			
<i>Ctenocalanus vanus</i>	*	*	*	Famiglia Corycaeidae				<i>Microsetella norvegica</i>	*	*	*
Famiglia Diaixidae				<i>Corycaeus anglicus</i>	*	*		<i>Microsetella rosea</i>	*	*	*
<i>Diaixis pygmae</i>			*	<i>Corycaeus brehmi</i>		*	*	Famiglia Euterpinidae			
Famiglia Eucalanidae				<i>Corycaeus clausi</i>		*	*	<i>Euterpina acutifrons</i>	*		*
<i>Subeucalanus monachus</i>		*		<i>Corycaeus flaccus</i>		*	*	Famiglia Miracidae			
Famiglia Euchaetidae				<i>Corycaeus furcifer</i>		*	*	<i>Distiocolus minor</i>	*	*	*
<i>Euchaeta acuta</i>			*	<i>Corycaeus giesbrechti</i>	*	*	*	<i>Macrosetella gracilis</i>			*
<i>Euchaeta marina</i>		*		<i>Corycaeus limbatus</i>		*	*	Famiglia Peltidiidae			
<i>Euchaeta</i> juv spp		*	*	<i>Corycaeus ovalis</i>	*	*	*	<i>Goniopsyllus rostratus</i>	*	*	*
<i>Paraeuchaeta hebes</i>		*	*	<i>Corycaeus typicus</i>	*	*	*	Famiglia Monstrillidae			
Famiglia Heterorhabdidae				<i>Corycaeus</i> spp	*	*	*	<i>Cymbasoma</i> sp		**	*
<i>Heterorhabdus papilliger</i>		**	*	<i>Farranula rostrata</i>	*	*	*				
Famiglia Lucicutiidae				Famiglia Oithonidae							

Nella tabella seguente (**Tabella 48**) sono indicati i volumi di sedimentazione (dopo 24 h), espressi in ml, della componente oloplanctonica raccolta nella campagna estiva 2022. In termini generali, tutte le stazioni investigate hanno restituito 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 risulta essere, per il secondo anno consecutivo, inferiore a quanto registrato nelle precedenti campagne estive, confermando *trend* estivo caratterizzato da una generale diminuzione della produttività mesozooplanctonica dell'area. Complessivamente, le stazioni MG7 e MG10 sono caratterizzate dalla presenza di minor 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)	E22 MG6	E22 MG7	E22 MG10	E22 MG12	E22 MG13
OR	18	18	17	23	22
50-0	7,5	11,5	11,5	8,5	9,5
100-50	4,5	2	2,5	3	3

Meroplancton

Nella campagna estiva E22, (Tabella 49), sono stati determinati complessivamente 49 taxa appartenenti a 7 phyla di invertebrati: Cnidaria, Mollusca, Annelida, Nemertea, Sipuncula, Arthropoda, Echinodermata. Si segnala, tra questi, la presenza di tre nuovi taxa rappresentati da due larve di crostacei decapodi, il brachiuro Varunidae appartenente al genere *Brachynotus* sp., il dendrobranchiato *Sergestes atlanticus* e il polichete sedentario *Poecilochaetus serpens*, determinato unicamente a livello di genere nella precedente campagna primaverile P22. Ad oggi, l'elenco dei taxa segnalati a partire dal primo monitoraggio effettuato nell'estate 2012 (campagna di Bianco) sale a 215. Come ampiamente confermato nelle campagne precedenti, la componente principale della biodiversità dell'area di monitoraggio è caratterizzata dai crostacei decapodi, in particolare dalle fasi larvali che mostrano un totale di 34 taxa (69,3%). Gli altri phyla (Mollusca, Annelida, Echinodermata), ciascuno dei quali conta solo 3 taxa (6,1%), risultano scarsamente rappresentati. Per i molluschi la determinazione delle larve è limitata al riconoscimento di una sola specie il cefalopode *Loligo forbesii*, calamaro venato o calamaro dalle pinne lunghe, in quanto i veliger di gasteropodi e bivalvi non sono identificabili morfologicamente con l'utilizzo di un semplice binocolare o microscopio. Per gli Annelida si contano solamente 2 specie e si segnala la presenza della generica larva trocofora. Tra gli echinodermi figurano fasi larvali precoci di oloturoidei come la larva auricolare, seguita dalla successiva fase larvale doliolaria, e due specie larvali di echinoidi irregolari appartenenti al genere *Echinocardium* e *Spatangus purpureus*. Di nemertini e sipunculidi sono state rinvenute solo le fasi larvali precoci, Piliidium e Pelagosphera, mentre tra gli cnidari si registra la presenza di efire appartenenti allo scifozoo *Pelagia noctiluca*, medusa planctonica raccolta adulta durante le pescate orizzontali.

Gli artropodi sono rappresentati anche da larve di altri crostacei come i cirripedi, sia presenti nelle fasi di nauplio e metanauplio, sia di larva allo stadio di Cypris a differenza di quanto emerso nella campagna primaverile nella quale erano presenti solo a livello di sviluppo naupliare. Tra i crostacei si segnala la presenza degli stomatopodi (canocchie) con la specie *Squilla mantis* e larve delle quali non è possibile stabilire su base morfologica l'appartenenza a uno specifico taxa (Stomatopoda larvae ind). Tra i decapodi si rileva la presenza di 4 taxa di natanti appartenenti alla famiglia Alpheidae (gamberi schioccatori), 4 taxa di anomuri (paguri) e 4 specie di dendrobranchiati con larve che, nella fase adulta, compongono la fauna di crostacei comunemente definiti "gamberi". Qualitativamente le larve di crostacei decapodi sono omogeneamente distribuite in tutte e cinque le stazioni investigate, mostrando maggiore biodiversità nella colonna d'acqua fino a 50 m in cui sono stati raccolti tutti i 32 taxa segnalati nella checklist e di cui 6 unicamente nel campione superficiale. Non si segnalano specie associate al campione profondo compreso tra - 100 e - 50 metri di profondità. Questo aspetto conferma che la componente mesozooplanctonica del meroplancton a decapodi si concentra preferibilmente nei primi metri della colonna d'acqua per sfruttare al massimo le risorse trofiche disponibili durante la fase estiva. I taxa larvali dominanti sono essenzialmente 4 e sono rappresentati anche nelle altre campagne oltre al survey estivo. Si tratta dell'alfeide *Alpheus glaber* che mostra un picco nella stazione MG10 (stazione intermedia da 50 m alla superficie = 1,13 ind/m³) e dell'anomuro *Anapagurus breviaculeatus* che esibisce un massimo nelle stazioni MG7 e in MG12 (1,32 ind/m³ in entrambi i casi raccolto nelle stazioni profonde). Si registrano picchi di abbondanza per il decapode carideo *Processa edulis edulis* nella stazione profonda MG6 (1,1 ind/m³), mentre nella stazione intermedia MG7 (1,13 ind/m³) per il brachiuro *Pirimela denticulata*. A queste quattro specie si aggiungono il dendrobranchiato *Parapenaeus longirostris* con un massimo in MG12 (1,13 ind/m³ raccolto nella fascia intermedia) e il luciferide *Lucifer typus* in MG6 (1,32 ind/m³ concentrati nella stazione più profonda) la cui fase adulta è nota per le spiccate proprietà bioluminescenti.

Nel complesso, dai risultati quali-quantitativi relativi alla stagione E22, non emergono discontinuità tra la stazione di controllo MG10 e le quattro stazioni di esercizio posizionate in prossimità del terminale. Questo aspetto consente di escludere forme rilevanti di disturbo o impatto a carico della comunità meroplanctonica riconducibili al rigassificatore offshore.

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				<i>Anapagurus breviaculeatus</i>	*	*	*	<i>Palaemon macrodactylus</i>	*		
Efira ind	*	*		<i>Athanas nitescens</i>	*	*	*	<i>Palaemon serratus</i>	*	*	
MOLLUSCA				<i>Brachynotus</i> sp	*			<i>Parapenaeus longirostris</i>	*	*	*
Gastropoda laervae ind	*	*	*	<i>Calcinus tubularis</i>	*	*	*	<i>Parasergestes vigilax</i>	*	*	
Bivalvia larvae ind	*	*	*	<i>Clibanarius erythropus</i>	*	*		<i>Periclimenes</i> sp	*		
<i>Loligo forbesii</i>	*			<i>Deosergestes henseni</i>	*	*	*	<i>Parthenopoides massena</i>	*		
ANNELIDA				<i>Dromia personata</i>	*			<i>Philocheles bispinosus</i>	*	*	*
<i>Chaetopterus variopedatus</i>	*	*	*	<i>Ebalia nux</i>	*	*	*	<i>Pirimela denticulata</i>	*	*	
<i>Poecilochaetus serpens</i>	*	*	*	<i>Ethusa mascarone</i>	*	*		<i>Plesionika</i> sp	*	*	*
Spionidae ind	*	*	*	<i>Eualus</i> sp	*			<i>Processa edulis edulis</i>	*	*	*
Trocofora larvae ind	*	*		<i>Galathea intermedia</i>	*	*	*	<i>Sergestes atlanticus</i>	*	*	
NEMERTEA				<i>Goneplax rhomboides</i>	*	*	*	<i>Upogebia</i> sp	*	*	
Piliidium larvae ind	*	*		<i>Ilia nucleus</i>	*	*	*	STOMATOPODA			
SIPUNCULA				<i>Liocarcinus</i> sp	*	*		<i>Squilla mantis</i>	*	*	
Pelagosphera larvae ind	*	*	*	<i>Lucifer typus</i>	*	*	*	Stomatopoda larvae ind	*	*	*
CRUSTACEA				<i>Lysmata seticaudata</i>	*	*	*	ECHINODERMATA			
Cirripedia larvae ind	*	*		<i>Maja</i> sp	*	*		Auricularia larvae ind	*	*	*
Cirripedia larvae cypris	*	*	*	<i>Pachygrapsus mamoratus</i>	*			<i>Echinocardium</i> sp	*	*	*
Decapoda				<i>Pagurus</i> spp	*	*	*	<i>Spatangus purpureus</i>	*	*	*
<i>Alpheus glaber</i>	*	*	*								
<i>Alpheus dentipes</i>	*	*	*								
<i>Alpheus macrocheles</i>	*	*	*								

Ittioplancton

Il survey estivo (E22), condotto sulle fasi larvali dell'ittiofauna, ha consentito la determinazione di 12 *taxa* rispettivamente distribuiti in 12 famiglie di osteitti o pesci ossei (**Tabella 50**). Nel campione estivo il dato più importante è la presenza di larve e uova di *Engraulis encrasicolus* (acciuga), così come precedentemente emerso nel campione primaverile. Le larve predominano nella stazione MG12 nella fascia intermedia tra la batimetrica di – 50 metri e la superficie (2,55 ind/m³) mentre, per quanto riguarda le uova, il contingente maggiore è stato raccolto durante il campionamento superficiale nella stazione MG6 (3,04 uova/m³). Si tratta di valori inferiori a quelli della precedente campagna condotta nella tarda primavera (giugno 2022) il cui dato conferma, ancora una volta, la presenza di una comunità ittioplanctonica influenzata in maniera significativa dalla stagionalità e definita prevalentemente dall'alternanza del ciclo riproduttivo di due specie, *E. encrasicolus* e *Sardina pilchardus* (sardina), entrambe dal considerevole valore ecologico e commerciale, in quanto fonte di cibo per numerose altre specie ittiche. Si osserva che, nella stagione autunnale e in particolar modo durante quella invernale, le larve di *E. encrasicolus* vengono sostituite, per quantità, da quelle di *Sardina pilchardus*, confermando negli anni un ciclo la cui continuità rappresenta un buon indicatore di assenza di impatto e stress ambientale nell'area di survey. Come sottolineato già nei precedenti survey anche nella E22 sono presenti larve di pesci abissali appartenenti a due famiglie: i Gonostomatidae, che presentano un picco nella stazione MG 6 (stazione profonda: 1,76 ind/m³) con la specie *Cyclothone braueri* e i Michtophidae, che con *Myctophum punctatum* esibiscono un massimo in MG12 (stazione profonda: 0,66 ind/m³). La prossimità della piattaforma continentale, come precedentemente confermato nei passati report, favorisce l'upwelling di fasi larvali generalmente distribuite a maggiori profondità durante il ciclo di vita adulta. Nello stock ittico larvale (E22), si registrano anche esemplari di pleuronectiformi appartenenti alla specie *Arnoglossus laterna* (zanchetta), specie tipica nella fase adulta di fondali fangosi profondi oltre 100 metri. Sono inoltre presenti larve di pesci pelagici rappresentate da alcuni esemplari di *Auxis rochei rochei* (tombarello), specie largamente diffusa anche in Oceano Atlantico e nel Mediterraneo centro settentrionale.

Dal punto di vista morfologico risulta difficile l'identificazione di alcuni tipi di uova di pesce come nel caso di *Ophisurus serpens* (serpente di mare) le cui larve spesso trascorrono le fasi di sviluppo in ambiente neritico per poi spostarsi in acque più profonde.

Nel complesso il popolamento ittico larvale della stagione E22 è in linea con le precedenti raccolte estive e non presenta anomalie riconducibili all'esercizio del rigassificatore offshore, mostrando una variabilità ittica larvale ampiamente associabile alla stagionalità.

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
BLENNIDAE				Gobiidae				SCOMBRIDAE			
<i>Parablennius</i> sp	*	*	*	Gobiidae ind	*	*	*	<i>Auxis rochei rochei</i>	*	*	
BOTHIDAE				GONOSTOMATIDAE				SERRANIDAE			
<i>Arnoglossus laterna</i>	*	*	*	<i>Cyclothone braueri</i>	*	*	*	<i>Serranus hepatus</i>	*	*	
CALLYONIMIDAE				MYCTOPHIDAE				SPARIDAE			
<i>Callionymus maculatus</i>	*	*		<i>Myctophum punctatum</i>		*	*	Sparidae ind	*	*	
CLUPEIDAE				OPHICHTHIDAE				Uova di <i>E. encrasicolus</i>	*	*	*
<i>Sardinella aurita</i>	*			<i>Ophisurus serpens</i>	*	*	*	Uova di <i>O. serpens</i>	*	*	*
ENGRAULIDAE								Uova ind	*	*	*
<i>Engraulis encrasicolus</i>	*	*									

2.2 SEDIMENTI

2.2.1 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche

Analisi granulometrica

Le stazioni E22 MG7 e E22 MG10, sono state classificate come pelite sabbiosa presentando un sedimento costituito da percentuali maggiori di silt e sabbia, mentre le stazioni E22 MG9 e E22 MG13, classificate come silt argilloso, sono caratterizzate da una frazione siltosa compresa tra il 46% e il 51% unita ad una componente argillosa rispettivamente del 44,7% e 29%.

La stazione E22 MG12 è stata classificata come sabbia pelitica perché la sabbia (47,5%), unita alla pelite (34,7%), risultano le frazioni più rappresentate. La stazione E22 MG6 è stata classificata come Loam. Nelle stazioni prossime al terminale, E22 MG7 e E22 MG12 è presente una percentuale di ghiaia che oscilla tra 11,5% e 17,8%. Anche la stazione di controllo E22 MG10 esibisce una piccola frazione di ghiaia pari allo 0,9%.

Tabella 51 – Ripartizione delle principali classi granulometriche e relativa classificazione dei sedimenti. I dati sono espressi in percentuale.

	Ghiaia	Sabbia	Silt	Argilla	Classificazione secondo Shepard
E22 MG6	0	31,5	45	23,5	Loam
E22 MG7	11,5	34,4	33,7	20,4	Pelite sabbiosa
E22 MG9	0	9,1	46,2	44,7	Silt argilloso
E22 MG10	0,9	39,4	41,6	18,1	Pelite sabbiosa
E22 MG12	17,8	47,5	19,7	15	Sabbia pelitica
E22 MG13	0	19,8	51,1	29,1	Silt argilloso

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, Cu, Ni, Pb e Zn (**Tabella 52**).

L'arsenico supera il limite L2 in tutte le stazioni ad eccezione della stazione E22 MG12 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 e nel caso della stazione E22 MG9 la concentrazione risulta superiore anche al livello chimico L2.

Il Rame mostra un superamento significativo nel campione vicino al terminale E22 MG7 dove presenta una concentrazione superiore al livello chimico L2 e due superamenti modesti rispetto al livello chimico L1 nel controllo MG9 e nella stazione MG12.

Nel caso del Piombo i superamenti sono modesti, seppur osservati in tutte le stazioni, e unicamente relativi al livello chimico L1.

Il Nichel supera il limite L1 in tutte le stazioni e L2 in entrambi i controlli (E22 MG9 ed E22 MG10) e anche in E22 MG7 nei pressi di FSRU. Per quanto riguarda lo Zinco le concentrazioni rilevate nei pressi del Terminale (E22 MG6 e E22 MG13) e nel controllo MG10 sono maggiori di L1, mentre le stazioni E22 MG9 (controllo) e E22 MG7 mostrano tenori superiori al livello chimico L2. 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, DM 56/2009) e i Livelli Chimici di Riferimento Nazionale (L1, L2) tratti dal DM 173/16. In neretto sono indicati i valori maggiori di SQ o di L1, in rosso quelli maggiori di L2.

	Al	Fe	As	Ba	Cr tot	Cu	Cd	Mn	Hg	Ni	Pb	Zn
E22 MG6	4,26	3,31	21,34	118,86	114,10	39,18	0,10	585,85	0,24	73,44	32,51	121,99
E22 MG7	3,40	2,72	20,11	156,19	137,03	88,24	0,18	688,87	0,19	83,08	46,75	177,49
E22 MG9	1,80	1,43	45,39	147,45	174,86	48,35	0,047	917,02	0,27	127,27	52,52	173,52
E22 MG10	3,11	2,80	21,77	101,68	117,58	30,47	0,049	790,79	0,14	85,23	26,95	108,26
E22 MG12	2,40	2,29	17,24	78,13	74,75	43,40	0,071	589,72	0,13	55,48	30,45	94,32
E22 MG13	3,56	2,96	23,31	92,15	103,83	37,98	0,11	562,40	0,28	73,70	31,87	124,68
S.Q.	-	-	12	-	50	-	0,30	-	0,30	30	30	-
L1 (DM 173/16)	-	-	12	-	50	40	0,30	-	0,30	30	30	100
L2 (DM 173/16)	-	-	20	-	150	52	0,8	-	0,8	75	70	150

Composti organici

Gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA), (**Tabella 53**), sono ampiamente presenti ed esibiscono concentrazioni superiori agli standard di qualità e di conseguenza al LCRN (L1) nei pressi il Terminale, in particolare in E22 MG6, E22 MG7, E22 MG12 e E22 MG13. Gli IPA sono presenti anche nelle stazioni di controllo (MG9 e MG10) limitatamente ad alcuni parametri.

Nei pressi del terminale, sono stati osservati sporadici sforamenti relativi al Livello Chimico L2 unicamente nelle stazioni E22 MG7 e E22 MG13 per il Benzo (a) pirene e Indeno (1,2,3 – c,d) pirene; la stazione E22 MG13 esibisce tenori superiori ad L2 anche nel caso di Benzo (b) fluorantene e Benzo (g,h,i) perilene mentre la stazione E22 MG7 per il Benzo(K) fluorantene.

Il carbonio organico totale presenta presso l'FSRU un tenore medio inferiore rispetto al controllo E22 MG10 posto a 2000 metri dal terminale.

Gli idrocarburi C<10 sono inferiori al limite di quantificazione, mentre i C10-C40 sono presenti in concentrazioni modeste mostrando un picco nella stazione E22 MG13 nei pressi del Terminale.

I composti organostannici sono stati rilevati ovunque (tranne il monobutilstagno nella stazione E22 MG09). Il tributilstagno supera il limite L1 in tutte le stazioni mostrando la concentrazione più elevata in E22 MG07. 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 2022. Standard di Qualità (SQ D.M. 260/2010), e Limite Chimico di Riferimento Nazionale L1 e L2 (DM 173/2016) sono tutti espressi in mg/kg. In neretto i valori >SQ e L1, in rosso >L2.									
	E22 MG6	E22 MG7	E22 MG9	E22 MG10	E22 MG12	E22 MG13	S.Q	L1	L2
Idrocarburi policiclici aromatici (mg /kg)									
Acenaftene	0,008	0,018	0,006	0,003	0,008	0,036			
Acenaftilene	0,025	0,037	0,014	0,004	0,024	0,072			
Antracene	0,034	0,065	0,021	0,007	0,041	0,155	0,045	0,024	0,245
Benzo (a) antracene	0,048	0,071	0,028	0,018	0,039	0,098		0,075	0,5
Benzo (a) pirene	0,095	0,185	0,051	0,029	0,080	0,352	0,030	0,030	0,1
Benzo (b) fluorantene	0,135	0,259	0,080	0,041	0,111	0,560	0,040	0,040	0,5
Benzo (g, h,i) perilene	0,063	0,092	0,042	0,022	0,049	0,151	0,055	0,055	0,1
Benzo (k) fluorantene	0,065	0,134	0,035	0,019	0,054	0,274	0,020	0,020	0,5
Crisene	0,046	0,077	0,029	0,021	0,047	0,104		0,108	0,846
Dibenzo (a, h) antracene	0,016	0,026	0,010	0,005	0,011	0,045			
Fenantrene	0,037	0,057	0,027	0,021	0,028	0,089		0,087	0,544
Fluorantene	0,089	0,137	0,050	0,034	0,071	0,221	0,110	0,110	1,494
Fluorene	0,010	0,023	0,008	0,004	0,009	0,047		0,021	0,144
Indeno (1,2,3 - c, d) pirene	0,077	0,115	0,052	0,025	0,056	0,217		0,070	0,1
Naftalene	0,016	0,026	0,011	0,008	0,015	0,047	0,035	0,035	0,391
Pirene	0,094	0,197	0,055	0,034	0,078	0,298		0,153	1,398
IPA Totali	0,857	1,520	0,518	0,294	0,720	2,767	0,800		
Idrocarburi C<10 (mg/kg)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5			
Idrocarburi C10-C40 (mg/kg)	57,3	104,2	43,9	39,4	71,6	258,6			
Composti organostannici									
Dibutilstagno (mg/kg)	0,061	0,089	0,007	0,007	0,024	0,104			
Monobutilstagno (mg/kg)	0,290	0,224	< 1	0,012	0,074	0,395			
Tributilstagno (mg/kg)	0,424	0,612	0,022	0,167	0,417	0,449		0,005	
Carbonio organico totale (TOC) (mg/kg)	9770	8660	7700	10000	5990	9790			

Cloroderivati

Questi composti risultano al di sotto del limite di rilevabilità del metodo (Tabella 54).

Tabella 54 – Concentrazione dei composti cloro derivati nei sedimenti campionati nell'Estate 2022.						
	E22 MG6	E22 MG7	E22 MG9	E22 MG10	E22 MG12	E22 MG13
Acidi Aloacetici (µg/kg)						
Dalapon	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
Acido Dibromoacetico	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Acido Tribromoacetico	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Acido Monobromoacetico	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
Acido Bromodichloroacetico	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
Acido Bromocloroacetico	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
Acido Dichloroacetico	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6
Acido Tricloroacetico	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Acido Monocloroacetico	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0
Acido Clorodibromoacetico	<1,2	<1,2	<1,2	<1,2	<1,2	<1,2
(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
Bromodichlorometano	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Bromofornio	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Clorofornio	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Dibromoacetnitrile	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Dibromoclorometano	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Dicloroacetnitrile	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Tetracloroetilene	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Tetracloruro di carbonio	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Tricloroacetnitrile	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Tricloroetilene	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Alofenoli (SVOC) (µg/kg)						
2,4,6-tricloro fenolo	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
2,4-dicloro fenolo	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
4-cloro-3-metil fenolo	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5

Analisi microbiologiche

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

Tabella 55 – Risultati delle analisi microbiologiche condotte nei sedimenti durante la stagione estiva 2022. I dati sono espressi in MPN/g.						
	E22 MG6	E22 MG7	E22 MG9	E22 MG10	E22 MG12	E22 MG13
Conta di Streptococchi fecali (Enterococchi)	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Conta di Coliformi Fecali	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Conta di coliformi totali	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10

2.2.2 Saggi ecotossicologici su campioni di sedimento

Paracentrotus lividus

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

QA-QC – Il test eseguito con la sostanza di riferimento (Cu) ha fornito una EC_{50} di $25,98 \mu\text{g l}^{-1}$ di Cu ($LC=24,53$ e $UC=27,51$), che rientra nei limiti della carta di controllo del laboratorio. La percentuale media di embrioni allo stadio di pluteo ($87 \pm 2,08\%$) è risultata conforme, in quanto superiore al limite del 75% e inferiore al limite del 95%.

Le percentuali degli embrioni che hanno raggiunto lo stadio di pluteo nel test di embriotossicità (72ore) con *P. lividus* e successiva stima della tossicità cronica ($EC_{20}/50$) degli elutriati sono riportati nella **Tabella 57**.

Campione	Salinità (‰)	pH	Ossigeno disciolto (mg/l)	Campione	Salinità (‰)	pH	Ossigeno disciolto (mg/l)
Controllo	36	8,12	6,70				
E22 MG6	36	8,10	6,19	E22 MG10	36	8,03	6,10
E22 MG7	36	8,13	6,50	E22 MG12	36	8,02	6,65
E22 MG9	36	8,01	6,23	E22 MG13	36	8,00	6,40

Campione	Concentrazione (%) dell'elutriato	% media di plutei (\pm dev.st %)	% media di embrioni non sviluppati	Correzione ABBOTT (embrioni non sviluppati)	EC 20 (%)	EC 50 (%)	Stima di tossicità
Controllo		90 \pm 2,00	10	0	-	-	
E22 MG6	100	64 \pm 2,52	36	29			
	50	75 \pm 1,53	25	17	44,4	>100	Bassa
	25	83 \pm 1,53	17	8			
E22 MG7	100	60 \pm 1,53	40	33			
	50	76 \pm 1,53	24	15	58,9	>100	Bassa
	25	82 \pm 1,00	18	9			
E22 MG9	100	48 \pm 2,08	52	47			
	50	67 \pm 2,08	33	26	39,1	>100	Bassa
	25	80 \pm 1,53	20	11			
E22 MG10	100	74 \pm 2,08	26	17			
	50	81 \pm 1,73	19	10	≥ 100	>100	Assente
	25	85 \pm 1,53	15	6			
E22 MG12	100	77 \pm 2,08	23	15			
	50	82 \pm 1,53	18	9	≥ 100	>100	Assente
	25	85 \pm 0,58	15	5			
E22 MG13	100	77 \pm 2,08	23	15			
	50	82 \pm 1,53	18	9	≥ 100	>100	Assente
	25	82 \pm 5,69	18	9			

I valori di EC_{20} determinati nelle stazioni E22 MG6, E22 MG7 e E22 MG9 mostrano una tossicità cronica bassa. I restanti campioni, E22 MG10, E22 MG12 ed E22 MG13, presentano assenza di tossicità.

Corophium orientale (Test cronico a 28 gg)

Nella **Tabella 58** sono riportati i parametri chimico-fisici dell'acqua sovrastante i sedimenti, registrati all'inizio ed al termine del test di tossicità a 10 e 28 giorni con *C. orientale*.

Tabella 58 - Parametri (chimico-fisici) dell'acqua sovrastante i 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	8,12	0			36	8,12	0	
E22 MG6		36	8,08	0			36	8,12	0	
E22 MG7		36	8,08	0			36	8,10	0	
E22 MG9	14±1	36	8,01	0	>85	15±1	36	8,11	0	>85
E22 MG10		36	8,03	0			36	8,10	0-0,5	
E22 MG12		36	8,09	0			36	8,09	0	
E22 MG13		36	8,06	0			36	8,15	0	

QA-QC - Il valore della LC50(96h) =3,60mg/l (LC= 3,27mg/l e UC=3,96mg/l) ottenuto con la sostanza di riferimento (CdCl₂) rientra nei limiti della carta di controllo del laboratorio. La sopravvivenza degli organismi sul sedimento di controllo dopo 28 giorni è risultata conforme, in quanto superiore al 85%.

Le percentuali di mortalità degli organismi di *C. orientale*, registrate nel test a 28 giorni e la stima della tossicità cronica sono riportate nella **Tabella 59**.

Tabella 59 - Percentuali di mortalità degli organismi di *C. orientale* osservate nei sedimenti testati e successiva stima della tossicità cronica.

Campione	Numero degli organismi esposti	% degli organismi morti (± incertezza %)	% (corretta) degli organismi morti	Giudizio della tossicità
Controllo	100	1 ± 3,18	0	Assente
E22 MG6	100	6 ± 3,67	5	Assente
E22 MG7	100	15 ± 6,09	14	Assente
E22 MG9	100	4 ± 6,09	3	Assente
E22 MG10	100	10 ± 3,67	9	Assente
E22 MG12	100	16 ± 5,19	15	Bassa
E22 MG13	100	3 ± 3,18	1	Assente

Tutte le stazioni presentano basse percentuali di organismi morti esibendo una tossicità cronica assente, mentre la stazione E22 MG12, posta nei pressi del FSRU, mostra tossicità cronica bassa.

Nell'estate 2022 il test cronico è stato affiancato da quello acuto, riportato di seguito, al fine di garantire una appropriata batteria di saggi utile alla classificazione ecotossicologica mediante sediqualesoft secondo decreto del MATTM 173/16.

Corophium orientale (Test acuto a 10 gg)

QA-QC - Il valore della LC50(96h) =3,60mg/l (LC= 3,27mg/l e UC=3,96mg/l) ottenuto con la sostanza di riferimento (CdCl₂) rientra nei limiti della carta di controllo del laboratorio. La sopravvivenza degli organismi sul sedimento di controllo dopo 28 giorni è risultata conforme, in quanto superiore al 85%.

Le percentuali di mortalità degli organismi di *C. orientale*, registrate nel test a 10gg e la stima della tossicità acuta sono riportate nella **Tabella 60**.

Tabella 60 - Percentuali di mortalità degli organismi di *C. orientale* osservate nei sedimenti testati e successiva stima della tossicità acuta (10gg).

Campione	Numero degli organismi esposti	% degli organismi morti (± incertezza %)	% (corretta) degli organismi morti	Giudizio della tossicità
Controllo	100	1 ± 3,18	0	Assente
E22 MG6	100	5 ± 3,18	4	Assente
E22 MG7	100	1 ± 3,18	0	Assente

Tabella 60 - Percentuali di mortalità degli organismi di *C. orientale* osservate nei sedimenti testati e successiva stima della tossicità acuta (10gg).

Campione	Numero degli organismi esposti	% degli organismi morti (\pm incertezza %)	% (corretta) degli organismi morti	Giudizio della tossicità
E22 MG9	100	2 \pm 3,67	1	Assente
E22 MG10	100	4 \pm 5,19	3	Assente
E22 MG12	100	2 \pm 3,67	1	Assente
E22 MG13	100	2 \pm 3,18	1	Assente

Tutti i campioni mostrano tossicità acuta assente.

Vibrio fischeri (fase solida)

QA-QC - Il valore della EC50(17') = 9,48mg/l (LC= 6,70mg/l e UC=13,40mg/l) ottenuto con la sostanza di riferimento ZnSO₄ · 7H₂O rientra nei limiti della carta di controllo del laboratorio. I valori rilevati del *Sediment Toxicity Index* mostrano l'assenza di tossicità in tutti i sedimenti indagati ad eccezione del campione E22 MG13. (Tabella 61).

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

Campione	Sabbia < 1mm (%)	Pelite (%)	Soglia Tox Naturale (TU)	Tox Misurata (TU)	Range al 95% di confidenza (TU)		R ² (%)	Stima di tossicità
E22 MG6	29,48	70,52	246,07	290,01	209,92	400,47	0,96	Assente
E22 MG7	36,79	63,21	223,20	260,78	201,80	337,05	0,98	Assente
E22 MG9	8,41	91,59	312,04	457,94	385,34	544,50	0,99	Assente
E22 MG10	37,35	62,65	221,47	108,16	85,22	137,27	0,97	Assente
E22 MG12	52,90	47,10	172,78	169,73	97,06	296,88	0,86	Assente
E22 MG13	18,79	81,21	279,54	1056,64	758,32	1472,57	0,98	Bassa

Durante il monitoraggio A21-E22 è stato introdotto un nuovo saggio ad integrazione del preesistente (*V. fischeri* su sedimento tal quale) in modo da ottenere una batteria idonea che fornisca dati elaborabili tramite il software SediQualSoft secondo decreto del MATTM 173/16.

Vibrio fischeri (eseguito su elutriato)

Durante il monitoraggio A21-E22 è stato introdotto un nuovo saggio, *Vibrio fischeri* (eseguito su elutriato), ad integrazione del preesistente *V. fischeri* eseguito su sedimento tal quale.

QA-QC - Il valore della EC50(17') = 9,48mg/l (LC= 6,70mg/l e UC=13,40mg/l) ottenuto con la sostanza di riferimento ZnSO₄ · 7H₂O rientra nei limiti della carta di controllo del laboratorio (Tabella 62).

Tabella 62 - Risultati del test con il *V. fischeri* eseguito su campioni di elutriato (incubazione 15', 30').

Campione	% Effetto (15') \pm dev.st		% Effetto(30') \pm dev.st		EC20 (15')	EC20 (30')	EC50 (15')	EC50 (30')	Stima di tossicità
E22 MG6	-14,60	\pm 0,34	-14,00	\pm 0,33	\geq 90%	\geq 90%	\geq 90%	\geq 90%	Assente
E22 MG7	-19,56	\pm 0,38	-19,13	\pm 0,86	\geq 90%	\geq 90%	\geq 90%	\geq 90%	Assente
E22 MG9	-15,40	\pm 0,63	-16,03	\pm 1,27	\geq 90%	\geq 90%	\geq 90%	\geq 90%	Assente
E22 MG10	-18,05	\pm 0,18	-16,71	\pm 0,24	\geq 90%	\geq 90%	\geq 90%	\geq 90%	Assente
E22 MG12	-25,66	\pm 0,21	-23,17	\pm 0,37	\geq 90%	\geq 90%	\geq 90%	\geq 90%	Assente
E22 MG13	-29,47	\pm 0,00	-29,72	\pm 0,36	\geq 90%	\geq 90%	\geq 90%	\geq 90%	Assente

Tutti i campioni di sedimento analizzati esibiscono l'assenza di tossicità.

2.3 BIOTA
2.3.1 Macrozoobenthos

Lo studio ha portato alla raccolta e determinazione di 8377 individui appartenenti a 216 specie comprendenti anellidi (policheti), molluschi, artropodi (crostacei), sipunculidi, echinodermi, nemertini, nematodi e cnidari.

Tabella 63 - Lista delle specie macrobentoniche rinvenute nell'Estate (E22).		
Annelida		
<i>Levinsenia demiri</i> Çinar, Dagli & Acik, 2011	<i>Glycera tessellata</i> Grube, 1863	<i>Laonice mediterranea</i> Sikorski, Nygren & Mikac, in Sikorski et al. 2021
<i>Paradiopatra lepta</i> (Chamberlin, 1919)	<i>Paralacydonia paradoxa</i> Fauvel, 1913	<i>Phyllodoce</i> sp.
<i>Kirkegaardia heterochaeta</i> (Laubier, 1961)	<i>Poecilochaetus fauchaldi</i> Pilato & Cantone, 1976	<i>Pilargis verrucosa</i> (Saint-Joseph, 1899)
<i>Ophelina abranchiata</i> Støp-Bowitz, 1948	<i>Aricidea mariannae</i> Katzmam & Laubier, 1975	<i>Praxillella praetermissa</i> (Malmgren, 1865)
<i>Galathowenia oculata</i> Zachs, 1923	<i>Ninoe armericana</i> Glémarec, 1968	<i>Scalibregma inflatum</i> Rathke, 1843
<i>Ampharete acutifrons</i> (Grube, 1860)	<i>Lumbrineris</i> sp.	<i>Scolecopsis</i> sp.
<i>Aphelocheata marioni</i> (Saint-Joseph, 1894)	<i>Sternaspis scutata</i> (Ranzani, 1817)	<i>Ancistrostylis groenlandica</i> McIntosh, 1879
<i>Prionospio ehlersi</i> Fauvel, 1928	<i>Notomastus profundus</i> (Eisig, 1887)	<i>Augeneria</i> sp.
<i>Amphiteis gunneri</i> (M. Sars, 1835)	<i>Chaetozone setosa</i> Malmgren, 1867	<i>Bispira</i> sp.
<i>Dasybranchus caducus</i> (Grube, 1846)	<i>Levinsenia gracilis</i> (Tauber, 1879)	<i>Euclymene oerstedii</i> (Claparède, 1863)
<i>Prionospio fallax</i> Soderstrom, 1920	<i>Exogone verugera</i> (Claparède, 1868)	<i>Euclymene</i> sp.
<i>Prionospio</i> sp.	<i>Melinna palmata</i> Grube, 1860	<i>Gallardoneris</i> sp.
<i>Glycera alba</i> (O.F. Müller, 1776)	<i>Aponuphis brementi</i> (Fauvel, 1916)	<i>Laonice grimaldii</i> Sikorski, Nygren & Mikac, in Sikorski et al. 2021
<i>Aricidea claudiae</i> Laubier, 1967	<i>Eunice vittata</i> (Delle Chiaje, 1828)	<i>Lysidice ninetta</i> Audouin & Milne-Edwards, 1833
<i>Glycera unicomis</i> Lamarck, 1818	<i>Polygordius</i> sp.	<i>Malmgrenia lunulata</i> (Delle Chiaje, 1841)
<i>Fauveliopsis</i> sp.	<i>Schistomeringos rudolphi</i> (Delle Chiaje, 1828)	<i>Micronephthys</i> sp.
<i>Abyssoninoe hibernica</i> (McIntosh, 1903)	<i>Sigambra tentaculata</i> (Treadwell, 1941)	<i>Pista cristata</i> (O. F. Müller, 1776)
<i>Maldane glebifex</i> Grube, 1860	<i>Terebellides mediterranea</i> Parapar, Mikac & Fiege, 2013	<i>Syllis alternata</i> Moore, 1908
<i>Paucibranchia bellii</i> (Audouin & Milne Edwards, 1833)	<i>Aricidea catherinae</i> Laubier, 1967	<i>Aponuphis bilineata</i> (Baird, 1870)
<i>Spio multioculata</i> (Rioja, 1918)	<i>Euclymene lombricoides</i> (Quatrefages, 1866)	<i>Cirratulus cirratus</i> (O. F. Müller, 1776)
<i>Aricidea assimilis</i> Tebble, 1959	<i>Spiophanes kroyeri</i> Grube, 1860	<i>Cossura soyeri</i> Laubier, 1962
<i>Aricidea monicae</i> Laubier, 1967	<i>Gyptis</i> sp.	<i>Ditrupa arietina</i> (O.F. Müller, 1776)
<i>Syllis parapar</i> San Martín & López, 2000	<i>Hyalinoecia tubicola</i> (O. F. Müller, 1776)	<i>Euclymene palermitana</i> (Grube, 1840)
<i>Chaetozone carpenteri</i> McIntosh, 1911	<i>Apistobrachus tullbergi</i> (Théel, 1879)	<i>Hesionidae</i> ind.
<i>Drilonereis filum</i> (Claparède, 1868)	<i>Leiocapitella dollfusi</i> (Fauvel, 1936)	<i>Leiochone leiopygos</i> (Grube, 1860)
<i>Gallardoneris iberica</i> Martins, Carrera-Parra, Quintino & Rodrigues, 2012	<i>Metasychis gotoi</i> (Izuka, 1902)	<i>Lepidasthenia brunnea</i> Day, 1960
<i>Lumbrineris luciliae</i> Martins, Carrera-Parra, Quintino & Rodrigues, 2012	<i>Anobothrus gracilis</i> (Malmgren, 1866)	<i>Lumbrineris latreilli</i> Audouin & Milne-Edwards, 1834
<i>Nephtys incisa</i> Malmgren, 1865	<i>Chloea venusta</i> Quatrefages, 1865	<i>Marphysa sanguinea</i> (Montagu, 1813)
<i>Heteromastus filiformis</i> (Claparède, 1864)	<i>Diplocirrus glaucus</i> (Malmgren, 1867)	<i>Paradoneis lyra</i> (Southern, 1914)
<i>Lysidice unicomis</i> (Grube, 1840)	<i>Eulalia</i> sp.	<i>Phylo foetida</i> (Claparède, 1870)
<i>Auchenoplax crinita</i> Ehlers, 1887	<i>Harmothoe antilopes</i> McIntosh, 1876	<i>Phylo grubei</i> (McIntosh, 1910)
<i>Praxillella gracilis</i> (M. Sars, 1861)	<i>Harmothoe</i> sp.	<i>Sphaerodoropsis</i> sp.
<i>Cirratulidae</i> ind.	<i>Heterospio mediterranea</i> Laubier, Picard & Ramos, 1972	
Arthropoda		
<i>Carangoliopsis spinulosa</i> Ledoyer, 1970	<i>Goneplax rhomboides</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Deflexilodes griseus</i> (Della Valle, 1893)
<i>Harpinia dellavallei</i> Chevreux, 1910	<i>Haploops nirae</i> Kaim Malka, 1976	<i>Desmosoma</i> sp.
<i>Ampelisca</i> sp.	<i>Processa macrophthalmala</i> Nouvel & Holthuis, 1957	<i>Diastylis rugosa</i> Sars, 1865
<i>Harpinia crenulata</i> (Boeck, 1871)	<i>Hippomedon bidentatus</i> Chevreux, 1903	<i>Harpinia antennaria</i> Meinert, 1890
<i>Tuberapseudes echinatus</i> (Sars, 1882)	<i>Photis longicaudata</i> (Bate & Westwood, 1862)	<i>Hippomedon massiliensis</i> bellan-Santini, 1965
<i>Paraphoxus oculatus</i> (G.O. Sars, 1879)	<i>Alpheus glaber</i> (Olivi, 1792)	<i>Inachus dorsettensis</i> (Pennant, 1777)
<i>Kupellonura mediterranea</i> Barnard, 1925	<i>Stenothoe</i> sp.	<i>Liljeborgia dellavallei</i> Stebbing, 1906
<i>Leucon</i> (Epileucon) <i>longirostris</i> Sars, 1871	<i>Eriopisa elongata</i> (Bruzeliuss, 1859)	<i>Liocarcinus maculatus</i> (Risso, 1827)
<i>Collettea cylindrata</i> (Sars, 1882)	<i>Periculodes longimanus</i> (Bate & Westwood, 1868)	<i>Metaphoxus fultoni</i> (Scott, 1890)
<i>Eurydice spinigera</i> Hansen, 1890	<i>Callianassa subterranea</i> (Montagu, 1898)	<i>Metaphoxus simplex</i> Bate, 1857
<i>Gnathia oxyuraea</i> (Liljeborg, 1855)	<i>Campylaspis glabra</i> G.O. Sars, 1880	<i>Pagurus cuanensis</i> Bell, 1845
<i>Araphura brevimanus</i> (Liljeborg, 1864)	<i>Deflexilodes acutipes</i> (Ledoyer, 1983)	<i>Paranthura nigropunctata</i> (Lucas, 1846)
<i>Medicorophium rotundirostre</i> (Stephensen, 1915)	<i>Diastylis</i> sp. Say, 1818	<i>Pardaliscella boeckii</i> (Malm, 1870)
<i>Eudorella nana</i> Sars, 1879	<i>Ebalia tuberosa</i> (Pennant, 1777)	<i>Processa</i> sp.
<i>Akanthophoreus gracilis</i> (Krøyer, 1842)	<i>Eurynome aspera</i> (Pennant, 1777)	<i>Synchelidium maculatum</i> Stebbing, 1906
<i>Maera grossimana</i> (Montagu, 1808)	<i>Jaxea nocturna</i> Nardo, 1847	<i>Upogebia deltaura</i> (Leach, 1815)

