

Piano di Monitoraggio dell'Ambiente Marino Autunno 2022(A22), Inverno 2023 (I23) Primavera 2023 (P23), Estate 2023 (E23)

Fase di esercizio X Report Annuale



Volume 1

<i>Rev. 1</i>	<i>31.05.24</i>	<i>Emissione definitiva</i>	<i>SL/AMDB</i>	<i>AMDB</i>	<i>GBP</i>
<i>Rev. 0</i>	<i>16.10.24</i>	<i>Emissione per commenti committente</i>	<i>SL/AMDB</i>	<i>AMDB</i>	<i>GBP</i>
<i>Rev</i>		<i>Descrizione della revisione</i>	<i>Preparato da</i>	<i>Verificato da</i>	<i>Approvato da</i>

1	INTRODUZIONE	10
1.1	Breve descrizione dell'impianto di rigassificazione	10
1.2	Breve cronistoria relativa al progetto di monitoraggio	10
1.3	Obiettivi fase di esercizio	11
2	MATERIALI E METODI	11
2.1	Attività e tempistiche	11
2.2	Area di indagine	12
2.3	Colonna d'acqua	14
2.3.1	Profili idrologici	14
2.3.2	Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	14
2.3.3	Plancton	16
2.3.4	Saggi ecotossicologici	17
	<i>Vibrio fischeri</i> (sistema Microtox®) - fase liquida	17
	<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	18
	<i>Paracentrotus lividus</i>	18
	<i>Acarta tonsa</i>	18
2.4	Sedimenti	19
2.4.1	Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	19
	Analisi granulometriche	19
	Analisi chimiche	19
	Analisi microbiologiche	20
2.4.2	Saggi ecotossicologici	20
	<i>Paracentrotus lividus</i>	21
	<i>Corophium orientale</i>	21
	<i>Vibrio fischeri</i> (sistema Microtox®) - fase liquida	21
2.5	Biota	22
2.5.1	Macrozoobenthos	22
2.5.2	Meiobenthos	22
2.5.3	Bioaccumulo	23
2.5.4	Biomarkers	25
2.5.5	Fauna ittica bentonectonica	26
2.5.6	Fauna ittica pelagica	28
2.5.7	Cetacei e tartarughe marine	28
2.6	Indagini generali	31
2.6.1	Bioacustica	31
3	RISULTATI SURVEY AUTUNNO 2022	32
3.1	Colonna d'acqua	32
3.1.1	Profili idrologici	32
3.1.2	Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	34
3.1.3	Plancton	43

3.2	Biota	52
3.2.1	Macrozoobenthos.....	52
3.2.2	Bioaccumulo.....	55
3.2.3	Biomarkers	57
3.2.4	Cetacei e tartarughe marine.....	59
3.3	Indagini generali.....	59
3.3.1	Bioacustica.....	59
4	RISULTATI SURVEY INVERNO 2023	61
4.1	Colonna d'acqua	61
4.1.1	Profili idrologici.....	61
4.1.2	Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche.....	63
4.1.3	Plancton	73
4.1.4	Saggi ecotossicologici.....	82
	<i>Vibrio fischeri</i>	83
	<i>Pheodactylum tricornutum</i>	83
	<i>Paracentrotus lividus</i>	84
	<i>Acartia tonsa</i>	85
4.2	Biota.....	87
4.2.1	Macrozoobenthos.....	87
4.2.2	Meiobenthos.....	91
4.2.3	Bioaccumulo.....	98
4.2.4	Biomarkers	100
4.2.5	Fauna ittica bentonectonica	102
4.2.6	Cetacei e tartarughe marine.....	114
4.3	Indagini generali.....	115
4.3.1	Bioacustica.....	115

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 - Area di studio (sopra) e disposizione dei punti di campionamento (a destra) dove sono indicate tutte le attività previste nelle diverse stazioni, sebbene non tutte siano effettuate su base stagionale. La ripartizione temporale delle attività è riportata in tabella 4.....	13
Figura 2 - Area di studio in cui sono state effettuate le misurazioni del rumore, la bioacustica e l'avvistamento dei cetacei e delle tartarughe marine, con indicate le stazioni a 10 km dal Terminale e in grigio i transetti circolari a 1, 3 e 6 NM di distanza dal Terminale.	29
Figura 3 - Distribuzione delle attività di monitoraggio cetacei e tartarughe marine per ciascuna stagione (A22-E23).	30
Figura 4 - Survey acustico effettuato su transetti ortogonali posizionati nei settori NE, SE, SW, NW ad una distanza tra 5 e 10km dal Terminale FSRU.....	31
Figura 5 – Profili di temperatura (°C), salinità (ppt), pH e torbidità (NTU); survey autunno 2022.	32
Figura 6 – Profili di ossigeno disciolto (% saturazione), clorofilla (µg/l) e potenziale di ossidoriduzione (mV); survey autunno 2022.	33
Figura 7 - 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 A22 MG7 e A22 MG10.	33
Figura 8 - 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}).	34
Figura 9 - Profili delle concentrazioni (µM) dei nutrienti inorganici disciolti: NO ₂ (nitriti), NO ₃ (nitrati), PO ₄ (fosfati), SiO ₂ (silicati).....	36
Figura 10 - Profili delle concentrazioni (mg/l) dei solidi sospesi (TSM) e delle concentrazioni di particolato organico (POM).	37
Figura 11 - Profili degli assorbimenti (m ⁻¹) della CDOM a 325 nm ($a_{CDOM}(325)$).	38
Figura 12 - Profili delle concentrazioni (mg/m ³) di clorofilla a tot.	38
Figura 13 – 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).	40
Figura 14 - Profili delle densità fitoplanctoniche totali (cell/ml).....	43
Figura 15 – Abbondanza relativa delle classi fitoplanctoniche indicate in legenda in rapporto all'abbondanza totale.....	44

Figura 16 - Ripartizione dell'abbondanza totale e del numero di specie tra i principali taxa rinvenuti nell'Autunno 2022. Altro= Nemertini e Platelminti.....	53
Figura 17 - Abbondanza totale e contributo percentuale cumulativo delle specie dominanti (A22).....	54
Figura 18 - 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.....	54
Figura 19- 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.....	58
Figura 20- Valutazione del grado di integrità del DNA mediante Comet assay. Valori elevati della percentuale di DNA migrato corrispondono ad una maggiore entità del danno.....	58
Figura 21 - 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.....	58
Figura 22- Rotte percorse per il monitoraggio visivo, acustico e bioacustico condotte nel novembre 2022 (A22).....	59
Figura 23 - Esempio di registrazione di assenza di emissioni biologiche di delfini.....	60
Figura 24 – Profili di temperatura (°C), salinità (ppt), pH e torbidità (NTU); survey inverno 2023.....	61
Figura 25 – Profili di ossigeno disciolto (% saturazione), clorofilla (µg/l), e potenziale di ossidoriduzione (mV); survey inverno 2023. Profili di ossigeno disciolto (% saturazione), clorofilla (µg/l), e potenziale di ossidoriduzione (mV); survey inverno 2023.....	62
Figura 26 - 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 I23 MG7 e I23 MG10.....	63
Figura 27 - 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}).....	63
Figura 28 - Profili delle concentrazioni (µM) dei nutrienti inorganici disciolti: NO ₂ (nitriti), NO ₃ (nitrati), PO ₄ (fosfati), SiO ₂ (silicati).....	65
Figura 29 - Profili delle concentrazioni (mg/l) dei solidi sospesi (TSM) e delle concentrazioni di particolato organico (POM).....	66
Figura 30 - Profili degli assorbimenti (m ⁻¹) della CDOM a 325 nm ($a_{CDOM(325)}$).....	67
Figura 31 - Profili delle concentrazioni (mg/m ³) di clorofilla a tot.....	68
Figura 32 - 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).....	70
Figura 33 - Abbondanza relativa delle classi fitoplanctoniche indicate in legenda in rapporto all'abbondanza totale.....	73
Figura 34 - Profili delle densità fitoplanctoniche totali (cell/ml).....	74
Figura 35 – Abbondanza relativa delle classi fitoplanctoniche indicate in legenda in rapporto all'abbondanza totale.....	75
Figura 36 - Ripartizione dell'abbondanza totale e del numero di specie tra i principali taxa rinvenuti nell'Inverno 2023.....	88
Figura 37 - Abbondanza totale e contributo percentuale cumulativo delle specie dominanti nel campionamento dell'inverno 2023 (I23).....	89
Figura 38 - A sinistra risultati della cluster analysis (group average); a destra piano di ordinamento ottenuto dal n-MDS, per il monitoraggio effettuato nell'inverno 2023 (I23). La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Bray-Curtis.....	90
Figura 39 - Stazione I23 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).....	91
Figura 40 - Stazione I23 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).....	92
Figura 41 - Stazione I23 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).....	92
Figura 42 - Stazione I23 MG6. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).....	93
Figura 43 - Stazione I23 MG7. 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).....	93
Figura 44 - Stazione I23 MG8. 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).....	94
Figura 45 - Stazione I23 MG9. 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).....	94
Figura 46 - Stazione I23 MG10. 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).....	95
Figura 47 - Stazione I23 MG11. 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).....	95
Figura 48 - Stazione I23 MG12. 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).....	96
Figura 49 - Stazione I23 MG13. 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).....	96
Figura 50 - Stazione I23 MG14. 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).....	97