Tabella 63 - Lista delle specie macrobentoniche rinvenute nell'Estate (E22).		
<i>Leucothoe oboa</i> G. Karaman, 1971	<i>Urothoe elegans</i> (Costa, 1853)	<i>Westwoodilla rectirostris</i> (Della Valle, 1893)
<i>Pilumnus spinifer</i> H. Milne-Edwards, 1834	<i>Athanas</i> sp.	
Echinodermata		
<i>Leptopentacta elongata</i> (Düben Koren, 1846)	<i>Amphiura filiformis</i> (O. F. Müller, 1776)	<i>Astropecten irregularis pentacanthus</i> (Delle Chiaje, 1825)
<i>Ophiura albida</i> Forbes, 1839	<i>Neocucumis marionii</i> (Marenzeller von, 1877)	<i>Ophiacantha setosa</i> (Bruzelius, 1805)
<i>Amphiura chiajei</i> Forbes, 1843	<i>Amphipholis squamata</i> (Delle Chiaje, 1828)	<i>Oestergrenia digitata</i> (Montagu, 1815)
Mollusca		
<i>Thyasira buplicata</i> (Philippi, 1836)	<i>Neopycnodonte cochlear</i> (Poli, 1795)	<i>Nucula nitidosa</i> Winckworth, 1930
<i>Falcidens guttuosus</i> (Kowalevsky, 1901)	<i>Megastomia conoidea</i> (Brocchi, 1814)	<i>Poromya granulata</i> (Nyst & Westendorp, 1839)
<i>Kelliella abyssicola</i> (Forbes, 1844)	<i>Myrtea spinifera</i> (Montagu, 1803)	<i>Thyasira granulosa</i> (Monterosato, 1874)
<i>Mendicula ferruginosa</i> (Forbes, 1844)	<i>Philine catena</i> (Montagu, 1803)	<i>Turritella communis</i> Risso, 1826
<i>Ennucula aegeensis</i> (Forbes, 1844)	<i>Saccella commutata</i> (Philippi, 1844)	<i>Alvania testae</i> (Aradas & Maggiore, 1844)
<i>Papillicardium minimum</i> (Philippi, 1836)	<i>Acteon tornatilis</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Anadara inaequalis</i> (Bruguière, 1789)
<i>Antalis inaequicostata</i> (Dautzenberg, 1891)	<i>Cardiomya costellata</i> (Deshayes, 1835)	<i>Coracuta obliquata</i> (Chaster, 1897)
<i>Nucula sulcata</i> (Bronn, 1831)	<i>Abra longicallus</i> Scacchi, 1834	<i>Cuspidaria cuspidata</i> (Olivi 1792)
<i>Prochaetoderma raduliferum</i> (Kowalevsky, 1901)	<i>Abra prismatica</i> (Montagu, 1808)	<i>Epilepton clarkiae</i> (W. Clark, 1852)
<i>Hyala vitrea</i> (Montagu, 1803)	<i>Pitar rudis</i> (Poli, 1795)	<i>Flexopecten flexuosus</i> (Poli, 1795)
<i>Timoclea ovata</i> (Pennant, 1777)	<i>Tellimya ferruginosa</i> (Montagu, 1808)	<i>Mangelia costulata</i> Risso, 1826
<i>Thyasira alleni</i> Carozza, 1981	<i>Clathrella clathrata</i> (Philippi, 1844)	<i>Modiolus barbatus</i> (Linnaeus, 1758)
<i>Bathyarca pectunculoides</i> (Scacchi, 1834)	<i>Cuspidaria rostrata</i> (Olivi, 1792)	<i>Sorgenfreispira brachystoma</i> (Philippi, 1844)
<i>Pandora pinna</i> (Montagu, 1803)	<i>Cylichna cylindracea</i> (Pennant, 1777)	<i>Striarca lactea</i> (Linnaeus, 1758)
<i>Pulsellum lofotense</i> (M. Sars, 1865)	<i>Hiatella arctica</i> (Linnaeus, 1767)	<i>Trophonopsis muricata</i> (Montagu, 1803)
<i>Abra nitida</i> (O.F. Muller, 1776)	<i>Lembulus pella</i> (Linnaeus, 1758)	
Sipuncula		
<i>Onchnesoma steenstrupii steenstrupii</i> Koren & Danilssen, 1876	<i>Golfingia</i> (<i>Golfingia</i>) <i>elongata</i> (Keferstein, 1862)	<i>Nephasoma diaphanes</i> (Gerould, 1913)
<i>Phascolion</i> (<i>Phascolion</i>) <i>strombus strombus</i> (Montagu, 1804)	<i>Golfingia</i> (<i>Golfingia</i>) <i>vulgaris vulgaris</i> (Blainville, 1827)	<i>Aspidosiphon muelleri muelleri</i> Diesing, 1851
Cnidaria		
<i>Pennatula rubra</i> (Ellis, 1761)		
Nematoda ind.		
Nemertea ind.		

Gli anellidi, rappresentati unicamente da policheti, risultano essere il gruppo dominante che con 5690 individui rappresentano il 67,9% dell'abbondanza totale. I molluschi e i crostacei, secondi e terzi in ordine di abbondanza, forniscono, rispettivamente, il 16,7 e l'11% di contributo, mentre i sipunculidi (56 individui) e gli echino dermi (31 individui) non raggiungono l'1% (**Figura 32**).

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 quasi la metà delle specie rinvenute (98 specie). Crostacei e Molluschi sono abbastanza equamente rappresentati fornendo il 25% e il 22% delle specie totali.

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

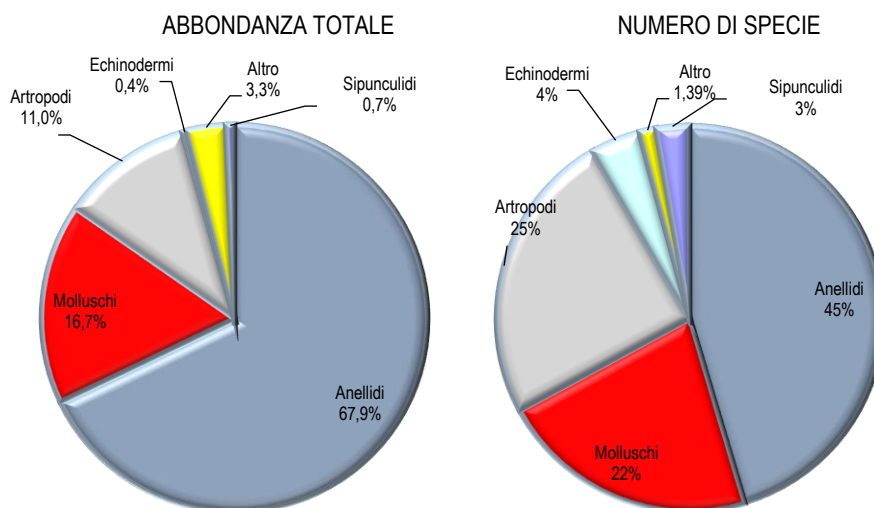


Figura 32 - Ripartizione dell'abbondanza totale e del numero di specie tra i principali taxa rinvenuti nell'Estate 2022. Altro= nemertini, nematodi, cnidari.

Ai policheti appartengono le specie rinvenute col maggior numero di individui. Le prime tre specie dominanti, sono, infatti, policheti e rappresentano quasi la metà dell'abbondanza totale (44,56%).

Levinsenia demiri (2578 individui) è in assoluto il polichete più abbondante e da solo rappresenta il 30,77% dell'abbondanza totale. *Paradiopatra lepta* seconda in ordine di abbondanza, fornisce meno dell'8% di contributo all'abbondanza totale seguita da *Kirkegaardia heterochaeta* (501 individui) con un contributo di poco inferiore al 6% (Figura 33). Il polichete *Ophelina branchiata* e il crostaceo *Carangoliopsis spinulosa* la quarta e quinta specie in ordine di abbondanza, non raggiungono il 4% di contributo. Questo risultato, che conferma quanto emerso dalla fase di "bianco", dimostra che l'area è caratterizzata da un panorama faunistico dominato da poche specie molto abbondanti affiancate da un elevato numero di specie presenti con pochi individui. Infatti 199 specie (ossia 92,13% del totale) contribuiscono per meno dell'1% (nell'insieme apportano un contributo del 26,6%) all'abbondanza totale. Inoltre il 20,37% delle specie è presente con un solo individuo.

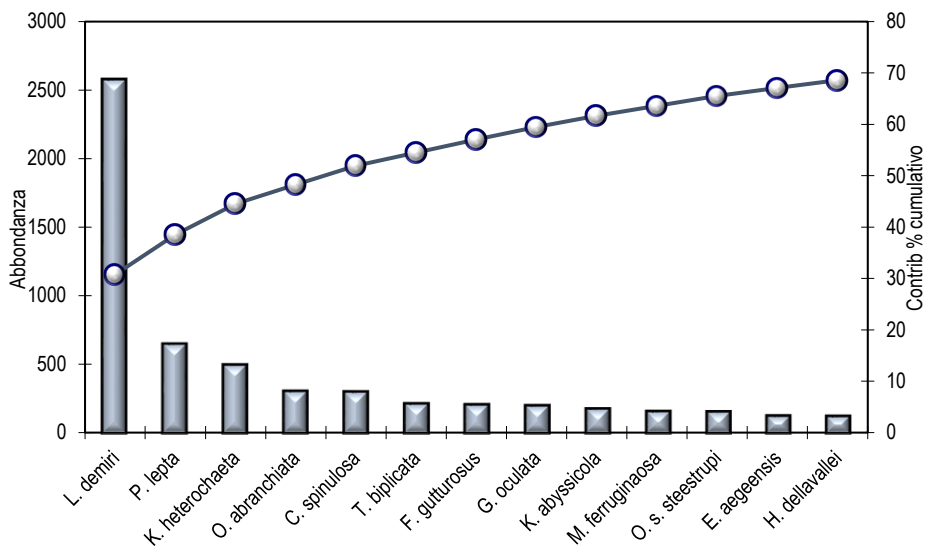


Figura 33 - Abbondanza totale e contributo percentuale cumulativo delle specie dominanti (E22).

Le specie dominanti e diffuse, fanno sì che le repliche esibiscano una elevata similarità tra di loro, superiore 70% in sei stazioni, tra cui una (E22 MG12) raggiunge l'80%. Valori bassi di similarità sono stati rilevati in E22 MG6, E22 MG7, E22 MG9 dove la similarità rimane al di sotto del 60%.

Levinsenia demiri dà il contributo maggiore a tale similarità in tutte le stazioni, contributo che in due casi (E22 MG14, E22 MG4) supera il 45%. Nelle stazioni E22 MG2 e E22 MG9 il contributo si attesta intorno al 20%. Nella stazione E22 MG9 *L. demiri* occupa il secondo posto in termini di contributo alla similarità tra repliche, ed è soppiantata dal crostaceo *Carangoliopsis spinulosa* che però, apporta un contributo che non arriva al 20%.

La seconda specie che determina la similarità tra stazioni è variabile, ma prevalentemente si tratta di *Paradiopatra lepta* (in sei stazioni) o di *Kirkegaardia heterochaeta* (in 3 stazioni), mentre *Carangoliopsis spinulosa* e *Keliella abyssicola* compaiono al secondo posto in una stazione ciascuno, ma in tutti i casi il contributo è molto basso e supera in pochi casi il 10%.

Levinsenia demiri, anche *Kirkegaardia heterochaeta* spiegano la distribuzione dei punti stazione nel piano di ordinamento ottenuto dal non-Metric Multidimensional Scaling (n-MDS): da sinistra a destra, infatti, le stazioni presentano un gradiente crescente di abbondanza di questa specie (Figura 34).

Il crostaceo *Leuchotoe oboa* spiega la posizione della stazione E22 MG9 rinvenuta quasi esclusivamente in questa stazione sebbene con bassissimi valori di abbondanza.

Nella parte alta del plot, invece, sono situate le stazioni con i maggiori valori di abbondanza dei policheti *Lumbrineris luciliae*, *Aponuphis brementi*.

Infine *Nephtys incisa* spiega la posizione della stazione E22 MG6.

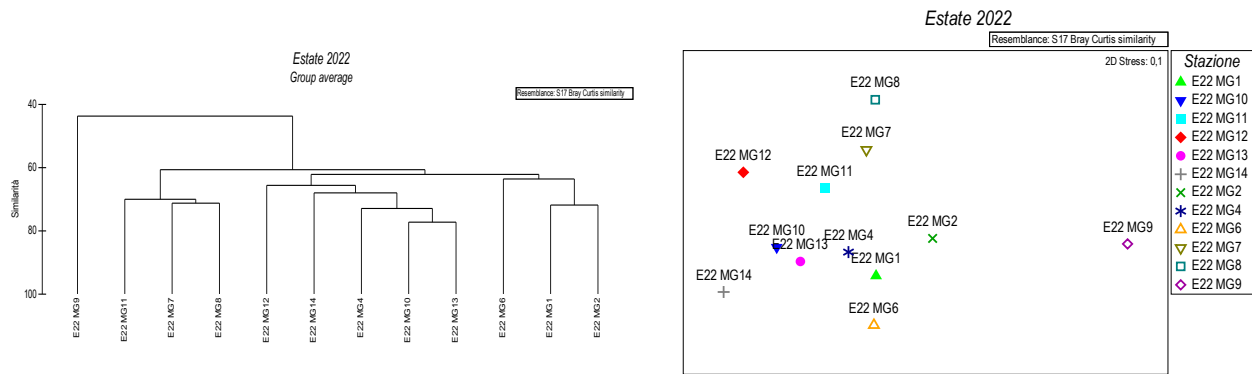


Figura 34 - Risultati della cluster analysis (group average) a sinistra, piano di ordinamento ottenuto dal n-MDS, a destra. La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Bray-Curtis.

Anche dal punto di vista strutturale i parametri indagati risultano variabili da stazione a stazione. Il numero di specie medio (ossia ottenuto dopo il calcolo della media tra repliche) varia tra 34,5 minimo rilevato in E22 MG4 e 55, massimo osservato in E22 MG12.

Sette stazioni su 12, indipendentemente dalla distanza dal Terminale, hanno un numero di specie più basso rispetto alla media totale ($44,5 \pm 6,76$). In totale il numero di specie rilevato complessivamente nelle quattro stazioni più lontane all'FSRU è pari a 164 di cui 37 esclusive ossia non rilevate nelle altre stazioni. Il numero totale di specie rilevato nelle stazioni più lontane (MG1, MG2, MG9, MG10) è 147 (di cui 23 esclusive), mentre quelle trovate nelle stazioni intermedie (MG4, MG8, MG11, MG14) è pari a 140 (di cui 17 esclusive).

L'abbondanza totale media delle stazioni esibisce il minimo (96,6) in E22 MG9 e il massimo (284,75) in E22 MG14. Nel complesso, N, esibisce una elevata variabilità tra stazioni, oscillando intorno al valore medio di $174,5 \pm 51,8$.

La diversità di Shannon-Weaver mostra il suo minimo in E22 MG4 (3,71) ed il massimo in E22 MG2 (4,87) con una media complessiva di $4,23 \pm 0,36$. Due delle stazioni poste presso il Terminale, hanno una diversità specifica maggiore rispetto al valore medio, due leggermente inferiore.

Fra le stazione più lontane (MG1, MG2, MG9, MG10) solo E22 MG10 esibisce un valore inferiore alla media, mentre tra quelle intermedie (MG4, MG8, MG11, MG14) solo E22 MG8 ha un valore superiore alla media generale. In nessun caso, quindi, si identifica un trend relazionabile alla distanza dal Terminale.

La ricchezza specifica di Margalef mostra il valore più elevato in E22 MG12 (10,27) dove tutti i valori (tranne E22 MG12) sono inferiori rispetto alla media generale ($8,48 \pm 1$). Confrontando le medie ottenute raggruppando le stazioni in ragione della loro distanza dal Terminale si osserva che le differenze sono da considerarsi trascurabili.

Infine l'equitabilità oscilla tra 0,89 (E22 MG9) e 0,67 (E22 MG14) con un valore medio di $0,78 \pm 0,07$.

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

Tabella 64 – 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)

Stazioni	S	N	d	H'(log ₂)	J
E22 MG1	50,00 ± 2,83	205,50 ± 19,05	9,20 ± 0,38	4,59 ± 0,16	0,81 ± 0,02
E22 MG2	51,25 ± 4,27	191,25 ± 22,46	9,57 ± 0,63	4,87 ± 0,10	0,86 ± 0,02
E22 MG4	34,50 ± 2,08	152,25 ± 13,12	6,67 ± 0,34	3,71 ± 0,21	0,73 ± 0,03
E22 MG6	37,00 ± 12,75	155,25 ± 98,86	7,19 ± 1,65	4,01 ± 0,37	0,78 ± 0,07
E22 MG7	41,25 ± 5,12	123,50 ± 34,99	8,40 ± 0,79	4,28 ± 0,46	0,80 ± 0,08
E22 MG8	42,25 ± 1,26	124,25 ± 2,50	8,55 ± 0,27	4,52 ± 0,07	0,84 ± 0,01
E22 MG9	35,50 ± 4,80	96,50 ± 22,16	7,56 ± 0,76	4,60 ± 0,18	0,89 ± 0,02
E22 MG10	47,25 ± 5,12	230,75 ± 32,78	8,50 ± 0,72	4,15 ± 0,19	0,75 ± 0,01
E22 MG11	43,75 ± 5,38	153,25 ± 15,33	8,49 ± 0,92	4,15 ± 0,34	0,76 ± 0,04
E22 MG12	55,00 ± 0,82	192,25 ± 8,18	10,27 ± 0,17	4,32 ± 0,01	0,75 ± 0,00
E22 MG13	44,25 ± 8,46	184,75 ± 60,71	8,30 ± 1,10	3,83 ± 0,15	0,70 ± 0,03
E22 MG14	52,00 ± 4,83	284,75 ± 42,87	9,03 ± 0,68	3,79 ± 0,15	0,67 ± 0,02

2.3.2 Meiobenthos

Dati delle singole stazioni

La stazione E22 MG1 presenta un sedimento costituito da sabbia fine mista a silt con detrito vegetale. La comunità meiobentonica rilevata mediante le analisi faunistiche è costituita da otto gruppi tassonomici, con una densità complessiva pari a $84,2 \pm 76,3$ ind./10 cm². Il taxon dominante è quello dei Nematodi, che raggiungono l'80,0% della meiofauna totale ($67,4 \pm 62,6$ ind./10 cm²), seguiti da Policheti ($7,2 \pm 7,1$ ind./10 cm²; 8,5%), Copepodi ($6,3 \pm 5,9$ ind./10 cm²; 7,5%) e Nauplii ($0,8 \pm 1,0$ ind./10 cm²; 1,0%). I restanti quattro taxa, raggruppati nella categoria "Altri", costituiscono il 3,0% della biocenosi ($2,5 \pm 2,9$ ind./10 cm²). Due di questi, Chinorinchi e Bivalvi, raggiungono l'1% del popolamento totale (Tabella 65; Figura 35). In questa stazione il valore dell'indice di ricchezza di Margalef risulta superiore alla media calcolata per l'intera area, mentre la diversità di Shannon-Wiener e l'equitabilità di Pielou corrispondono ad essa (Tabella 67).

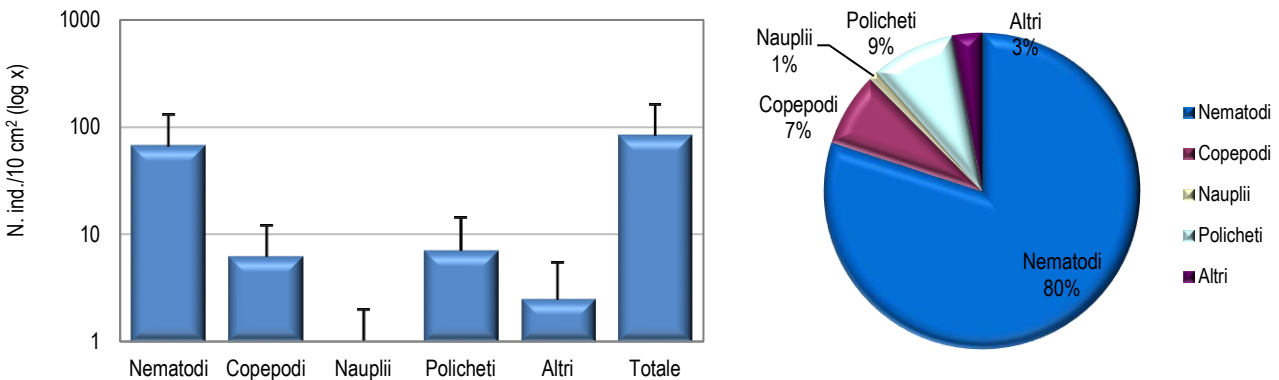


Figura 35 - Stazione E22 MG1. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Tabella 65 - Struttura della comunità meiobentonica nelle stazioni E22 MG1, E22 MG2, E22 MG4, E22 MG6, E22 MG7, E22 MG8. Densità media (±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.

	E22 MG1		E22 MG2		E22 MG4		E22 MG6		E22 MG7		E22 MG8	
	Media±DS	%	Media±DS	%	Media±DS	%	Media±DS	%	Media±DS	%	Media±DS	%
Nematodi	67,4±62,6	80,0	51,4±26,3	73,9	48,0±37,9	87,7	140,7±76,7	82,5	98,1±108,3	72,1	29,5±23,1	74,5
Copepodi	6,3±5,9	7,5	9,7±8,1	13,9	2,5±4,0	4,6	11,8±4,6	6,9	21,9±34,8	16,1	1,7±1,4	4,3
Nauplii	0,8±1,0	1,0	0,8±1,0	1,2	-	-	7,2±4,6	4,2	2,1±4,2	1,5	-	-
Policheti	7,2±7,1	8,5	5,9±2,9	8,5	3,4±4,6	6,2	8,4±4,8	4,9	11,4±8,8	8,4	8,4±6,0	21,3
Chinorinchi	0,8±1,7	1,0	-	-	-	-	0,4±0,8	0,2	0,4±0,8	0,3	-	-
Turbellari	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ostracodi	0,4±0,8	0,5	-	-	0,4±0,8	0,8	1,3±0,8	0,7	1,3±2,5	0,9	-	-
Anfipodi	-	-	-	-	0,4±0,8	0,8	-	-	0,4±0,8	0,3	-	-
Oligocheti	-	-	0,4±0,8	0,6	-	-	-	-	-	-	-	-
Gasteropodi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bivalvi	0,8±1,7	1,0	-	-	-	-	-	-	0,4±0,8	0,3	-	-
Caudofoveati	0,4±0,8	0,5	0,4±0,8	0,6	-	-	0,4±0,8	0,2	-	-	-	-
Nemertini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Acari	-	-	0,8±1,7	1,2	-	-	-	-	-	-	-	-
Tanaidacei	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cumacei	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Priapulidi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ciliati	-	-	-	-	-	-	0,4±0,8	0,2	-	-	-	-
Altri (ΣChino-Cili)	2,5±2,9	3,0	1,7±1,4	2,4	0,8±1,7	1,5	2,5±2,2	1,5	2,5±5,1	1,9	-	-
Meiofauna totale	84,2±76,3	-	69,5±31,7	-	54,7±46,0	-	170,6±84,4	-	136,0±160,2	-	39,6±30,1	-

Il sedimento della E22 MG2, costituito da sabbia fine con silt misto a detrito grossolano e vegetale, ospita una comunità meiobentonica costituita da sette taxa principali, per un popolamento complessivo pari a $69,5 \pm 31,7$ ind./10 cm². Dominano i Nematodi, che, sebbene meno abbondanti rispetto ad altri siti, raggiungono il 73,9% della biocenosi, con una densità di $51,4 \pm 26,3$ ind./10 cm². Seguono i Copepodi, taxon subdominante ($9,7 \pm 8,1$ ind./10 cm²; 13,9%), i Policheti ($5,9 \pm 2,9$ ind./10 cm²; 8,5%) e i Nauplii ($0,8 \pm 1,0$ ind./10 cm²; 1,2%). I restanti tre taxa costituiscono il 2,4% della biocenosi ("Altri": $1,7 \pm 1,4$ ind./10 cm²). Tra questi, solo gli Acari superano l'1% del popolamento (Tabella 65; Figura 36). I valori degli indici strutturali risultano superiori alla media calcolata per l'area (Tabella 67).

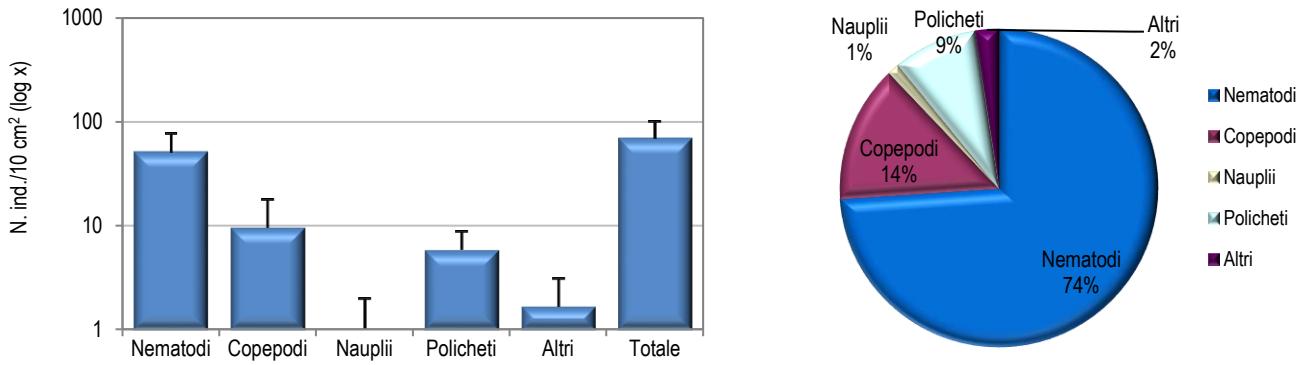


Figura 36 - Stazione E22 MG2. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

La stazione E22 MG4 presenta un sedimento sabbioso fine misto a silt e detrito vegetale, che ospita cinque gruppi meiobentonici, per una densità media complessiva pari a $54,7 \pm 46,0$ ind./10 cm² (**Tabella 65**). I Nematodi risultano dominanti, con una densità di $48,0 \pm 37,9$ ind./10 cm² (87,7% del popolamento). Seguono Policheti ($3,4 \pm 4,6$ ind./10 cm²; 6,2%) e Copepodi ($2,5 \pm 4,0$ ind./10 cm²; 4,6%). In questo sito sono assenti i Nauplii, abitualmente rinvenuti nell'area di studio. I restanti due taxa, Ostracodi e Anfipodi, costituiscono l'1,5% della biocenosi ("Altri": $0,8 \pm 1,7$ ind./10 cm²). Nessuno di questi supera l'1% del popolamento totale (**Tabella 65; Figura 37**). In questa stazione i valori degli indici strutturali risultano inferiori alla media calcolata per l'area, rimarcando la povertà faunistica registrata (**Tabella 67**).

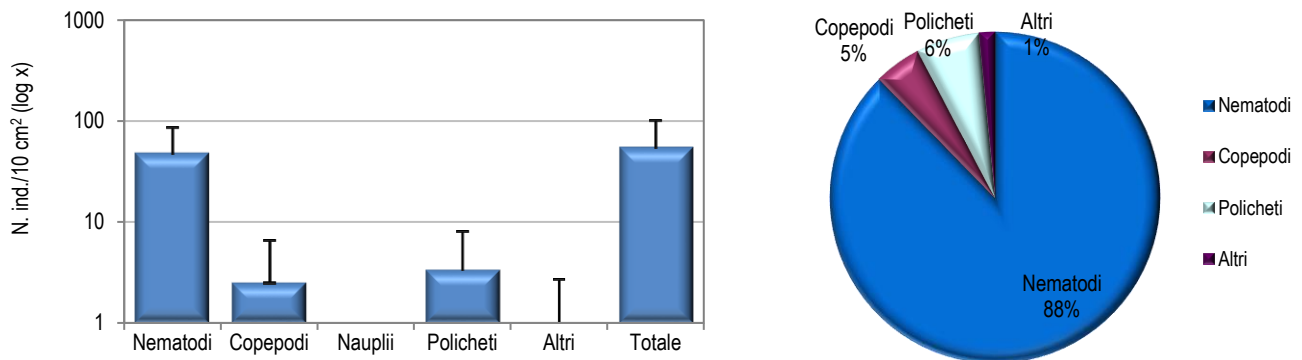


Figura 37 - Stazione E22 MG4. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

La stazione E22 MG6 è caratterizzata da un sedimento sabbioso fine con silt e detrito vegetale, in cui sono stati rinvenuti i rappresentanti di otto gruppi tassonomici. La densità complessiva della comunità meiobentonica è pari a $170,6 \pm 84,4$ ind./10 cm² (**Tabella 65**). I Nematodi sono il taxon dominante, con una densità di $140,7 \pm 76,7$ ind./10 cm² (82,5% del totale). Seguono i Copepodi ($11,8 \pm 4,6$ ind./10 cm²; 6,9%), i Policheti ($8,4 \pm 4,8$ ind./10 cm²; 4,9%) e i Nauplii ($7,2 \pm 4,6$ ind./10 cm²; 4,2%). I restanti quattro taxa, raggruppati nella categoria "Altri", costituiscono l'1,5% del popolamento ($2,5 \pm 2,2$ ind./10 cm²). Nessuno di questi raggiunge l'1% della biocenosi (**Tabella 65; Figura 38**). Il valore dell'indice di ricchezza di Margalef risulta superiore alla media rilevata nell'area indagata, mentre la diversità di Shannon-Wiener e l'equitabilità di Pielou sono inferiori ad essa (**Tabella 67**).

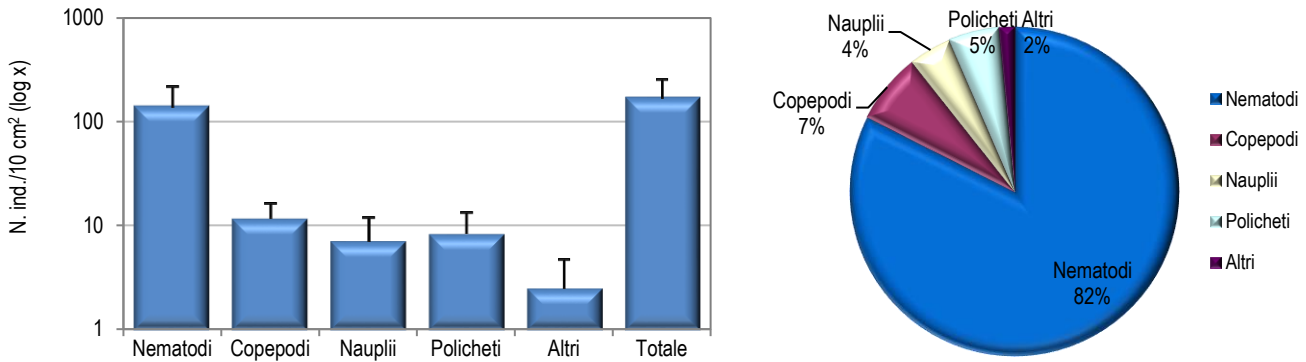
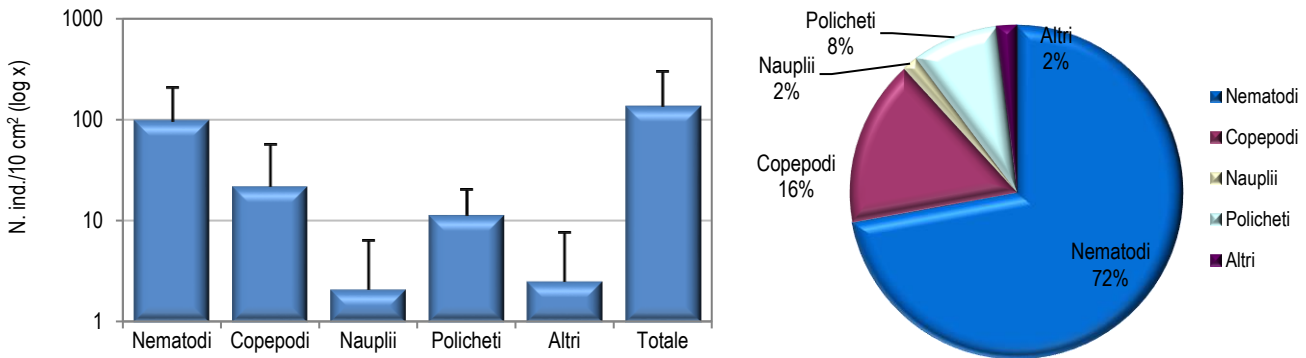


Figura 38 - Stazione E22 MG6. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il sedimento della stazione E22 MG7, costituito da sabbia fine con silt, detrito grossolano e vegetale, ospita otto major taxa meiobentonici, con una densità media totale di $136,0 \pm 160,2$ ind./10 cm². Dominano i Nematodi, sebbene meno abbondanti rispetto ad altri siti, con una densità media di $98,1 \pm 108,3$ ind./10 cm², corrispondente al 72,1% del totale. I Copepodi risultano il taxon subordinante ($21,9 \pm 34,8$ ind./10 cm²; 16,1%) e sono seguiti da Policheti ($11,4 \pm 8,8$ ind./10 cm²; 8,4%) e Nauplii ($2,1 \pm 4,2$ ind./10 cm²; 1,5%). I restanti quattro taxa, raggruppati nella categoria "Altri", costituiscono l'1,9% della biocenosi ($2,5 \pm 5,1$ ind./10 cm²). Nessuno di questi supera l'1% del popolamento totale (**Tabella 65**; Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.). I valori degli indici di ricchezza di Margalef e di diversità di Shannon-Wiener risultano superiori alla media calcolata per l'area oggetto di studio, mentre l'equitabilità di Pielou è pari ad essa (**Tabella 67**).



La stazione E22 MG8 presenta un sedimento sabbioso fine con silt e detrito vegetale. In questo sito la comunità meiobentonica è costituita da soli tre gruppi tassonomici, con una densità complessiva pari a $39,6 \pm 30,1$ ind./10 cm², la più bassa riscontrata in questa campagna di studio (**Tabella 65**, **Tabella 67**). I Nematodi sono il taxon dominante, costituendo il 74,5% del popolamento (densità: $29,5 \pm 23,1$ ind./10 cm²). Seguono i Policheti ($8,4 \pm 6,0$ ind./10 cm²; 21,3%) e i Copepodi ($1,7 \pm 1,4$ ind./10 cm²; 4,3%). I Nauplii, abitualmente rinvenuti nell'area di studio, risultano assenti in questo sito (**Tabella 65**; **Figura 39**). I valori degli indici di ricchezza di Margalef e di diversità di Shannon-Wiener risultano inferiori alla media calcolata per l'area, mentre l'equitabilità di Pielou è superiore ad essa (**Tabella 67**).

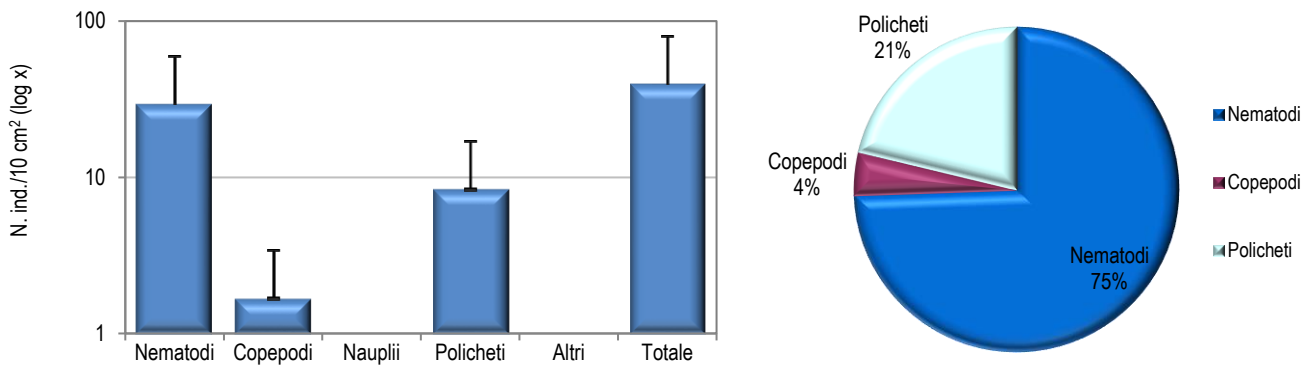


Figura 39 - Stazione E22 MG8. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il sedimento del sito E22 MG9 è costituito da sabbia fine mista a silt. La biocenosi meiobentonica rilevata in questa stazione è costituita da nove gruppi tassonomici, con una densità media totale pari a 145,7 \pm 86,5 ind./10 cm² (**Tabella 66**, **Tabella 67**). Dominano i Nematodi che, sebbene meno abbondanti che altrove, rappresentano il 73,4% della meiofauna totale (densità: 107,0 \pm 59,2 ind./10 cm²). Seguono Copepodi, taxon subdominante (21,1 \pm 23,8 ind./10 cm²; 14,5%), Policheti (9,7 \pm 5,6 ind./10 cm²; 6,6%) e Nauplii (3,8 \pm 4,4 ind./10 cm²; 2,6%). I restanti cinque taxa costituiscono il 2,9% della biocenosi ("Altri": 4,2 \pm 4,2 ind./10 cm²). Tra questi, solo i Bivalvi superano l'1% del popolamento (**Tabella 66**; **Figura 40**). I valori dell'indice di ricchezza di Margalef e di diversità di Shannon-Wiener risultano superiori alla media riscontrata per l'intera area, mentre l'equitabilità di Pielou è pari ad essa (**Tabella 67**).

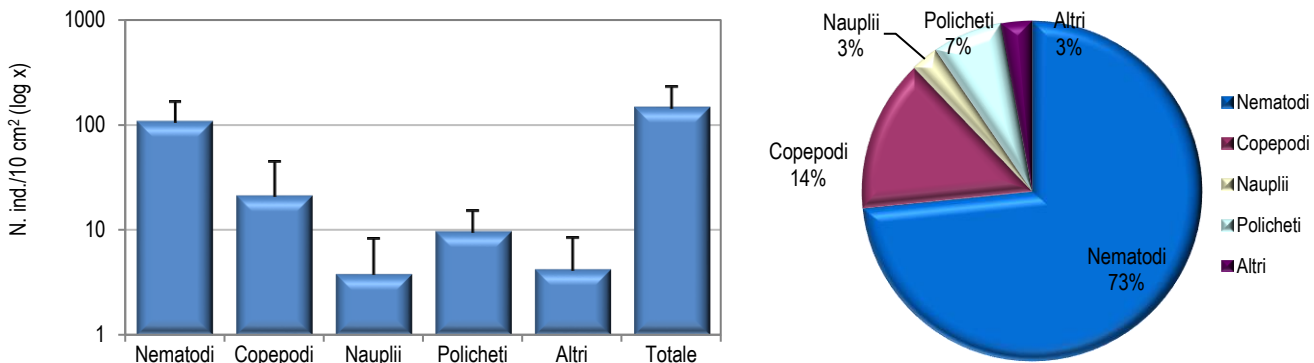


Figura 40 - Stazione E22 MG9. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Tabella 66 - Struttura della comunità meiobentonica nelle stazioni E22 MG9, E22 MG10, E22 MG11, E22 MG12, E22 MG13, E22 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.

	E22 MG9		E22 MG10		E22 MG11		E22 MG12		E22 MG13		E22 MG14	
	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%
Nematodi	107,0 \pm 59,2	73,4	118,3 \pm 116,1	77,4	151,2 \pm 39,8	77,0	186,1 \pm 111,1	83,2	141,5 \pm 46,3	76,7	113,7 \pm 114,2	82,6
Copepodi	21,1 \pm 23,8	14,5	13,5 \pm 19,2	8,8	22,3 \pm 10,0	11,4	16,8 \pm 7,9	7,5	20,6 \pm 13,8	11,2	8,4 \pm 13,7	6,1
Nauplii	3,8 \pm 4,4	2,6	3,4 \pm 4,6	2,2	12,2 \pm 11,2	6,2	6,7 \pm 5,3	3,0	7,2 \pm 5,2	3,9	6,7 \pm 8,1	4,9
Policheti	9,7 \pm 5,6	6,6	15,6 \pm 21,1	10,2	7,2 \pm 5,4	3,6	10,1 \pm 0,0	4,5	10,1 \pm 5,7	5,5	6,3 \pm 8,2	4,6
Chinorinchi	0,4 \pm 0,8	0,3	0,4 \pm 0,8	0,3	0,4 \pm 0,8	0,2	-	-	1,3 \pm 1,6	0,7	0,8 \pm 1,7	0,6
Turbellari	-	-	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,2	-	-	-	-
Ostracodi	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,2	2,5 \pm 2,9	1,1	1,3 \pm 1,6	0,7	-	-
Anfipodi	1,3 \pm 1,6	0,9	0,8 \pm 1,0	0,6	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,2	-	-
Oligocheti	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gasteropodi	-	-	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,2	-	-	-	-
Bivalvi	1,7 \pm 1,4	1,2	0,4 \pm 0,8	0,3	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,2	-	-
Caudofoveati	-	-	-	-	0,8 \pm 1,0	0,4	-	-	-	-	-	-
Nemertini	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,2	-	-
Acari	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,2	-	-

Tabella 66 - Struttura della comunità meiobentonica nelle stazioni E22 MG9, E22 MG10, E22 MG11, E22 MG12, E22 MG13, E22 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.

Tanaidacei	0,4 \pm 0,8	0,3	0,4 \pm 0,8	0,3	0,8 \pm 1,0	0,4	0,4 \pm 0,8	0,2	0,8 \pm 1,7	0,5	1,7 \pm 1,9	1,2
Cumacei	0,4 \pm 0,8	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Priapulidi	-	-	-	-	0,8 \pm 1,0	0,4	-	-	-	-	-	-
Ciliati	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Altri (Σ Chino-Cili)	4,2 \pm 4,2	2,9	2,1 \pm 3,2	1,4	3,4 \pm 3,1	1,7	3,8 \pm 3,2	1,7	5,1 \pm 3,4	2,7	2,5 \pm 3,2	1,8
Meiofauna totale	145,7 \pm 86,5	-	152,9 \pm 162,4	-	196,2 \pm 43,1	-	223,6 \pm 116,3	-	184,5 \pm 70,5	-	137,7 \pm 144,2	-

La stazione E22 MG10 presenta un sedimento sabbioso fine misto a silt e detrito vegetale. La biocenosi meiobentonica è costituita da otto major taxa, con una densità media totale pari a $152,9 \pm 162,4$ ind./10 cm² (**Tabella 66**, **Tabella 67**). Dominano i Nematodi, con una densità di $118,3 \pm 116,1$ ind./10 cm², pari al 77,4% del popolamento. Seguono Policheti ($15,6 \pm 21,1$ ind./10 cm²; 10,2%), Copepodi ($13,5 \pm 19,2$ ind./10 cm²; 8,8%) e Nauplii ($3,4 \pm 4,6$ ind./10 cm²; 2,2%) (**Tabella 66**; **Figura 41**). I restanti quattro taxa, raggruppati nella categoria "Altri", rappresentano l'1,4% della biocenosi ($2,1 \pm 3,2$ ind./10 cm²). Nessuno di questi supera l'1% del totale (**Tabella 66**). In questa stazione il valore dell'indice di ricchezza di Margalef risulta superiore alla media calcolata per l'area, mentre la diversità di Shannon-Wiener e l'equitabilità di Pielou corrispondono ad essa (**Tabella 67**).

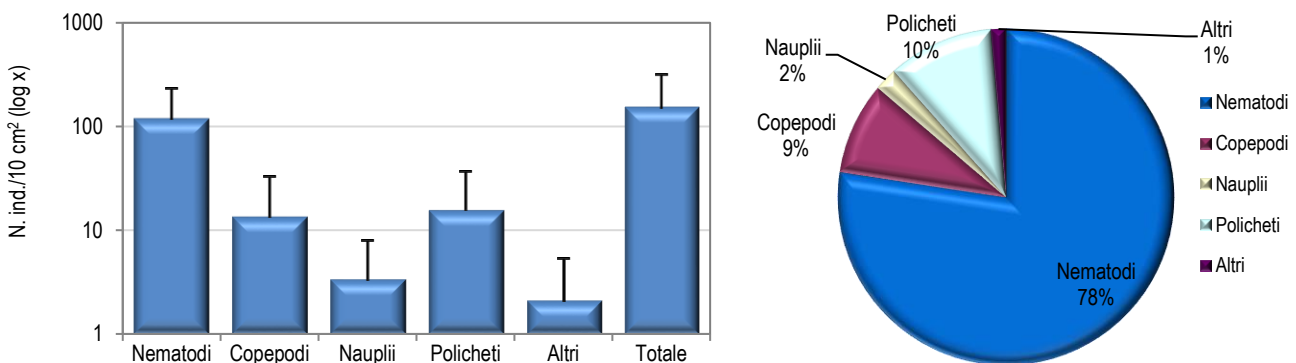


Figura 41 - Stazione E22 MG10. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il sedimento della stazione E22 MG11 è caratterizzato da sabbia fine con silt e detrito grossolano. Le analisi faunistiche hanno portato al rinvenimento di una biocenosi meiobentonica costituita da nove gruppi meiobentonici, per una densità media complessiva pari a $196,2 \pm 43,1$ ind./10 cm². I Nematodi risultano dominanti, rappresentando il 77,0% del popolamento, con una densità pari a $151,2 \pm 39,8$ ind./10 cm² (**Tabella 66**). Sono seguiti da Copepodi ($22,3 \pm 10,0$ ind./10 cm²; 11,4%), Nauplii ($12,2 \pm 11,2$ ind./10 cm²; 6,2%) e Policheti ($7,2 \pm 5,4$ ind./10 cm²; 3,6%). I rimanenti cinque taxa, raggruppati nella categoria "Altri", rappresentano l'1,7% della biocenosi (densità: $3,4 \pm 3,1$ ind./10 cm²). Nessuno di questi supera l'1% della biocenosi totale. Si segnala il rinvenimento in questo sito di larve di Priapulidi (**Tabella 66**; **Figura 42**). In questa stazione il valore dell'indice di ricchezza di Margalef risulta superiore alla media riscontrata per l'intera area, mentre la diversità di Shannon-Wiener e l'equitabilità di Pielou sono pari ad essa (**Tabella 67**).

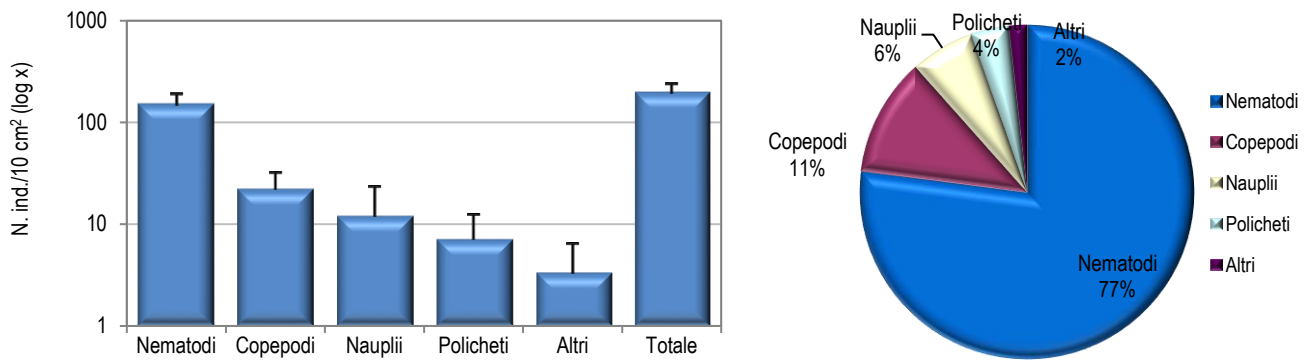


Figura 42 - Stazione E22 MG11. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

La stazione E22 MG12 è caratterizzata da un sedimento sabbioso fine con silt, detrito grossolano e vegetale. La comunità meiobentonica presenta otto major taxa, per un'abbondanza media complessiva pari a 223,6 \pm 116,3 ind./10 cm², la più elevata registrata nell'area di studio. I Nematodi costituiscono il taxon dominante, con una densità media di 186,1 \pm 111,1 ind./10 cm², pari all'83,2% del popolamento complessivo. Seguono Copepodi (16,8 \pm 7,9 ind./10 cm²; 7,5%), Policheti (10,1 \pm 0,1 ind./10 cm²; 4,5%) e Nauplii (6,7 \pm 5,3 ind./10 cm²; 3,0%). I restanti quattro taxa rappresentano l'1,7% della biocenosi (densità: 3,8 \pm 3,2 ind./10 cm²). Tra questi solo gli Ostracodi superano l'1% del totale (**Tabella 66; Figura 43**). Il valore dell'indice di ricchezza di Margalef corrisponde alla media riscontrata per l'intera area, mentre la diversità di Shannon-Wiener e l'equitabilità di Pielou sono inferiori ad essa (**Tabella 67**).

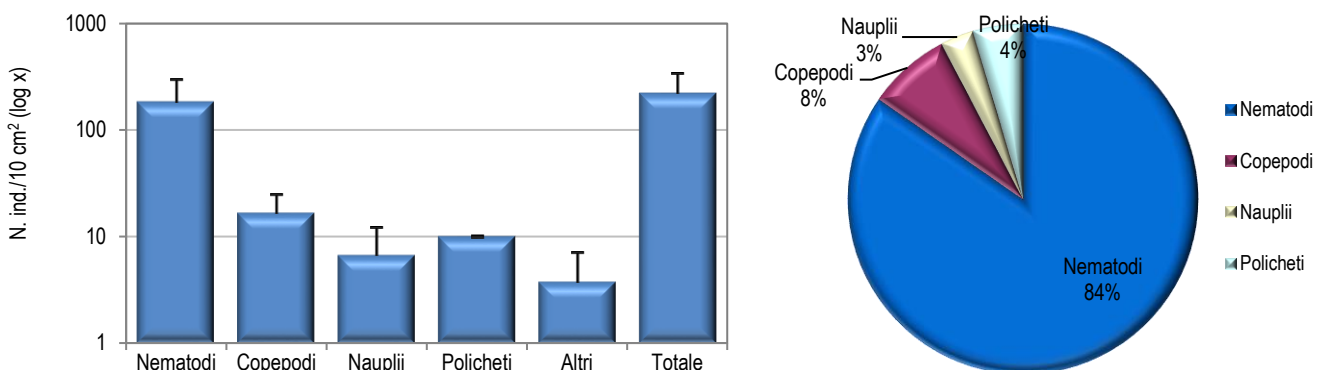


Figura 43 - Stazione E22 MG12. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il sedimento della stazione E22 MG13 è costituito da sabbia fine mista a silt e detrito vegetale. Le analisi faunistiche hanno rilevato i rappresentanti di ben undici taxa meiobentonici, per una densità complessiva pari a 184,5 \pm 70,5 ind./10 cm² (**Tabella 66**). I Nematodi risultano dominanti, con una densità pari a 141,5 \pm 46,3 ind./10 cm², corrispondente al 76,7% del popolamento. Sono seguiti da Copepodi (20,6 \pm 13,8 ind./10 cm²; 11,2%), Policheti (10,1 \pm 5,7 ind./10 cm²; 5,5%) e Nauplii (7,2 \pm 5,2 ind./10 cm²; 3,9%). I restanti sette taxa rappresentano nel complesso il 2,7% della biocenosi (5,1 \pm 3,4 ind./10 cm²). Nessuno di questi raggiunge l'1% del popolamento totale (**Tabella 66; Figura 44**). I valori degli indici di ricchezza di Margalef e di diversità di Shannon-Wiener risultano superiori alla media calcolata per l'area, mentre l'equitabilità di Pielou corrisponde ad essa (**Tabella 67**).

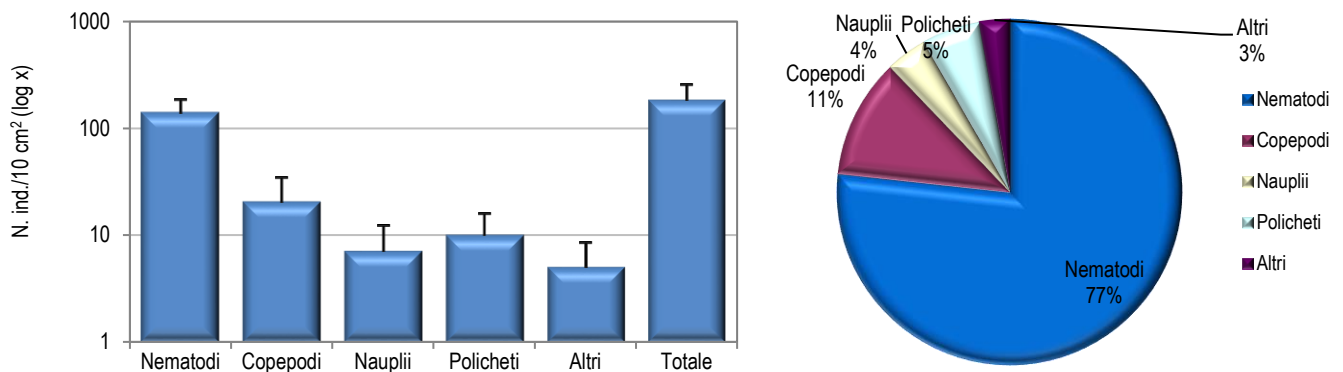


Figura 44 - Stazione E22 MG13. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

La stazione E22 MG14 presenta un sedimento sabbioso fine con silt, detrito grossolano e vegetale. La comunità meiobentonica è costituita da sei taxa principali, per una densità pari a $137,7 \pm 144,2$ ind./10 cm² (**Tabella 66**). I Nematodi sono il taxon dominante, raggiungendo l'82,6% della biocenosi (densità: $113,7 \pm 114,2$ ind./10 cm²). Seguono, nell'ordine, Copepodi ($8,4 \pm 13,7$ ind./10 cm²; 6,1%), Nauplii ($6,7 \pm 8,1$ ind./10 cm²; 4,9%) e Policheti ($6,3 \pm 8,2$ ind./10 cm²; 4,6%). I restanti due taxa, Chinorinchi e Tanaidacei, rappresentano l'1,8% del popolamento totale (densità: $2,5 \pm 3,2$ ind./10 cm²); solo i Tanaidacei superano l'1% del totale (**Tabella 66**; **Figura 45**). In questo sito i valori degli indici di ricchezza di Margalef e di diversità di Shannon-Wiener risultano inferiori alla media calcolata per l'area, mentre l'equitabilità di Pielou corrisponde ad essa (Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.).

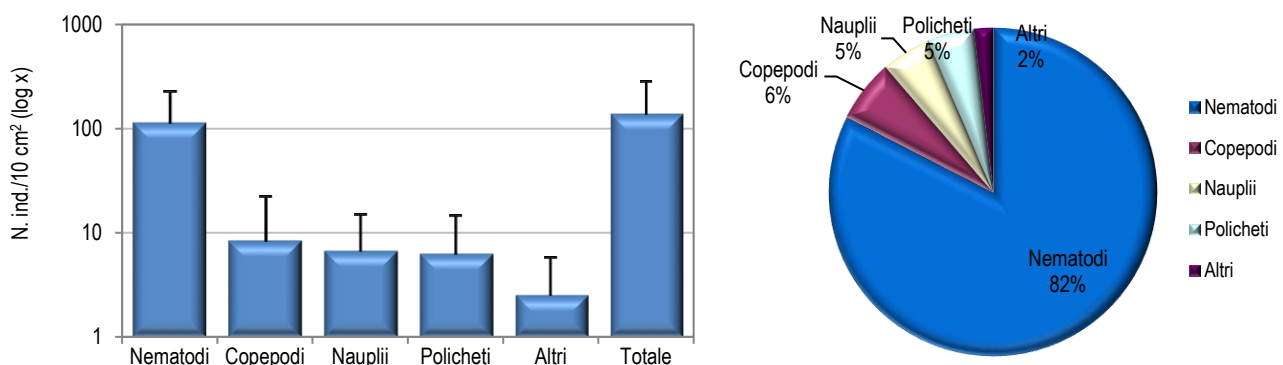


Figura 45 - Stazione E22 MG14. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Dati complessivi

Nell'area indagata sono stati rinvenuti complessivamente organismi appartenenti a diciotto gruppi tassonomici. Nematodi, Copepodi e Policheti sono risultati presenti in tutte e 12 le stazioni investigate; i Nauplii costituiscono il quarto gruppo per frequenza essendo risultati assenti solamente nei siti E22 MG4 e E22 MG8. Dei rimanenti taxa, alcuni come Caudofoveati, Bivalvi, Chinorinchi, Ostracodi, Anfipodi e Tanaidacei sono stati rinvenuti con una frequenza medio-alta (presenza in quattro-otto siti), mentre altri quali Turbellari, Oligocheti, Gasteropodi, Nemertini, Priapulidi, Cumacei, Acari e Ciliati risultano presenti solamente in uno-due 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 $132,9 \pm 103,7$ ind./10 cm². Dominano i Nematodi, con una densità media di $104,4 \pm 81,3$ ind./10 cm², pari al 78,6% del popolamento complessivo. Seguono i Copepodi ($13,1 \pm 15,3$ ind./10 cm²; 9,8%), i Policheti ($8,6 \pm 7,8$ ind./10 cm²; 6,5%) e, infine, i Nauplii ($4,2 \pm 5,9$ ind./10 cm²; 3,2%). I quattordici taxa meno abbondanti costituiscono il 2,0% della comunità ("Altri": $2,6 \pm 3,0$ ind./10 cm²); nessuno di essi supera l'1% dell'intera biocenosi (**Tabella 68**).

L'analisi della varianza (ANOVA) condotta per verificare la significatività delle eventuali differenze nei valori medi delle abbondanze riscontrate nelle 12 stazioni ha evidenziato due sole differenze statisticamente significative imputabili all'assenza dei Nauplii nelle stazioni E22 MG4 e E22 MG8.

Tabella 67 - 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	8	84,2	1,6	0,8	0,4
MG2	7	69,5	1,4	0,9	0,5
MG4	5	54,7	1,0	0,5	0,3
MG6	8	170,6	1,4	0,7	0,3
MG7	8	136,0	1,4	0,9	0,4
MG8	3	39,6	0,5	0,7	0,6
MG9	9	145,7	1,6	0,9	0,4
MG10	8	152,9	1,4	0,8	0,4
MG11	9	196,2	1,5	0,8	0,4
MG12	8	223,6	1,3	0,7	0,3
MG13	11	184,5	1,9	0,9	0,4
MG14	6	137,7	1,0	0,7	0,4
Media	7,5	132,9	1,3	0,8	0,4

I parametri strutturali calcolati per ciascuna delle 12 stazioni investigate sono riportati in Errore. L'origine riferimento non è stata trovata. Numero di gruppi tassonomici (S) e densità media (N) variano nelle stazioni investigate, da 3 a 11 gruppi il primo, e da 39,6 a 223,6 ind./10 cm² la seconda. Il sito E22 MG8 presenta il numero più basso di taxa, mentre E22 MG13 esibisce il valore più elevato. Il sito E22 MG8 presenta anche le densità più basse, mentre i massimi valori di abbondanza sono registrati nella stazione E22 MG12. Anche gli indici di ricchezza di Margalef (d), diversità di Shannon-Wiener (H') ed equitabilità di Pielou (J') variano nei siti indagati. La ricchezza di Margalef (d) varia da un minimo di 0,5 nella stazione E22 MG8 a un massimo di 1,9 in E22 MG13. La diversità di Shannon-Wiener (H') presenta un valore minimo nel sito E22 MG4 (0,5) e massimo in E22 MG2, E22 MG7, E22 MG9 e E22 MG13 (0,9). Infine, l'indice di equitabilità di Pielou (J') varia da un minimo di 0,3 in E22 MG4, E22 MG6 e E22 MG12 a un massimo di 0,6 in E22 MG8 (**Tabella 67**). 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 collocazione geografica, in particolare rispetto al terminale.

Le analisi multivariate hanno evidenziato una similarità faunistica intermedia tra i siti investigati. Il dendrogramma scaturito dalla Cluster Analysis, tecnica che raggruppa i campioni in gruppi gerarchici sulla base della matrice di similarità (Bray-Curtis), evidenzia una prima dicotomia a un valore di similarità faunistica tra le stazioni pari a circa 66% (**Figura 46**). In corrispondenza di questo valore, due stazioni, E22 MG4 e E22 MG8, risultano separate dalle restanti dieci. La diversità tassonomica e le densità registrate in questi siti appaiono più basse rispetto a quelle rilevate altrove (**Tabella 67**). Le restanti dieci stazioni sono suddivise in due cluster, in uno dei quali vengono raggruppati i siti E22 MG1 e E22 MG2, che presentano densità faunistiche più basse rispetto a quelle rilevate nelle rimanenti otto stazioni.

Quanto appena descritto è riflesso anche nel piano di ordinamento bidimensionale ottenuto mediante l'analisi nMDS, riportato in **Figura 46**. Analogamente a quanto evidenziato tramite la Cluster Analysis, l'ordinamento dei punti-stazione nel piano prescinde dalla loro collocazione geografica e dalla distanza relativa rispetto al rigassificatore. Nel piano di ordinamento del nMDS i siti E22 MG4 e E22 MG8 risultano separati dagli altri nella parte destra del grafico. Inoltre la stazione E22 MG2 risulta separata dalle restanti nella parte in alto del piano di ordinamento. 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 effetti del rigassificatore sulla comunità meiobentonica dell'area investigata.

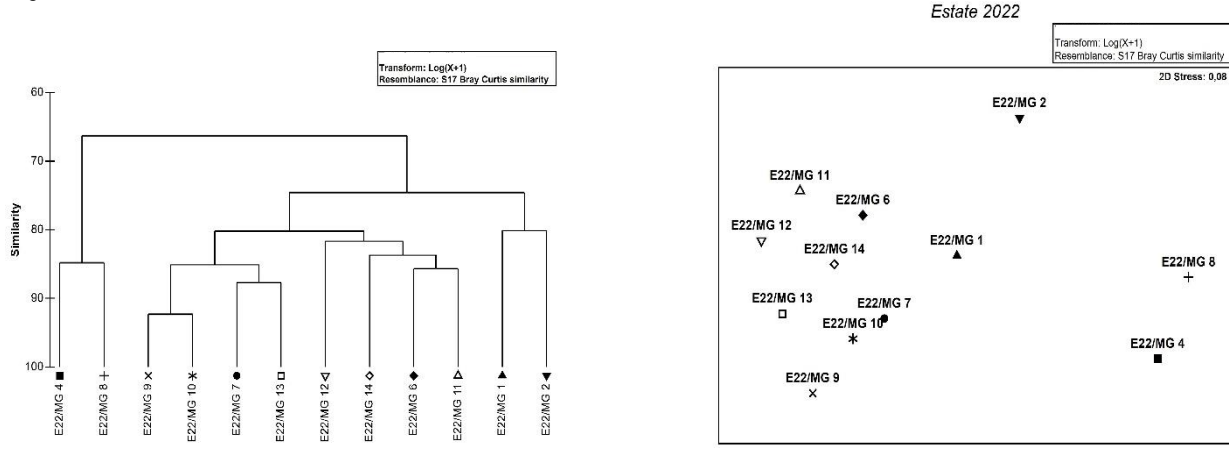


Figura 46 - A sinistra: dendrogramma per il raggruppamento gerarchico delle stazioni basato sul valore delle abbondanze medie dei taxa principali e similarità di Bray-Curtis, previa trasformazione logaritmica dei dati. A destra: piano di ordinamento ottenuto dal non-metric Multi Dimensional Scaling (nMDS), basato sul valore delle abbondanze medie dei taxa principali e similarità di Bray-Curtis, previa trasformazione logaritmica dei dati.

Tabella 68 - 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\pmDS	%	Taxon	Media\pmDS	%
Nematodi	104,4 \pm 81,3	78,6	Bivalvi	0,3 \pm 0,8	0,2
Copepodi	13,1 \pm 15,3	9,8	Caudofoveati	0,2 \pm 0,5	0,1
Nauplii	4,2 \pm 5,9	3,2	Nemertini	0,1 \pm 0,2	<0,1
Policheti	8,6 \pm 7,8	6,5	Acari	0,1 \pm 0,5	0,1
Chinorinchi	0,4 \pm 1,0	0,3	Tanaidacei	0,4 \pm 0,9	0,3
Turbellari	0,1 \pm 0,2	<0,1	Cumacei	0,1 \pm 0,2	<0,1
Ostracodi	0,6 \pm 1,4	0,5	Priapulidi	0,1 \pm 0,3	0,1
Anfipodi	0,3 \pm 0,7	0,2	Ciliati	0,1 \pm 0,2	<0,1
Idrozoi	0,1 \pm 0,2	<0,1	Altri (Σ Chino-Cili)	2,6 \pm 3,0	2,0
Isopodi	0,1 \pm 0,2	<0,1			
Meiofauna totale	132,9 \pm 103,7	-			

2.3.3 Bioaccumulo

Metalli

I risultati ottenuti nell'estate 2022 dalla ricerca dei metalli in *M. galloprovincialis* sono.

Le concentrazioni dei metalli ricercati in *M. galloprovincialis*, riportati nella **Tabella 69**, sono generalmente paragonabili o inferiori a quelle dei mitili al tempo "0" e al bianco.

Tabella 69 - Concentrazione dei metalli nei mitili. Dati relativi alla campagna E22 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	14,66	2,93	15,34	3,07	12,89	2,58	13,11	2,62	14,22	2,84	12,18	2,44
Bario	< 1		< 1		< 1		< 1		< 1		< 1	
Cadmio	0,35	0,07	0,50	0,10	0,45	0,09	0,49	0,10	0,56	0,11	0,53	0,11
Cromo totale	< 1		< 1		< 1		< 1		< 1		< 1	
Ferro	126,81	25,36	68,81	13,76	73,15	14,63	69,08	13,82	89,33	17,87	60,54	12,11
Manganese	8,65	1,73	< 5		< 5		< 5		< 5		< 5	
Mercurio	0,14	0,025	0,16	0,028	0,13	0,024	0,14	0,024	0,14	0,024	0,14	0,024
Nichel	1,13	0,23	1,13	0,23	1,02	0,20	1,29	0,26	1,42	0,28	1,25	0,25
Piombo	1,81	0,36	2,43	0,49	2,59	0,52	2,38	0,48	2,58	0,52	1,39	0,28
Rame	5,03	1,01	3,69	0,74	3,70	0,74	3,858	0,77	4,28	0,86	3,61	0,72
Vanadio	1,41	0,28	1,20	0,24	1,17	0,23	1,11	0,22	1,36	0,27	1,13	0,23
Zinco	162,03	32,41	143,34	28,67	158,45	31,69	174,41	34,88	175,51	35,10	146,28	29,26

Idrocarburi totali

Nella **Tabella 70** 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 sono confrontabili sia col tempo zero. Questi composti non sono stati rilevati nel sito di controllo in Gorgona.

Tabella 70 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna E22, sono espressi in mg/kg.

	Tempo zero	Stazione A Pos. 1	Stazione B Pos. 2	Stazione C Pos. 3	Stazione D Pos. 4	Stazione E (Bianco Gorgona)
Idrocarburi C<10 (µg/kg)	< 500	< 500	< 500	< 500	< 500	< 500
Idrocarburi C10-C40 (mg/kg)	7,20	7,74	8,19	6,17	5,85	< 5,0

IPA e composti organo stannici

I risultati della ricerca di IPA ed organo stannici mostrano assenza di fenomeni di bioaccumulo ad eccezione del Acenaftilene e del Naftalene che presenta un leggero accumulo nella stazione B non imputabile all' FSRU dal momento che compare anche nel controllo in Gorgona (bianco), **Tabella 71**.

Tabella 71 - Concentrazione degli IPA e dei composti organostannici presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna E22, 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	0,003	0,020	0,003	0,002	0,017
Acenaftilene	0,008	0,028	0,161	0,038	0,030	0,198
Antracene	0,007	0,012	0,062	0,010	0,007	0,044
Benzo (a) antracene	< 0,001	< 0,001	0,002	< 0,001	< 0,001	0,002
Benzo (a) pirene	< 0,001	< 0,001	0,001	< 0,001	< 0,001	0,001
Benzo (b) fluorantene	< 0,001	< 0,001	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Benzo (g,h,i) perilene	< 0,001	< 0,001	0,000	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Benzo (k) fluorantene	< 0,001	< 0,001	0,002	< 0,001	< 0,001	0,002
Crisene	< 0,001	< 0,001	0,003	< 0,001	< 0,001	0,002

Tabella 71 - Concentrazione degli IPA e dei composti organostannici presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna E22, 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)
Dibenzo (a,h) antracene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Fenantrene	0,001	0,002	0,006	0,002	0,002	0,006
Fluorantene	< 0,001	0,001	0,003	0,001	0,001	0,003
Fluorene	0,005	0,016	0,030	0,005	0,007	0,049
Indeno (1,2,3 - c,d) pirene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Naftalene	0,033	0,082	0,255	0,067	0,068	0,305
Pirene	< 0,001	< 0,001	0,002	< 0,001	< 0,001	0,002
Dibutilstagno	0.0102	0.00453	0.00317	0.00465	0.00352	< 0.001
Monobutilstagno	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
Tributilstagno	0.0197	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001

Cloroderivati

I risultati della ricerca dei cloroderivati presentano assenza di fenomeni di bioaccumulo nei mitili trapiantati sull'FSRU, **Tabella 72**.

Tabella 72 - Concentrazione degli cloroderivati presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna E22, sono espressi in µg/kg.

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

Analisi microbiologiche

Dall'analisi microbiologica non emerge alcuna contaminazione fecale (**Tabella 73**).

	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)

L'analisi del Neutral Red Retention Time non ha evidenziato 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. Il tempo di ritenzione del colorante, indicatore del livello di stabilità lisosomiale è risultato in ogni stazione maggiore di 118 minuti, mostrando un buono stato di salute degli emociti (**Figura 47**). I mitili del Tempo zero hanno mostrato un tempo di ritenzione ststicamente inferiore del colorante rispetto ai campionamenti del terminale e della stazione di controllo.

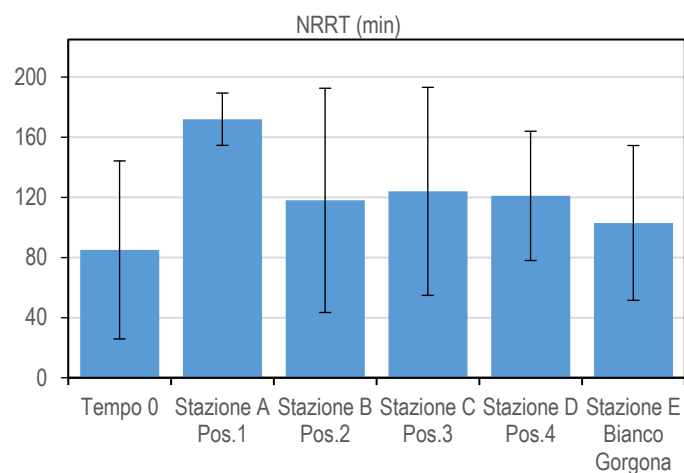


Figura 47 - Valutazione del danno cellulare mediante la misura del tempo di ritenzione del colorante vitale Rosso Neutro (NRRT) nei lisosomi degli emociti di mitilo. Valori alti del tempo di ritenzione corrispondono ad una maggiore integrità.

Comet Assay

I risultati relativi alla valutazione del danno genetico nelle cellule branchiali di mitilo, indice del grado di integrità della molecola di DNA, non hanno mostrato alcun decremento significativo rispetto ai valori del controllo (Stazione E-Gorgona), nelle quattro stazioni di monitoraggio. Questi risultati suggeriscono una assenza di impatto da parte delle attività del Terminale FSRU (**Figura 48**). Valori statisticamente comparabili al controllo sono stati ottenuti anche nei mitili del Tempo zero.

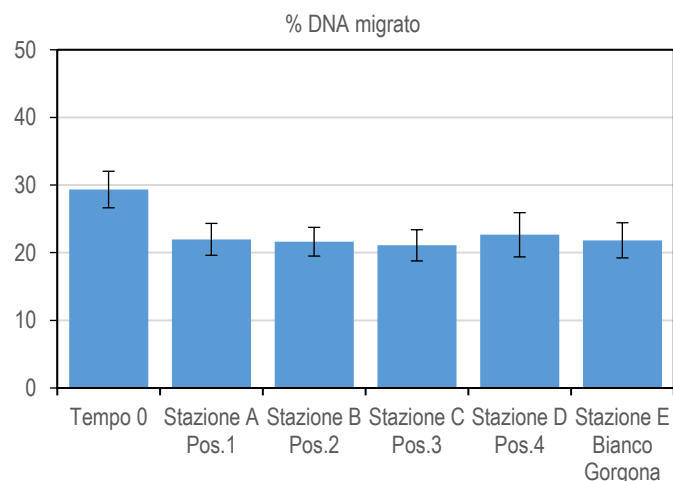


Figura 48 - Valutazione del grado di integrità del DNA mediante Comet assay. Valori elevati della percentuale di DNA migrato corrispondono ad una maggiore entità del danno.

Analisi istologia del tessuto branchiale

L'analisi istologica dell'epitelio branchiale dei mitili trapiantati presso il Terminale FSRU ha mostrato in tutte le stazioni indagate e nei mitili al Tempo zero (Tabella 74, Figura 49) una morfologia comparabile a quelli traslocati nella stazione di controllo.

Tabella 74 - 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	2	1
Stazione A (Pos. 1)	2	1	1	2	1
Stazione B (Pos. 2)	1	1	1	1	1
Stazione C (Pos. 3)	1	1	1	1	1
Stazione D (Pos. 4)	1	1	1	1	1
Stazione E (Bianco Gorgona)	1	1	1	1	1

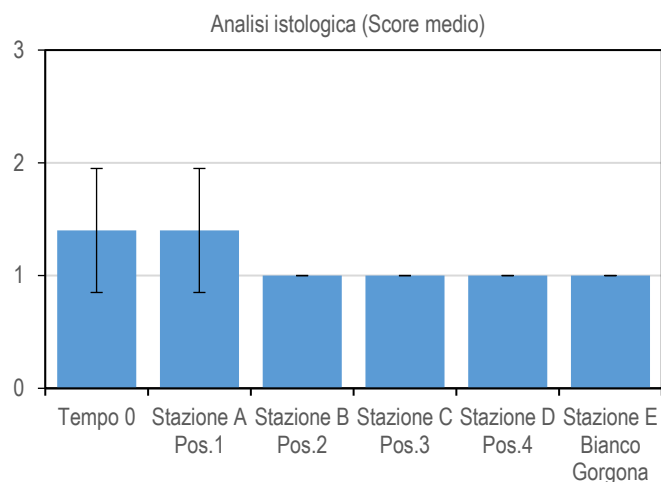


Figura 49 - Analisi istologica delle branchie di mitilo. Il parametro rappresentato nel grafico è il punteggio medio (score) per ciascuna delle stazioni indagate. La scala va da 1 a 5; il punteggio 1 indica una condizione di integrità mentre il punteggio 5 indica una forte compromissione della struttura dei filamenti branchiali.

La campagna estiva 2022 (E-22), relativamente ai risultati dei biomarker indagati, non ha mostrato alterazioni a carico dei mitili trapiantati lungo il Terminale FSRU rispetto a quelli di controllo (Stazione E - Gorgona) e a quelli del Tempo zero, per tutti e tre i biomarker indagati (stabilità lisosomiale, integrità del DNA e valutazione istologica). 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

Nella **Tabella 75** sono indicate le specie catturate durante i campionamenti effettuati con la rete a strascico e con le reti da posta in prossimità del terminale (per lo strascico: stazioni S1, S2, S3, e S4; per le reti da posta: stazioni P1, P2, P3 e P4) e nelle due stazioni di controllo (SC per la rete a strascico; PC per le reti da posta) nel corso della campagna Estate 2022.

In totale sono state catturate 71 specie.

Durante il campionamento effettuato con la rete a strascico sono state catturate 33 specie di Osteitti, 2 di Condroitti, 1 di Crostacei Decapodi e 10 di Molluschi Cefalopodi.

Il campionamento condotto con le reti da posta ha permesso di raccogliere 19 specie di Osteitti, 4 di Condroitti, 2 di Crostacei Decapodi e 3 di Molluschi Cefalopodi.

Tabella 75 - Lista delle specie catturate con la rete a strascico e le reti da posta. Strascico: E22 S1-S4 = stazioni campionate in prossimità del terminale; E22 SC = stazione di controllo. Reti da posta: E22 P1-P4 = stazioni campionate in prossimità del terminale; E22 PC = stazione di controllo.