Figura 51 - 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. 98

Figura 52 - 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. 101

Figura 53- Valutazione del grado di integrità del DNA mediante Comet assay. Valori elevati della percentuale di DNA migrato corrispondono ad una maggiore entità del danno. 101

Figura 54- 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. 102

Figura 55 - Reti da posta: composizione percentuale delle catture, espressa come n° individui/1000m/24h e kg/1000m/24h, dei principali gruppi tassonomici campionati nelle stazioni I23 P1-P4 e I23 PC. 102

Figura 56 - Reti da posta: indici di densità e biomassa, stimati per le stazioni I23 P1-P4 e per la stazione I23 PC, per specie. Sono riportati i valori medi + la deviazione standard. In blu n° individui/1000m/24h, in azzurro kg/1000m/24h. 104

Figura 57 - Rete da posta: distribuzione taglia-frequenza del gattuccio (*Scyllorhinus canicula*). N° individui: 100 (I23 S1-S4), 19 (I23 SC). 105

Figura 58 - Rete a strascico: composizione percentuale delle catture, espressa come n° individui/km² e kg/km², dei principali gruppi tassonomici campionati nelle stazioni I23 S1-S4 e I23 SC. 106

Figura 59 – Rete a strascico: indici di densità e biomassa, stimati per le stazioni I23 S1-S4 e per la stazione I23 SC, per specie. Sono riportati i valori medi + la deviazione standard. In blu n° individui/km², in azzurro chiaro kg/km². 109

Figura 60 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del sugarello (*Trachurus trachurus*). N° individui: 1579 (I23 S1-S4), 70 (I23 SC). 110

Figura 61 - Reti a strascico: distribuzione taglia-frequenza della triglia di fango (*Mullus barbatus*). N° individui: 1061 (I23 S1-S4), 376 (I23 SC). 110

Figura 62 - Reti a strascico: distribuzione taglia-frequenza del sacchetto (*Serranus hepatus*). N° individui: 105 (I23 S1-S4), 20 (I23 SC). 110

Figura 63 - Reti a strascico: distribuzione taglia-frequenza del nasello (*Merluccius merluccius*). N° individui: 74 (I23 S1-S4), 26 (I23 SC). 111

Figura 64 - Reti a strascico: distribuzione taglia-frequenza del merluzzetto (*Trisopterus capelanus*). N° individui: 138 (I23 S1-S4), 32 (I23 SC). 111

Figura 65 - Reti a strascico: distribuzione taglia-frequenza del pagello fragolino (*Pagellus erythrinus*). N° individui: 116 (I23 S1-S4), 27 (I23 SC). 112

Figura 66 - Reti a strascico: distribuzione taglia-frequenza del gattuccio (*Scyllorhinus canicula*). N° individui: 84 (I23 S1-S4), 17 (I23 SC). 112

Figura 67 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del gambero bianco (*Parapenaeus longirostris*). N° individui: 451 (I23 S1-S4), 20 (I23 SC). 113

Figura 68 - Relazione taglia/peso della triglia di fango (*Mullus barbatus*). N° individui: 474 (I23 S1-S4), 180 (I23 SC). 113

Figura 69 - Relazione taglia/peso del sugarello (*Trachurus trachurus*). N° individui: 334 (I23 S1-S4), 66 (I23 SC). 114

Figura 70 - Rotte percorse per il monitoraggio visivo, acustico e bioacustico condotte a partire da marzo 2023 (I23). 114

Figura 71 - Esempio di spettro senza segnali biologici 115

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 - Contenuti tecnici delle quattro campagne annuali relative alla fase di esercizio. ♦I risultati della misura del rumore saranno trattati in un documento dedicato. ▲ Analisi chimiche inserite a partire dall'estate 2023 per i sedimenti (adeguamento a DM 173/16). Per i dettagli si rimanda al paragrafo pertinente. 11

Tabella 2 – Calendario delle attività di campo svolte nelle campagne di esercizio A22, I23, P23, E23. 12

Tabella 3 – Coordinate teoriche (WGS 84) dei punti di campionamento. 12

Tabella 4 – Elenco delle analisi previste (indicate con un asterisco) nelle stazioni MG1-MG14. Le stazioni in neretto sono quelle prossime al Terminale. 13

Tabella 5 - Specifiche dei sensori della sonda multiparametrica IDROMARAMBIENTE e date di taratura. Le tarature sono state effettuate dal produttore (IDROMARAMBIENTE). 14

Tabella 6 - Metodi relativi alle analisi effettuate sui campioni di acqua. In rosso vengono riportate le metodiche in vigore a partire dalla Primavera 23. 15

Tabella 7 - Elenco dei pigmenti determinati, sigla e raggruppamento tassonomico di appartenenza. 16

Tabella 9 - Metodi relativi alle analisi chimiche effettuate sui campioni di sedimento. In corsivo gli analiti introdotti a partire da E23 per l'adeguamento al DM173/16. 19

Tabella 10 – Opzioni di gestione compatibili con la classe di qualità del sedimento. 21

Tabella 11 – Siti di monitoraggio condotto tramite l'utilizzo del bivalve *Mytilus galloprovincialis*. I mitili sono stati prelevati dall'impianto di maricoltura di La Spezia. 24