Osteitti	Strascico		Reti da posta		Condroitti	Strascico		Reti da posta	
	E22 S1-S4	E22 SC	E22 P1-P4	E22 PC		E22 S1-S4	E22 SC	E22 P1-P4	E22 PC
<i>Alosa fallax</i> (Lacépède, 1803)			*		<i>Raja clavata</i> Linnaeus, 1758	*		*	
<i>Argentina sphyraena</i> Linnaeus, 1758	*				<i>Scylliorhinus canicula</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	*	*
<i>Blennius ocellaris</i> Linnaeus, 1758	*	*			Crostacei Decapodi				
<i>Boops boops</i> (Linnaeus, 1758)	*		*		<i>Palinurus elephas</i> (Fabricius, 1787)		*		*
<i>Capros aper</i> (Linnaeus, 1758)	*				<i>Parapenaeus longirostris</i> (H. Lucas, 1846)	*	*	*	*
<i>Cepola macrophthalmia</i> Linnaeus, 1758	*				Molluschi Cefalopodi				
<i>Chelidonichthys cuculus</i> (Linnaeus, 1758)	*				<i>Abralia veranyi</i> (Rüppell, 1844)	*			
<i>Chelidonichthys lucerna</i> (Linnaeus, 1758)	*			*	<i>Eledone cirrhosa</i> (Lamarck, 1798)	*	*		
<i>Citharus linguatula</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	*	*	<i>Illex coindetii</i> (Vérany, 1839)	*	*	*	
<i>Engraulis encrasicolus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	*		<i>Loligo (Alloteuthis) sp.</i>	*	*		
<i>Eutrigla gurnardus</i> (Linnaeus, 1758)	*				<i>Loligo vulgaris</i> Lamarck, 1798	*	*	*	
<i>Helicolenus dactylopterus</i> (Delaroche, 1809)	*				<i>Octopus vulgaris</i> Cuvier, 1797	*			
<i>Lepidorhombus boschii</i> (Risso, 1810)	*	*	*	*	<i>Scaevargus unicolor</i> (Delle Chiaje, 1841)		*		
<i>Lepidotrigla cavillone</i> (Lacépède, 1801)	*	*	*	*	<i>Sepia elegans</i> Blainville, 1827	*	*		
<i>Lophius budegassa</i> Spinola, 1807	*	*	*	*	<i>Sepia officinalis</i> Linnaeus, 1758	*	*		
<i>Macroramphosus scolopax</i> (Linnaeus, 1758)	*	*			<i>Sepia orbignyana</i> Férrusac, 1826	*	*		
<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>Phycis blennoides</i> (Brünnich, 1768)	*				<i>Ascidia mentula</i> O.F. Müller, 1776	*	*		
<i>Sardina pilchardus</i> (Walbaum, 1792)	*	*			<i>Astropecten irregularis pentacanthus</i> (Delle Chiaje, 1825)	*			*
<i>Scomber scombrus</i> Linnaeus, 1758	*	*	*		<i>Cidaris cidaris</i> (Linnaeus, 1758)			*	
<i>Scorpaena notata</i> Rafinesque, 1810	*				<i>Cymatium (Monoplex) c. corrugatum</i> (Lamarck, 1816)			*	
<i>Scorpaena scrofa</i> Linnaeus, 1758	*		*		<i>Echinus melo</i> Lamarck, 1816	*			
<i>Serranus cabrilla</i> (Linnaeus, 1758)	*				<i>Funiculina quadrangularis</i> (Pallas, 1776)	*		*	
<i>Serranus hepatus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*			Holothuroidea indet.			*	
<i>Spicara flexuosa</i> Rafinesque, 1810	*	*	*		<i>Leptometra phalangium</i> (J. Müller, 1841)	*	*		
<i>Spicara smaris</i> (Linnaeus, 1758)	*				<i>Luidia ciliaris</i> (Philippi, 1837)	*			
<i>Thunnus thynnus</i> (Linnaeus, 1758)	*			*	Nudibranchia indet.	*			
<i>Trachinus draco</i> Linnaeus, 1758	*				Ophiuroidea indet.	*			

Tabella 75 - Lista delle specie catturate con la rete a strascico e le reti da posta. Strascico: E22 S1-S4 = stazioni campionate in prossimità del terminale; E22 SC = stazione di controllo. Reti da posta: E22 P1-P4 = stazioni campionate in prossimità del terminale; E22 PC = stazione di controllo.

Osteitti	Strascico		Reti da posta		Condroitti	Strascico		Reti da posta	
	E22 S1-S4	E22 SC	E22 P1-P4	E22 PC		E22 S1-S4	E22 SC	E22 P1-P4	E22 PC
<i>Trachurus m. mediterraneus</i> (Steindachner, 1868)	*				<i>Pelagia noctiluca</i> (Forsskål, 1775)	*			
<i>Trachurus trachurus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*			<i>Pennatula phosphorea</i> Linnaeus, 1758	*			
<i>Trigla lyra</i> Linnaeus, 1758			*		<i>Pennatula rubra</i> (Ellis, 1764)	*			
<i>Trisopterus capelanus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	*	*	<i>Phallusia mammillata</i> (Cuvier, 1815)	*			
<i>Uranoscopus scaber</i> Linnaeus, 1758	*	*	*		<i>Rizostoma pulmo</i> (Macri, 1778)	*			
<i>Zeus faber</i> Linnaeus, 1758	*	*			<i>Squilla mantis</i> (Linnaeus, 1758)			*	*
Condroitti					<i>Stichopus regalis</i> (Cuvier, 1817)	*	*	*	
<i>Oxynotus centrina</i> (Linnaeus, 1758)				*	<i>Tethyaster subinermis</i> (Philippi, 1837)	*			
<i>Raja asterias</i> Delaroche, 1809			*	*					

Indici di densità e biomassa per gruppi tassonomici

Nella **Figura 50** è riportata la composizione percentuale delle catture, espressa con indici di densità e biomassa, dei principali gruppi tassonomici campionati con le reti da posta.

I Condroitti risultano il Taxon più rappresentativo, con indici molto alti sia nelle stazioni in prossimità del terminale (E22 P1-P4) che nella stazione di controllo (E22 PC). In particolare questo Taxon rappresenta il 71% della densità media delle stazioni E22 P1-P4 ed il 60% della stazione di controllo E22 PC. Per quanto riguarda la biomassa media, i Condroitti contribuiscono con il 90% nelle stazioni E22 P1-P4 e con 79% nella stazione E22 PC.

L'indice di densità degli Osteitti rappresenta il 17% nelle stazioni E22 P1-P4 ed il 22% nella stazione di controllo E22 PC. Per quanto riguarda la biomassa questo Taxon rappresenta l'8% nelle stazioni in prossimità del terminale (E22 P1-P4) e il 18% nella stazione di controllo (E22 PC).

I Crostacei Decapodi sono stati campionati solamente nelle stazioni in prossimità del terminale mostrando indici molto bassi (1% per l'indice di densità media e 0,75% per l'indice di biomassa media).

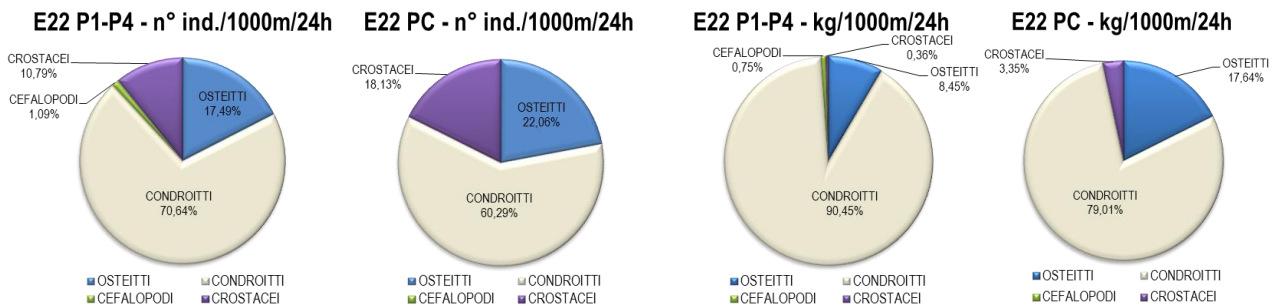


Figura 50 - Reti da posta: composizione percentuale delle catture, espressa come n° individui/1000m/24h e kg/1000m/24h, dei principali gruppi tassonomici campionati nelle stazioni E22 P1-P4 e E22 PC.

Nella **Figura 51** è riportata la composizione in percentuale delle catture dei principali gruppi tassonomici campionati con la rete a strascico. Gli Osteitti rappresentano il 67% della densità registrata nelle stazioni in prossimità del terminale (E22 S1-S4) e l'89% della densità della stazione di controllo (E22 SC). L'indice di biomassa di questo Taxon è pari al 62% per le stazioni E22 S1-S4 e al 76% per la stazione E22 SC.

I Condroitti mostrano, in termini di densità, un contributo pari al 3% nel gruppo di stazioni E22 S1-S4 e allo 0,8% nella stazione E22 SC. Dal punto di vista della biomassa i Condroitti rappresentano il 19% nelle stazioni in prossimità del terminale (E22 S1-S4) ed il 9% nella stazione di controllo (E22 SC).

I Molluschi Cefalopodi rappresentano il 9% ed il 3% della densità nelle stazioni E22 S1-S4 e E22 SC, rispettivamente. Il contributo percentuale dell'indice di biomassa per questo Taxon è pari all'11% per le stazioni poste in prossimità del terminale (E22 S1-S4) ed al 7% per la stazione di controllo (E22 SC).

Per quanto riguarda i Crostacei Decapodi, l'indice di densità è pari al 21% nel gruppo di stazioni E22 S1-S4 e al 7% nella stazione E22 SC. L'indice di biomassa si attesta invece sull'8% sia per le stazioni in prossimità del terminale che per la stazione di controllo.

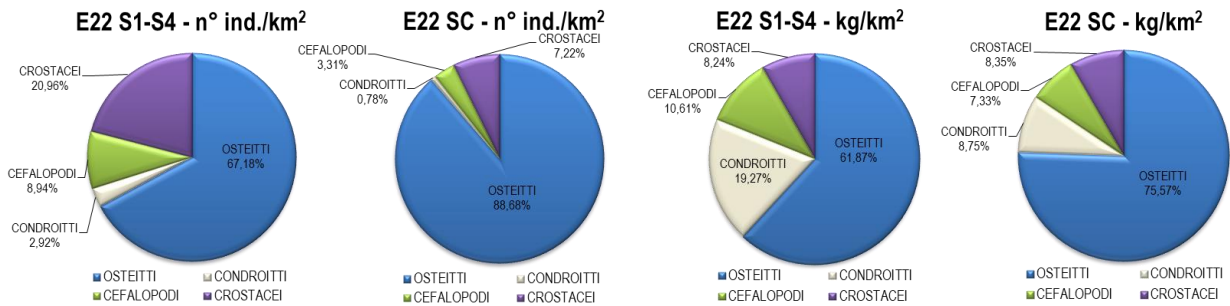


Figura 51 - Rete a strascico: composizione percentuale delle catture, espressa come n° individui/km² e kg/km², dei principali gruppi tassonomici campionati nelle stazioni E22 S1-S4 e E22 SC.

Reti da posta - Indici di densità e biomassa per specie

Nella **Tabella 76** sono riportati gli indici di densità in n° individui/1000m/24h (di seguito n° ind./1000m/24h) e di biomassa in kg/1000m/24h per le specie catturate con le reti da posta. 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. La specie più abbondante in assoluto è il gattuccio, *Scyliorhinus canicula*, con valori in densità di 85 ind./1000m/24h nel gruppo di stazioni E22 P1-P4 e di 59 ind./1000m/24h nella stazione E22 PC. L'indice di biomassa per il gattuccio è pari a 17,7 kg/1000m/24h per le stazioni poste in prossimità del terminale (E22 P1-P4) e a 14,2 kg/1000m/24h per la stazione di controllo (E22 PC). Le specie del gruppo degli Osteitti hanno mostrato indici di densità e biomassa molto bassi. La specie con gli indici di densità e biomassa più elevati è la linguattola, *Citharus linguatula*, con valori di 8 ind./1000m/24h e 0,4 kg/1000m/24h rispettivamente per il gruppo di stazioni E22 P1-P4 e di 9 ind./1000m/24h e 0,5 kg/1000m/24h per la stazione E22 PC. Tra le uniche due specie di Crostacei Decapodi catturate la più abbondante è il gambero bianco, *Parapenaeus longirostris*, con un indice di densità pari a 15 ind./1000m/24h e a 17 ind./1000m/24h rispettivamente nel gruppo di stazioni E22 P1-P4 e nella stazione E22 PC, e un indice di biomassa di 0,2 kg/1000m/24h sia per le stazioni in prossimità del terminale che per la stazione di controllo.

Tabella 76 - 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 E22 P1-P4 e nella stazione di controllo E22 PC. * = DS<0.05.

	E22 P1-P4		E22 PC	
	n° ind./1000m/24h	kg/1000m/24h	n° ind./1000m/24h	kg/1000m/24h
OSTEITTI				
<i>Alosa fallax</i>	0,4 \pm 1,3	0,27 \pm 0,9		
<i>Boops boops</i>	0,4 \pm 1,3	0,02 \pm 0,1		
<i>Chelydonichthys lucerna</i>			1,5	0,19
<i>Citharus linguatula</i>	8,2 \pm 7,7	0,42 \pm 0,4	9,1	0,45
<i>Engraulis encrasicolus</i>	0,4 \pm 1,3	<0,01*		
<i>Lepidorhombus boscii</i>	2,6 \pm 7,3	0,27 \pm 0,8	1,5	0,08
<i>Lepidotrigla cavillone</i>	0,8 \pm 1,5	0,01*	1,5	0,02
<i>Lophius budegassa</i>	1,8 \pm 2,5	1,31 \pm 2,4	1,5	2,35
<i>Merluccius merluccius</i>	2,2 \pm 2,6	0,46 \pm 1,0	1,5	0,12
<i>Mullus barbatus</i>	0,4 \pm 1,3	0,02 \pm 0,1		
<i>Pagellus bogaraveo</i>	2,2 \pm 6,1	0,08 \pm 0,2		
<i>Pagellus erythrinus</i>			1,5	0,11
<i>Scomber scombrus</i>	1,1 \pm 3,8	0,16 \pm 0,6		
<i>Scorpaena scrofa</i>	0,4 \pm 1,3	0,29 \pm 1,0		
<i>Spicara flexuosa</i>	1,1 \pm 3,6	0,06 \pm 0,2		
<i>Thunnus thynnus</i>			1,5	0,86
<i>Trigla lyra</i>	0,4 \pm 1,2	0,02 \pm 0,1		
<i>Trisopterus capelanus</i>	1,1 \pm 2,3	0,04 \pm 0,1	3,0	0,16
<i>Uranoscopus scaber</i>	0,4 \pm 1,3	0,08 \pm 0,3		
CONDROITTI				
<i>Oxynotus centrina</i>			1,5	3,02
<i>Raja asterias</i>	0,4 \pm 1,3	0,43 \pm 1,5	1,5	2,19
<i>Raja clavata</i>	9,3 \pm 16,0	19,58 \pm 32,0		
<i>Scyliorhinus canicula</i>	85,1 \pm 46	17,66 \pm 12,21	58,9	14,19

Tabella 76 - 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 E22 P1-P4 e nella stazione di controllo E22 PC. * = DS<0.05.

	E22 P1-P4		E22 PC	
	n° ind./1000m/24h	kg/1000m/24h	n° ind./1000m/24h	kg/1000m/24h
CEFALOPODI				
<i>Illex coindetii</i>	0,4 \pm 1,3	0,08 \pm 0,3		
<i>Loligo vulgaris</i>	0,4 \pm 1,2	0,04 \pm 0,1		
<i>Todaropsis eblanae</i>	0,8 \pm 1,5	0,19 \pm 0,4		
CROSTACEI DECAPODI				
<i>Palinurus elephas</i>			1,5	0,63
<i>Parapenaeus longirostris</i>	14,5 \pm 18,7	0,15 \pm 0,2	16,6	0,19
ALTRO				
<i>Alcyonium palmatum</i>	0,4 \pm 1,3	0,01*	1,5	0,02
<i>Astropecten irregularis pentacanthus</i>			1,5	0,02
<i>Cidaris cidaris</i>	0,7 \pm 2,5	0,03 \pm 0,1		
<i>Cymatium (Monoplex) c. corrugatum</i>	0,4 \pm 1,3	0,02 \pm 0,1		
<i>Funiculina quadrangularis</i>	0,7 \pm 1,5	<0,01*		
Holothuroidea indet.	0,4 \pm 1,2	0,01*		
<i>Squilla mantis</i>	1,1 \pm 2,6	0,03 \pm 0,1	1,5	0,03
<i>Stichopus regalis</i>	0,7 \pm 1,4	0,09 \pm 0,2		

Reti a strascico - 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. Nelle stazioni in prossimità del terminale (E22 S1-S4) la specie più abbondante in assoluto è il gambero bianco, *P. longirostris*, con un indice di densità di 4934 ind./km² e un indice di biomassa di 51 kg/km². Negli Osteitti la specie più abbondante è il nasello, *Merluccius merluccius*, con un indice di densità di 3869 ind./km² ed un indice di biomassa di 117,4 kg/km². Altre specie particolarmente abbondanti sono l'acciuga, *Engraulis encrasicolus*, con un indice di densità di 2883 ind./km² ed un indice di biomassa di 21 kg/km², il sugarello, *Trachurus trachurus*, con indici di densità e di biomassa di 2362 ind./km² e di 22,4 kg/km² rispettivamente, la triglia di fango, *Mullus barbatus*, (2099 ind./km² e 64,9 kg/km²), il merluzzetto, *Trisopterus capelanus*, (1148 ind./km² e 10,6 kg/km²) e il caviglione, *Lepidotrigla cavillone*, con un indice di densità di 999 ind./km² e un indice di biomassa di 10,8 kg/km². Nei Condroitti la specie più abbondante è il gattuccio *S. canicula* con indici di densità e biomassa di 676 ind./km² e 102,3 kg/km² rispettivamente. Fra i Molluschi Cefalopodi la specie più abbondante nelle stazioni in prossimità del terminale è il totano, *Illex coindetii*, con un indice di densità di 1740 ind./km² e un indice in biomassa di 56,9 kg/km², seguito dal calamaro, *Loligo vulgaris*, con indici di densità e biomassa di 138 ind./km² e 3,9 kg/km² rispettivamente e dal moscardino, *Eledone cirrhosa*, (96 ind./km² e 2,2 kg/km²). Nel gruppo indicato come "Altro" le specie più abbondanti sono l'antozoo *Funiculina quadrangularis*, con un indice di densità di 239 ind./km² e un indice di biomassa di 0,5 kg/km², gli echinodermi *Antedon mediterranea*, con indici di densità e biomassa pari a 168 ind./km² e 0,2 kg/km² rispettivamente, e *Stichopus regalis* (108 ind./km² e 21,5 kg/km²).

Nella stazione di controllo E22 SC la specie più abbondante in assoluto è il sugarello, *T. trachurus*, con un indice di densità di 15788 ind./km² e un indice di biomassa di 101,7 kg/km². Rimanendo nel Taxon degli Osteitti le specie più abbondanti sono l'acciuga, *E. encrasicolus* (9569 ind./km² e 61,7 kg/km²), il nasello *M. merluccius*, con indici di densità e biomassa di 2942 ind./km² e 113,6 kg/km² rispettivamente, la sardina, *Sardina pilchardus*, (1579 ind./km² e 21,8 kg/km²) e la triglia di fango, *M. barbatus*, con un indice di densità di 1507 ind./km² ed un indice di biomassa di 49,6 kg/km². I Condroitti sono rappresentati esclusivamente dal gattuccio *S. canicula*, che presenta un indice di densità di 2823 ind./km² e un indice di biomassa di 29,7 kg/km². Tra i Molluschi Cefalopodi le specie più abbondanti sono il totano, *I. coindetii*, con un indice di densità di 933 ind./km² e un indice di biomassa di 39,8 kg/km² ed il calamaro, *L. vulgaris*, con indici di densità e biomassa di 144 ind./km² e 3,3 kg/km² rispettivamente. Nella stazione E22 SC il gruppo "Altro" è rappresentato da solo 4 specie di cui la più abbondante è l'antozoo *Alcyonium palmatum* con un indice di densità di 287 ind./km² e un indice di biomassa di 7,2 kg/km².

Tabella 77 - Rete a strascico: indici di densità e biomassa (\pm DS), espressi in n° individui/km² e kg/km², stimati per le specie catturate nelle stazioni E22 S1-S4 e nella stazione di controllo E22 SC. * = DS<0,05.

	E22 S1-S4		E22 SC	
	n° ind./km ²	kg/km ²	n° ind./km ²	kg/km ²
OSTEITTI				
<i>Argentina sphyraena</i>	41,9 \pm 91,9	0,42 \pm 1,0		
<i>Blennius ocellaris</i>	6,0 \pm 20,7	0,08 \pm 0,3		
<i>Boops boops</i>	125,6 \pm 247,2	6,39 \pm 14,6	95,7	3,71
<i>Cepola macrophthalmia</i>	23,9 \pm 33,8	0,32 \pm 0,5		

Tabella 77- Rete a strascico: indici di densità e biomassa (\pm DS), espressi in n° individui/km² e kg/km², stimati per le specie catturate nelle stazioni E22 S1-S4 e nella stazione di controllo E22 SC. * = DS<0,05.

	E22 S1-S4		E22 SC	
	n° ind./km ²	kg/km ²	n° ind./km ²	kg/km ²
<i>Chelydonichthys cuculus</i>	12,0 \pm 41,4	0,77 \pm 2,7		
<i>Chelydonichthys lucerna</i>	59,8 \pm 98,6	1,09 \pm 2,2		
<i>Citharus linguatula</i>	6,0 \pm 20,7	0,16 \pm 0,5	95,7	3,59
<i>Capros aper</i>	23,9 \pm 33,8	0,10 \pm 0,1		
<i>Engraulis encrasicolus</i>	2882,5 \pm 5007,5	21,02 \pm 36,8	9568,6	61,72
<i>Eutrigla gurnardus</i>	6,0 \pm 20,7	0,57 \pm 2,0		
<i>Helicolenus dactylopterus</i>	6,0 \pm 20,7	0,59 \pm 2,0		
<i>Lepidorhombus boscii</i>	185,4 \pm 91,9	7,60 \pm 4,8	119,6	5,65
<i>Lepidotrigla cavillone</i>	998,7 \pm 1202,9	10,77 \pm 12,4	1291,8	13,40
<i>Lophius budegassa</i>	83,7 \pm 71,8	67,12 \pm 85,0	95,7	65,28
<i>Macroramphosus scolopax</i>	544,2 \pm 1410,1	2,92 \pm 7,3	47,8	0,45
<i>Merluccius merluccius</i>	3869,3 \pm 1262,4	117,44 \pm 62,4	2942,3	113,58
<i>Mullus barbatus</i>	2099,1 \pm 1258,7	64,85 \pm 24,7	1507,1	49,59
<i>Pagellus bogaraveo</i>	65,8 \pm 132,7	2,20 \pm 4,5	71,8	2,37
<i>Pagellus erythrinus</i>	388,7 \pm 666,7	23,72 \pm 40,0	334,9	18,71
<i>Phycis blennoides</i>	17,9 \pm 39,7	1,25 \pm 3,5		
<i>Sardina pilchardus</i>	12,0 \pm 41,4	0,22 \pm 0,7	1578,8	21,84
<i>Scomber scombrus</i>	29,9 \pm 62,1	0,51 \pm 1,0	47,8	0,53
<i>Scorpaena notata</i>	35,9 \pm 124,3	0,97 \pm 3,4		
<i>Serranus cabrilla</i>	12,0 \pm 41,4	0,57 \pm 2,0		
<i>Serranus hepatus</i>	514,3 \pm 385,0	5,75 \pm 4,0	526,3	5,88
<i>Spicara flexuosa</i>	101,7 \pm 271,4	3,49 \pm 9,5	119,6	2,82
<i>Spicara smaris</i>	23,9 \pm 58,6	0,38 \pm 0,8		
<i>Trachinus draco</i>	6,0 \pm 20,7	0,91 \pm 3,2		
<i>Trachurus mediterraneus</i>	65,8 \pm 201,2	4,08 \pm 12,5		
<i>Trachurus trachurus</i>	2362,3 \pm 5096,5	22,44 \pm 33,5	15788,2	101,67
<i>Trisopterus capelanus</i>	1148,2 \pm 1099,9	10,62 \pm 4,9	909,0	6,20
<i>Uranoscopus scaber</i>	12,0 \pm 23,9	2,19 \pm 4,4	23,9	4,74
<i>Zeus faber</i>	47,8 \pm 47,8	0,87 \pm 1,2	71,8	2,46
CONDROTTI				
<i>Raja clavata</i>	12,0 \pm 23,9	16,77 \pm 33,6		
<i>Scylliorhinus canicula</i>	675,8 \pm 635,0	102,29 \pm 99,8	311,0	56,05
CROSTACEI DECAPODI				
<i>Palinurus elephas</i>			47,8	23,78
<i>Parapenaeus longirostris</i>	4933,8 \pm 6068,6	50,95 \pm 62,8	2822,7	29,71
MOLLUSCHI CEFALOPODI				
<i>Abralia veranyi</i>	6,0 \pm 20,7	0,02 \pm 0,1		
<i>Eledone cirrhosa</i>	95,7 \pm 175,8	2,16 \pm 4,3	47,8	2,22
<i>Illex coindetii</i>	1740,3 \pm 1359,7	56,85 \pm 38,1	932,9	39,81
<i>Loligo (Alloteuthis) spp.</i>	23,9 \pm 82,9	0,10 \pm 0,3	119,6	0,29
<i>Loligo vulgaris</i>	137,5 \pm 291,8	3,91 \pm 6,2	143,5	3,30
<i>Octopus vulgaris</i>	12,0 \pm 23,9	1,00 \pm 2,3		
<i>Scaevurgus unicolor</i>			23,9	0,89
<i>Sepia elegans</i>	47,8 \pm 75,6	0,59 \pm 0,8	23,9	0,24
<i>Sepia officinalis</i>	6,0 \pm 20,7	0,08 \pm 0,3		
<i>Sepia orbignyana</i>	12,0 \pm 23,9	0,39 \pm 0,9	23,9	0,22
<i>Todaropsis eblanae</i>	23,9 \pm 47,8	0,50 \pm 1,0		
ALTRO				
<i>Alcyonium palmatum</i>	65,8 \pm 85,4	2,39 \pm 2,9	287,1	7,18
<i>Antedon mediterranea</i>	167,5 \pm 197,3	0,23 \pm 0,3	95,7	0,10
<i>Ascidia mentula</i>	53,8 \pm 109,0	0,90 \pm 2,0	95,7	1,20
<i>Astropescten irregularis pentacanthus</i>	119,6 \pm 293,0	0,24 \pm 0,6		
<i>Echinus melo</i>	12,0 \pm 41,4	1,20 \pm 4,1		
<i>Funiculina quadrangularis</i>	239,2 \pm 478,4	0,48 \pm 1,0		
<i>Leptometra phalangium</i>		38,93 \pm 78,1		11,96
<i>Luidia ciliaris</i>	6,0 \pm 20,7	1,50 \pm 5,2		

Tabella 77- Rete a strascico: indici di densità e biomassa (\pm DS), espressi in n° individui/km² e kg/km², stimati per le specie catturate nelle stazioni E22 S1-S4 e nella stazione di controllo E22 SC. * = DS<0,05.

	E22 S1-S4		E22 SC	
	n° ind./km ²	kg/km ²	n° ind./km ²	kg/km ²
Nudibranchia indet.	6,0 \pm 20,7	0,06 \pm 0,2		
Ophiuroidea indet.	59,8 \pm 156,9	0,30 \pm 0,8		
<i>Pelagia noctiluca</i>	83,7 \pm 290,0	2,87 \pm 9,9		
<i>Pennatula phosphorea</i>	6,0 \pm 20,7	0,12 \pm 0,4		
<i>Pennatula rubra</i>	6,0 \pm 20,7	0,06 \pm 0,2		
<i>Phallusia mammillata</i>	12,0 \pm 41,4	0,48 \pm 1,7		
<i>Rhizostoma pulmo</i>	6,0 \pm 20,7	11,96 \pm 41,4		
<i>Stichopus regalis</i>	107,6 \pm 79,3	21,53 \pm 15,2	71,8	14,35
<i>Tethyaster subinermis</i>	6,0 \pm 20,7	2,99 \pm 10,4		

Indici di densità e biomassa delle specie più rappresentative

Sia per le reti da posta che per la rete a strascico, sono state scelte alcune specie più rappresentative delle catture totali, da analizzare dal punto di vista degli indici di densità e biomassa e delle distribuzioni di taglia-frequenza durante tutti i campionamenti successivi. Alle specie indagate già a partire dalla fase di bianco sono state aggiunte, per le reti da posta, la razza chiodata, *Raja clavata*, e per la rete a strascico il sugarello, *T. trachurus*, ed il rombo quattrocchi, *Lepidorhombus boscii*, vista la loro particolare abbondanza nelle catture.

Reti da posta

Nella

Figura 52 sono riportati gli indici di densità e biomassa per alcune specie catturate con le reti da posta. I grafici mostrano i valori medi e la deviazione standard degli indici, sia per specie, sia per sito (E22 P1-P4: stazioni in prossimità del terminale; E22 PC: stazione di controllo). Il gattuccio, *S. canicula*, la rana pescatrice, *Lophius budegassa*, e la linguattola, *C. linguatula*, mostrano indici di densità e biomassa abbastanza simili sia per le stazioni in prossimità del terminale (E22 P1-P4) che per la stazione di controllo (E22 PC). La razza stellata, *Raja asterias*, mostra indici più elevati nella stazione E22 PC rispetto al gruppo di stazioni E22 P1-P4. La gallinella, *Chelydonichthys lucerna*, è stata catturata esclusivamente nella stazione E22 PC, mentre la razza chiodata *R. clavata* è stata campionata solo nel gruppo di stazioni E22 P1-P4.

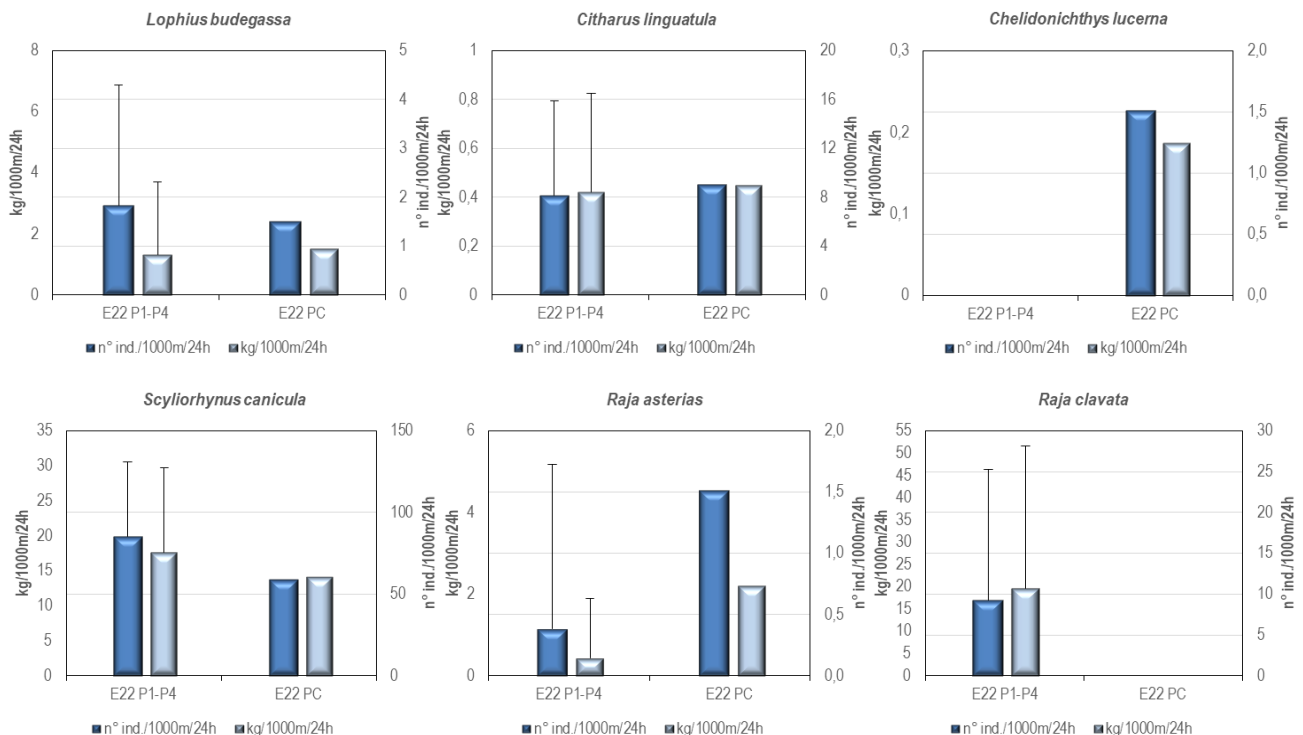


Figura 52 - Reti da posta: indici di densità e biomassa, stimati per le stazioni E22 P1-P4 e per la stazione E22 PC, per specie. Sono riportati i valori medi + la deviazione standard. In blu n° individui/1000m/24h, in azzurro kg/1000m/24h.

Reti a strascico

Nella **Figura 53** sono riportati gli indici di densità e biomassa per alcune specie catturate con la rete a strascico. I grafici mostrano i valori medi e la deviazione standard degli indici, sia per specie, sia per sito (E22 S1-S4: stazioni in prossimità del terminale; E22 SC: stazione di controllo).

Il sacchetto, *Serranus hepatus*, il pagello fragolino, *Pagellus erythrinus*, il nasello *M. merluccius* ed il moscardino *E. cirrhosa* non mostrano sostanziali differenze negli indici di densità e biomassa stimati per il gruppo di stazioni E22 S1-S4 e per la stazione E22 SC. Analizzando gli indici di densità e biomassa della triglia di fango *M. barbatus*, del rombo quattrocchi *L. boscii*, del merluzzetto *T. capelanus*, del gattuccio *S. canicula*, e del gambero bianco, *P. longirostris*, si può osservare come questi indici siano più elevati nelle stazioni poste in prossimità del terminale (E22 S1-S4), mentre nel caso del sugarello *T. trachurus*, gli indici risultano più alti nella stazione E22 SC. Lo scorfanotto, *Scorpaena notata*, è stato campionato solamente nel gruppo di stazioni E22 S1-S4.

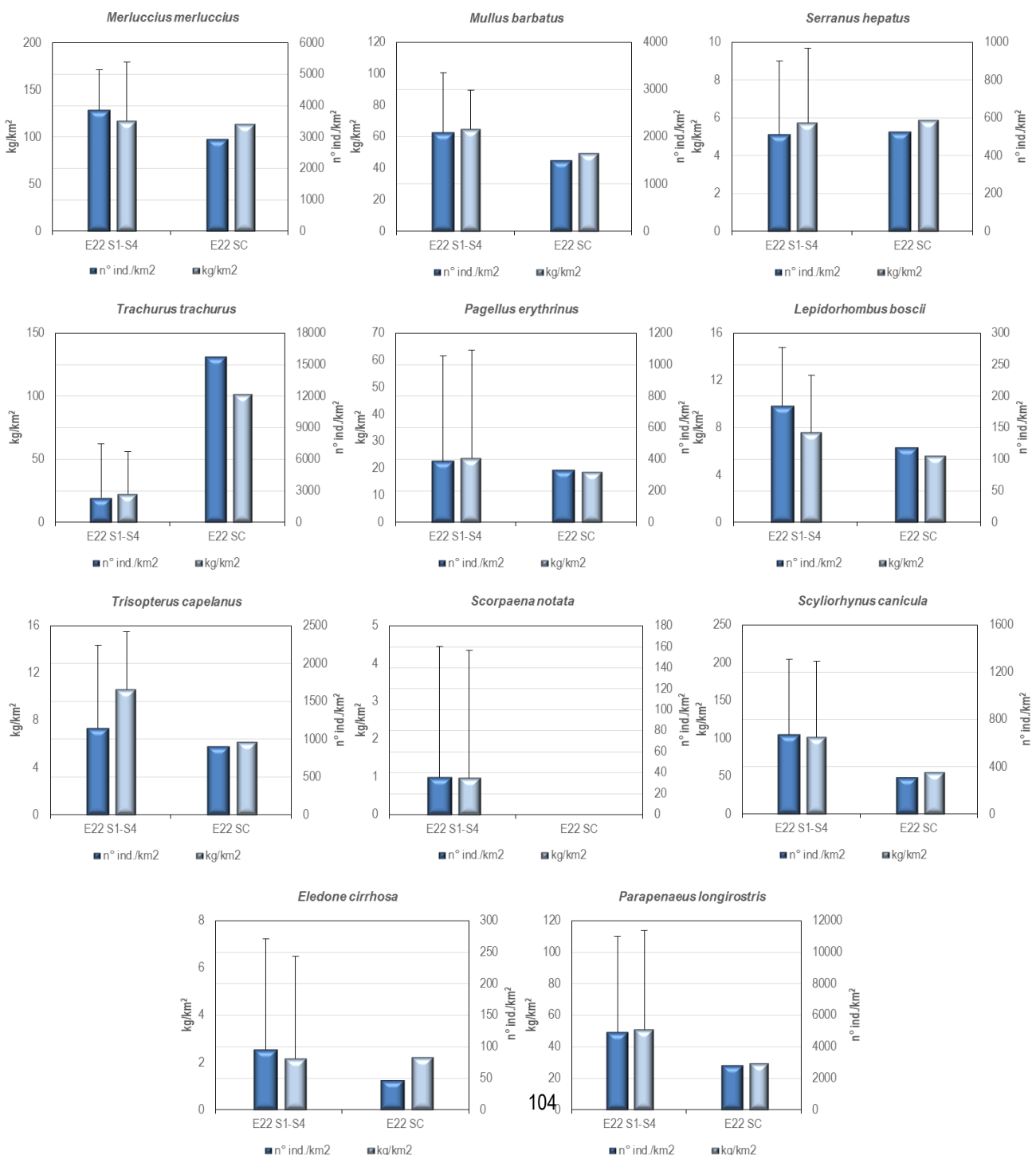


Figura 53 – Rete a strascico: indici di densità e biomassa, stimati per le stazioni E22 S1-S4 e per la stazione E22 SC, per specie. Sono riportati i valori medi + la deviazione standard. In blu n° individui/km², in azzurro chiaro kg/km².

Distribuzioni taglia-frequenza per specie

Reti da posta

Nella **Figura 54** è illustrata la distribuzione di taglia-frequenza degli esemplari di gattuccio *Scyliorhinus canicula* campionati con le reti da posta. Nel gruppo di stazioni E22 P1-P4 sono stati campionati 232 individui con taglia compresa tra 30 e 47 cm LT; è possibile individuare una moda a 41 cm LT. Nella stazione E22 PC sono stati campionati 39 animali aventi taglia tra 33 e 44 cm LT. La distribuzione di taglia-frequenza non permette di individuare una moda ben definita.

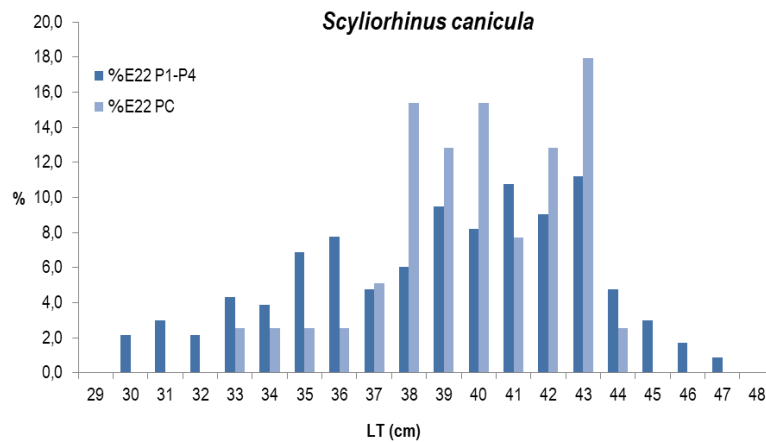


Figura 54 - Rete da posta: distribuzione taglia-frequenza del gattuccio (*Scyliorhinus canicula*). N° individui: 232 (E22 P1-P4); 39 (E22 PC).

Per le altre specie scelte per le reti da posta non sono state elaborate le distribuzioni di taglia-frequenza a causa dello scarso numero di individui campionati. Sono stati campionati in totale 28 individui di linguattola *C. linguatula*: 22 esemplari, con taglia compresa tra 16 e 24,5 cm LT, sono stati catturati nelle stazioni in prossimità del terminale (E22 P1-P4), mentre 6 animali, con taglia tra 16,5 e 20,5 cm LT, sono stati campionati nella stazione di controllo (E22 PC). Nel caso della rana pescatrice *L. budegassa* sono stati campionati 5 esemplari nelle stazioni E22 P1-P4, con taglia compresa tra 23 e 51 cm LT, mentre nella stazione E22 PC è stato catturato un solo esemplare con taglia di 49 cm LT. Passando alla razza stellata *R. asterias* sono stati campionati solo 2 esemplari: 1, con taglia di 54 cm LT, nella stazione P1 appartenente al gruppo di stazioni in prossimità del terminale, ed 1 (62 cm LT) nella stazione E22 PC. La razza chiodata *R. clavata* è stata campionata solo nel gruppo di stazioni E22 P1-P4 con un numero totale di 26 esemplari con taglia compresa tra 57 e 76 cm LT. Invece la gallinella *C. lucerna* è stata pescata solamente nella stazione E22 PC (1 individuo di 24 cm LT).

Rete a strascico

Negli Osteitti la specie maggiormente catturata è il sugarello *T. trachurus*. Nel gruppo di stazioni E22 S1-S4 sono stati catturati 395 con taglia compresa tra 7 e 16 cm LT. Nella stazione E22 SC sono stati campionati 660 animali aventi taglia compresa tra 8 e 12 cm LT. distribuzione di taglia-frequenza degli animali catturati nel gruppo di stazioni in prossimità del terminale (E22 S1-S4) mostra due mode, una a 9 cm LT ed una a 14,5 cm LT, mentre quella degli animali provenienti dalla stazione E22 SC mostra una moda a 9,5 cm LT (**Figura 55**).