Tabella 12 - Metodi relativi alla analisi chimiche effettuate su <i>M. galloprovincialis</i> . In rosso vengono riportate le metodiche intrdotte a partire dalla primavera 23.	24
Tabella 13 - Coordinate e profondità dei siti di campionamento. RP = Reti da Posta, S = Strascico.	27
Tabella 14 - Coordinate e profondità dei siti di studio. RPP = Reti da Posta Pelagiche.	28
Tabella 15 - Concentrazioni (μM) dei nutrienti inorganici disciolti.	35
Tabella 16 - Concentrazioni (mg/l) dei solidi sospesi (TSM).	35
Tabella 17 - Assorbimento (m^{-1}) della CDOM alla lunghezza d'onda di 325 nm.	37
Tabella 18 - 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).	38
Tabella 19 - Concentrazioni (mg/m^3) dei principali pigmenti diagnostici fitoplanctonici (acronimi in Tabella 7).	39
Tabella 20 - 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.	41
Tabella 21 - Concentrazione dei cloroderivati nelle acque. I livelli indicano la profondità di prelievo del campione.	41
Tabella 22 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di acqua di mare lungo il profilo batimetrico. I dati sono espressi in microgrammi/litro. In neretto (0,5 - 12,5 - 50 - 70) sono indicate le profondità di prelievo in metri.	42
Tabella 23 - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di acqua superficiale. I dati sono espressi in ufc/100 ml. P = presenti ma non formanti colonie.	42
Tabella 24 - Densità fitoplanctonica totale (cell/ml) e delle classi o gruppi identificati.	43
Tabella 25 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni osservati (prelievo con Niskin).	44
Tabella 26 - Lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative microscopiche.	45
Tabella 27 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni osservati (prelievo con retino). Dati relativi all'autunno 2022.	45
Tabella 28 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni A22 MG6, A22 MG7, A22 MG10, A22 MG12 e A22 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13).	46
Tabella 29 – 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> .	49
Tabella 30 - 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.	50
Tabella 31 – 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.	51
Tabella 32 – 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> .	51
Tabella 33 - Lista delle specie macrobentoniche rinvenute nell'autunno (A22)	52
Tabella 34 – 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)	55
Tabella 35 - Concentrazione dei metalli nei mitili. Dati relativi alla campagna A22 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.	55
Tabella 36 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna A22, sono espressi in mg/kg.	56
Tabella 37 - Concentrazione degli IPA e dei composti organostannici presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna A22, sono espressi in mg/kg, salvo ove indicato.	56
Tabella 38 - Concentrazione degli cloroderivati presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna A22, sono espressi in $\mu\text{g/kg}$.	56
Tabella 39 - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna A22, sono espressi in ufc/g.	57
Tabella 40 - 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.	59
Tabella 41 - Concentrazioni (μM) dei nutrienti inorganici disciolti.	64
Tabella 42 - Concentrazioni (mg/l) dei solidi sospesi (TSM).	66
Tabella 43 - Assorbimento (m^{-1}) della CDOM alla lunghezza d'onda di 325 nm.	67
Tabella 44 - 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).	68
Tabella 45 - Concentrazioni (mg/m^3) dei principali pigmenti diagnostici fitoplanctonici (acronimi in Tabella 7).	69
Tabella 46 - 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.	71
Tabella 47 - Concentrazione dei cloroderivati nelle acque. I livelli indicano la profondità di prelievo del campione.	71

Tabella 48 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di acqua di mare lungo il profilo batimetrico. I dati sono espressi in microgrammi/litro. In neretto (0,5 - 12,5 - 50 - 70) sono indicate le profondità di prelievo in metri.....	72
Tabella 49 - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di acqua superficiale. I dati sono espressi in ufc/100 ml.....	72
Tabella 50 - Densità fitoplanctonica totale (cell/ml) e delle classi o gruppi identificati.....	73
Tabella 51 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni osservati (prelievo con Niskin).....	76
Tabella 52 - Lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative microscopiche.....	76
Tabella 53 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni osservati (prelievo con retino).....	77
Tabella 54 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni I23 MG6, I23 MG7, I23 MG10, I23 MG12 e I23 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13).....	77
Tabella 55 - 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>	79
Tabella 56 - 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.....	80
Tabella 57 - 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.....	81
Tabella 58 - 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>	82
Tabella 59 - Parametri registrati nei campioni d'acqua testati (inverno 2023).....	82
Tabella 60 - 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 %.....	83
Tabella 61 - 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 %.....	83
Tabella 62- Risultati del test di embriotossicità (72 ore) con <i>P. lividus</i> e successiva stima della tossicità cronica.....	84
Tabella 63 - Risultati relativi al saggio di tossicità acuta con <i>A. tonsa</i> e successiva stima della tossicità cronica. EC50 24h (L.C. 95%) con sostanza di riferimento NiCl ₂ *6H ₂ O = 0,24 mg Ni ²⁺ /L (0,20-0,28).....	85
Tabella 64 - Risultati relativi al saggio di tossicità acuta con <i>A. tonsa</i> . EC50 48h (L.C. 95%) con sostanza di riferimento NiCl ₂ *6H ₂ O = 0,23 mg Ni ²⁺ /L (0,19-0,27).....	86
Tabella 65- - Indici strutturali (±DS) relativi al popolamento macrobentonico. Numero di taxa (S), Numero di individui (N), Ricchezza specifica di Margalef (d), Diversità specifica di Shannon-Weaver (H'), Equitabilità di Pielou (J). MG6, MG7, MG12, MG13: stazioni a 100 m dal Terminale) Valori medi per stazione riferiti all'inverno 2023 (I23).....	90
Tabella 66 - Struttura della comunità meiobentonica nelle stazioni I23 MG1, I23 MG2, I23 MG4, I23 MG6, I23 MG7, I23 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.....	91
Tabella 67 - Struttura della comunità meiobentonica nelle stazioni I23 MG9, I23 MG10, I23 MG11, I23 MG12, I23 MG13, I23 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.....	94
Tabella 68 - 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).....	97
Tabella 69 - Struttura della comunità meiobentonica dell'area interessata dal posizionamento del Terminale rigassificatore, incluse le stazioni di controllo. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo rinvenuto. L'abbondanza relativa (%) dei singoli taxa è stata calcolata in relazione alla densità totale.....	98
Tabella 70 - Concentrazione dei metalli nei mitili. Dati relativi alla campagna I23 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.....	98
Tabella 71 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di mitili. Dati relativi alla campagna I23.....	99
Tabella 72 - Concentrazione degli IPA e dei composti organostannici presenti nei mitili. I dati relativi alla campagna I23 sono espressi in mg/kg.....	99
Tabella 73 - Concentrazione degli cloroderivati presenti nei campioni di mitili. I dati relativi alla campagna I23 sono espressi in µg/kg. ...	100
Tabella 74 - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di mitili. I dati relativi alla campagna I23 sono espressi in ufc/g.....	100
Tabella 75- 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.....	101
Tabella 76 - Lista delle specie catturate con Reti da posta: I23 P1-P4 = stazioni campionate in prossimità del Terminale; I23 PC = stazione di controllo.....	102

Tabella 77 - 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 I23 P1-P4 e nella stazione di controllo I23 PC: * = DS<0,05. Gli indici di densità e biomassa delle specie per singola cala sono riportati nell'Allegato 5.....	103
Tabella 78 - Lista delle specie catturate con la rete a strascico I23 S1-S4 S= stazioni campionate in prossimità del Terminale; I23 SC = stazione di controllo.....	105
Tabella 79 - 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 I23 S1-S4 e nella stazione di controllo I23 SC. * = DS<0,05. Gli indici di densità e biomassa delle specie per singola cala sono riportati nell'Allegato 6.....	107
Tabella 80 - Coefficienti a e b e relativi errori standard della relazione taglia/peso e risultati del confronto statistico (ANCOVA) tra le stazioni I23 S1-S4 e la stazione I23 SC. R ² : Coefficiente di regressione.....	114

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 %	Prcentuale di Ossigeno Disciolto
DVA	Divinilclorofilla a
Fuco	Fucoxantina
Hex-Fuco	Hesanoiloxifucoxantina
LAS	Sostanze otticamente attive
ORP	Potenziale di Ossido Riduzione
PAR	Photosynthetic Available Radiation
Perid	Peridinina
POM	Particulate organic matter o frazione organica del particolato
Prasino	Prasinoxantina
PSDf	Power Spectral Density function
TSM	Total suspended matter o solidi sospesi
Zea	Zeaxantina
Zeu	Zona eufotica

ELENCO ALLEGATI

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

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

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

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

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

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

Allegato 7: Condizioni meteo-marine.