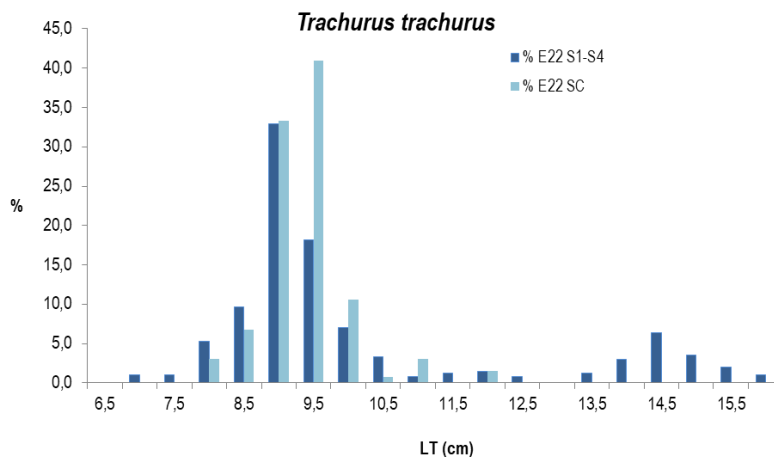


Figura 55 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del sugarello (*Trachurus trachurus*). N° individui: 395 (E22 S1-S4); 660 (E22 SC).

Per quanto riguarda il nasello *M. merluccius* in totale sono stati catturati 770 esemplari: 647 individui, con taglia compresa tra 7 e 35 cm LT, nel gruppo di stazioni in prossimità del terminale (E22 S1-S4) e 123 individui, con taglia tra 8 e 25 cm LT, nella stazione E22 SC. Nella distribuzione di taglia degli esemplari catturati in prossimità del terminale è possibile evidenziare una moda a 11 cm LT, mentre la distribuzione degli esemplari catturati nella stazione E22 SC risulta non ben definita (**Figura 56**).

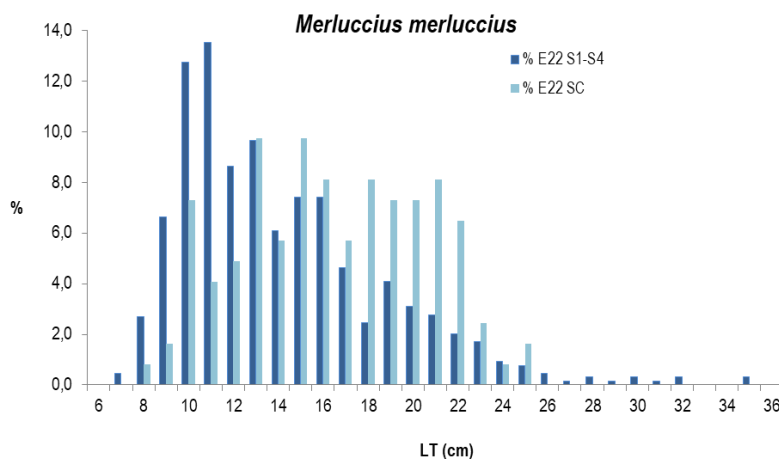


Figura 56- Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del nasello (*Merluccius merluccius*). N° individui: 647 (E22 S1-S4); 123 (E22 SC).

Nel caso della triglia di fango *M. barbatus* viene mostrata solo la distribuzione taglia-frequenza degli esemplari catturati nel gruppo di stazioni E22 S1-S4, in quanto il numero degli animali catturati nella stazione E22 SC è basso (63 esemplari con taglia compresa tra 11,5 e 21,5 cm LT). Nel gruppo di stazioni poste in prossimità del terminale sono stati campionati 351 esemplari, con taglia tra 10,5 e 23 cm LT. Nella distribuzione di taglia si può evidenziare una moda a 12 cm LT (**Figura 57- Reti a strascico: distribuzione taglia-frequenza della triglia di fango (*Mullus barbatus*). N° individui: 351 (E22 S1-S4).**).

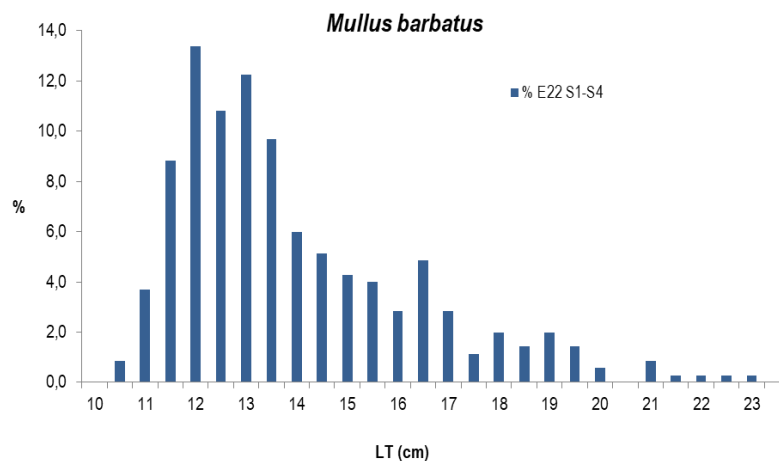


Figura 57- Reti a strascico: distribuzione taglia-frequenza della triglia di fango (*Mullus barbatus*). N° individui: 351 (E22 S1-S4).

Passando al merluzzetto *T. capelanus*, in totale sono stati catturati 230 esemplari, 192 nelle stazioni in prossimità del terminale (E22 S1-S4) con taglia compresa tra 5,5 e 16,5 cm LT, e 38 nella stazione E22 SC, con un intervallo di taglia tra 6,5 e 16,5 cm LT. La distribuzione di taglia degli individui catturati nelle stazioni in prossimità del terminale (E22 S1-S4) non è ben definita, ma si può evidenziare come oltre il 60% della cattura sia concentrata tra 7,5 e 9 cm LT, mentre nella distribuzione taglia-frequenza degli esemplari provenienti dalla stazione E22 SC è possibile evidenziare una moda a 8,5 cm LT (**Figura 58**).

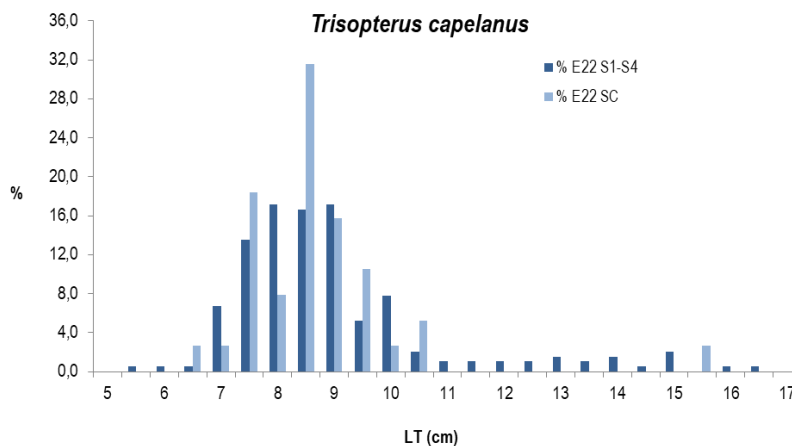


Figura 58 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del merluzzetto (*Trisopterus capelanus*). N° individui: 192 (E22 S1-S4); 38 (E22 SC).

Per quanto riguarda il sacchetto *S. hepatus* sono stati catturati 86 esemplari nelle stazioni in prossimità del terminale (E22 S1-S4) aventi taglia compresa tra 7,5 e 12 cm LT, e 22 nella stazione E22 SC, con un intervallo di taglia tra 7,5 e 10 cm LT. Entrambe le distribuzioni di taglia mostrano una moda a 9 cm LT (**Figura 59**).

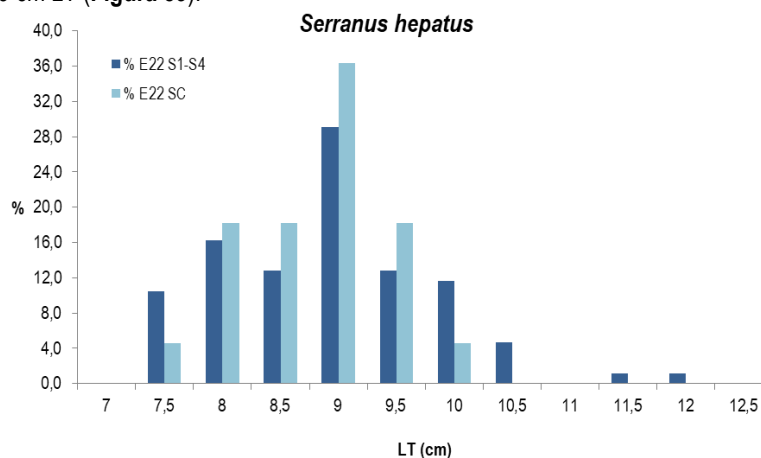


Figura 59 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del sacchetto (*Serranus hepatus*). N° individui: 86 (E22 S1-S4); 22 (E22 SC).

Passando al pagello fragolino *P. erythrinus*, viene riportata solamente la distribuzione taglia-frequenza degli esemplari campionati nel gruppo di stazioni E22 P1-P4. In questo gruppo di stazioni sono stati catturati 65 animali con taglia compresa tra 13,5 e 20,5 cm LT. Nella distribuzione di taglia-frequenza è presente una moda a 16,5 cm LT (**Figura 60**). Nella stazione E22 SC sono stati invece catturati 14 esemplari, con taglia tra 15 e 18 cm LT.

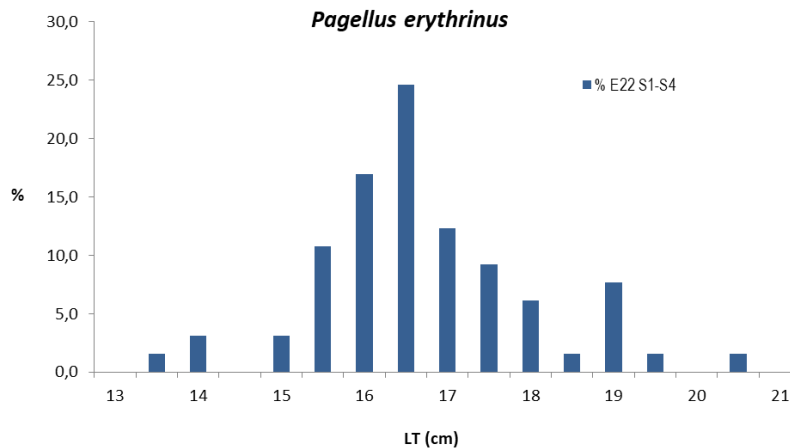


Figura 60 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del pagello fragolino (*Pagellus erythrinus*). N° individui: 65 (E22 S1-S4).

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. boschii*, sono stati catturati in totale 36 individui, 31 nelle stazioni E22 S1-S4, con taglia compresa tra 12 e 21 cm LT, e 5 nella stazione E22 SC, con taglia compresa tra 12,5 e 21 cm LT. Infine lo scorfanotto, *S. notata*, è stato campionato solamente nella stazione S1, per un totale di 6 esemplari con taglia compresa tra 9 e 12 cm LT.

Il gattuccio, *S. canicula*, è stato campionato sia nelle stazioni in prossimità del terminale (E22 S1-S4) che nella stazione E22 SC con un numero di individui, rispettivamente, di 113 e 13. La distribuzione taglia-frequenza degli esemplari catturati in prossimità del terminale, con taglia compresa tra 23 e 44 cm LT, non mostra un andamento ben definito anche se è possibile evidenziare una moda a 40 cm LT (**Figura 61**). Dato lo scarso numero di esemplari non viene mostrata la distribuzione taglia-frequenza degli animali campionati nella stazione E22 SC che hanno una taglia compresa tra 26 e 46 cm LT.

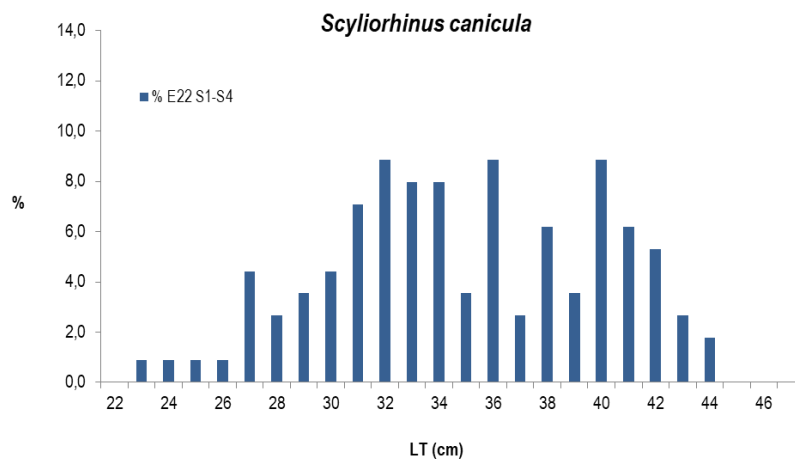


Figura 61 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del gattuccio (*Scyliorhinus canicula*). N° individui: 113 (E22 S1-S4).

Passando al gambero bianco *P. longirostris*, nel gruppo di stazioni E22 S1-S4 sono stati catturati 825 individui, con taglia compresa tra 15 e 37 mm LC, mentre nella stazione E22 SC sono stati campionati 118 esemplari, con taglia compresa tra 15 e 30 mm LC. Entrambe le distribuzioni di taglia-frequenza mostrano due mode uguali: una a 22 mm LC e l'altra a 28 mm LC (**Figura 62**).

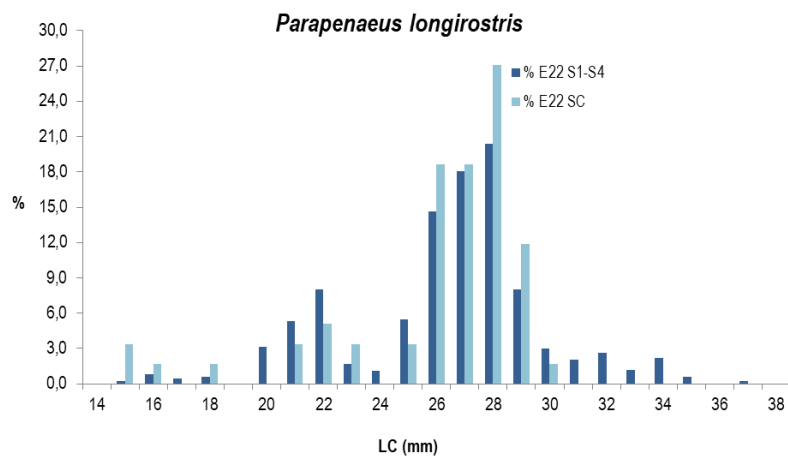


Figura 62 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del gambero bianco (*Parapenaeus longirostris*). N° individui: 825 (E22 S1-S4); 118 (E22 SC).

Nel caso del moscardino, *E. cirrhosa*, in totale sono stati campionati 18 esemplari, 16 nel gruppo di stazioni E22 S1-S4, aventi taglia compresa tra 3 e 6 cm LM, e 2 esemplari, con taglia di 3,5 e 5,5 cm LM, nella stazione E22 SC.

2.3.6 Fauna ittica pelagica

Nella campagna estiva E22, con le reti da posta pelagiche, sono stati catturati 3 individui di tombarello, *Auxis rochei rochei*, nella stazione E22 PD, con un indice di densità di 35 ind./1000m/24h ed un indice di biomassa di 49,9 kg/1000m/24h. Gli esemplari avevano taglia compresa tra 45 e 49,5 cm LT. La stessa specie è stata catturata anche nella stazione E22 PDC. In totale sono stati catturati 5 esemplari con indici di densità e biomassa pari a 47 ind./1000m/24h e 50,6 kg/1000m/24h rispettivamente. Le taglie del tombarello, *A. rochei rochei*, erano comprese tra 38 e 47 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 questa indagine è stato effettuato uno sforzo pari a 110,2 km per un tempo totale di 855 minuti, (Figura 63).

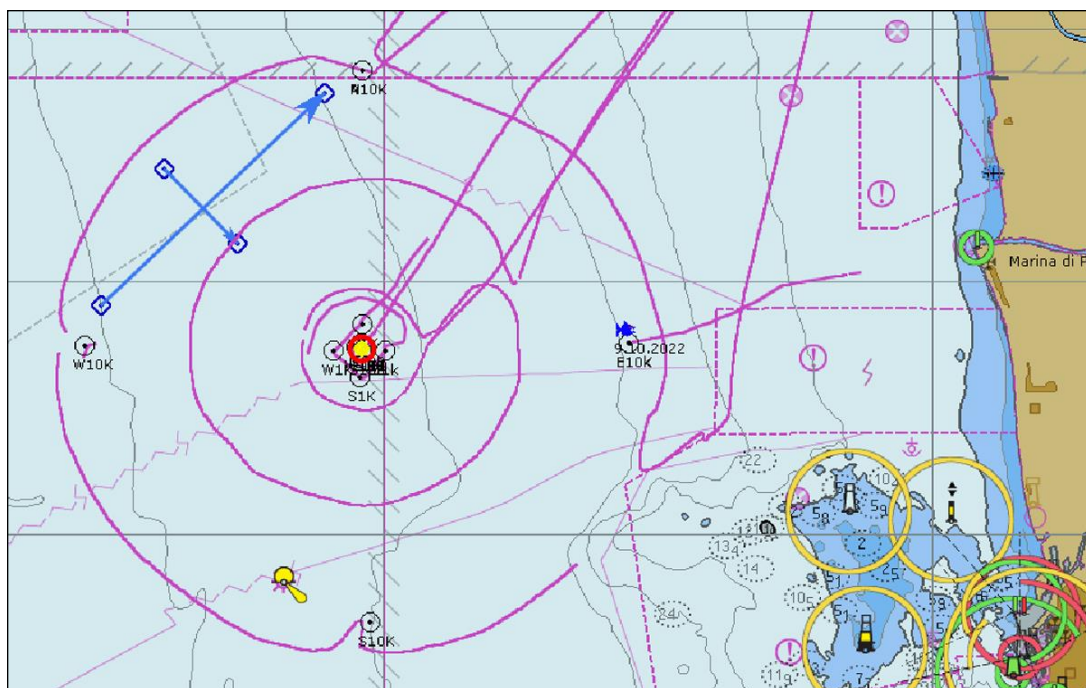


Figura 63 - Sono riportate le rotte percorse per il monitoraggio visivo, acustico e bioacustico condotte a partire da settembre 2022 (E22).

Durante l' E22 è stato effettuato 1 avvistamento di delfini in data 9 ottobre in posizione Latitudine 43° 38.831 N e Longitudine 010° 06.395 E, in totale 8 delfini appartenenti alla specie tursiope (*Tursiops truncatus*) di cui 7 adulti ed 1 giovane a 9km in posizione E dal Terminale durante la registrazione del rumore nella stazione E10K. **(Foto 1)**. Nessun avvistamento di tartarughe.



Foto 1-.Delfini appartenenti alla specie tursiope avvistati nella stazione E10K.

2.4 INDAGINI GENERALI

2.4.1 Bioacustica

La campagna di E22 è stata condotta il 6 ottobre. Seguendo tali transetti, su rotte prefissate, è stato effettuato l'ascolto in continuum dell'ambiente marino attraverso specifico idrofono dedicato. Tale strumento è stato trainato ad una distanza di 40m secondo una delle due modalità da effettuare: a motore al minimo di velocità (2-3knt) in quanto in assenza di vento (la seconda modalità prevede la traina dell'idrofono ma a vela sempre ad una velocità di 2-3knt se in presenza di vento con direzione idonea ad effettuare i transetti). Entrambe le modalità garantiscono di rendere l'ascolto il più possibile non inquinato dai rumori dell'imbarcazione (in particolar modo il secondo) e ascoltare prevalentemente il rumore ambientale.

La fase di ascolto è stata effettuata da biologi esperti in bioacustica che si sono alternati ogni 30' alla postazione del computer e all'osservazione con binocolo. L'operatore al computer rimane ascolto tramite cuffie e osserva contemporaneamente il computer dove tramite un software dedicato, viene visualizzato il risultato dell'ascolto/registrazione dei suoni ambientali. L'ascolto è stato effettuato ad una sampling rate di 48.000 Hz e visualizzazione di 24.000 Hz 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 4**) 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 campagne E22, della lunghezza totale di circa 16 km, sono stati percorsi in circa 230 minuti, che rappresentano anche il tempo totale di ascolto.

Durante questo intervallo di tempo non è stato effettuato nessun avvistamento con le registrazioni di suoni biologici.

Tuttavia una registrazione di vocalizzazioni di tursiopi è stata effettuata durante la misura del rumore nella stazione E10K a 8m di profondità del sensore (per le analisi dei dati sul rumore, fare riferimento al documento dedicato di Rina).

Di seguito riportiamo due immagini dello spettro del 9 ottobre relativi a emissioni di biosonar (a sx) e vocalizzazioni (a dx) di tursiopi. (**Figura 64**).

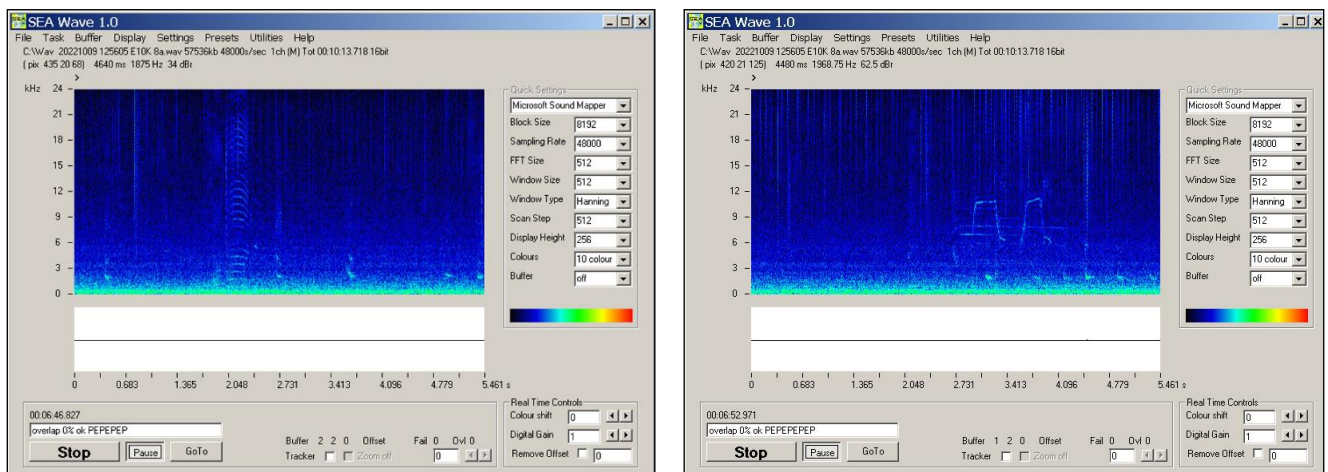


Figura 64 - Frame di registrazione del 09.10.2022

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 2022 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 nonparametrico Scheirer-Ray-Hare (le varianze dei gruppi di dati non sono omogenee ed è difficile stabilire la normalità dei dati) come descritto in https://rcompanion.org/handbook/F_14.html. Oltre agli effetti principali è stata testata l'interazione StazionexAnno.

Risultati

Osservando i risultati di p value riportati in Errore. L'origine riferimento non è stata trovata., si evince che solo il fattore "Anno" risulta altamente significativo in quanto i valori di p value sono sempre $< 0,05$ mentre si notato solo alcuni effetti occasionali sul fattore Stazione e nell'interazione StazionexAnno.

- effetto Stazione nel potenziale di ossido riduzione di Autunno;
- effetto Stazione nella clorofilla a di Autunno;
- effetto dell'interazione AnnoxStazione nella torbidità di Primavera;
- effetto dell'interazione AnnoxStazione nella clorofilla di Primavera.

Tabella 78 - Valori di p value in funzione della variabile (1^a colonna), della stagione (2^a colonna) e del fattore (ultime tre colonne). In grassetto i valori statisticamente significativi. Legenda: I = inverno, P = primavera, E = estate, A = autunno

Variabile	Stagione	Fattore		
		Stagione	Anno	Stagione:Anno
Temperatura	I	0.998	0.000	1.000
	P	0.997	0.000	1.000
	E	0.992	0.000	1.000
	A	1.000	0.000	1.000
pH	I	0.861	0.000	0.982
	P	0.969	0.000	1.000
	E	1.000	0.000	1.000
	A	0.741	0.000	0.998
Potenziale di ossido riduzione	I	0.847	0.000	1.000
	P	0.999	0.000	1.000
	E	1.000	0.000	1.000
	A	0.106	0.000	0.756
Salinità	I	0.999	0.000	1.000
	P	0.543	0.000	1.000
	E	1.000	0.000	1.000
	A	1.000	0.000	1.000
Ossigeno disciolto (saturazione)	I	0.915	0.000	1.000
	P	0.978	0.000	0.927
	E	0.742	0.000	0.999
	A	1.000	0.000	1.000
Torbidità	I	0.988	0.000	1.000
	P	0.726	0.000	0.022
	E	0.406	0.000	0.989
	A	0.075	0.000	0.910
Clorofilla	I	0.542	0.000	1.000
	P	0.119	0.000	0.045
	E	0.901	0.000	1.000
	A	0.011	0.000	0.606

I valori di p value di **Tabella 78** 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, ci sono due casi significativi di interazione StagioneXAnno: per i dati primaverili della torbidità e della clorofilla. In questo specifica circostanza siamo quindi in presenza di dati che variano secondo il fattore Anno in una maniera che dipende anche dal fattore Stagione. Considerata la bassa incidenza di significatività (2 casi su 28), però, si può dire che anche in questo caso l'effetto dell'interazione tra Anno e Stagione, cioè fra tempo e distanza, sui dati raccolti sembra essere trascurabile.

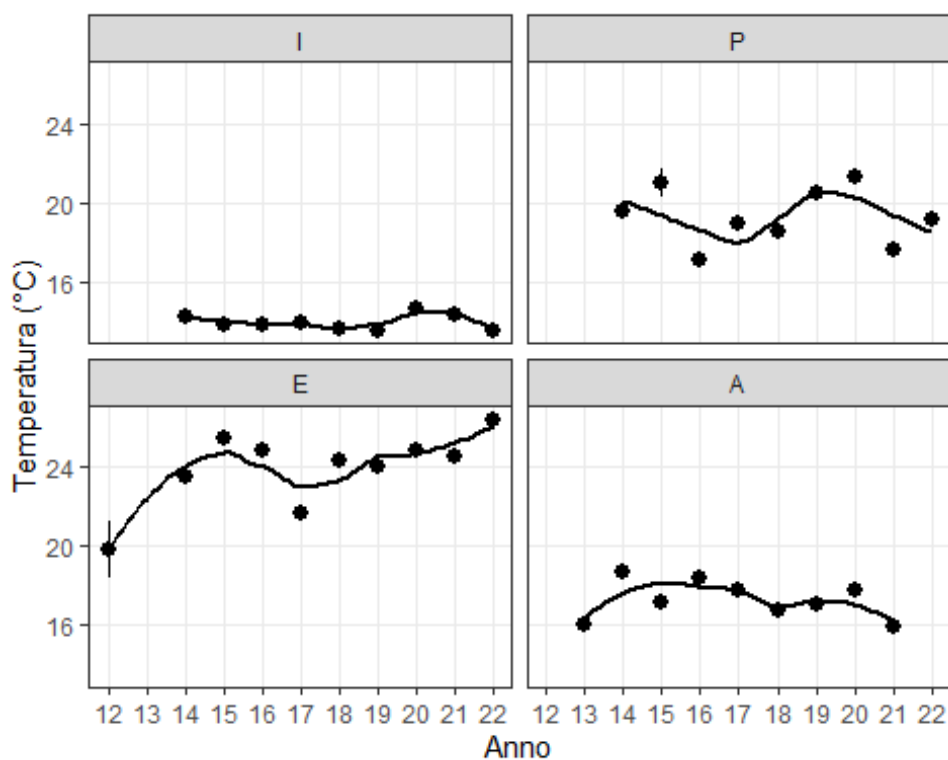


Figura 65 – Andamento della temperatura media dal bianco (2012) all'estate 2022 nelle quattro stagioni (A=Autunno; I=Inverno, P=Primavera; E=Estate). Sono stati analizzati i dati relativi alla fascia di profondità compresa tra -13 e -12 metri ossia in quella relativa allo scarico maggiore (SF2).

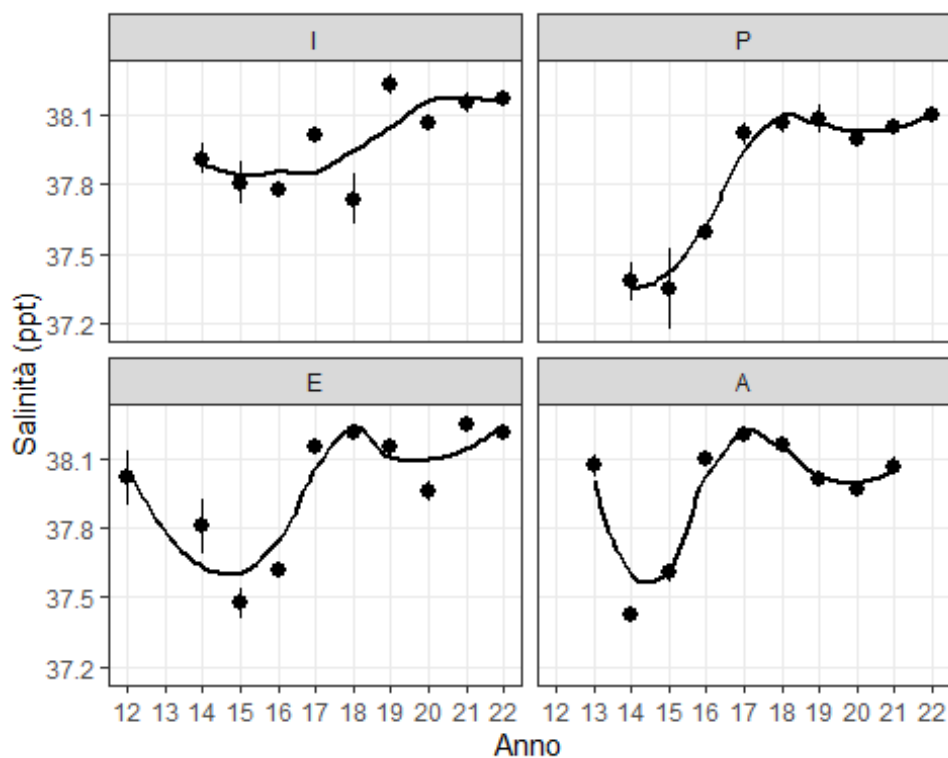


Figura 66 – Andamento della salinità media dal bianco (2012) all'estate 2022 nelle quattro stagioni (A=Autunno; I=Inverno, P=Primavera; E=Estate). Sono stati analizzati i dati relativi alla fascia di profondità compresa tra -13 e -12 metri ossia in quella relativa allo scarico maggiore (SF2).

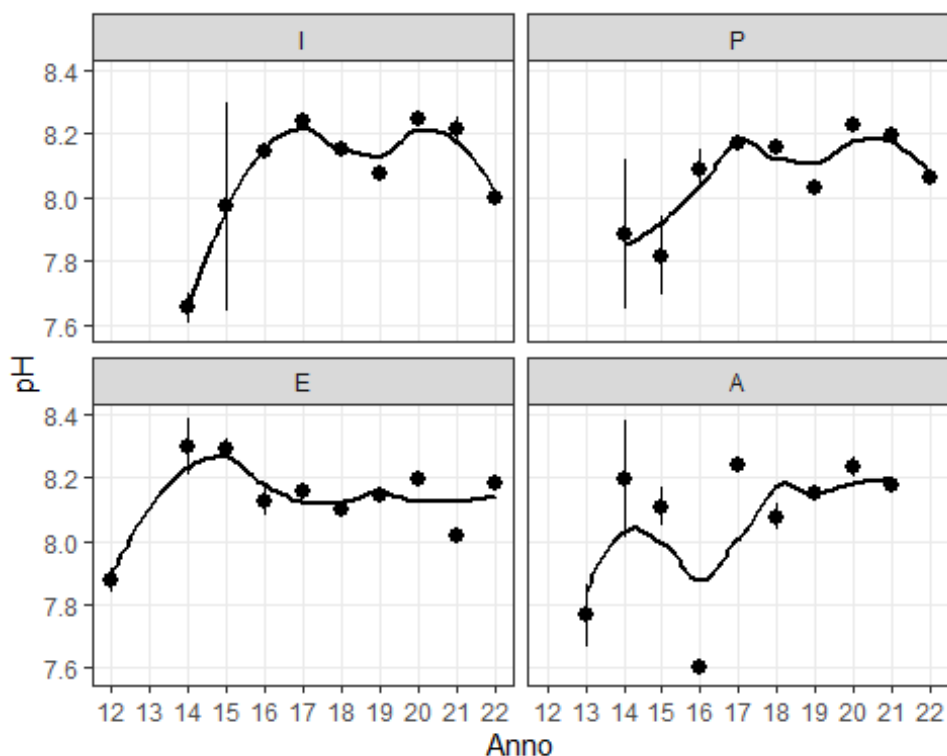


Figura 67 – Andamento del pH medio dal bianco (2012) all'estate 2022 nelle quattro stagioni (A=Autunno; I=Inverno, P=Primavera; E=Estate). Sono stati analizzati i dati relativi alla fascia di profondità compresa tra -13 e -12 metri ossia in quella relativa allo scarico maggiore (SF2).

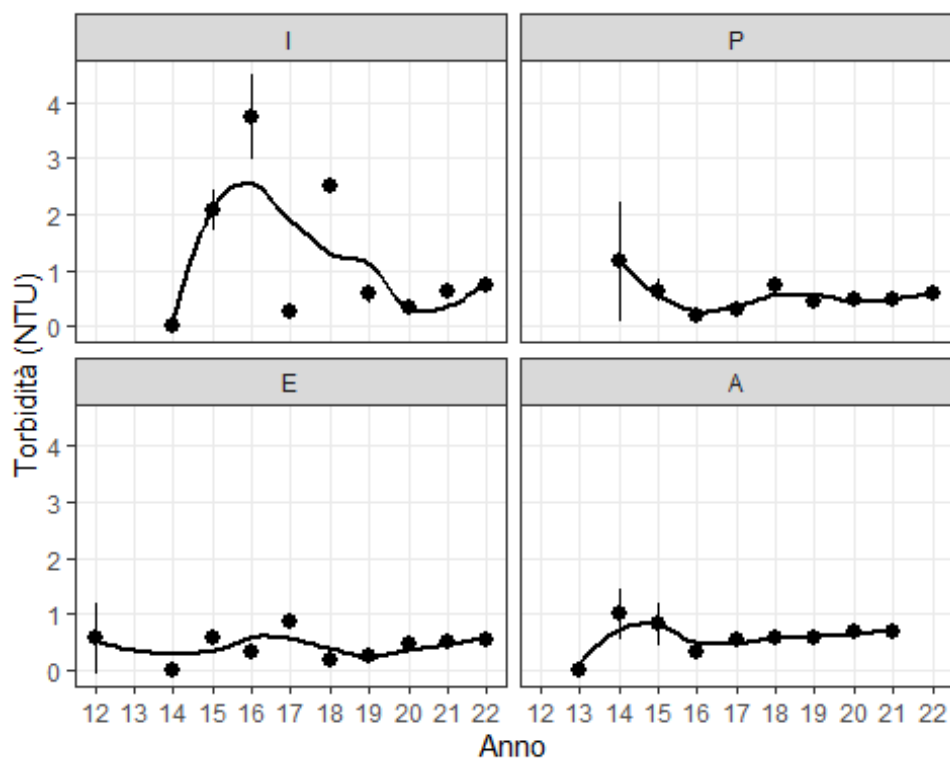


Figura 68 – Andamento della torbidità media dal bianco (2012) all'estate 2022 nelle quattro stagioni (A=Autunno; I=Inverno, P=Primavera; E=Estate). Sono stati analizzati i dati relativi alla fascia di profondità compresa tra -13 e -12 metri ossia in quella relativa allo scarico maggiore (SF2).

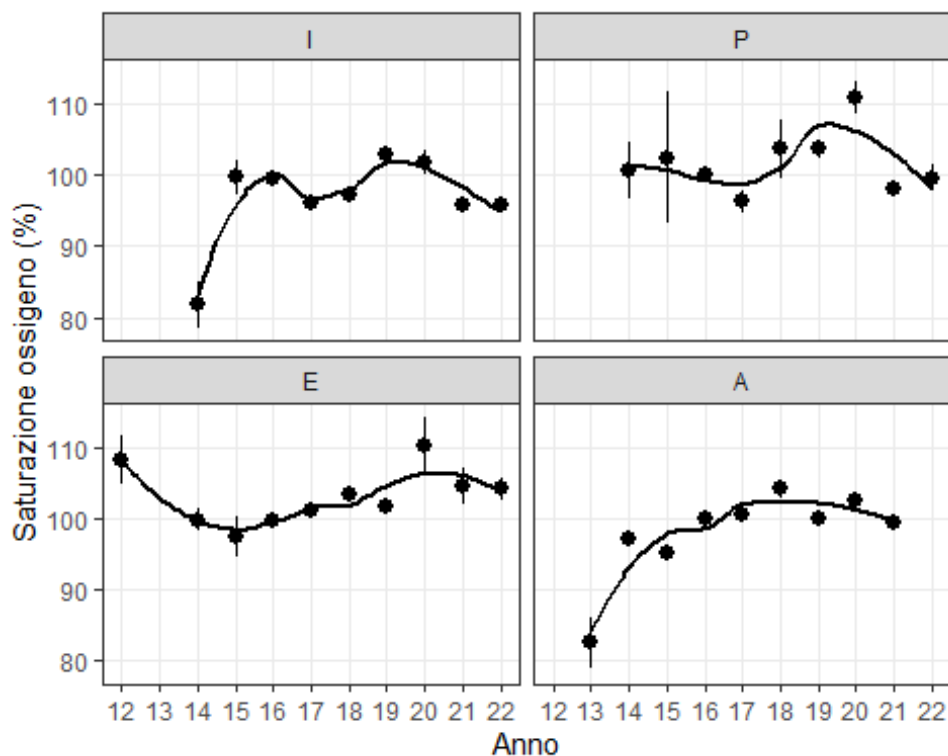


Figura 69 – Andamento della percentuale di saturazione di ossigeno medio dal bianco (2012) all'estate 2022 nelle quattro stagioni (A=Autunno; I=Inverno, P=Primavera; E=Estate). Sono stati analizzati i dati relativi alla fascia di profondità compresa tra -13 e -12 metri ossia in quella relativa allo scarico maggiore (SF2).

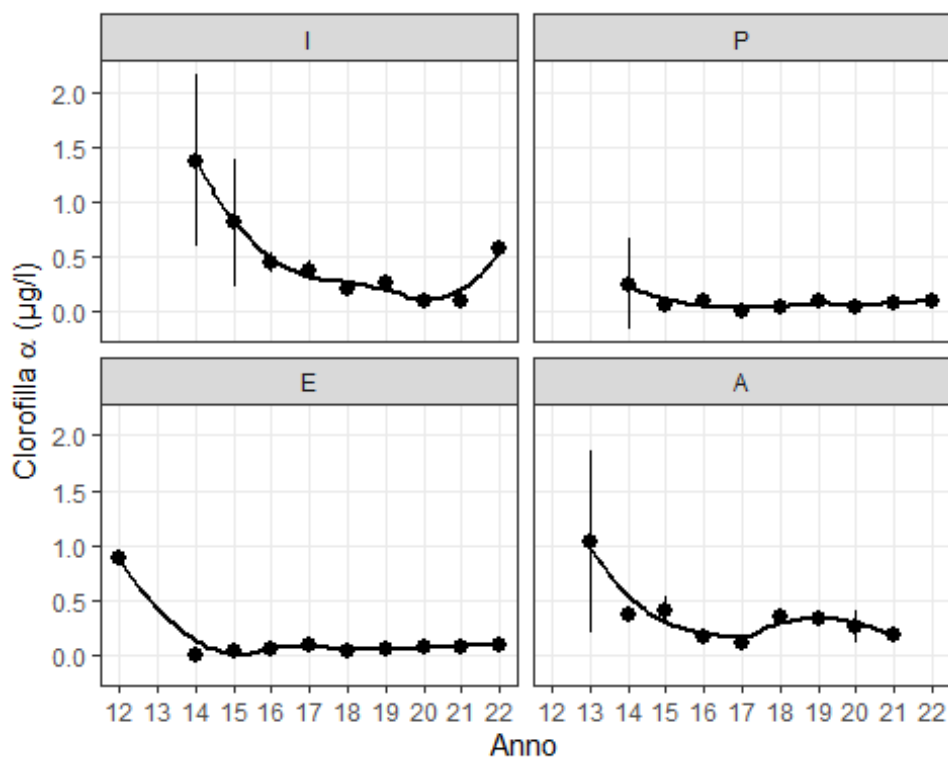


Figura 70 – Andamento della clorofilla a media dal bianco (2012) all'estate 2022 nelle quattro stagioni (A=Autunno; I=Inverno, P=Primavera; E=Estate). Sono stati analizzati i dati relativi alla fascia di profondità compresa tra -13 e -12 metri ossia in quella relativa allo scarico maggiore (SF2).