Allegato 8: Dati grezzi profili CTD.

Allegato 9: Idrofono Digit e sonda CTD.

Volume 1

1 INTRODUZIONE

1.1 Breve descrizione dell'impianto di rigassificazione

La Società OLT Offshore LNG Toscana S.p.A. (di seguito OLT) ha realizzato un Terminale galleggiante per la rigassificazione di GNL (di seguito FSRU), a circa 12 miglia nautiche al largo delle coste toscane tra Livorno e Marina di Pisa.

Il Terminale è il risultato di un progetto che ha previsto la conversione di una nave metaniera in un Terminale di rigassificazione che trasforma il gas naturale liquefatto (GNL) ricevuto da altre metaniere in stato gassoso.

L'attività a bordo del Terminale consiste nello stoccaggio e nella rigassificazione del gas naturale: il gas naturale viene ricevuto allo stato liquido, mediante navi cisterna, stoccato in serbatoi criogenici a pressione pressoché ambiente e alla temperatura di -160°C , rigassificato e inviato al gasdotto a terra mediante la condotta sottomarina. Per approfondimenti si rimanda all'**Allegato 1**.

1.2 Breve cronistoria relativa al progetto di monitoraggio

Nell'ambito della procedura di Via il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (di seguito MATTM) dopo aver valutato la documentazione relativa, ha espresso giudizio positivo circa la compatibilità ambientale del progetto (Decreto DEC/DSA/01256 del 15/12/2004), prescrivendo (Prescrizione n.26) la predisposizione e l'esecuzione di un programma di monitoraggio ambientale marino da elaborare in accordo con l'Istituto Superiore per la Protezione Ambientale (di seguito ISPRA). I contenuti di tale prescrizione sono stati integrati con successivo Provvedimento MATTM DVA-2010-0025280 del 20/10/10 (Prescrizione 7).

Il Piano di Monitoraggio dell'Ambiente Marino (di seguito anche Piano) circostante il Terminale è stato predisposto in conformità a quanto indicato nella Prescrizione n. 26 del Decreto VIA prot. DEC/DSA/01256 del 15/12/2004 e nella Prescrizione n. 7 del Provvedimento di Esclusione dalla VIA prot. DVA-2010-0025280 del 20/10/10. Il MATTM, di "concerto" con ISPRA, ha concluso positivamente la Verifica di Ottemperanza con l'emissione della Determinazione prot. DVA-2012-001592 del 15/5/2012.

La prima fase di monitoraggio (Bianco) ossia prima della realizzazione del Terminale è stata condotta tra agosto e settembre 2012, e conclusa successivamente (tra il 21 e il 28 settembre 2013) con il secondo survey relativo alla fauna ittica bentonectonica. Con determina prot. DVA – 2013 – 0030107 del 23/12/2013 il MATTM dichiara ottemperata la prescrizione 7 del Provvedimento di Esclusione dalla VIA prot. DVA-2010-0025280 del 20/10/10 per quanto riguarda l'attuazione dei monitoraggi relativi alla fase ante operam (Bianco).

Sulla base del Parere della Commissione tecnica di verifica dell'impatto ambientale VIA e VAS n. 2347 del 24 marzo 2017, il MATTM dichiara l'ottemperanza relativa al medesimo Provvedimento per il primo anno di esercizio (Determina 2990 DVA R.D.R 0000100.04-04-2017). Nel medesimo anno è stata emessa la verifica di ottemperanza (Determina 3337 DVA R.D.R 0000277.28-09-2017) relativa al secondo anno di esercizio tenuto conto del Parere della Commissione tecnica di verifica dell'impatto ambientale VIA e VAS 2494 del 08 settembre 2017.

Rispetto alle richieste di integrazione contenute nelle Determine sopra citate relative alla Verifica di ottemperanza alla prescrizione 7 (Verifica di esclusione VIA provvedimento DVA/2010/25280 del 20.10.10) del primo e secondo anno di monitoraggio della Fase di Esercizio sono stati recepiti nel presente tutti i punti come stabilito nella minuta di meeting del 25/05/2017 e riportati in forma sintetica, unitamente ad essa, in Allegato 2. Relativamente al punto 14 contenuto unicamente nel parere 3337 relativo al secondo anno di esercizio è stata inserita la valutazione dell'eventuale effetto degli anodi sacrificali tramite la ricerca degli elementi in tracce in M. galloprovincialis.

Successivamente, con provvedimento CRESS-DEC-2020 – 0000187 del 25 Giugno 2020 il MATTM, sulla base del parere positivo della Commissione Tecnica di verifica dell'impatto ambientale VIA e VAS No. 3371 del 24 Aprile 2020, ha verificato l'ottemperanza della Prescrizione No. 7 per quanto riguarda l'attuazione dei monitoraggi relativi al 3° anno di esercizio, con provvedimento CRESS-DEC-2020 – 0000189 del 25 Giugno 2020 quelli relativi al 4° anno di esercizio, con provvedimento CRESS-DEC-2020 – 0000188 del 25 Giugno 2020 quelli relativi al 5° anno di esercizio e con provvedimento CRESS-DEC-2020 – 0000355 del 23 Ottobre 2020 quelli relativi al 6° anno di esercizio. In particolare, con riferimento al V anno, il Parere riporta la seguente prescrizione:

“Entro un anno solare dalla emissione del presente decreto dovranno essere eseguite, in accordo con la Capitaneria di Porto ed ISPRA, delle misure specifiche di rumore per ogni tipologia di nave, durante tutto il periodo di operazioni di arrivo, ormeggio, scarico del GNL e allontanamento delle stesse navi dal Terminale”. OLT ha perciò inviato il 4 Agosto 2022 un documento che risponde all'ottemperanza parziale (Parere n. 300 del 6 luglio 2021 inviato dal MATTM (oggi MASE) con lettera Prot. No. 0105398 del 1/10/2021), recependo anche i suggerimenti dettagliati da ISPRA e riportati dal MITE nel Parere 300 del 6 luglio 2021 e da ISPRA e ARPAT nelle note tecniche emesse a corredo della documentazione presentata da OLT per il 6° anno di monitoraggio in ottemperanza alla Prescrizione Numero 7 del DVA ed ai confronti diretti intercorsi nel 2021-2022 con ISPRA, come richiesto dal Parere stesso, ed ARPAT.

Inoltre, a corredo della documentazione di ottemperanza per il 6° anno di monitoraggio, il Ministero ha condiviso con il Gestore OLT le note tecniche di ISPRA e ARPAT relative al monitoraggio della componente rumore sottomarino (rif. VIP_5267) che sono state recepite, laddove possibile, già nel report del 7° anno e messe in atto da OLT per quel che riguarda alcune richieste di modifica nella raccolta dati su campo, a partire dalla campagna della primavera 2021 (P21) dell'8° anno di monitoraggio, adeguando la terminologia e la metodologia di analisi e le relative tecniche di modellizzazione del rumore sottomarino alle richieste avanzate dalle Autorità. Si precisa, infine, che OLT ha ricevuto l'approvazione alla modifica della prescrizione 7 di cui al Provvedimento direttoriale n.25280/DVA del 20/10/2010, così come modificato dal DEC VIA n.450 del 27/12/2022 e dal Decreto direttoriale n.126 del 02/03/2023, ai sensi dell'art. 28 del D.Lgs. 152/2006. Infine ISPRA, con nota MASE n.193299 del 27/11/2023, ha ritenuto ottemperata la condizione ambientale n.7, comunicandolo ad OLT in data 05/12/ 2023 (ID VIP 9820) relativamente alla versione aggiornata del piano di monitoraggio dell'ambiente marino.

Il nuovo Piano così approvato prevedeva, fra l'altro, una riduzione della frequenza di campionamento ossia da stagionale a semestrale.

Tuttavia, il decimo anno di monitoraggio (A22-E23) essendo iniziato prima di tale approvazione, ossia nell'autunno 2022, è stato completato in ottemperanza alla precedente Prescrizione n 7 del Provvedimento MATTM DVA-2010-0025280 del 20/10/10 e pertanto è stato eseguito ancora su base stagionale.

Il nuovo Piano sarà, quindi, adottato a partire dal 2024 anno in cui si prevederà un campionamento estivo e uno, limitato ad alcune matrici, invernale.

1.3 Obiettivi fase di esercizio

Il presente rapporto annuale, come richiesto dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (DVA-2013-0030107 del 23/12/13), riporta i risultati delle attività di monitoraggio svolte nell'ambito di 4 campagne di indagine svolte dall'Autunno 2022 all'Estate 2023 in conformità al Piano di monitoraggio dell'ambiente marino e alle prescrizioni contenute nelle Determine che si sono succedute negli anni. Il presente documento (nel Volume 2) riporta, altresì, il confronto con i dati acquisti nella fase di Bianco e nei precedenti anni di monitoraggio. Come descritto nel piano, alcune attività di monitoraggio sono effettuate su base stagionale, mentre altre sono limitate ad uno o due survey annuali. Pertanto, sono individuabili 3 scenari operativi (campagna completa, campagna intermedia, campagna minima) i cui contenuti tecnici sono riassunti nella **Tabella 1**.

2 Materiali e metodi

2.1 Attività e tempistiche

Le attività di campo sono state svolte a partire dall' autunno 2022 (A-22) con cadenza trimestrale ossia nell'Inverno 2023 (I-23), primavera 2023 (P-23), estate 2023 (E-23) secondo il calendario riportato in **Tabella 2**. Per il calendario di dettaglio si rimanda all'Allegato 1 posto alla fine del volume dove viene riportata l'operatività del Terminale durante le giornate di monitoraggio delle singole campagne (risposta alla prescrizione n° 1 delle Determine 2990 DVA R.D.R 0000100.04-04-2017 e 3337 DVA R.D.R 0000277.28-09-2017).

L'ampia diversità delle attività da svolgere ha richiesto l'utilizzo di tre differenti imbarcazioni di seguito descritte.

Le indagini ambientali (caratterizzazione delle acque e/o dei sedimenti) sono state condotte con Phalesia o Grecale Primo, mentre per le misurazioni del rumore, la sorveglianza acustica (bioacustica) e l'avvistamento dei cetacei e delle tartarughe marine è stato utilizzato il catamarano a vela "Elianto".

I risultati dello studio saranno restituiti in due distinti volumi. Si precisa che la parte di monitoraggio del rumore sottomarino verrà inserita in altro documento dedicato. L'argomento trattato, infatti, è complesso e multidisciplinare ed ha richiesto la stesura di un volume a parte.

Tabella 1 - Contenuti tecnici delle quattro campagne annuali relative alla fase di esercizio. ♦I risultati della misura del rumore saranno trattati in un documento dedicato. ▲ Analisi chimiche inserite a partire dall'estate 2023 per i sedimenti (adeguamento a DM 173/16). Per i dettagli si rimanda al paragrafo pertinente.

	Campagna minima (Autunno)	Campagna intermedia (Inverno)	Campagna minima (Primavera)	Campagna completa (Estate)
COLONNA D'ACQUA				
Caratteristiche fisico-chimiche				
Analisi microbiologiche, solidi sospesi, idrocarburi totali, tensioattivi, cloro derivati.	*	*	*	*
Nutrienti, d. pigmentaria, clorofilla a, sostanza organica particellata.	*	*	*	*
Profili idrologici				
Temperatura, conducibilità, pH, ossigeno disciolto, potenziale di ossidoriduzione.	*	*	*	*
Irradianza, irradianza spettrale, trasparenza fluorescenza della clorofilla a.	*	*	*	*
Fitoplancton	*	*	*	*
Oloplanton	*	*	*	*
Meroplancton	*	*	*	*
Ittioplancton	*	*	*	*
Saggi ecotossicologici				
<i>Vibrio fischeri</i> , <i>Phaeodactylum tricornutum</i> , <i>Paracentrotus lividus</i> , <i>Acartia tonsa</i>		*		*
SEDIMENTI				
Caratteristiche fisico-chimiche-microbiologiche				
Metalli, ▲Sosyanza organica, ▲PCB, ▲Pesticidi organoclorurati, IPA, Cloroderivati, C. organo stannici, TOC, Idrocarburi totali, analisi microbiologiche				*
Saggi ecotossicologici				
<i>Vibrio fischeri</i> su elutriato, <i>Corophium orientale</i> 10 gg, <i>Paracentrotus lividus</i> (embriotossicità).				*
BIOTA				
Meiobenthos		*		*
Macrozoobenthos	*	*	*	*

Tabella 1 - Contenuti tecnici delle quattro campagne annuali relative alla fase di esercizio. ♦I risultati della misura del rumore saranno trattati in un documento dedicato. ▲Analisi chimiche inserite a partire dall'estate 2023 per i sedimenti (adeguamento a DM 173/16). Per i dettagli si rimanda al paragrafo pertinente.

	Campagna minima (Autunno)	Campagna intermedia (Inverno)	Campagna minima (Primavera)	Campagna completa (Estate)
Bioaccumulo Metalli ed elementi in tracce, Idrocarburi Policiclici Aromatici, Cloroderivati, Composti organo stannici, Idrocarburi totali, analisi microbiologiche	*	*	*	*
Biomarkers Alterazione strutturale e funzionale della membrana lisosomiale, Comet test, biologia delle branchie	*	*	*	*
Fauna ittica bentonectonica (reti da posta, reti a traino di fondo)		*		*
Fauna ittica pelagica				*
Cetacei e tartarughe marine	*	*	*	*
INDAGINI GENERALI				
Bioacustica	*	*	*	*
Misura del rumore♦	*	*	*	*

Lo studio della fauna ittica bentonectonica è stato condotto mediante rete a strascico e reti da posta con l'ausilio del M/P Donato padre e del M/P Evolution. La fauna ittica pelagica è stata monitorata tramite l'impiego di reti da posta pelagiche utilizzando il M/P Evolution. Le attività di campo relative alla campagna di monitoraggio Inverno 2023 (relativo al decimo anno di monitoraggio) sono state effettuate il 20 e il 21 marzo per le reti a strascico ed il 6 e 7 aprile per le reti da posta di fondo.

In **Tabella 2** la sintesi delle attività svolte con le diverse imbarcazioni. In **Allegato 3** sono riportate le date di campionamento per ogni singola campagna di ciascuna matrice (in risposta alla prescrizione 2 delle Determine 2990 DVA R.D.R 0000100.04-04-2017 e 3337 DVA R.D.R 0000277.28-09-2017, come definito dalla MOM 25-05-2017).