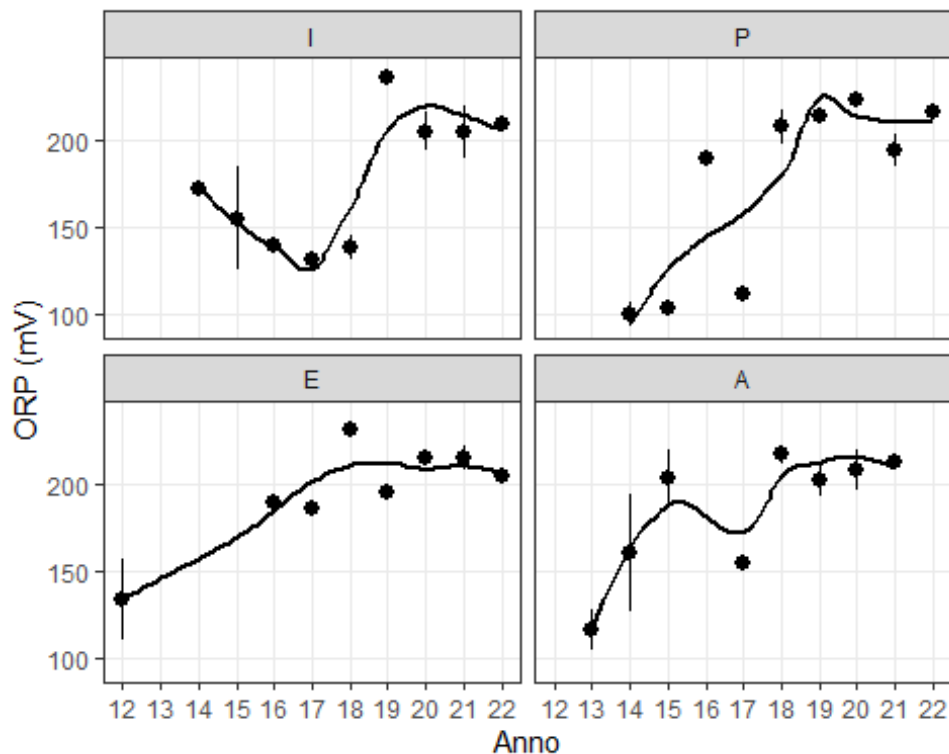


Figura 71 – Andamento del potenziale di ossido-riduzione medio dal bianco (2012) all'estate 2022 nelle quattro stagioni (A=Autunno; I=Inverno, P=Primavera; E=Estate). Sono stati analizzati i dati relativi alla fascia di profondità compresa tra -13 e -12 metri ossia in quella relativa allo scarico maggiore (SF2).

Le curve solide riportate nei grafici sono un liscio 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. 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. 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 ($100 \pm 10\%$). 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 temporali dei parametri di seguito descritti (attenuazione dell'irradianza PAR e irradianza spettrale, nutrienti (nitriti + nitrati, DIN; fosfati, PO_4 ; silicati, SiO_2), solidi sospesi (TSM), sostanza organica particellata (POM) e sostanza organica disciolta cromoforica (CDOM), clorofilla *a* (chl-*a*), diversità pigmentaria, dal Bianco a E22.

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* considerate entrambe casuali ed indipendenti) tra il logaritmo del rapporto delle riflettanze ($R =$ rapporto tra l'irradianza spettrale subsuperficiale ascendente e discendente, misurate con spettrometro) nel blu ($R(443)$) e nel

verde (R(555)) in relazione al logaritmo delle concentrazioni di chl-a. In condizioni naturali in acque aperte, questo rapporto varia linearmente in maniera inversamente proporzionale alla concentrazione di biomassa fitoplanctonica (chl-a) e, eventuali variazioni o scostamenti da questa relazione, possono essere interpretati come indice di alterazione delle acque (Morel e Prieur, 1977; Gordon e Morel, 1983).

Sui parametri sopra riportati sono stati eseguiti i confronti tra le varie campagne estive (E14, E15, E16, E17, E18, E19, E20, E21, E22) con la campagna di Bianco (estate 2012). In particolare per valutare gli eventuali effetti sui questi parametri i 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 nove campagne estive in fase di esercizio (E14, E15, E16, E17, E18, E19, E20, E21, E22). 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 2020.

Risultati

Misure di irradianza e irradianza spettrale

La profondità della zona eufotica (Z_{eu}), cioè la profondità alla quale arriva l'1% della radiazione PAR superficiale, è un indice sintetico della trasparenza delle acque. Z_{eu} è variabile in relazione alle concentrazioni delle sostanze otticamente attive: fitoplancton, particolato sospeso non fitoplanctonico (di cui il TSM rappresenta un proxy), sostanza organica disciolta cromoforica (CDOM).

L'andamento delle profondità della Z_{eu} durante i nove anni di campionamento 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 tra i 70 e gli 80 m e si verificano nelle campagne primaverili-estive, le minime sono in autunno-inverno appaiono maggiormente variabili tra circa 20 e 50 m. Nell'ultimo anno di esercizio si conferma l'andamento previsto, con le minori profondità in I22, coincidenti con le maggiori concentrazioni superficiali di Chl-a. L'analisi ANOVA sui dati relativi alle Z_{eu} del Bianco e delle successive campagne estive confrontando i fattori distanza e anno conferma la non significatività delle differenze per il primo fattore e la significatività delle differenze (** $p < 0,01$) per il secondo, evidenziando quindi la variabilità interannuale del ciclo stagionale (Figura 72).

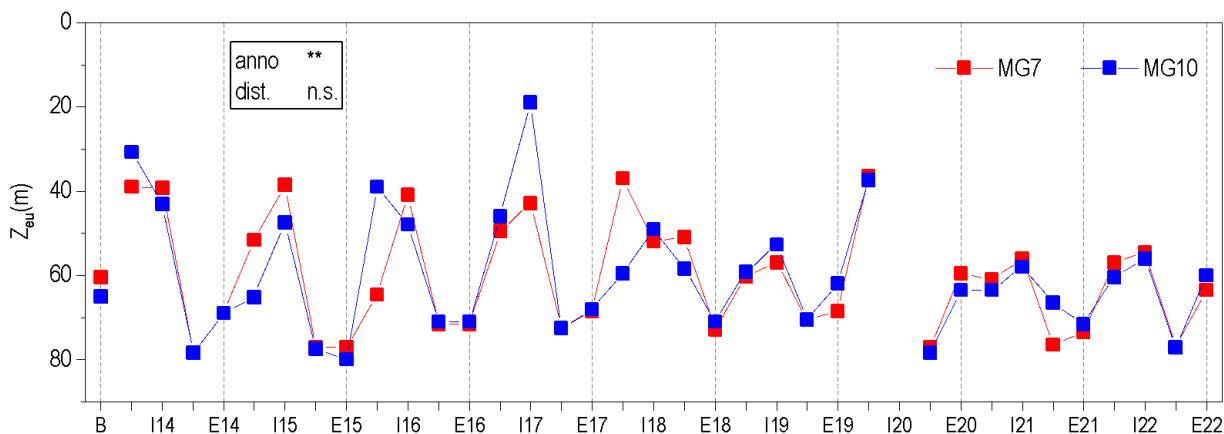


Figura 72 – Variazione della profondità (m) della zona eufotica (Z_{eu}) nelle due stazioni rappresentative, per tutte le campagne effettuate; sono riportati inoltre i risultati dell'analisi ANOVA per i fattori anno e distanza.

In **Figura 73** è riportata la regressione fra il logaritmo del rapporto di riflettanze blu (R443) verde (R555) 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 linearità del rapporto inversamente proporzionale tra riflettanza e concentrazione di chl-a, dimostrando come la biomassa fitoplanctonica sia la principale componente otticamente attiva in queste acque, e la principale fonte di origine del particolato sospeso (TSM) e della sostanza organica cromoforica (CDOM). I punti del IX anno di esercizio si collocano all'interno dell'ambito occupato dalla maggior parte dei campioni precedenti, la cui distribuzione lungo la retta (a sinistra in alto quelli estivi e primaverili, a destra in basso quelli invernali ed autunnali) conferma che la stagionalità è il principale fattore di variabilità per tutte le stazioni, indipendentemente dalla distanza dal Terminale.

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

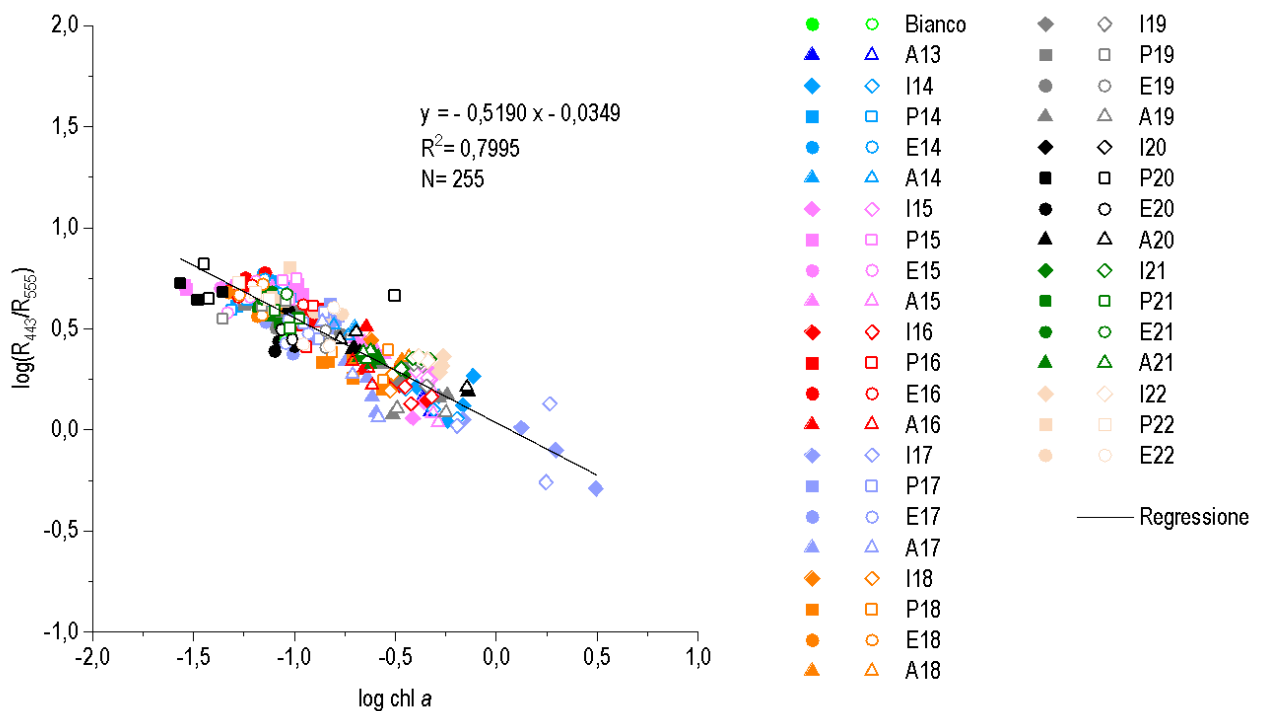


Figura 73 - Relazione fra il log del rapporto fra le riflettanze a 443 nm e quelle a 555 nm (R(443)/R(555)) ed il log della concentrazione della chl-a. Sono riportati l'equazione della retta di regressione ed il coefficiente di determinazione R². I simboli pieni rappresentano le stazioni più vicine al Terminale e quelli vuoti le stazioni lontane.

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

Gli andamenti di azoto inorganico disciolto (nitriti, nitrati) nel IX anno di campionamento seguono l'andamento atteso con i massimi in I22, come in prevalenza negli anni precedenti (massimi in autunno- inverno), una successiva diminuzione in P22 e leggero aumento in E22. Per il fosforo inorganico i valori più alti si sono verificati in P22 ed E22, con un andamento già verificatosi in precedenza in anni passati. I silicati non presentano ciclicità evidente, associati prevalentemente al consumo delle diatomee soprattutto in P18. Le concentrazioni 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 autunno invernali con quelli assoluti che però sono in profondità in estate, associati ai massimi profondi di chl-a, contemporaneamente ai minimi superficiali (**Figura 9**).

Dai risultati dell'analisi ANOVA per DIN, PO₄, SiO₂, TSM, POM e CDOM per il confronto tra il Bianco e le successive campagne estive (**Tabella 1**), il fattore distanza dal Terminale non determina variazioni significative per i parametri considerati ad eccezione di SiO₂, i quali in E21 alla st. MG9 (a 1000 m dal Terminale) avevano una concentrazione particolarmente elevata. Anche per queste variabili, quindi, si conferma l'importanza della variabilità interannuale come fattore altamente significativo per tutti i parametri, 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 che comunque si mantengono in un range di variazione atteso.

Tabella 79- 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). * 0,01<p<0,05; ** p<0,01						
Fattori	DIN (µM)	PO ₄ (µM)	SiO ₂ (µM)	TSM (mg/l)	POM (mg/l)	CDOM _{aCDOM(325) m⁻¹}
anno	**	**	**	**	**	**
distanza	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.
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. (Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.). 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 evidenziando quindi, una differenziazione stagionale minore. Anche nel IX anno di esercizio si osserva lo stesso andamento delle concentrazioni, con aumento in A21, massimo in I22 e

diminuzione in P22 con aumento in E21 più marcato in profondità (Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.). 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.

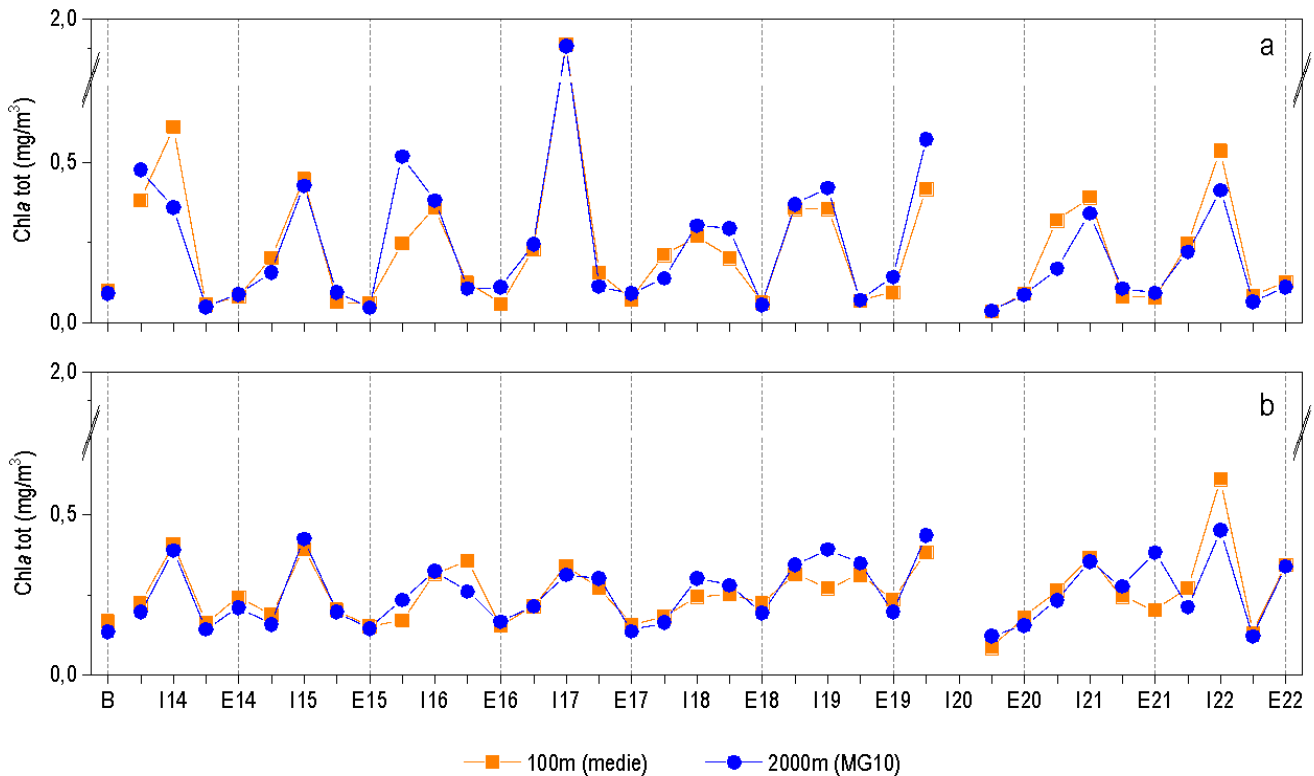


Figura 74- Andamenti temporali delle concentrazioni della chl-a, medie per campagna delle 4 stazioni (MG6, MG7, MG12, MG13) più vicine al Terminale (100m) e della stazione a 2000 m (MG10); a) media 0-12,5 m; b) media 50-70 m.

Dai risultati dell'analisi ANOVA per il confronto tra il Bianco e le successive campagne estive (**Tabella 2**) per chl-a e pigmenti accessori (pigmenti diagnostici delle classi fitoplanctoniche), il fattore distanza dal Terminale non determina variazioni significative mentre i fattori anno e profondità risultano altamente significativi. In estate, infatti, in seguito all'instaurarsi della condizione di stratificazione sono presenti popolamenti con contributi pigmentari diversi nello strato superficiale e quello profondo. 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 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). * 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.

Un cenno meritano gli Idrocarburi C>12 che hanno mostrato un incremento nella campagna primaverile del 2018. Tuttavia, i valori risultano paragonabili tra stazioni, indipendentemente dalla loro distanza dall'FSRU. Va comunque sottolineato che i livelli raggiunti sono comunque bassi se confrontati con quelli riportati nel D.lgs 152 parte III relativi alle acque dolci superficiali destinate al consumo umano. Inoltre, già dall'estate 2018 questi composti avevano esibito un deciso calo protrattosi nell'autunno del medesimo anno. Nell'inverno 2019, invece, essi

hanno esibito una recrudescenza senza, tuttavia, raggiungere le concentrazioni osservate in P18. In soli due casi (I19 MG5 70m e I19 MG10 50m) i tenori risultano paragonabili a quelli della primavera precedente. Si tratta in entrambi i casi di stazioni lontane dell'FSRU. Nel VII anno di monitoraggio (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) 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).

Gli incrementi pertanto, sono nel complesso sporadici, di modesta entità e non riguardano unicamente le stazioni prossime all'FSRU. In nessun caso è stato rilevato un aumento progressivo ad indicare un peggioramento della qualità delle acque relazionabile alla presenza del Terminale.

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, come fattore a 8 livelli: 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021), distanza da FSRU e stagione (fattore a 2 livelli: E = estate, I = inverno). Il modello iniziale, contenente anche l'interazione tra tempo e distanza, è espresso dalla seguente formula:

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

dove Risposta Test è la variabile dipendente (risposta combinata dei tre test, nella forma 0 - 1), α è l'intercetta, Anno, Stagione e Distanza sono le variabili indipendenti (Stagione ed Anno espresse come fattore f). Nella formula è anche indicata l'interazione tra Anno e Distanza. A partire dal modello iniziale, è stata effettuata una backward selection analysis basata sull'analisi della varianza e l'Akaike Information Criterion (AIC), al fine di individuare il modello migliore nel descrivere i dati, associato al valore di AIC più basso. Una volta individuato il modello migliore, una validazione del modello stesso è stata effettuata attraverso l'analisi grafica dei residui.

Le analisi sopra descritte sono state effettuate in ambiente R (versione 4.1.1), utilizzando i pacchetti associati mgcv e nlme (R Core Team, 2022).

Risultati

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

La tabella seguente mostra gli output del modello. Il fattore Anno mostra effetti significativi. Sembra che ci sia un trend all'aumento della risposta dei saggi ecotossicologici (il livello di riferimento è considerato il 2013, che infatti non è incluso nella tabella seguente). Ma questo aumento non è legato alla presenza del terminale, bensì determinato da variazioni oceanografiche nell'intera area. Non sono osservabili differenze significative tra l'ultimo anno disponibile (2022) ed il livello di riferimento (2013).

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

La diagnostica del modello indica che i risultati non sono caratterizzati da *overdispersion*. Il valore di dispersione associato al modello, infatti, è 1.02, 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.

Tabella 81 – Output del modello GLM (Generalized Linear Model) applicato ai risultati delle analisi ecotossicologiche trattati come dati di Presenza-Assenza (0-1).

Coefficienti	Stima	Errore standard	Z	Livello di significatività
Intercetta	-1.95	0.62	-3.15	<0.05
fAnno(2014)	2.19	0.68	3.22	<0.05
fAnno(2015)	0.34	0.73	0.46	NS
fAnno(2016)	2.55	0.69	3.71	<0.05
fAnno(2017)	3.71	0.74	5.02	<0.05
fAnno(2018)	2.73	0.69	3.96	<0.05
fAnno(2019)	1.52	0.68	2.23	<0.05
fAnno(2020)	1.44	0.69	2.09	<0.05
fAnno(2021)	1.78	0.68	2.61	<0.05
fAnno(2022)	1.06	0.69	1.53	NS

3.1.4 Plancton

3.1.4.1 Fitoplancton

Metodi di elaborazione dati

Sono stati valutati gli andamenti stagionali del fitoplancton dal Bianco a E22 sui dati delle abbondanze fitoplanctoniche totali e dei quattro gruppi considerati (diatomee, dinoflagellati, coccolitofori, "Altro plancton"). Per evidenziare gli eventuali effetti dovuti all'attività del Terminale è stata eseguita una ANOVA per ognuno dei tre fattori (anno di campionamento, distanza dal Terminale e profondità di prelievo) sui dati delle campagne a parità di stagione, cioè la campagna di Bianco confrontata con le otto campagne estive effettuate (E14, E15, E16, E17, E18, E19, E20, E21, E22). Per il fitoplancton, il piano include le stazioni a 100 m dal Terminale (MG6, MG7, MG12, MG13) e una a 2000 m (MG10). I dati delle quattro stazioni a 100 m dal Terminale sono stati mediati dopo aver verificato la non esistenza di differenze significative (ANOVA) tra le stazioni per nessuno dei parametri analizzati. Le analisi ANOVA sono state effettuate utilizzando il software OriginPro 2020. Come analisi multivariata delle comunità fitoplanctoniche è stato usato il test non parametrico ANOSIM (software PAST) in base alla similarità secondo l'indice di Bray-Curtis utilizzando la tabella base taxa/campioni con dati di abbondanza cellulare (log-trasformati), ridotta ai taxa rappresentanti circa il 96% dell'abbondanza totale delle comunità estive.

Sulla stessa tabella è stata effettuata la routine SIMPER (software PAST) per valutare il grado di similarità della composizione tassonomica tra le campagne estive (Bianco, E14, E15, E16, E17, E18, E19, E20, E21, E22). Sempre tramite routine SIMPER, è stato fatto un confronto dei popolamenti estivi delle stazioni vicine al Terminale (MG6, MG7, MG12 e MG13, considerati repliche e quindi mediate) con quelli dell'unico punto a distanza 2000 m (MG10) per ciascun anno di campionamento a partire da una matrice taxa/campioni con dati di abbondanza cellulare (log-trasformati) ridotta ai taxa rappresentanti circa il 93% dell'abbondanza totale.

Risultati

L'osservazione del ciclo stagionale delle densità fitoplanctoniche totali e dei quattro raggruppamenti tassonomici principali durante i nove anni indagati (**Figura 11**), 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 IX anno di campionamento si mantiene lo stesso trend con un leggero aumento delle densità fitoplanctoniche a partire da A21 fino ad arrivare ad un massimo in I22 seguito da un secondo massimo in P22, da noi definito come "anomalia" (vedi Report P22), essenzialmente dovuto al contributo di "Altro plancton". Questo gruppo è eterogeneo e sempre prevalente in ogni stagione con un contributo massimo in inverno del 60% e minimo intorno al 47% in estate. Le maggiori abbondanze sono dovute prevalentemente a *Phaeocystis* sp. insieme alle Cryptophyceae. Le Diatomee contribuiscono all'aumento in A21 e mostrano un aumento di importanza in E22 per la copresenza di molti generi (*Pseudonitzschia*, *Cylindrotheca*, *Chaetoceros* e *Leptocylindrus*) mentre i Coccolitofori sono presenti sia in autunno che in inverno particolarmente con *Emiliana huxleyi*. I dinoflagellati mostrano un minor contributo arrivando al massimo al 20% principalmente con i generi *Gymnodinium*, *Heterocapsa* ed *Oxytoxum*.

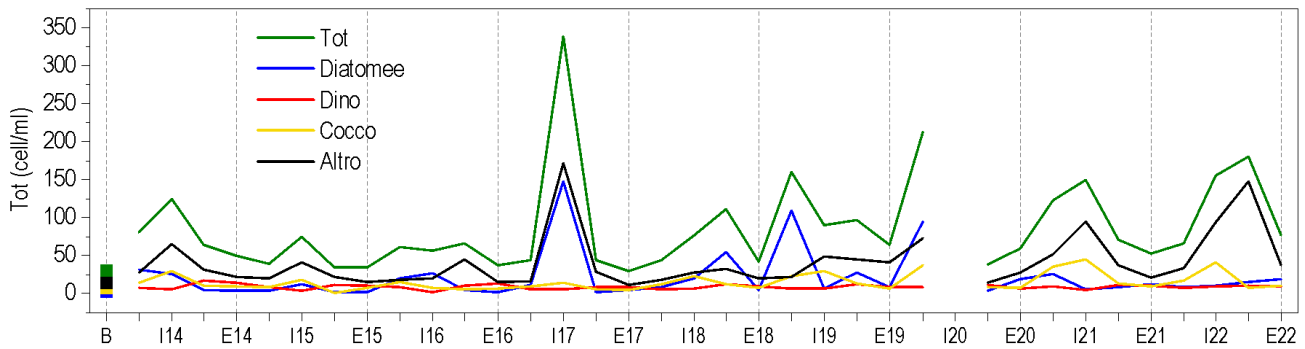


Figura 75 - Variazione stagionale delle densità cellulari medie totali per campagna e dei diversi gruppi fitoplanctonici.

Dall'analisi ANOVA condotta sulle campagne estive (**Tabella 82**), 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 82 - ANOVA ad un fattore per i fattori anno di campionamento, distanza dal Terminale, profondità di prelievo, sulle campagne estive (Bianco fino a E22). * 0,01<p<0,05; ** p<0,01

Fattori	Fito totale (cell/ml)	Diat (cell/ml)	Dino (cell/ml)	Cocco (cell/ml)	Altro (cell/ml)	N. Taxa	H'
anno	**	**	**	**	**	n.s.	**
distanza	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	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 le nove campagne estive e dal PAIRWISE test (**Tabella 82**) 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).

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**)

Tabella 83 – 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
E12		0.8194	0.8641	0.8442	0.6777	0.7923	0.883	0.9409	0.9334	0.8446
E14	0.8194		0.3306	0.4206	0.5279	0.4442	0.6444	0.7443	0.6397	0.7903
E15	0.8641	0.3306		0.4911	0.5097	0.3343	0.6461	0.7614	0.603	0.7768
E16	0.8442	0.4206	0.4911		0.3703	0.2569	0.6251	0.7616	0.4508	0.7308
E17	0.6777	0.5279	0.5097	0.3703		0.3808	0.4428	0.5871	0.5137	0.6546
E18	0.7923	0.4442	0.3343	0.2569	0.3808		0.477	0.6278	0.3359	0.5484
E19	0.883	0.6444	0.6461	0.6251	0.4428	0.477		0.2954	0.3965	0.4319
E20	0.9409	0.7443	0.7614	0.7616	0.5871	0.6278	0.2954		0.4442	0.3093
E21	0.9334	0.6397	0.603	0.4508	0.5137	0.3359	0.3965	0.4442		0.484
E22	0.8446	0.7903	0.7768	0.7308	0.6546	0.5484	0.4319	0.3093	0.484	

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

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**).

3.1.4.2 Zooplancton

Metodi di elaborazione dati

L'elaborazione statistica delle matrici quali-quantitative relative al mesozooplancton è stata eseguita utilizzando il pacchetto statistico PRIMER (v7). Le analisi, condotte su tre differenti set di dati corrispondenti alle tre frazioni del mesozooplancton investigate nell'area (oloplancton a copepodi, meroplancton e ittioplancton), hanno permesso di definire, da un punto di vista statistico, i potenziali effetti dell'impianto di rigassificazione off-shore FSRU Toscana sulla composizione e la struttura del popolamento zooplanctonico. I risultati dei test si basano sul concetto di similarità/dissimilarità tra campioni espresso secondo il *Bray-Curtis coefficient* (R). Il coefficiente R esprime il rapporto di somiglianza o dissomiglianza nella relazione tra due oggetti o gruppi di oggetti: maggiore il grado di somiglianza, più basso sarà il coefficiente di similarità. Allo stesso modo, ma in senso contrario, la dissimilarità ne valuta la distanza e quindi enfatizza le differenze tra campioni. Lo strumento esprime quindi misure di prossimità che si adattano a serie di dati che analizzano, come nel caso specifico, popolazioni zooplanctoniche in varie fasi dell'anno (fattore temporale) e in diverse fasce di profondità (fattore spaziale).

Il disegno sperimentale consta in totale di 4 fattori temporali, corrispondenti alle campagne trimestrali, ovvero il fattore stagionale, e 3 fattori spaziali, contraddistinti dai differenti settori della colonna d'acqua investigati: superficiale, mediante i retinaggi orizzontali, da -50 m al livello del mare e da -100 m a -50 m. Per esprimere il concetto appena descritto è stato utilizzato il test non parametrico ANOSIM (*software* PRIMER v7), 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* finale ha permesso di verificare la significatività di tali differenze, confrontando i gruppi di valori a coppie. Nella presente trattazione viene presentato il risultato della fase di Bianco confrontato con tutte le campagne estive successive (B vs E) e il confronto fra le stagioni estive (Es.: E_x vs E_y). Dal punto di vista metodologico e in considerazione dell'elevata variabilità interstagionale dello zooplancton, è presentato il confronto esclusivo tra la fase di Bianco (B) dell'agosto 2012 e le campagne estive successive, quelle che, da un punto di vista ecologico e ambientale possono essere considerate omogenee tra loro. Nel *Pairwise test* sono quindi considerati i survey E14, E15, E16, E17, E18, E19, E20, E21, E22.

Risultati

Come già sottolineato nelle precedenti la stagionalità è il fattore che maggiormente è in grado di condizionare la distribuzione degli organismi che trascorrono tutto o parte (fase larvale) del ciclo di vita nella colonna d'acqua. Il fattore stagionale può essere a sua volta subordinato ad altri fattori ambientali, tra i quali quelli fisici sono predominanti. Regime idrologico, temperatura superficiale dell'interfaccia aria-acqua e dei primi metri di profondità, 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 dei 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 i picchi riproduttivi che si alternano nel corso dell'anno solare.

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. Per fare un esempio concreto possiamo citare alcuni casi studio riguardanti la copepodofauna, che trovano conferma anche nel 2022. Nel corso dell'attività di monitoraggio, il copepode calanoide *Nannocalanus minor* e il cyclopoide *Farranula rostrata* sono due delle specie che maggiormente contribuiscono al pool specifico che caratterizza il popolamento estivo. *Nannocalanus minor*, in particolare, raggiunge stabilmente valori di abbondanza superiori a 100 ind. m³. Nella stagione E22 questa specie è presente solo con pochi esemplari. Tale anomalia nella composizione quali-quantitativa della copepodofauna tipica della stagione estiva è stata osservata solo in altre 2 campagne estive precedenti: nel survey E16, con *N. minor* che registrava valori sovrapponibili a quelli attuali e nel survey E19, sebbene in misura minore.

Per l'ittioplancton possiamo per esempio confermare l'asincrona alternanza dei cicli riproduttivi 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 differenti composizioni del popolamento.

Sebbene il rigassificatore sia posizionato a 12 miglia nautiche dalla costa italiana, in prossimità della scarpata continentale, la profondità non supera mai 120 m che, profondità che dal punto di vista ecologico, rappresenta 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'influencare 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 seguente figura 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).

Dai risultati si evince che la comunità zooplanctonica raccolta durante la fase di Bianco (B) rispetto alla stagione estiva 2022 (E22), 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 0,772 e 0,893), mentre per l'ittioplancton, la dissimilarità è minore (valori di R = 0,299), confermandosi però altamente significativa. Confrontando l'andamento di R, ottenuto dal confronto di B vs E_x si osserva che i valori subiscono modeste variazioni a indicare che la differenza già osservata tra Bianco e E14 si è mantenuta pressoché costante fino al 2022. Questo suggerisce che tale differenza non può essere imputabile all'esercizio del rigassificatore (Figura 76).

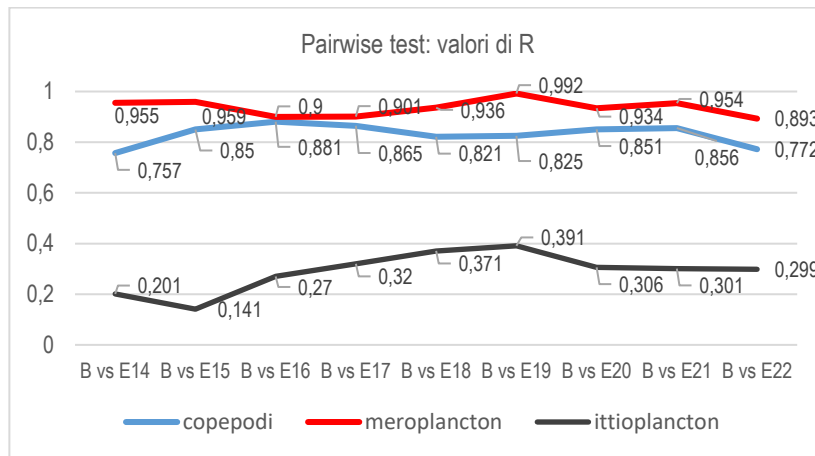


Figura 76 – Confronto dei valori di R dei pairwise tests nel confronto tra fase di bianco (B) e fase di esercizio estivo (E).

I risultati testimoniano quindi una comunità differente rispetto al Bianco. Ci sono due possibili aspetti uno ecologico l'altro legato alla tipologia di monitoraggio. La comunità mesozooplanctonica, composta da organismi presenti nella colonna d'acqua con una distribuzione a mosaico (*o patches*), è soggetta a significative oscillazioni quali-quantitative rispetto al benthos. Questo significa che, nella stessa stagione, anche poche settimane di distanza, talvolta anche solo giorni tra un campionamento e l'altro e le condizioni meteorologiche differenti presenti nella medesima campagna (es. moto ondoso) possono produrre risultati diversi. In particolare, queste differenze sono amplificate nel mero e nell'ittioplancton che trascorrono solo un periodo limitato nella colonna d'acqua rispetto ai copepodi oloplanctonici che vi trascorrono l'intero ciclo vitale. Da qui la necessità di ripetere i *survey* nello stesso periodo e possibilmente con medesime condizioni meteorologiche. Questo spiega ragionevolmente il motivo per il quale la fase di Bianco condotta nel mese di agosto 2012 sia significativamente diversa rispetto ai monitoraggi estivi realizzati successivamente sempre nel mese di settembre. La significativa dissimilarità tra Bianco (B) e *survey* estivi può anche essere in parte legata alla conoscenza dell'area di studio che, col susseguirsi delle campagne, ha permesso agli operatori coinvolti di approfondire e familiarizzare con l'identificazione specifica degli organismi, aumentando il livello di dettaglio nella restituzione dei risultati. Complessivamente sono 510 (+4 rispetto al 2021) i taxa identificati tra oloplancton a copepodi, meroplancton e ittioplancton; si tratta di un contingente che progressivamente tende ad avvicinarsi al 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 estati, 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.

Tabella 84 - Pairwise test di confronto tra fase di Bianco (B) e stagioni estive (E) dal 2014 al 2021. 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**
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**
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 E21	R = 0,773**	R = 0,486**	R = 0,298**
E15 vs E22	R = 0,466**	R = 0,542**	R = 0,327**
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**
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**
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**
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**
E20 vs E21	R = 0,510**	R = 0,526**	R = 0,388**
E20 vs E22	R = 0,309**	R = 0,337**	R = 0,253**
E21 vs E22	R = 0,384**	R = 0,387**	R = 0,193**

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.

Per approfondire questo aspetto dal prossimo anno di monitoraggio (ossia A22-E23) le analisi chimiche sui sedimenti verranno ampliate secondo il medesimo decreto (DM 173/16) per poter determinare il rischio chimico attraverso l'applicazione del *Sediqualsoft*.

3.2.1 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche

Metodi di elaborazione dati

I risultati relativi ai dati acquisiti dal Bianco (B) all'Estate 2022 (E22) sono stati raccolti in una matrice e sottoposti ad analisi multivariata per identificare eventuali pattern riconducibili alla presenza del Terminale.

In particolare, i dati sono stati sottoposti all'Analisi delle Componenti Principali (PCA), ottenute come combinazioni lineari delle variabili scelte ordinate in base ad un criterio di rilevanza informativa, ossia sulla base della varianza spiegata. Nel caso in esame sono state selezionate le seguenti variabili descrittive: sabbia, elementi in tracce, IPA Totali, TOC, idrocarburi C>12. Prima dell'analisi i dati sono stati normalizzati.

Risultati

Le variazioni granulometriche avvenute nell'estate 2022 rispetto al 2021 sono piuttosto modeste. Presso in Terminale, in MG7 e MG13 si verifica un calo di sabbia di circa il 10%, osservato contrariamente a quanto rivelato nel controllo MG8.

In MG6, inoltre, si assiste alla scomparsa della frazione sabbiosa, compensata da un incremento di silt.

Nell'arco del monitoraggio sono state rilevate variazioni nella tessitura granulometrica dei sedimenti, ma è sempre stato osservato che le variazioni non seguono un preciso gradiente temporale escludendo trend riconducibili alla presenza dell'FSRU.

Inoltre, 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 85** dalla quale si evince che mediamente i sedimenti sono modestamente variati rispetto al Bianco. I cambiamenti maggiori sono avvenuti in MG6 e MG7. Nel primo caso si è verificato un aumento delle frazioni fini, mentre nel secondo un aumento della frazione sabbiosa ed in minor misura di quella ghiaiosa. 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, con una modesta eccezione per MG12. 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.

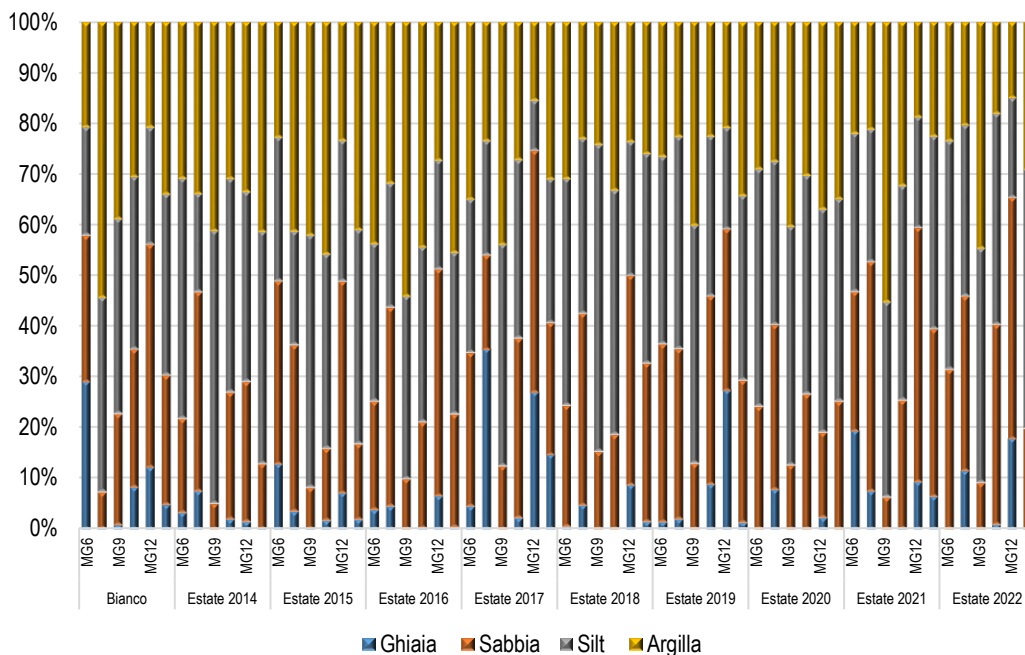


Figura 77 – Principali classi granulometriche nei sedimenti campionati durante la campagna di Bianco (E12) e nelle successive campagne estive (da E14, a E22).

Tabella 85 – Valori medi delle frazioni principali calcolate sull'intero periodo di studio per singola stazione e confronto col Bianco. B = Bianco. In grigio le stazioni più vicine al Terminale.

	Ghiaia	Sabbia	Silt	Argilla
B MG12	12,19±0	43,93±0	23,06±0	20,83±0
AVG MG12	11,93±10,2	38,78±11,35	25,37±10,62	23,91±7,29
B MG13	4,8±0	25,53±0	35,71±0	33,97±0
AVG MG13	2,91±5,02	23,69±7,24	39,42±5,7	33,96±7,88
B MG6	28,99±0	28,88±0	21,37±0	20,75±0
AVG MG6	5,06±6,81	27,62±6,32	37,96±8,03	29,41±7,02
B MG7	0,1±0	7,18±0	38,4±0	54,42±0
AVG MG7	9,37±10,79	34,81±7,81	28,57±7,58	27,24±7,04
B MG9	0,86±0	21,88±0	38,39±0	38,87±0
AVG MG9	0,01±0,04	10,18±3,59	46,93±7,92	42,88±9,62
B MG10	8,22±0	27,22±0	34,01±0	30,56±0
AVG MG10	1,76±2,95	26,94±7,84	39,62±5,49	31,65±7,99

I risultati delle analisi granulometriche e della ricerca di contaminanti sono stati condensati in una matrice stazioni x variabili e sottoposti ad Analisi delle Componenti principali (PCA). Da questa analisi si conferma quanto descritto negli anni precedenti.

Il primo asse spiega il 36,2% della varianza totale (**Tabella 86**), dovuta principalmente al contributo di molti metalli, che hanno esibito in MG9 e in particolare nella campagna di Bianco e nell'estate 2022 i valori più elevati. All'estremo opposto si colloca la stazione E17 MG12 per la bassa concentrazione di questi contaminanti, da relazionarsi alla maggiore percentuale di sabbia.

Lungo il secondo asse, che spiega il 19,7% della varianza, il contributo più importante è dato dagli IPA Totali, idrocarburi totali, ma anche cadmio e zinco che mostrano picchi presso del Terminale (in particolare nelle stazioni MG7 e MG13) come era già emerso nella campagna di Bianco.

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

Confrontando i valori medi ottenuti raggruppando le stazioni prossime al Terminale (MG6, MG7, MG12, MG13) e quelle di controllo (MG9, MG10) si osserva che nella fase di Bianco la concentrazione degli idrocarburi C>12 era paragonabile tra i due gruppi. Nella fase di esercizio, invece, questi contaminanti sono sempre risultati maggiori presso il Terminale rispetto ai controlli. La concentrazione rilevata nel 2022 è circa il 30% più elevata rispetto al Bianco. Ad oggi non si rileva un progressivo incremento: nel tempo, infatti, questi contaminanti hanno mostrato notevoli oscillazioni impedendo di osservare un lineare gradiente di incremento.

Tabella 86 - Coefficienti delle combinazioni lineari degli assi. Matrice sedimenti con dati abiotici (normalizzati). Dati dal Bianco all'E22.

% di varianza spiegata	36,2	19,7	8,7	8,1	5,8
	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
Sabbia	-0,212	-0,218	-0,287	0,050	0,434
Al	0,304	0,065	0,227	0,039	0,321
Fe	0,244	0,177	0,461	-0,176	0,121
As	0,221	0,218	-0,462	-0,367	-0,019
Ba	0,311	-0,189	-0,209	0,257	0,298
Cr	0,382	0,023	-0,128	0,161	0,165
Cu	0,255	-0,248	-0,071	0,121	0,153
Cd	0,061	-0,427	0,351	-0,001	-0,017
Mn	0,186	0,342	-0,186	-0,321	-0,109
Hg	0,281	0,021	0,358	-0,149	-0,260
Ni	0,348	0,111	-0,032	0,132	0,010
Pb	0,285	-0,108	-0,268	0,015	-0,368
Zn	0,345	-0,158	-0,020	0,194	-0,139
IPA Tot	0,051	-0,439	-0,067	-0,313	-0,265
Idroc C>12	0,016	-0,453	-0,097	-0,188	-0,172
TOC	0,073	-0,159	0,052	-0,640	0,469

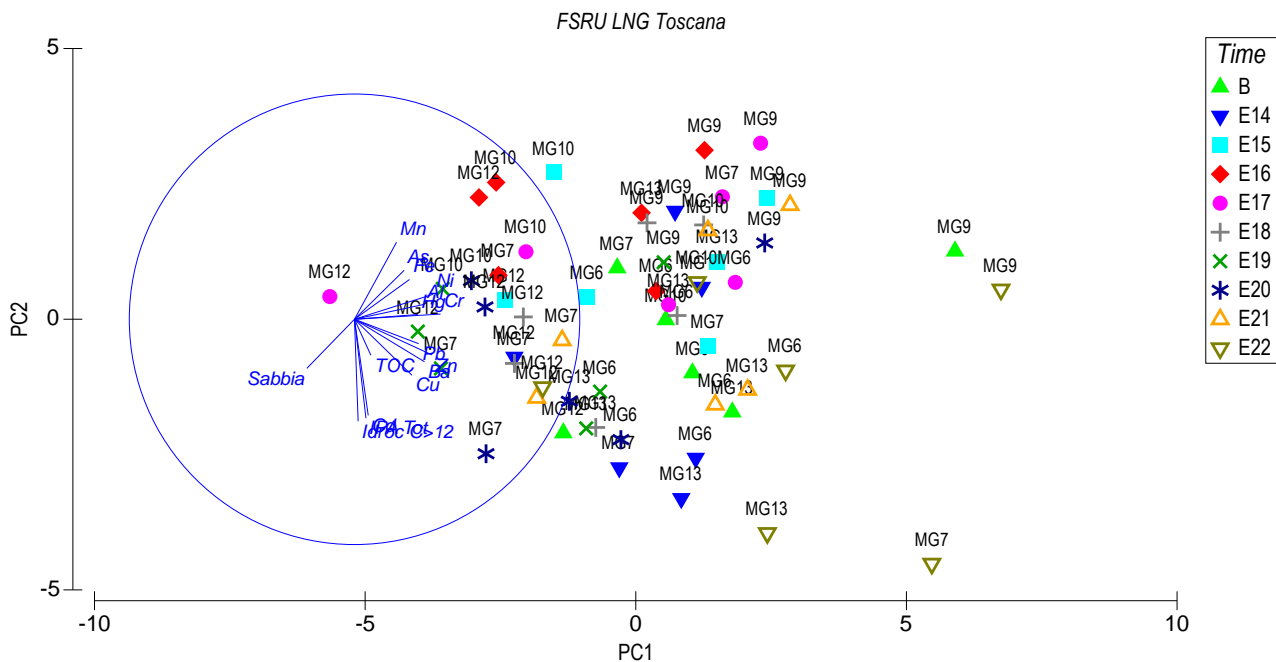


Figura 78 – Risultati dell'Anlisi delle Componenti Principali (PCA) relativa ai dati acquisiti durante i periodi estivi (dal Bianco all'estate 2022). Prima dell'analisi i dati sono stati normalizzati. Per concentrare la varianza sono stati rimossi ghiaia, silt, argilla, idrocarburi C<12.

3.2.2 Saggi ecotossicologici su campioni di sedimento

I risultati dei saggi biologici applicati ai sedimenti testati dal Bianco fino nell'estate 2017 avevano evidenziato complessivamente un miglioramento del grado di tossicità dei sedimenti analizzati (**Tabella 87**).

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

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

Nell'estate 2018 era stato registrato un peggioramento della qualità dei sedimenti rispetto all'estate precedente. Rispetto al Bianco, però, il test con *C. orientale* forniva un livello di qualità comunque migliore. Solo il test con il riccio testimoniava un peggioramento delle condizioni unicamente nelle stazioni MG10 e MG12.

Nell'estate 2019 solo il *C. orientale* testimonia un peggioramento rispetto a E18 in quanto, (tranne E20 MG7) il livello di tossicità passa da Bassa a Media (MG6, MG9) o da Bassa a Alta (MG10, MG12, MG13). Anche rispetto al Bianco si registra un peggioramento, tranne MG7 che esibisce un miglioramento.

Nell'estate 2020 il test con il riccio di mare identifica un leggero peggioramento unicamente in MG10, ossia lontano dal Terminale, mentre nell'estate 2021 il peggioramento riguarda unicamente le stazioni prossime al Terminale (MG12 e MG13).

Il test con il *C. orientale*, invece, mostra tossicità alta ovunque, ossia indipendentemente dalla distanza dall'FSRU, come già rilevato nell'estate precedente (E20). Rispetto al Bianco questo test suggerisce un peggioramento in tutta l'area visto che si osserva in tutte le stazioni di indagine e non solo in quelle più prossime al Terminale.

Tale peggioramento potrebbe essere connesso ad una maggiore biodisponibilità (dovuta a variazioni ambientali indipendenti dall'FSRU) dei contaminanti presenti nell'area, già sede di sversamenti di fanghi portuali.

Occorre, inoltre, sottolineare, come riportato da van den Heuvel-Greve et al. 2007 per il *C. volutator*, che il test cronico (a 28 giorni) è da 7 a 18 volte più sensibile all'ammonio ed ai nitrati rispetto al test acuto (a 10 giorni), fatto che potrebbe influenzare il risultato del test. Inoltre anche il decreto del MATTM 173/16 ha incluso unicamente il test acuto, da affiancare ad altri test per costruire una appropriata batteria di saggi. Pertanto, nell'estate 2022 il test cronico è stato affiancato da quello acuto al fine di garantire una migliore interpretazione della batteria dei test nel suo complesso. Dal momento che tale batteria prevede l'utilizzo di almeno 3 organismi appartenenti a gruppi tassonomici distinti le cui combinazioni devono essere caratterizzate da almeno un saggio su fase solida, almeno un saggio su fase liquida e almeno un saggio che valuti gli effetti cronici e di comprovata sensibilità è stato inoltre introdotto il test eseguito con *Vibrio fischeri* su fase liquida ad integrazione del preesistente eseguito unicamente su sedimento tal quale.

Per quanto riguarda il test cronico con *P. lividus* eseguito durante l'estate 2022, si osserva un leggero miglioramento nelle stazioni poste nei pressi del Terminale (MG12 e MG13) e nel controllo MG10 rispetto alla precedente campagna (E21) e alla fase di Bianco. I risultati del test eseguito con *C. orientale* mostrano assenza di tossicità in tutte le stazioni tranne la MG12, che esibisce tossicità bassa, rilevando un evidente miglioramento rispetto alle precedenti estati (E21 e E22) in cui la tossicità era alta. Si registra un leggero miglioramento anche rispetto alla fase di bianco in cui risultati presentavano una tossicità bassa.

In nessun caso, per tutta la durata del monitoraggio, è stata rilevata tossicità con il test con *V. fischeri* ad eccezione della stazione MG13 che nell'estate 2022 presenta una tossicità bassa.

Tabella 87 - Risultati complessivi dei test ecotossicologici condotti dal Bianco all'Estate 2022. A = tossicità Assente; B = tossicità Bassa; M = tossicità Media. Le stazioni MG6, MG7, MG12, MG13 sono quelle in prossimità del Terminale.

	<i>P. lividus</i>											<i>C. orientale</i> (cronico)											<i>V. fischeri</i> (fase solida)										
	B	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20	E21	E22	B	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20	E21	E22	B	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20	E21	E22			
MG6	B	A	A	B	A	A	B	B	B	B	M	M	A	M	B	B	M	Alta	Alta	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A				
MG7	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	M	M	B	M	A	A	A	Alta	Alta	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A				
MG9	B	A	B	M	A	B	B	B	B	B	B	B	B	M	A	B	M	Alta	Alta	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A				
MG10	B	B	B	M	B	M	B	M	B	A	M	B	B	M	A	B	Alta	Alta	Alta	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A				
MG12	B	M	B	B	B	Alta	B	B	M	A	M	B	Alta	M	A	B	Alta	Alta	Alta	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A				
MG13	B	A	B	B	A	B	B	B	M	A	B	B	M	M	A	B	Alta	Alta	Alta	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B				

I test eseguiti rispettivamente con *C. orientale* a 10 giorni (test acuto) e *Vibrio fischeri* su fase liquida (elutriato) con lo scopo di integrare la batteria di saggi da elaborare tramite software SediQualSoft risultano in linea con i rispettivi test *C.orientale* (cronico) e *V. fischeri* (fase solida) mostrando tossicità assente, **Tabella 88**.

Tabella 88 - Risultati dei test ecotossicologici condotti durante l'estate 2022 con *C. orientale* (cronico) e *Vibrio fischeri* (fase solida) messi a confronto con *C. orientale* (acuto) e *Vibrio fischeri* (fase liquida) A = tossicità Assente; B = tossicità Bassa; M = tossicità Media. Le stazioni MG6, MG7, MG12, MG13 sono quelle in prossimità del Terminale.

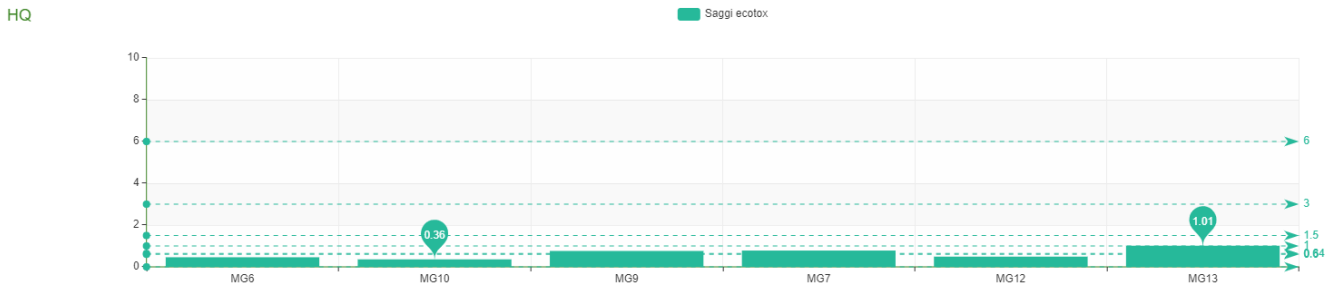
	<i>C. orientale</i> (cronico)	<i>C. orientale</i> (acuto)	<i>V. fischeri</i> (fase solida)	<i>V. fischeri</i> (fase liquida)
	E22	E22	E22	E22
MG6	A	A	A	A
MG7	A	A	A	A
MG9	A	A	A	A
MG10	A	A	A	A
MG12	B	A	A	A
MG13	A	A	B	A

Di seguito si riporta la classificazione del pericolo ecotossicologico relativa ai sedimenti prelevati presso il Terminale MG6, MG7, MG12, MG13 e nei controlli MG9 e MG10 eseguita tramite il software SediQualSoft 109.0® ottenuta dall'inserimento di 2 test acuti eseguiti su fase solida (*V. fischeri* e *C. orientale*) e 1 test cronico di comprovata sensibilità e 1 saggio acuto eseguiti su fase liquida (*P. lividus* e *V. fischeri*), **Tabella 89**.

Tabella 89 - Classificazione del pericolo ecotossicologico eseguita tramite SediQualSoft 109.0®. Bianco=Assente, Cleste=Basso secondo il DM 173/16.

	N. Saggi	% elutriato	HQ Batteria	Livello di pericolo ecotossicologico
MG6	4	49	0,46	ASSENTE
MG7	4	33	0,78	ASSENTE
MG9	4	47	0,76	ASSENTE
MG10	4	38	0,36	ASSENTE
MG12	4	23	0,49	ASSENTE
MG13	4	11	1,01	BASSO

Caratterizzazione ecotossicologica



Tutti i campioni mostrano un pericolo ecotossicologico assente inferiore a 1 ($HQ_{Batteria} < 1$) ad eccezione della stazione MG13 che presenta un $HQ_{Batteria}$ pari a 1,01 superando in maniera trascurabile l'intervallo relativo alla classe di pericolo ritenuta bassa ($\geq 1-1,5$) secondo DM 173/16.

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 da esso, 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. L'ordinamento dei punti stazione è stato ottenuto, anche in questo caso, tramite il n-MDS. Sui medesimi dati relativi alle campagne estive, per verificare la significatività dei pattern osservati è stata usata la PERMANOVA, test multivariato non parametrico, dopo aver testato l'omogeneità delle varianze tramite PERMDISP.

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

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

La formula del modello iniziale è la seguente:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Risultati

Nel piano di ordinamento ottenuto dal nMDS (**Figura 79**) elaborando la matrice "generi con contributo >5% x stazioni" 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.

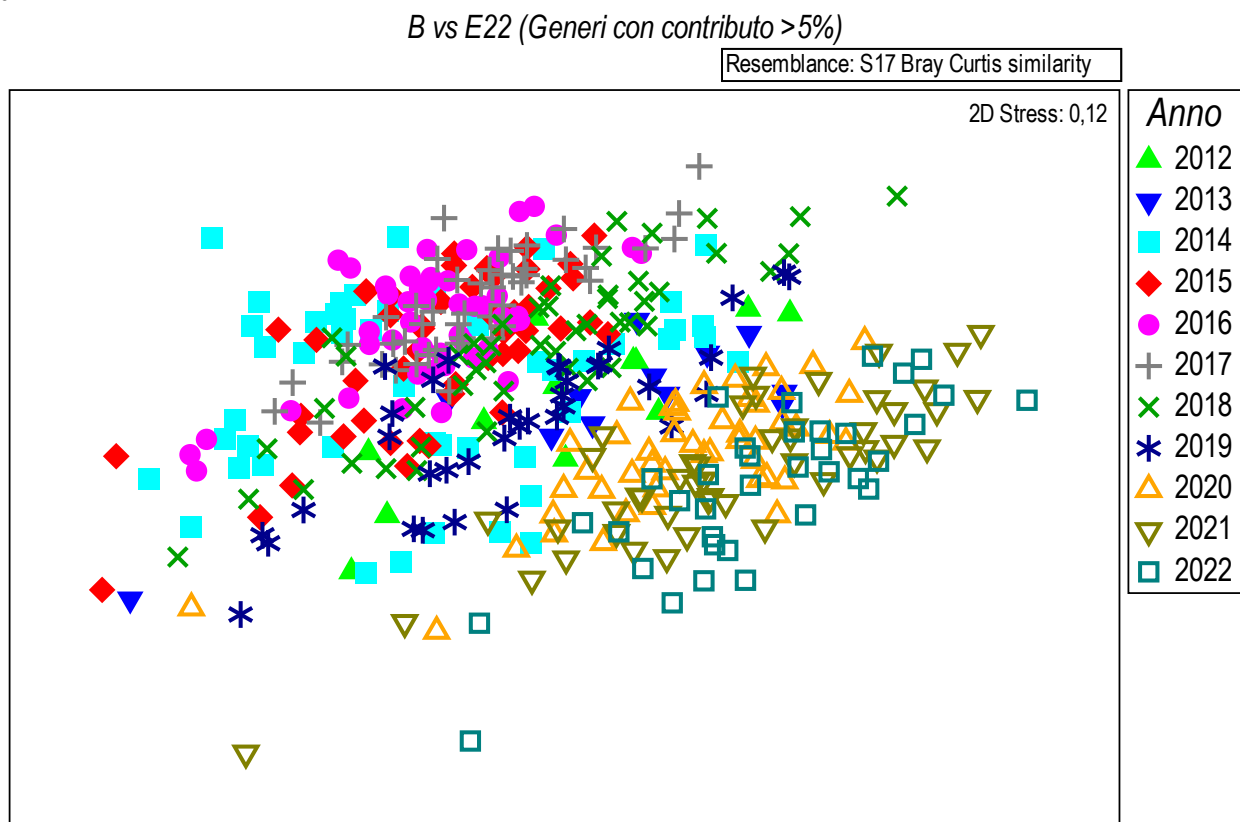


Figura 79 – Piano di ordinamento ottenuto dal n-MultiDimensional Scaling applicato alla matrice generi x stazioni dopo aver selezionato i generi con contributo >5% e mediato le repliche. La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Bray-Curtis. Dall'analisi sono stati rimossi punti relativi all'A19, survey particolarmente povero e pertanto i punti risultano molto dispersi 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 di meno del 4%. 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 90 – 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	0,98099	1,901
Generi vs Generi 5%	0,98712	1,288
Specie vs Generi 5%	0,96174	3,926

La posizione dei punti relativi agli anni 2020, 2021, 2022 (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) risulti non significativa.

Da questa analisi si conferma che il fattore tempo gioca un ruolo importante nel determinare la disposizione dei punti da destra verso sinistra del piano di ordinamento. Il fatto che il gradiente temporale sia parzialmente confuso nel plot, è dovuto 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). Essa ha consentito di confermare che i popolamenti cambiano significativamente nel tempo (fattore Tempo significativo) e presentano differenze significative sulla base della loro distanza dal Terminale (fattore Distanza significativo).

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

B vs E22 Generi (solo stagione estiva)

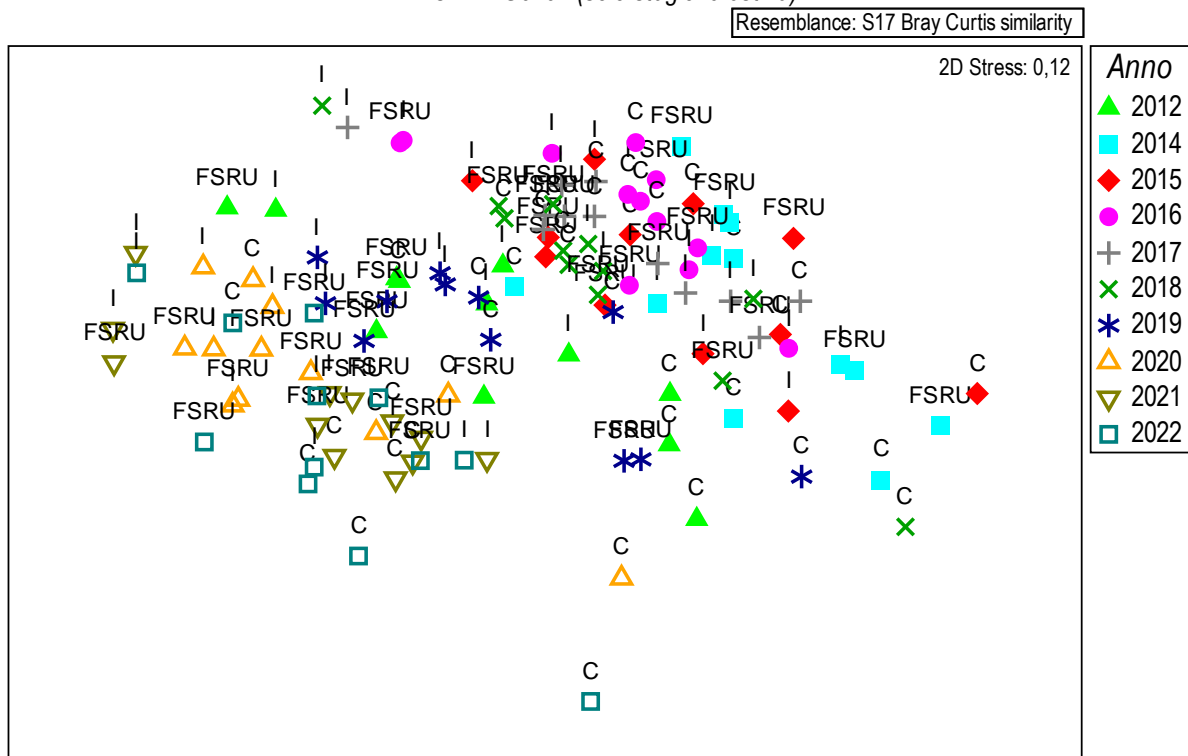


Figura 80 – Piano di ordinamento ottenuto dal n-MultiDimensional Scaling applicato alla matrice “generi con contributo >5% x stazioni” (limitatamente ai campionamenti estivi). La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Brey-Curtis. Nel plot sono stati superimposte le label (C, FSRU, I) che indicano la posizione delle stazioni rispetto al Terminale.

Tabella 91 – Risultati della PERMANOVA. S (Sito) random 4 livelli gerarchizzato in D, T (Tempo) random 8 livelli; D (Distanza) 3 livelli fisso. I dati significativi sono indicati in neretto.

Sorgente di variabilità	Df	SS	MS	Pseudo-F	P (perm)
Tempo (T)	9	1,8924E5	21027	13,828	0,001
Distanza (D)	2	24472	12236	1,4041	0,043
Sito (S)	9	72891	8099	5,3261	0,001
TxD	18	30575	1698,6	1,1171	0,159
TxS (D)	81	1,2317E5	1520,6	2,4404	0,001
Residuo	360	2,2431E5	623,09		
Totale	479	6,6466E5			

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

Coefficienti:	Stima	Err.St.	valore test t	livello di significatività
Intercetta	-68,11	8,93	-7,63	< 0.05
Anno	0,04	0,01	8,05	< 0.05
fDistanza - FSRU	0,15	0,03	5,09	< 0.05
fDistanza - I	-0,22	0,03	-7,46	< 0.05
fStagione - E	0,04	0,03	1,27	NS
fStagione - I	0,13	0,04	3,61	< 0.05
fStagione - P	0,12	0,04	3,48	< 0.05

L'analisi dei residui (**Figura 81**) 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.

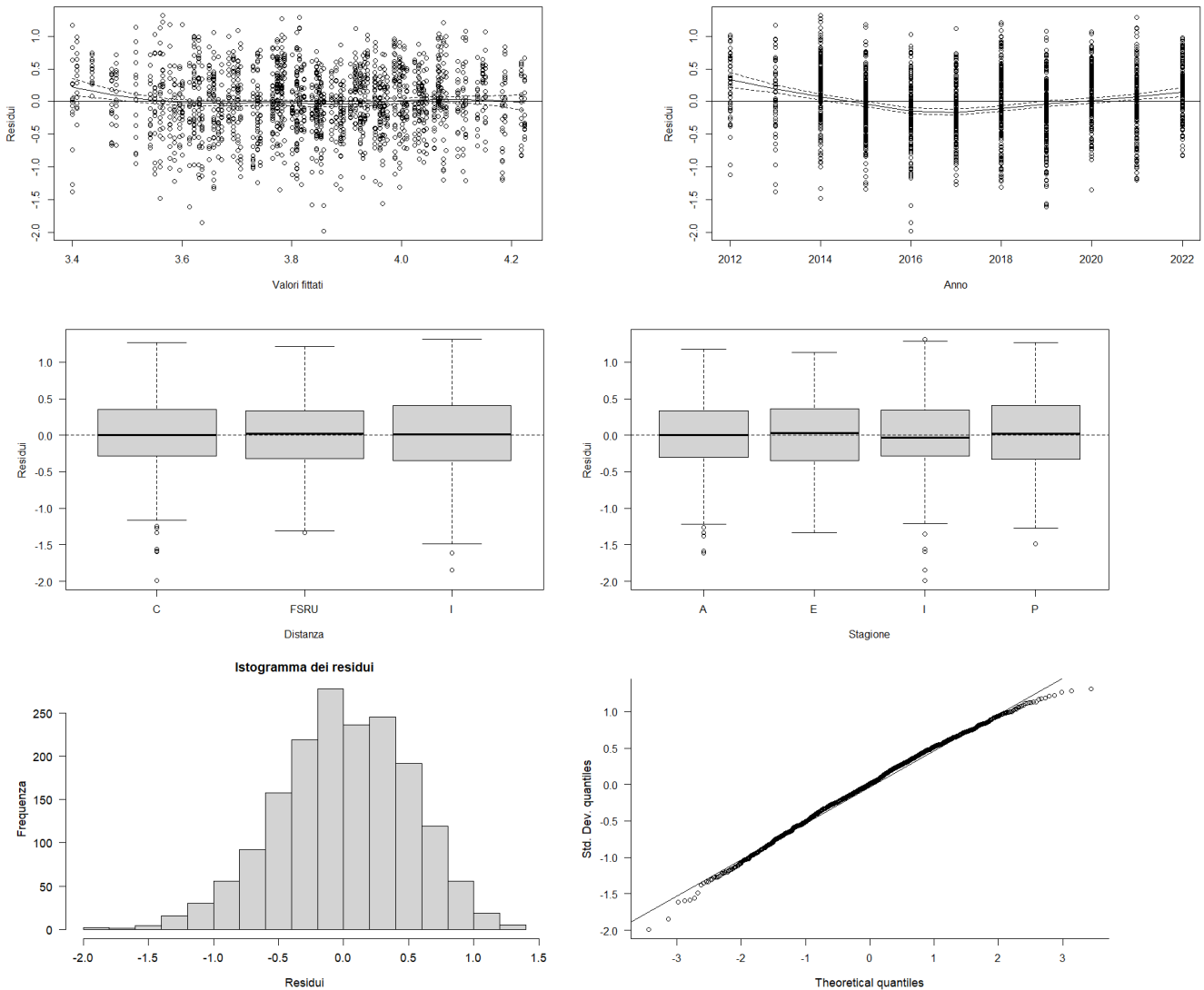


Figura 81 – Analisi grafica dei residui per valutare le assunzioni di omogeneità e normalità dei residui nella analisi di regressione lineare multipla sull'indice di biodiversità di Shannon-Wiever.

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 al livello del 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 93 – Risultati della analisi di regressione lineare multipla sull'indice di ricchezza specifica (D).				
Coefficienti:	Stima	Err.St.	valore test t	livello di significatività
Intercetta	-3649,00	181,90	-20,06	< 0.05
Anno	1,82	0,09	20,22	< 0.05
fDistanza - FSRU	6,68	0,61	11,01	< 0.05
fDistanza - I	1,25	0,61	2,06	< 0.05
fStagione - E	3,42	0,71	0,49	NS
fStagione - I	4,25	0,73	5,86	< 0.05
fStagione - P	2,93	0,73	4,03	< 0.05

Anche in questo caso l'analisi dei residui (**Figura 82**) 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.

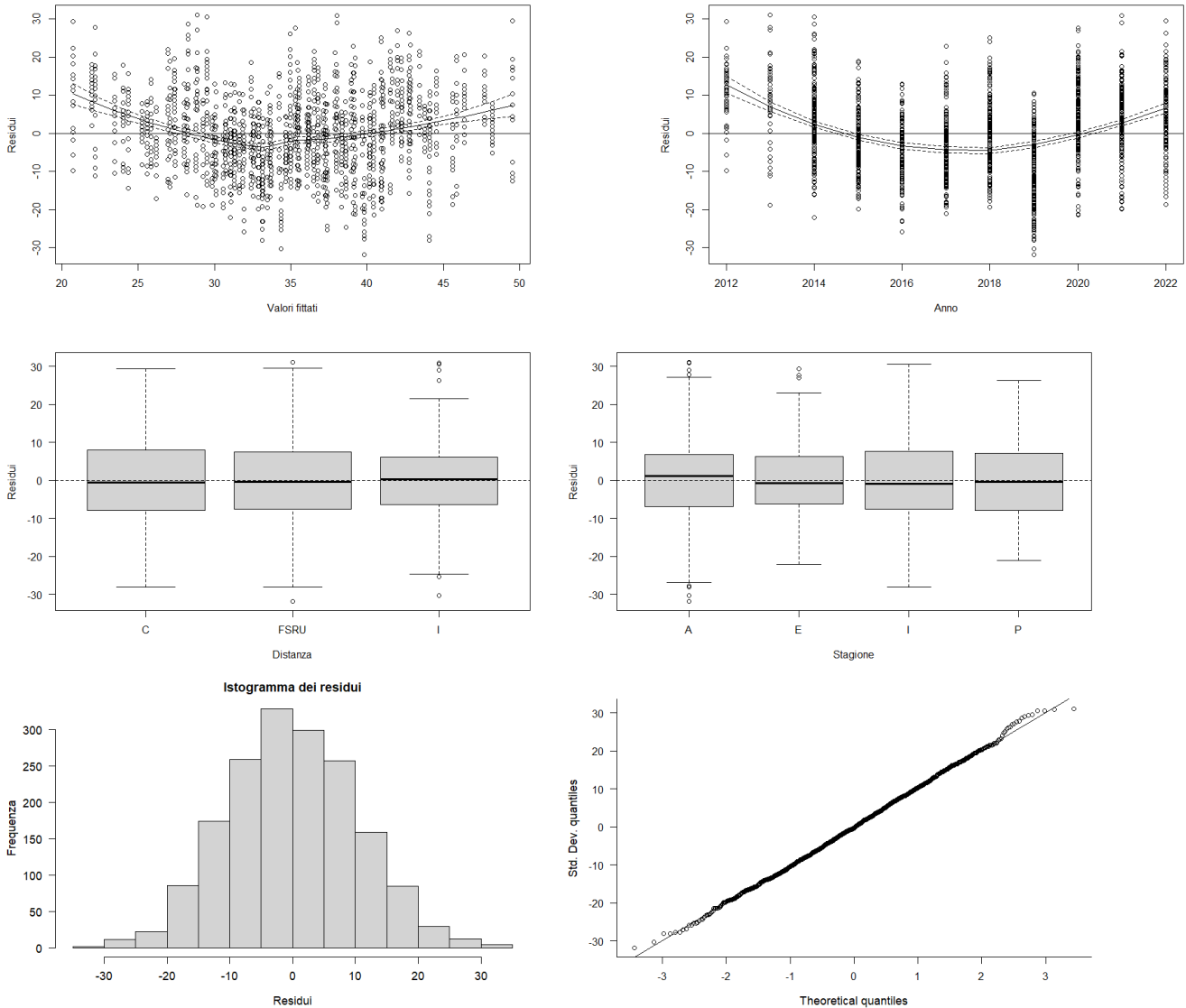


Figura 82 – Analisi grafica dei residui per valutare le assunzioni di omogeneità e normalità dei residui nella analisi di regressione lineare multipla sulla ricchezza specifica (S).

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 quantitativi derivanti dalle 19 campagne di studio (Bianco, I14, E14, I15, E15, I16, E16, I17, E17, I18, E18, I19, E19, I20, E20, I21, E21, I22, E22) sono stati raccolti in un'unica matrice *taxa x stazioni* e analizzati congiuntamente per valutarne l'andamento complessivo. I dati di abbondanza sono stati trasformati secondo l'equazione $y = \log(x+1)$, per ridurre lo sbilanciamento in favore di alcuni taxa particolarmente abbondanti rispetto ad altri.

Il piano di ordinamento è stato ottenuto tramite 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 le stazioni più vicine al Terminale rigassificatore FSRU siano quelle 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 elaborati utilizzando unicamente i survey estivi (B, E14, E15, E16, E17, E18, E19, E20, E21, E22), al fine di espungere 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 dell'area in cui insiste il Terminale rigassificatore FSRU, è stata effettuata l'analisi SIMPER (Similarity Percentages), volta a verificare l'identità dei taxa cui imputare maggiormente l'eventuale disparità osservata 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 menzionate 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 congiunta della fauna rinvenuta nel corso delle 19 campagne di campionamento (Bianco, I14, E14, I15, E15, I16, E16, I17, E17, I18, E18, I19, E19, I20, E20, I21, E21, I22, E22) emerge una biocenosi meiobentonica costituita complessivamente da organismi appartenenti a 29 gruppi tassonomici, dei quali 7 presenti in tutte le campagne di monitoraggio. I Gastrotrichi risultano presenti unicamente nella campagna di Bianco, mentre Idrozoi, Rotiferi, Oligocheti, Sipunculidi, Briozoi, Solenogastri, Scafopodi, Acari, Ofiuroidi e Tunicati sono stati rinvenuti in una (Scafopodi e Tunicati) o più campagne delle fasi di Esercizio. La presenza o meno di questi taxa nei campioni delle diverse fasi dipende verosimilmente più dalla loro rarità, caratteristica che ne rende occasionale il campionamento, 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; 3,7-10,1%), Policheti (range: 3-20 ind./10 cm²; 3,9-9,1%) e, infine, Nauplii (range: 1-18 ind./10 cm²; 1,8-5,3%). I primi quattro gruppi costituiscono complessivamente e, a seconda delle campagne, il 95-98% della biocenosi meiobentonica. Gli altri taxa sono presenti con densità e percentuali molto basse, fornendo un valore di abbondanza variabile tra l'1,5% (E19) e il 5,1% (Bianco e I18) dell'intero popolamento. Tra questi, solo Ostracodi, Scafopodi, Turbellari, Oligocheti, Briozoi e Ciliati raggiungono in alcune occasioni l'1,0% del totale.

Il piano di ordinamento bidimensionale ottenuto mediante l'analisi n-MDS (**Figura 83**) non evidenzia né chiari pattern spaziali, né temporali, riconducibili alla stagionalità.

Per valutare eventuali cambiamenti avvenuti 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 19**) si osserva una diversa distribuzione spaziale delle stazioni prossime al Terminale rispetto a quelle poste 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 mutare nel tempo.

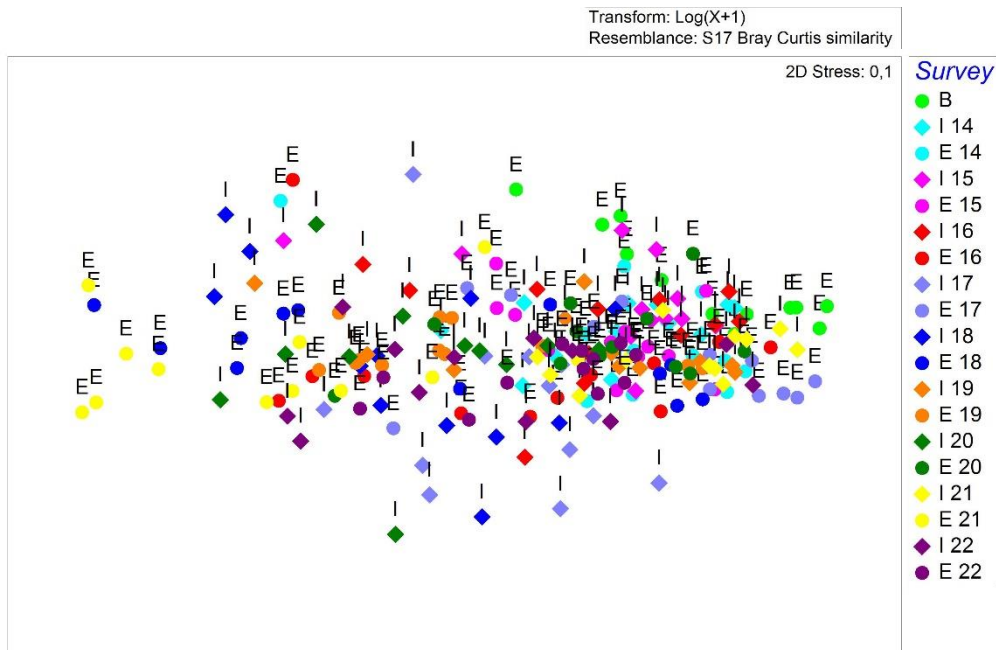


Figura 83 – Piano di ordinamento delle 12 stazioni investigate ottenuto dal non-metric MultiDimensional Scaling (n-MDS), basato sul valore delle abbondanze medie dei taxa principali e similarità di Bray-Curtis, previa trasformazione logaritmica dei dati. Sono stati analizzati i dati acquisiti nel corso di 19 campagne di prelievo, dal Bianco (B) all'Estate 2022 (E22).

Per esplorare eventuali differenze tra i popolamenti posti a distanze diverse dal Terminale e per verificare come 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 faunistici sono stati analizzati per valutare se dopo la campagna di Bianco siano avvenute variazioni significative nelle biocenosi e se tali modifiche possano essere 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.

Dall'analisi PERMANOVA si evince che il fattore "Tempo" è significativo, ad indicare che i popolamenti naturali, come atteso, evolvono nel tempo. Al contrario, il fattore "Distanza" risulta non significativo, indicando che i popolamenti posti a diverse distanze dal Terminale non differiscono tra loro. Tale condizione non cambia nel tempo, infatti l'interazione "Tempo x Distanza" non risulta significativa (**Tabella 94**).

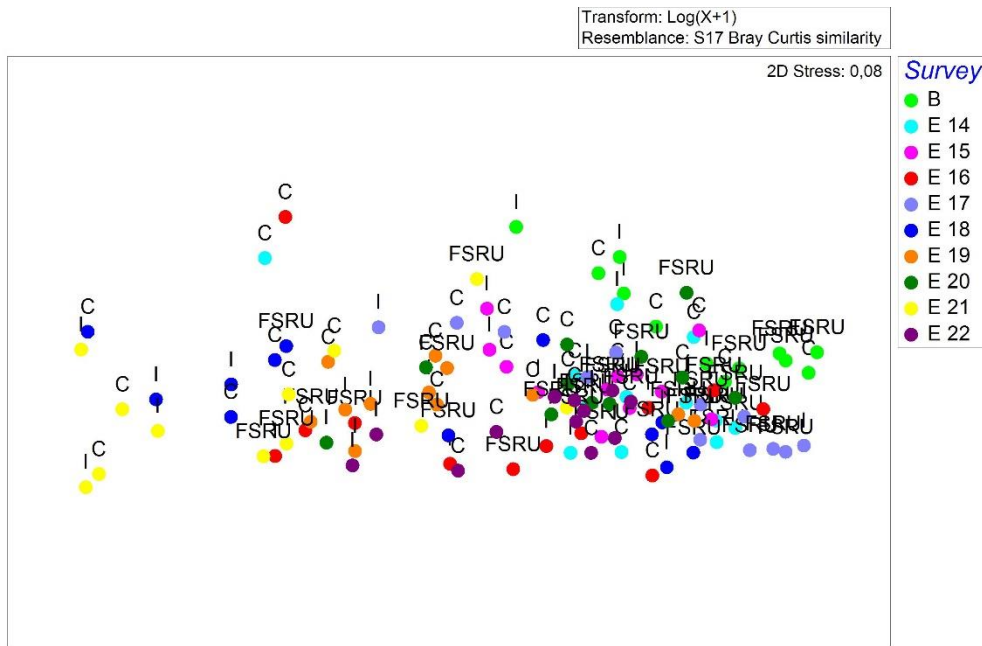


Figura 84 – Piano di ordinamento delle 12 stazioni investigate ottenuto dal non-metric MultiDimensional Scaling (n-MDS), basato sul valore delle abbondanze medie dei taxa principali e similarità di Bray-Curtis, previa trasformazione logaritmica dei dati. Sono stati analizzati i dati acquisiti nel corso di dieci campagne estive, dal Bianco (B) all'Estate 2022 (E22). Nel plot sono sovrapposti i label in base alle distanze delle stazioni dal Terminale (FSRU: vicine al Terminale, I: distanze intermedie, C: controlli).