	Autunno 2022 – A22 (Campagna minima)	Inverno 2023 – I23 (Campagna intermedia)	Primavera 2023-P23 (Campagna minima)	Estate 2023-E23 (Campagna completa)
Indagini ambientali	26-11-22 / 06-01-23	16-03-23 / 30-03-23	15-05-23 / 25-05-23	26-08-23 / 04-09-23
Emissioni acustiche e censimento visivo	27-11-22 / 30-12-23	16-03-23 / 07-04-23	22-05-23 / 30-05-23	25-08-213 / 02-09-23
Fauna ittica bentonectonica	-	20-03-23 / 21-03-23	-	04-09-23 / 05-09-23
Fauna pelagica	-	06-04-23 / 07-04-23	-	12-09-23 / 27-09-23

2.2 Area di indagine

In **Figura 1** è riportata l'area di studio e i punti di campionamento, mentre le coordinate sono riportate in **Tabella 3** e le attività previste per ciascun punto per ciascuna campagna. Si precisa che in **Tabella 3** sono riportate le coordinate teoriche. Durante il campionamento della fase di monitoraggio è stato ritenuto accettabile un margine di errore di posizionamento di 10-15 metri.

Rispetto alla fase di Bianco il cambiamento maggiore ha riguardato la stazione MG13 che ha subito uno spostamento di circa 37 metri. Il punto MG13 è comunque posizionato a 100 metri dal piano di rotazione del Terminale. Tale spostamento si è reso necessario per la presenza di strutture sottomarine come da comunicazione OLT Offshore all'autorità con lettera del 30 ottobre 2013 prot 748.

Per quanto riguarda le tempistiche e le coordinate dei siti di studio relativi al monitoraggio delle emissioni acustiche, censimento visivo, indagini sulla fauna ittica e analisi (bioaccumulo e biomarkers) sui mitili (*Mytilus galloprovincialis*) si rimanda ai paragrafi di pertinenza.

	Latitudine N	Longitudine E	Latitudine N	Longitudine E
MG1	43° 39,745'	9° 59,348'	MG8	43° 38,503' 9° 59,327'
MG2	43° 39,205'	9° 59,339'	MG9	43° 38,125' 9° 59,321'
MG3	43° 38,935'	9° 59,334'	MG10	43° 37,585' 9° 59,312'
MG4	43° 38,827'	9° 59,333'	MG11	43° 38,667' 9° 59,107'
MG5	43° 38,773'	9° 59,332'	MG12	43° 38,663' 9° 59,256'
MG6	43° 38,719'	9° 59,331'	MG13	43° 38,685' 9° 59,399'
MG7	43° 38,611'	9° 59,329'	MG14	43° 38,659' 9° 59,553'



Figura 1 - Area di studio (sopra) e disposizione dei punti di campionamento (a destra) dove sono indicate tutte le attività previste nelle diverse stazioni, sebbene non tutte siano effettuate su base stagionale. La ripartizione temporale delle attività è riportata in **tabella 4**.

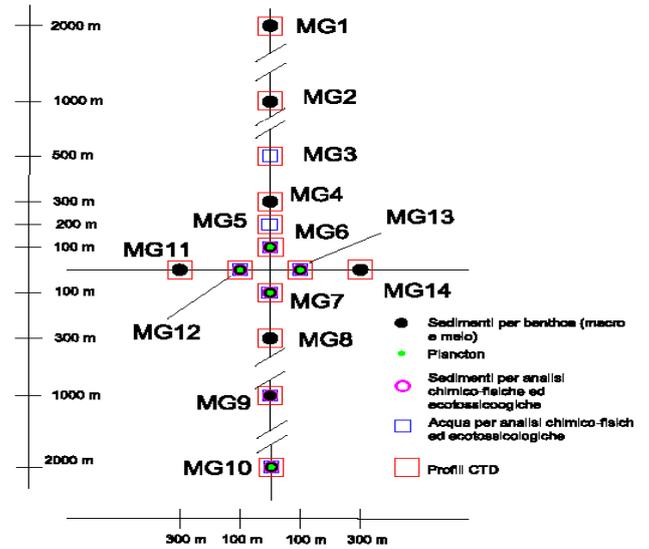


Tabella 4 – Elenco delle analisi previste (indicate con un asterisco) nelle stazioni MG1-MG14. Le stazioni in neretto sono quelle prossime al Terminale.						
Indagine		Stazioni di campionamento	Autunno	Inverno	Primavera	Estate
Colonna d'acqua	Caratteristiche fisico-chimiche e microbiologiche	MG6, MG7, MG12, MG13, MG3, MG5, MG9, MG10	*	*	*	*
	Profil idrologici (CTD) e Irradianza spettrale	MG1-MG14	*	*	*	*
	Fitoplancton e Zooplancton	MG6, MG7, MG12, MG13, MG10	*	*	*	*
	Analisi ecotossicologiche	MG6, MG7, MG12, MG13, MG3, MG5, MG9, MG10		*		*
Biota	Macrozoobenthos	MG6, MG7, MG12, MG13, MG1, MG2, MG9, MG10, MG4, MG8, MG11, MG14	*	*	*	*
	Meiobenthos	MG6, MG7, MG12, MG13, MG1, MG2, MG9, MG10, MG4, MG8, MG11, MG14		*		*
Sedimenti	Analisi fisiche e chimiche	MG6, MG7, MG12, MG13, MG9, MG10				*
	Analisi ecotossicologiche	MG6, MG7, MG12, MG13, MG9, MG10				*

2.3 Colonna d'acqua

2.3.1 Profili idrologici

I profili idrologici sono stati eseguiti nelle quattro stagioni di indagine ossia su base trimestrale tramite sonda Idromarambiente modello MAR-3 dotata di sensori specifici per la determinazione dei seguenti parametri: Temperatura, Conducibilità, Ossigeno, pH, Potenziale redox, Torbidità, Fluorescenza.

Nella seguente tabella vengono riportate le specifiche dei sensori e le date di taratura come richiesto nella prescrizione 4 delle Determinine 2990 DVA R.D.R 0000100.04-04-2017 e 3337 DVA R.D.R 0000277.28-09-2017. Si precisa che le tarature vengono fatte sia dalla casa madre che nternamente attraverso l'uso di soluzioni standard.

Tabella 5 - Specifiche dei sensori della sonda multiparametrica IDROMARAMBIENTE e date di taratura. Le tarature sono state effettuate dal produttore (IDROMARAMBIENTE).		
Parametro	Specifiche tecniche	Date taratura
Pressione	tipo piezoresistivo, portata 0÷150 m, accuratezza 0,1 m	22/07/2022 – 29/03/2023
Temperatura	tipo Pt100, portata -2÷38 °C, accuratezza 0,01 °C	22/07/2022 – 29/03/2023
Conducibilità	tipo cella a 7 anelli, portata 0÷70 mS/cm, accuratezza 0,02 mS/cm	22/07/2022 – 29/03/2023
Ossigeno	tipo polarografico, portata 0÷300% di saturazione, accuratezza 1%	22/07/2022 – 29/03/2023
pH	tipo a cella di vetro, portata 2÷12, accuratezza 0,05	22/07/2022 – 29/03/2023
Redox	tipo a cella di vetro, portata -1000 ÷ +1000 mV, accuratezza 1 mV	22/07/2022 – 29/03/2023
Torbidità	portata 0÷100 NTU, accuratezza 0,05 NTU	22/07/2022 – 29/03/2023
Fluorescenza	portata 0÷50 mg/m ³ , accuratezza 0,05 mg/m ³	22/07/2022 – 29/03/2023

La sonda esegue la lettura contemporanea di tutti i parametri e provvede alla compensazione automatica delle misure effettuate.

I profili sono stati eseguiti in corrispondenza di 14 stazioni la cui posizione e relative coordinate sono riportate rispettivamente in **Figura 1** e **Tabella 3**. La sonda viene calata dalla superficie fino alla massima profondità possibile evitando di toccare il fondo fatto che causerebbe una improvvisa risospensione dei sedimenti falsando la misura in corso. I dati sono stati elaborati tramite il software (free source) Ocean Data View.

I profili sottomarini della Photosynthetic Available Radiation (PAR) quantica 400-700nm) sono stati acquisiti tramite tramite sensori Satlantic QR installati su sonda CTD SeaBird Electronics 19V2Plus in sostituzione della sonda (Biospherical PUV 510) danneggiata e non più utilizzabile. Le calate sono state eseguite fino a circa 100 m.

La pendenza del profilo rappresenta l'attenuazione della PAR alle varie profondità (i diagrammi hanno ordinata orizzontale e ascissa verticale, così l'accostamento al lato destro della curva equivale ad una diminuzione di pendenza). La profondità alla quale la PAR si riduce all'1% di quella superficiale (profondità della zona eufotica, zeu) costituisce una informazione fondamentale delle caratteristiche ottiche e biologiche delle acque. La maggiore o minore profondità della zona eufotica, e quindi della trasparenza delle acque, dipende dalla presenza di materiale particellato (organismi e detrito di origine autoctona e alloctona e sedimenti in sospensione di natura prevalentemente minerale) e disciolto (essenzialmente organico). Per questo motivo è indispensabile avere contemporaneamente alle misure dell'irradianza spettrale, le stime delle componenti otticamente attive, cioè TSM (Total Suspended Matter), CDOM (Sostanza Organica Disciolta Cromoforica), fitoplancton, come verrà di seguito descritto.

L'irradianza spettrale sottomarina è stata misurata con uno spettrometro TRIOS Ramses in sostituzione dello strumento Licor LI1900UW. Il sistema radiometrico RAMSES TRIOS è costituito da una unità subacquea composta da due radiometri ACC/VIS per la misura della irradianza discendente ed ascendente, un radiometro ARC/VIS per la misura della radianza ascendente, un sensore di profondità (max 100 m) ed uno di inclinazione rispetto alla verticale (2 assi) TRIOS RAMSES SAMIP. Le misure contemporanee della irradianza discendente in superficie effettuate mediante un radiometro RAMSES TRIOS: ACC/VIS.

Gli spettri riportati sono stati normalizzati rispetto al loro massimo per evidenziarne le forme caratteristiche. Insieme agli spettri sono riportati i loro massimi che all'aumentare della profondità diminuiscono esponenzialmente, così come l'irradianza disponibile. Una caratteristica molto evidente è la modifica delle forme spettrali all'aumentare della profondità. L'irradianza, che in superficie è distribuita abbastanza equamente lungo tutto lo spettro, alle profondità di 50 e 70m e a 5m (considerando l'irradianza ascendente) si riduce praticamente ad una gaussiana centrata sulla λ_{max} che quindi rappresenta la radiazione meno attenuata e più penetrante. La λ_{max} passa da circa 450 nm dell'acqua pura a valori maggiori a seconda delle sostanze otticamente attive presenti in acqua: al verde quando domina l'assorbimento del fitoplancton, al giallo quando domina quello della CDOM (Sostanza Organica Disciolta Cromoforica).

Gli spettri della irradianza ascendente a 5m divisi per i loro rispettivi discendenti alla stessa profondità determinano lo spettro della riflettanza sub superficiale, proprietà ottica fondamentale negli studi di tele rilevamento.

2.3.2 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche

I campioni per la caratterizzazione della colonna d'acqua sono stati prelevati tramite bottiglie Niskin nelle quattro stagioni di indagine (A22, I23, P23, E23).

I campioni per le analisi fisiche e chimiche, sono stati prelevati in corrispondenza di 4 quote batimetriche (0,5 - 12,5 - 50 - 70m), come da progetto e refrigerati in attesa della consegna ai laboratori. Le analisi microbiologiche sono previste unicamente per i campioni prelevati in superficie. La determinazione del materiale particellato totale in sospensione (TSM o **solidi sospesi**) è stata effettuata raccogliendo il

particellato su filtri (Whatman GF/F diametro 47 mm) dalla filtrazione di 3-4 L del campione prelevato da bottiglia. I filtri sono stati pesati dopo 12 h in stufa ad 80 °C prima e dopo la filtrazione, successivamente i filtri sono stati combusti a 450 °C per la determinazione delle ceneri e, per differenza, della frazione organica del particellato (POM). La determinazione è avvenuta tramite metodo gravimetrico. Il materiale particellato in sospensione (TSM) può essere di natura inorganica, derivante dalla risospensione di sedimenti o materiale di erosione, oppure di natura organica e quindi costituito da organismi viventi, dai loro prodotti metabolici e dalla loro decomposizione, inoltre l'origine può essere marina (al largo di gran lunga prevalente) oppure terrestre.

Una quota dell'acqua filtrata (100 ml) è stata fissata in HgCl₂ 1% per le analisi dei **nutrienti inorganici disciolti** (nitriti, nitrati, ortofosfati, silicati) effettuate con analizzatore Easy Chem Plus o con analizzatore a flusso continuo BRAN+LUEBBE AA3. Un'altra quota (100 ml) è stata immediatamente analizzata dopo filtrazione (Whatman GF/F precombusti a 450°C) per la determinazione spettrofotometrica (Shimadzu UV2600) della **sostanza organica disciolta cromoforica (CDOM)**. La CDOM, è costituita da sostanze di varia provenienza (prodotti di degradazione e di escrezione, apporti terrigeni ecc.) e costituisce una frazione molto importante della sostanza organica disciolta totale e del carbonio organico disciolto. La CDOM è una sostanza otticamente attiva, nel senso che ha un forte assorbimento nell'UV e nel blu rispetto a quello molto basso o nullo nel rosso. Gli assorbimenti (a, espressi in m⁻¹) nell'UV o nel blu possono essere considerati come stime delle concentrazioni della CDOM.

I metodi relativi alle analisi effettuate sui campioni di acqua sono riassunti nella **Tabella 6**.