Tabella 94 – Risultati della PERMANOVA (Permutational Multivariate Analysis of Variance). T: Tempo, D: Distanza, S: Sito. I dati significativi sono indicati in neretto.

Sorgente di variabilità	df	SS	MS	Pseudo-F	P (perm)
Tempo (T)	9	32461	3606,8	8,5323	0,001
Distanza (D)	2	5910,4	2955,2	3,0005	0,092
Sito [S(D)]	9	8864,1	984,89	2,3299	0,002
T x D	18	6343,4	352,41	0,83366	0,81
Residuo	81	34241	422,72		
Totale	119	87820			

L'analisi SIMPER evidenzia che le differenze tra siti derivano principalmente dalla riduzione delle densità di Copepodi, Nauplii e, in misura minore, Policheti. Inoltre, riguardo al solo fattore "Tempo", dalla SIMPER analysis emerge anche una significativa riduzione di Ciliati. Nel complesso le analisi condotte hanno evidenziato alcune significative variazioni a carico della comunità meiobentonica nell'area indagata. Tuttavia, le differenze osservate, riconducibili principalmente ad una generalizzata riduzione delle abbondanze avvenuta nel tempo, non risultano imputabili alla presenza e funzionamento del Terminale FSRU ma sono dovute 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) e T0. Nel complesso si osserva che le variazioni sono del tutto confrontabili, con poche eccezioni.

Un diffuso bioaccumulo di ferro all'interno dei mitili è stato osservato nell'Autunno 2016, ma si trattava di basse concentrazioni in valore assoluto. Un nuovo, maggiore incremento è stato osservato nell'inverno 2018.

In questo survey anche Vanadio e Bario sono stati bioaccumulati nei mitili posti lungo il Terminale.

Il primo (Vanadio) ha raggiunto tenori tra 6 e 8 volte maggiori circa rispetto al Tempo 0, mentre il bario, risultato al di sotto del limite di quantificazione sia al Tempo 0, sia nel controllo Gorgona, è stato quantificato in tutte le stazioni lungo l'FSRU. Queste anomalie non sono state confermate dai dati acquisiti nel VII anno di monitoraggio.

Lo Zinco ha mostrato segnali di bioaccumulo, ma che rimangono sporadici o limitati ad una singola stazione posta lungo il rigassificatore. Solo nell'estate 2016 risultava risultato 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 penultimo anno di monitoraggio (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 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-22) 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 *Sediqua/soft*, che permette di integrare *dataset* eterogenei e fornisce una misura del livello di rischio ambientale (Piva et al., 2011). Il modulo sulle analisi dei Biomarker può elaborare i risultati ottenuti a partire da un'ampia lista di biomarker tra quelli maggiormente utilizzati dalla comunità scientifica. A ciascun biomarker è associato un "peso", diverso a seconda della rilevanza biologica della risposta e del livello di conoscenze sui meccanismi coinvolti; per ciascun biomarker inoltre, è stabilita anche una "soglia" (Threshold) che corrisponde alla variazione minima considerata biologicamente significativa in funzione della specie e del tessuto analizzato. Per calcolare l'indice cumulativo di pericolo per i biomarker, la variazione misurata per ciascun parametro è confrontata con la "soglia" e corretta sia per la significatività statistica della differenza rispetto al controllo, che per l'importanza biologica della risposta ("peso"); ogni biomarker è quindi assegnato ad una classe di pericolo (da assente a molto grave) a seconda dell'entità della variazione rispetto alla soglia. I risultati di tutti i biomarker sono diversamente pesati nel calcolo del pericolo cumulativo e della sua attribuzione ad 1 di 5 classi di gravità. Il modello indica il numero di biomarker all'interno di ciascuna delle 5 classi, il valore di pericolo cumulativo e la classe di pericolo complessivo per i biomarker (Piva et al., 2011). Questo approccio è stato validato ed applicato in differenti contesti ambientali anche di grande complessità, come nel caso del monitoraggio associato al naufragio ed alla rimozione della Nave Concordia presso l'Isola del Giglio (Regoli et al., 2014).

Risultati

L'analisi della regressione lineare aggiornata alla campagna E-22 non ha evidenziato alcun trend significativo per nessuno dei tre biomarker analizzati. I risultati ottenuti a seguito della valutazione di genotossicità in termini di grado di frammentazione del DNA (Fig.1), 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 85).

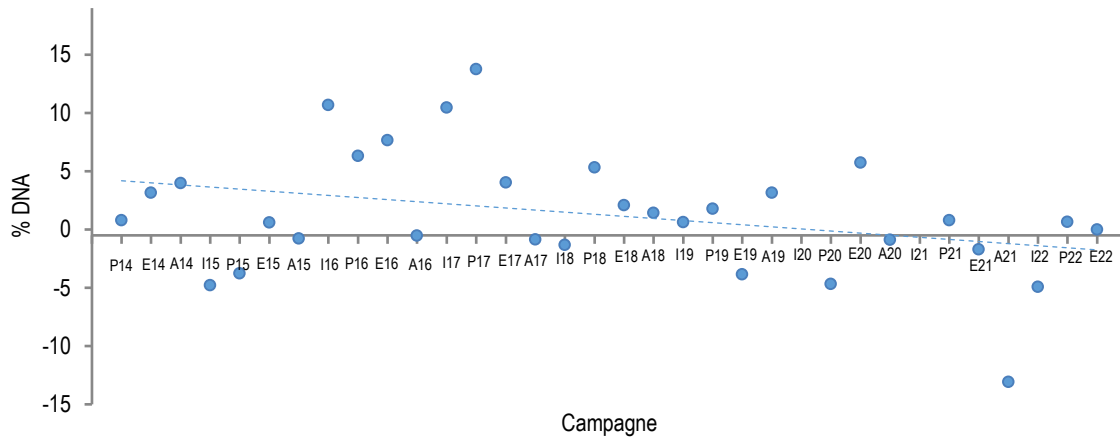


Figura 85 - Variazione temporale del grado di frammentazione del DNA nelle cellule branchiali di mitilo (non significativa)

I risultati relativi alla valutazione di effetti citotossici a carico degli emociti (**Figura 86**) e perturbazioni istologiche a carico del tessuto branchiale nei mitili (**Figura 87** e **Figura 88**) non mostrano trend significativi integrati nel tempo.

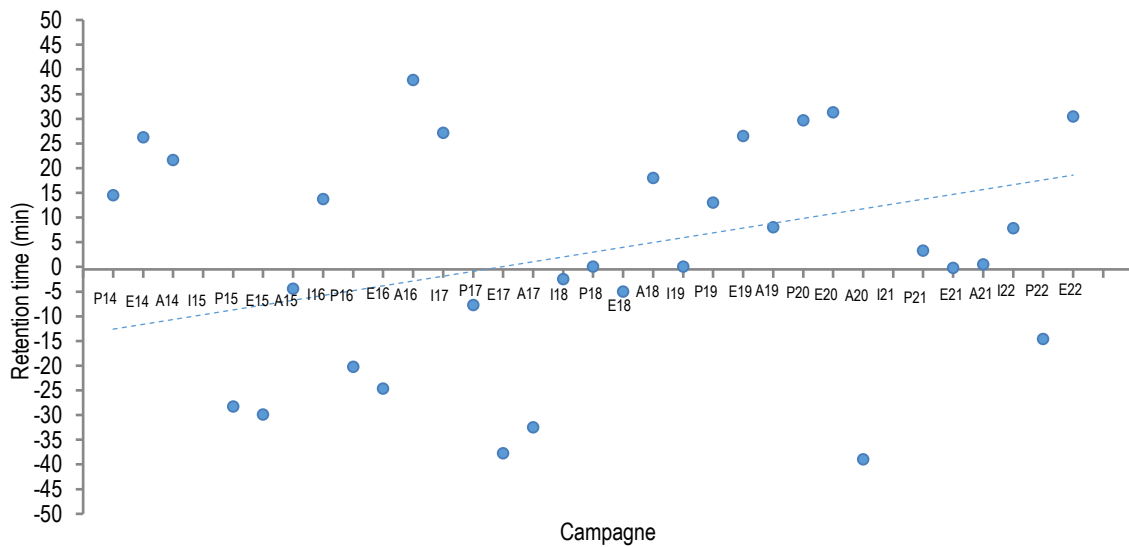


Figura 86 - Variazione temporale dell'integrità della membrana lisosomiale negli emociti di mitilo (non significativa)

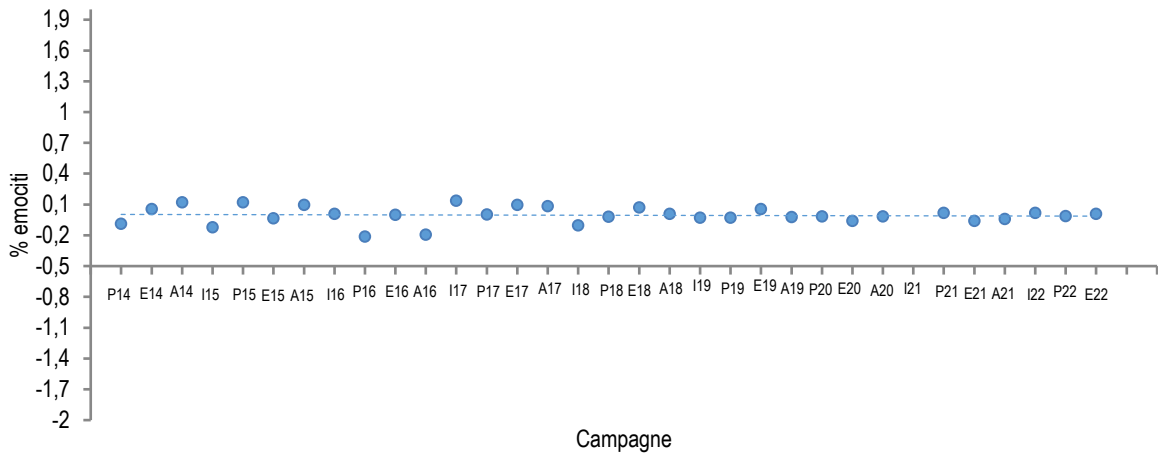


Figura 87 - Variazione temporale della frequenza di emociti nei filamenti branchiali (non significativa)

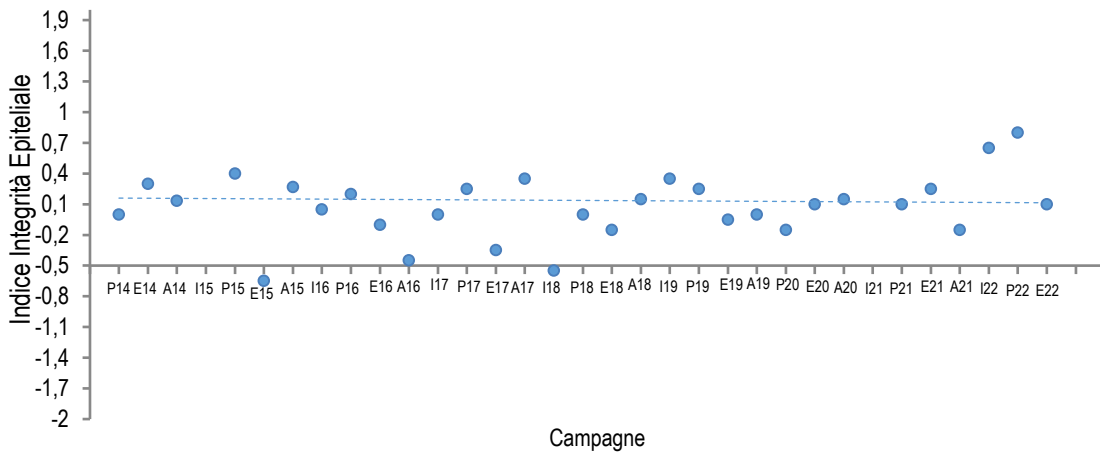


Figura 88 - Variazione temporale dell'indice di integrità del tessuto branchiale di mitilo (non significativa)

I risultati della elaborazione *Sediqualsoft*, che integra i dati relativi a tutti i biomarker indagati, sono illustrati graficamente nella **Figura 89**, nella quale è riportata la classe di rischio per ciascuna delle 33 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	

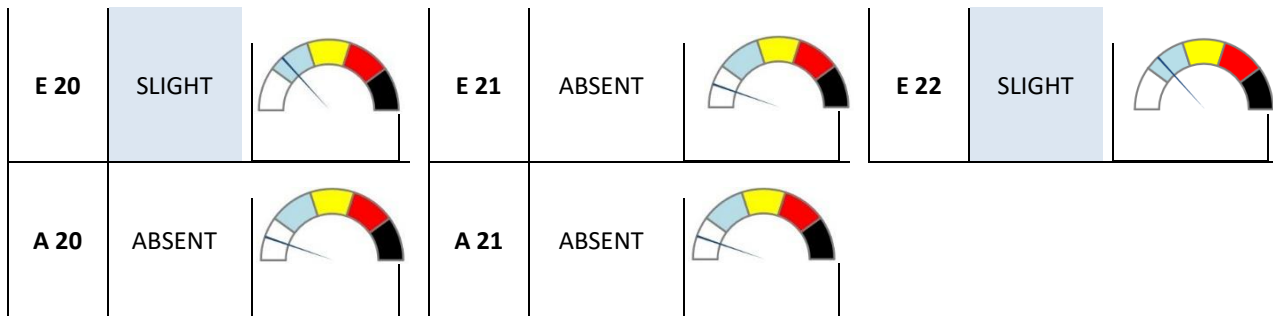


Figura 89 - Integrazione ponderata dei risultati dei biomarker mediante il programma SediquaSoft, da cui emerge un impatto assente o moderato del Terminale nella quasi totalità delle campagne di monitoraggio effettuate.

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:

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

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

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

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

Questo approccio è stato utilizzato per 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 imbrotto. L'unica differenza ha riguardato la scelta della variabile dipendente, che nel caso delle reti a imbrotto, 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:

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

La **Tabella 95** mostra gli output del modello. Dalla stima dei coefficienti si evince che il fattore tempo ha un effetto positivo sull'indice di biomassa della triglia di fango *M. barbatus*, 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 95 – <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	3,94	0,17	23,59	<0,05
fDistanza - I	0,49	0,15	3,28	<0,05
fStagione - I	0,49	0,11	4,58	<0,05
Coefficienti:	EDF	Ref.DF	F	livello di significatività
Anno	2,75	2,96	11,49	<0,05
Profondità	1,31	1,55	13,64	<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.

Merluccius merluccius

Nel caso del nasello, *M. merluccius*, la *backward selection analysis* ha mostrato che il modello migliore nel fittare i dati relativi all'indice di biomassa (kg/km²) di questa specie è quello contenente come variabili esplicative la Profondità e l'Anno, ed 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:

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

La **Tabella 96** mostra gli output del modello. Dalla stima dei coefficienti delle variabili incluse nel modello, si evince che la variabile Profondità abbia un effetto significativo sulla biomassa del nasello *M. merluccius*. In virtù della significatività della variabile Anno, si evince che la biomassa del nasello sia aumentata nel tempo. 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 96 – <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	3,35	0,21	16,13	<0,05
fDistanza - I	0,64	0,21	3,04	<0,05
fStagione - I	-0,92	0,19	-4,83	<0,05
Coefficienti:	EDF	Ref.DF	F	livello di significatività
Profondità	1,00	1,01	11,89	<0,05
Anno	2,65	2,91	9,59	<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:

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

La **Tabella 97** mostra gli output del modello. Dalla stima dei coefficienti delle variabili incluse nel modello, si osserva un aumento generale della biomassa del gambero rosa, *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 è possibile individuare alcun effetto sulla popolazione di gambero rosa legato alla presenza del Terminale FSRU.

Tabella 97 – <i>Parapenaeus longirostris</i>: coefficienti stimati attraverso analisi con modello GAM. EDF = Gradi di libertà della funzione di smoothing.				
Coefficienti:	Stima	Dev.St.	valore test t	livello di significatività
Intercetta	3,49	0,11	30,85	<0,05
fStagione - I	-1,49	0,29	-4,98	<0,05
Coefficienti:	EDF	Ref.DF	F	livello di significatività
Anno	3,19	3,77	8,55	<0,05
Profondità	2,41	2,75	7,75	<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.

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:

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

La **Tabella 98** mostra gli output del modello. Dalla stima dei coefficienti delle variabili incluse nel modello, il fattore distanza mostra un effetto positivo per quanto riguarda l'area interna (I), cioè quella più prossima al Terminale FSRU. Infine, in inverno la biomassa osservata del gattuccio, *S. canicula*, risulta superiore a quella presente in estate. In conclusione, per quanto riguarda questa specie, è possibile individuare un effetto positivo sulla biomassa della popolazione legato alla presenza del Terminale FSRU. In generale, nel tempo la biomassa del gattuccio ha mostrato un aumento, con una leggera riduzione negli ultimi due anni.

Tabella 98 – <i>Scylliorhinus canicula</i>: coefficienti stimati attraverso analisi con modello GAM. EDF = Gradi di libertà della funzione di smoothing.				
Coefficienti:	Stima	Dev.St.	valore test t	livello di significatività
Intercetta	3,79	0,25	14,86	<0,05
fDistanza - I	0,73	0,23	3,16	<0,05
fStagione - I	0,45	0,12	3,78	<0,05
Coefficienti:	EDF	Ref.DF	F	livello di significatività
Anno	2,95	2,95	10,44	<0,05

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

Pesci ossei

Per quanto riguarda i Pesci Ossei, la *backward selection analysis* ha mostrato che il modello migliore nel fittare i dati relativi all'indice di biomassa (kg/km²) di questa categoria faunistica è quello contenente come variabili esplicative il tempo (Anno) ed il fattore stagione. A differenza degli anni precedenti, la variabile Anno è stata usata come variabile continua, e non più come fattore.

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

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

La **Tabella 99** mostra gli output del modello. Dalla stima dei coefficienti delle variabili incluse nel modello, si evince come la stagione abbia un effetto significativo sulla biomassa totale dei Pesci Ossei: in inverno la biomassa osservata risulta superiore a quella presente in estate. La biomassa dei Pesci Ossei non mostra trend temporali: la variabile Anno, infatti, mostra una funzione di smoothing significativa, ma il pattern mostra ampie fluttuazioni, senza alcun trend generale. In conclusione, anche per quanto riguarda questa categoria faunistica, non è possibile individuare alcun effetto sulla popolazione legato alla presenza del Terminale FSRU.

Tabella 99 – Pesci Ossei: coefficienti stimati attraverso analisi con modello GAM. EDF = Gradi di libertà della funzione di smoothing.				
Coefficienti:	Stima	Dev.St.	valore test t	livello di significatività
Intercetta	5,82	0,09	62,95	<0,05
fStagione - I	0,60	0,11	5,69	<0,05
Coefficienti:	EDF	Ref.DF	F	livello di significatività
Anno	7,43	8,32	3,91	<0,05

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

Pesci cartilaginei

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

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

La **Tabella 100** 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 è possibile individuare un effetto sul popolamento legato alla presenza del Terminale FSRU.

Tabella 100 – 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	4,80	0,15	31,19	<0,05
fStagione - I	0,87	0,15	5,69	<0,05
Coefficienti:	EDF	Ref.DF	F	livello di significatività
Anno	2,72	2,94	9,91	<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:

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

La **Tabella 101** mostra gli output del modello. Dalla stima dei coefficienti delle variabili incluse nel modello, si evince come solo il fattore stagione abbia un effetto significativo sulla biomassa totale dei Molluschi Cefalopodi. In particolare, in inverno la biomassa osservata risulta superiore a quella presente in estate. Di conseguenza, anche per quanto riguarda questa categoria faunistica, non è possibile individuare alcun effetto sulla popolazione legato alla presenza del Terminale FSRU.

Tabella 101 – 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	3,96	0,10	38,17	<0,05
fStagione - I	0,30	0,14	2,23	<0,05
Coefficienti:	EDF	Ref.DF	F	livello di significatività
Profondità	1,84	2,25	2,45	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.

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:

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

La **Tabella 102** mostra gli output del modello. Dalla stima dei coefficienti delle variabili incluse nel modello, si evince come 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 è possibile individuare alcun effetto sulla popolazione legato alla presenza del Terminale FSRU.

Tabella 102 – 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	3,82	0,09	41,42	<0,05
fStagione - I	-0,54	0,17	-3,16	<0,05
Coefficienti:	EDF	Ref.DF	F	livello di significatività
Anno	2,34	2,71	4,02	<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:

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

La **Tabella 103** mostra gli output del modello. La biodiversità risulta positivamente correlata solo con la profondità e mostra un pattern temporale (variabile Anno).

Tabella 103 – 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	2,22	0,07	33,06	<0,05
fDistanza - l	-0,09	0,08	-1,15	NS
Coefficienti:	EDF	Ref.DF	F	livello di significatività
Profondità	1,10	9,00	1,35	<0,05
Anno	3,05	3,78	6,40	<0,05

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

Ricchezza specifica S

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

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

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

Tabella 104 – Ricchezza specifica S : coefficienti stimati attraverso analisi della regressione lineare multipla.				
Coefficienti:	Stima	Dev.St.	valore test t	livello di significatività
Intercetta	-22,41	12,73	-1,76	NS
Profondità	10,47	2,71	3,87	<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 (espressi in kg/h per le reti a imbocco) del gattuccio, *S. canicula*, con reti a imbocco, 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 (kg/h) 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:

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

La **Tabella 105** 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 è possibile individuare alcun effetto sulla popolazione di gattuccio legato alla presenza del Terminale FSRU.

Tabella 105 – <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	-0,77	0,22	-3,58	<0,05
fDistanza - I	0,19	0,23	0,87	NS
fStagione - I	-0,24	0,16	-1,56	NS
Coefficienti:	EDF	Ref.DF	F	livello di significatività
Profondità	1,00	1,00	0,12	NS
Anno	1,51	1,84	0,33	NS

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

Raja clavata

Anche per questa specie sono stati utilizzati dei Generalized Additive Model (GAM) (Hastie e Tibshirani, 1990). Per quanto riguarda i dati di cattura (espressi in kg/1000m/24h per le reti a imbrocco) della razza chiodata, *R. clavata*, con reti a imbrocco, la *backward selection analysis* ha mostrato che il modello migliore nel fittare i dati relativi alle catture in peso (kg/h) 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:

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

La **Tabella 106** mostra gli output del modello. Dalla stima dei coefficienti delle variabili incluse nel modello, si evince che la biomassa della razza chiodata aumenta con la profondità. Inoltre, si osserva un aumento della biomassa nel tempo. In ogni caso, anche per questa specie non è possibile individuare alcun effetto sulla popolazione legato alla presenza del Terminale FSRU.

Tabella 106 – <i>Raja clavata</i> : coefficienti stimati attraverso analisi 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	2,01	2,46	2,67	NS
Anno	1,27	1,48	4,67	<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.

Infine, per 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 107**). 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 107 – Tabella riassuntiva dei risultati con approccio "Traffic light".

Attezzo campionatore	Specie	Effetto del Terminale
Strascico	<i>Mullus barbatus</i>	
Strascico	<i>Merluccius merluccius</i>	
Strascico	<i>Parapenaeus longirostris</i>	
Strascico	<i>Scyllorhinus canicula</i>	
Rete ad imbocco	<i>Scyllorhinus canicula</i>	
Rete ad imbocco	<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

3.3.6 Fauna ittica pelagica

Gli scarsi risultati ottenuti nello studio della fauna ittica pelagica sono da mettere in relazione con le caratteristiche di questo tipo di pesca e delle specie che si vanno a studiare. La concentrazione degli esemplari, in genere, è molto bassa ed organizzata in branchi, che non hanno una distribuzione continua. Pertanto, questa indagine non fornisce informazioni utili per valutare eventuali effetti del Terminale.

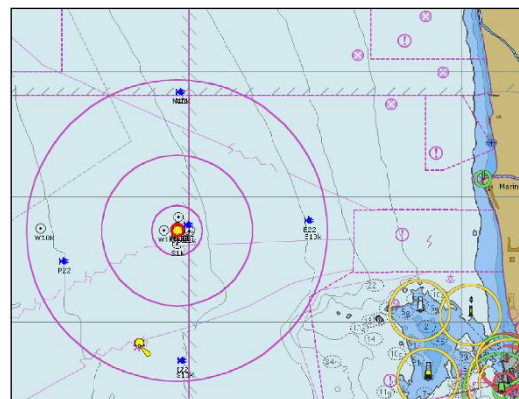
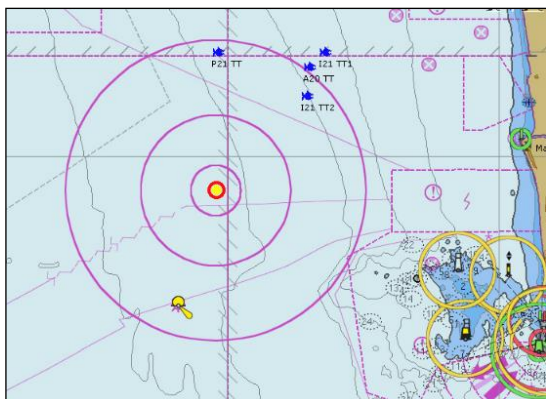
3.3.7 Cetacei e tartarughe marine

L'area scelta per il posizionamento del Terminale FSRU Toscana ricade all'interno del Santuario Pelagos. Il primo monitoraggio della presenza di cetacei e tartarughe risale agli anni 2000. Nella **Figura 90** sono riportati gli avvistamenti nell'area di monitoraggio antecedenti alla campagna di Bianco B12.



Figura 90 - Dati storici sulla presenza di cetacei risalenti agli anni 2000

Al termine della campagna di Bianco (B12) (



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

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

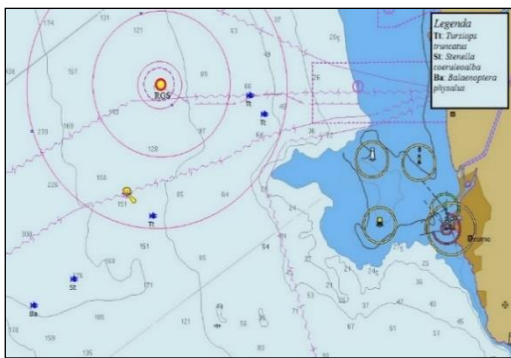
Figura 91) gli avvistamenti sono stati effettuati principalmente nelle zone Est e Sud, all'interno delle 6 miglia nautiche dal Terminale e Sud-Ovest all'esterno dell'area.

Nell'ottavo anno di monitoraggio (A20-I21-P21-E21) all'interno dell'area di monitoraggio sono stati effettuati in totale quattro avvistamenti di cetacei per un totale di 23 delfini di cui 1 giovane e 2 piccoli. Nessun avvistamento di tartarughe marine.

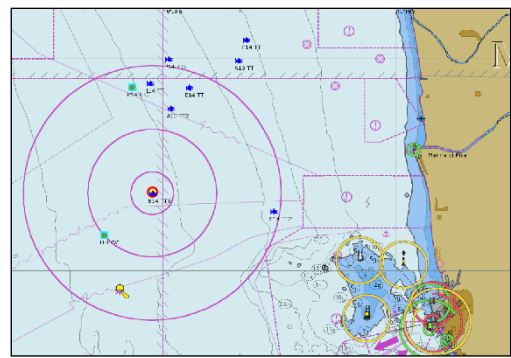
Riguardo i cetacei incontrati si è trattato sempre di delfini appartenenti alla specie tursiopo (*Tursiops truncatus*). Il primo avvistamento effettuato a dicembre a 6,1nm a NE del Terminale in totale 5 individui; il secondo e terzo effettuati nel mese di marzo rispettivamente a 7nm con 8 individui di cui 1 giovane e 2 piccoli e a 5,4nm con 4 individui, entrambi gli avvistamenti a NE del Terminale ed in presenza di pescherecci a strascico; il quarto nel mese di giugno a 2,8nm a E del Terminale per un totale di 3 individui, in assenza di pescherecci.

Rispetto alle precedenti campagne di monitoraggio l'ottavo anno ha registrato il minor numero di individui avvistati, mentre nell'anno successivo (A21-E22) gli avvistamenti sono paragonabili alla media degli anni precedenti.

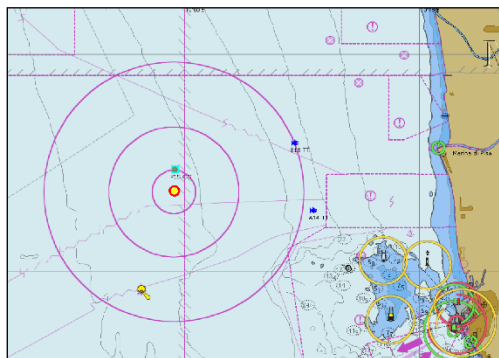
Il terzo anno rimane ancora quello con gli avvistamenti più numerosi. Di seguito le mappe con tutti gli avvistamenti per campagna annuale.



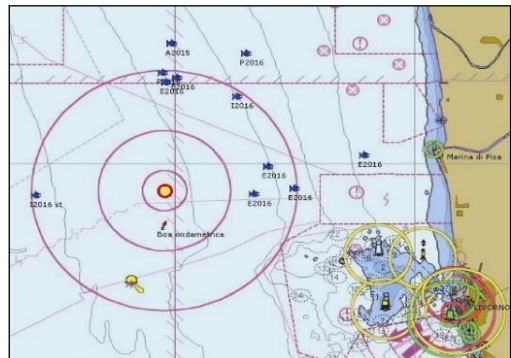
Avvistamenti nella campagna di Bianco B12.



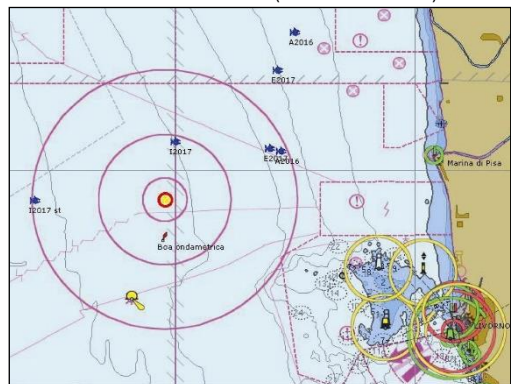
Avvistamenti 1° anno (A13-I14-P14-E14).



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



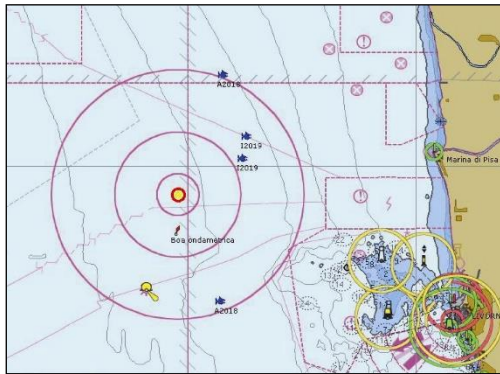
Avvistamenti 3° anno (A15-I16-P16-E16).



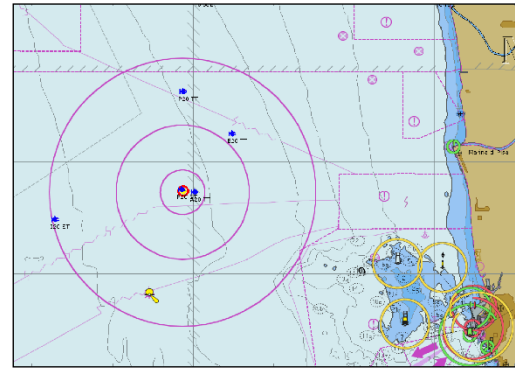
Avvistamenti 4° anno (A16-I17-P17-E17).



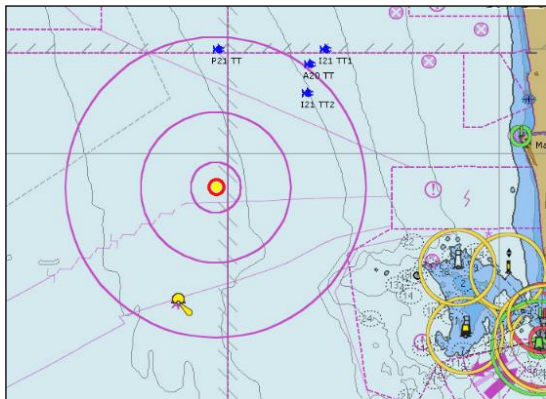
Avvistamenti 5° anno (A17-I18-P18-E18).



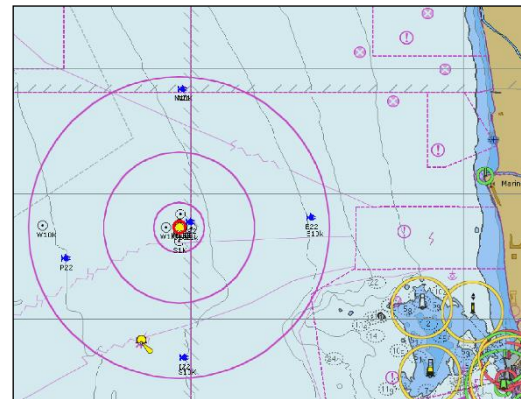
Avvistamenti 6° anno (A18-I19-P19-E19).



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



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



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

Figura 91 - Avvistamenti a partire dalla campagna di Bianco (B12) fino al 9° anno (A21-I22-P22-E22).

Osservando le mappe con gli avvistamenti si nota come solo in tre campagne su nove, quindi nel 30% della totalità, si sono verificati avvistamenti di cetacei tursiopi all'interno del cerchio di 1nm dal Terminale; di questi addirittura due su cinque a 100m dalla sorgente. Tuttavia la Tabella 1 mostra come la maggior parte degli avvistamenti, sia durante le fasi di ricerca che durante gli spostamenti tra le stazioni di registrazione del rumore, ricadono nel cerchio di 6nm dalla sorgente. Questa fascia di mare, in particolare tra N ed E, è quella utilizzata dai pescherecci per la attività dello strascico confermando quindi come tale comportamento indotto dalla presenza di attività antropiche influenzi le scelte delle zone di caccia dei tursiopi.

Tabella 108 - 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	
Totali	5	1	33	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 distanti 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. Il posizionamento del Terminale e la creazione della corrispondente area di interdizione ha quindi modificato le rotte di tali imbarcazioni che incidono nell'area e ha influenzato di conseguenza gli spostamenti dei delfini. Tuttavia, riguardo i tursiopi, alcune condizioni particolari, quali ad esempio la presenza di prede in aree specifiche (dove presenti imbarcazioni o strutture come il Terminale), spingono i delfini a dirigersi verso queste zone rendendole di fatto ininfluenti alle loro attività

Riguardo il 9° anno gli avvistamenti si sono verificati su tutte e quattro le direttrici anche se prevalentemente nella fascia delle 6nm, con un avvistamento vicino alla stazione E1K durante la campagna invernale ed uno altro (per la prima volta tra tutte le campagne) durante la registrazione del rumore in E10K. Il numero di avvistamenti si avvicina alla media tra le campagne (n° medio avvist=6), quindi in linea con gli altri anni.

Ad oggi possiamo affermare, dai dati in nostro possesso, che la presenza del Terminale, in termini di disturbo, influenza solo indirettamente gli spostamenti dei tursiopi presenti nell'area. Nel 30% delle osservazioni per campagna (3 su 9) i delfini sono stati avvistati entro 1nm dalla sorgente del rumore, tuttavia solo il 20% degli avvistamenti ricade in tale fascia mentre il restante 80% ricade in quella delle 6nm.

La motivazione potrebbe ricondursi al tipico comportamento predatorio dei tursiopi citato nel paragrafo precedente, secondo il quale la presenza di cibo spinge i tursiopi a cacciare anche in aree dove precedentemente non era presente una sorgente di rumore (nel nostro caso il Terminale). Non è, tuttavia, possibile definire se la presenza del Terminale comporti effetti positivi, negativi o neutri poiché gli avvistamenti a poche centinaia di metri dal Terminale non sono indicativi di un'assenza di disturbo diretto. Per questa particolare argomentazione, si rimanda al documento dedicato sul rumore sottomarino redatto dal Rina.

Riguardo le tartarughe marine l'assenza di rilevamenti dalla terza campagna ad oggi (con l'eccezione di 3 avvistamenti rispettivamente nelle prime due campagne) non è necessariamente indicativo di effetti su questi animali. Gli scarsi avvistamenti sono piuttosto relazionabili al comportamento delle tartarughe: apnee di ore, stazionamento in superficie solo per brevissimi periodi, rapida immersione in caso di disturbi esterni e scelta neritica di stazionamento e ricerca del cibo rendono difficilissimi avvistamenti. I nidi del 2022 a Marina di Pietrasanta e Cinquale non fanno altro che confermare che anche questa zona del Mar Ligure sia frequentata da tartarughe della specie *Caretta caretta*.

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 Determinazioni 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 nono anno di esercizio oggetto della presente Relazione, permettono di asserire che non si sono verificate, durante i primi nove 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. Mediterr.* 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. Mediterr.* 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. Mediterr.*, 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., Ciaprinì 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., Appoloni 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-Roumzeilles V., Coccioni R., Balsamo M. 2015. Meiobenthos and free-living nematodes as tools for biomonitoring environments affected by riverine impact. *Environ. Monit. Assess.* 187, doi: 10.1007/s10661-015-4493-7.
- Semprucci F., Sbrocca C., Baldelli G., Tramontana M., Balsamo M. 2017. Is meiofauna a good bioindicator of artificial reef impact?. *Mar. Biodiv.* 47: 511-520.
- Sparre, P. and Venema, S.C. 1998. Introduction to tropical fish assessment - Part 1: Manual. FAO Fisheries Technical Paper, 306/1, 407 pp.
- Southall, B. L., Bowles, A. E., Ellison, W. T., Finneran, J. J., Gentry, R. L., Greene, C. R., Jr., Tyack, P. L. (2007). Marine mammal noise exposure criteria. *Aquatic Mammals*, 33(4). <https://doi.org/10.1578/AM.33.4.2007.411>
- Todaro M. A., Virno-Lamberti C., Pulcini M., Pellegrini D., De Ranieri S. 2001. Monitoring of a dredged material disposal site: evidence of rapid meiofaunal recolonization of the dumped sediments. *Biol. Mar. Medit.* 8: 1-10.
- Todaro M. A., Virno-Lamberti C., Pulcini M., Pellegrini D., De Ranieri S. 2002. Meiofauna of a dredging disposal site. *Biol. Mar. Medit.* 9: 647-650.
- Voliani A., Pesci P., Abella A. 2017. *Mullus barbatus*. In: Sartor P., Mannini A., Carlucci R., Massaro E., Queirolo S., Sabatini A., Scarcella G., Simoni R. (eds), Sintesi delle conoscenze di biologia, ecologia e pesca delle specie ittiche dei mari italiani / Synthesis of the knowledge on biology, ecology and fishery of the halieutic resources of the Italian seas. *Biol. Mar. Mediterr.*, 24 (Suppl. 1): 311-321.
- Warwick R. M., Platt H. M., Clarke K. R., Agard J., Gobin J. 2090. Analysis of macrobenthic and meiobenthic community structure in relation to pollution and disturbance in Hamilton Harbour, Bermuda. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 138: 120-142.
- Zeppilli D., Sarrazin J., Leduc D., Martinez-Arbizu P., Fontaneto D., Fontanier C., Gooday A.J., Kristensen R. M., Ivanenko V. N., Sørensen M. V., Vanreusel A., 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.* doi10.1007/s12526-015-0359-z.
- Zuur, A. F., Ieno, E.N., Walker, N.J., Saveliev, A.A., Smith, G.M. 2009. Mixed effects models and extensions in ecology with R. Springer, New York, 574 pp.