Tabella 6 - Metodi relativi alle analisi effettuate sui campioni di acqua. In rosso vengono riportate le metodiche in vigore a partire dalla Primavera 23.			
Prova	Metodo	Unita Misura	Limite Rilevabilità
Nutrienti inorganici			
Fosfati	UNI ISO SW 15923-1	µM	0,03
Nitriti	EPA 354.1	µM	0,03
Nitrati	EPA 354.1, tramite riduzione in colonna di Cd	µM	0,03
Silicati	APHA 4500 Si (molybdosilicate methods)	µM	0,1
Sostanza organica disciolta cromoforica CDOM	Spettrofotometria (Bricaud et al., 1981)	m ⁻¹	0,04
POM	Strickland and Parsons (1972), modificato da Van der Linde (1998)	mg/l	0,001
Solidi sospesi	Strickland and Parsons (1972), modificato da Van der Linde (1998)	mg/l	0,001
Clorofilla a	HPLC (Vidussi et al., 1996; Barlow et al., 1997)	mg m ⁻³	0,05
Idrocarburi totali	UNI EN ISO 9377-2:2002	µg/l	50
Tensioattivi anionici	MP 287 REV 0 2019	mg/l	0,05
Tensioattivi non ionici	UNI 10511-2:1996+A1:2000	mg/l	0,03
Acidi aloacetici			
Dalapon	EPA 552.3 2003	µg/l	1
Acido Dibromoacetico	EPA 552.3 2003	µg/l	1
Acido Tribromoacetico	EPA 552.3 2003	µg/l	2
Acido Monobromoacetico	EPA 552.3 2003	µg/l	2,5
Acido Bromodichloroacetico	EPA 552.3 2003	µg/l	1
Acido Bromocloroacetico	EPA 552.3 2003	µg/l	1
Acido Dichloroacetico	EPA 552.3 2003	µg/l	4
Acido Tricloroacetico	EPA 552.3 2003	µg/l	1
Acido Monocloroacetico	EPA 552.3 2003	µg/l	2
Acido Clorodibromoacetico	EPA 552.3 2003	µg/l	2
Aloacetoni-trili			
Dibromoacetoni-trile	EPA 551 1990 EPA 5030C 2003+EPA 8260D 2018	µg/l	1
Dicloroacetoni-trile	EPA 551 1990 EPA 5030C 2003+EPA 8260D 2018	µg/l	0,05
Tricloroacetoni-trile	EPA 551 1990 EPA 5030C 2003+EPA 8260D 2018	µg/l	0,05
1,1,1-Tricloro-2-Propanone	EPA 551 1990 EPA 5030C 2003+EPA 8260D 2018	µg/l	0,2
1,1-Dicloro-2-Propanone	EPA 551 1990 EPA 5030C 2003+EPA 8260D 2018	µg/l	0,05
Cloropicrina	EPA 551 1990 EPA 5030C 2003+EPA 8260D 2018	µg/l	1
Alometani e Composti Organici Volatili (VOC)			
Cloroformio	EPA 5030C:2003+EPA 8260D2018	µg/l	0,01

Tabella 6 - Metodi relativi alle analisi effettuate sui campioni di acqua. In rosso vengono riportate le metodiche in vigore a partire dalla Primavera 23.

Prova	Metodo	Unita Misura	Limite Rilevabilità
Carbonio Tetracloruro	EPA 5030C:2003+EPA 8260D2018	µg/l	0,01
Tricloro Etilene	EPA 5030C:2003+EPA 8260D2018	µg/l	0,01
Dicloro Bromo Metano	EPA 5030C:2003+EPA 8260D2018	µg/l	0,01
Tetracloro Etilene	EPA 5030C:2003+EPA 8260D2018	µg/l	0,01
Dibromo Cloro Metano	EPA 5030C:2003+EPA 8260D2018	µg/l	0,01
Bromoformio	EPA 5030C:2003+EPA 8260D2018	µg/l	0,01
1,2-Dibromo Etano	EPA 5030C:2003+EPA 8260D2018	µg/l	0,01
1,1,1-Tricloro Etano	EPA 5030C:2003+EPA 8260D2018	µg/l	0,01
1,1,2-Tricloro Etano	EPA 5030C:2003+EPA 8260D2018	µg/l	0,01
Alofenoli			
2,4-Diclorofenolo	EPA 3510C 1996+EPA 8270E 2018	µg/l	0,2
4-Cloro-3-Metilfenolo	EPA 3510C 1996+EPA 8270E 2018	µg/l	0,2
2,4,6-Triclorofenolo	EPA 3510C 1996+EPA 8270E 2018	µg/l	0,2
Pentaclorofenolo	EPA 3510C 1996+EPA 8270E 2018	µg/l	0,2

Analisi microbiologiche

Le **analisi microbiologiche** per la ricerca di coliformi fecali, coliformi totali, streptococchi fecali, sono state effettuate seguendo le seguenti metodologie.

Coliformi totali: APAT CNR IRSA 7010 / metodo C Man 29 (2003)

Coliformi fecali: APAT CNR IRSA 7020 / metodo B Man 29(2003)

Streptococchi fecali (Enterococchi): APAT CNR IRSA 7040 / metodo C Man 29 (2003)

2.3.3 Plancton

Il piano di campionamento adottato per lo studio del plancton prevede il prelievo in corrispondenza di 5 stazioni (MG6, MG7, MG10, MG12, MG13) selezionate tra le stazioni delle analisi idrologiche. Per la disposizione dei punti e relative coordinate si rimanda alla **Figura 1** e alla **Tabella 3**.

2.3.3.1 Fitoplancton

Lo studio della componente fitoplanctonica è stato condotto attraverso il prelievo di acqua a quattro diverse quote batimetriche (0,5, 12,5, 50 e 70m). Il campionamento è stato eseguito tramite bottiglie tipo Niskin ed in ciascuna stazione sono stati prelevati 10 L di acqua marina. Parte del campione prelevato da bottiglia (3-4 L) è stata filtrata su filtri Whatman GF/F (Ø 45 mm) per la successiva estrazione in acetone e determinazione della **clorofilla a** e della diversità pigmentaria.

Le concentrazioni di **clorofilla a** e de pigmenti accessori di seguito specificati (**diversità pigmentaria**) sono state determinate in cromatografia liquida ad alta pressione (HPLC SHIMADZU Class VP10). La diversità pigmentaria è rappresentata dalle concentrazioni di nove pigmenti diagnostici principali. Le concentrazioni dei pigmenti sono in relazione (oltre ad altri fattori eco-fisiologici) alla composizione delle comunità fitoplanctoniche ed ognuno dei pigmenti può essere utilizzato, pur essendo in alcuni casi presente in più gruppi tassonomici, come marker diagnostico privilegiato di un gruppo tassonomico. Nella **Tabella 7** sono specificati i pigmenti, (Vidussi et al., 1996; Barlow et al., 1997), la sigla di abbreviazione con cui verranno citati e la principale classe o gruppo tassonomico di appartenenza.

Tabella 7 - Elenco dei pigmenti determinati, sigla e raggruppamento tassonomico di appartenenza.

Pigmento	Abbreviazione	Principale Classe rappresentata
Clorofilla b + Divinilclorofilla b	Chl b	Clorophyta
Divinilclorofilla a	DVA	Cianobatteri <i>Prochlorococcus</i>
Zeaxantina	Zea	Cianobatteri <i>Synechococcus</i> -like
Peridininina	Perid	Dinoflagellati
Butanoiloxifucocantina	But-Fuco	Dictyochophyceae, Chrysophyceae,
Fucocantina	Fuco	Diatomee
Hesanoiloxifucocantina	Hex-Fuco	Prymnesiophyceae Coccolitofori
Prasinoxantina	Prasino	Clorophyta Prasinophyceae
Alloxantina	Allo	Cryptophyceae

Una quota di 500ml di campione tal quale è stata fissata con formalina neutralizzata (concentrazione finale 0,74%) per l'analisi qualitativa del fitoplancton. Per l'analisi qualitativa della composizione del microfitorplancton, è stato effettuato un campionamento verticale da -70m alla superficie, con retino con maglia di porosità 10µm; il campione prelevato dal bicchiere di raccolta, dopo un risciacquo con acqua

di mare, è stato fissato con formalina neutralizzata (concentrazione finale 3%). Aliquote variabili sono state messe a sedimentare in camere combinate e osservate al microscopio inverso (Zeiss IM35, Zeiss IM, Zeiss Axio Vert.A1 KMAT, c.f.) per il conteggio e la determinazione tassonomica del fitoplancton (Zingone et al., 2010).

2.3.3.2 Zooplancton

Lo studio della componente zooplanctonica è finalizzato alla identificazione dei popolamenti oloplanctonici, meroplanctonici ed ittioplanctonici. L'**oloplancton** include gli organismi che trascorrono l'intero ciclo vitale nel comparto pelagico, mentre il **meroplancton** comprende quegli invertebrati che trascorrono solo una parte della loro vita allo stadio planctonico, preceduto o sostituito in forma adulta da quello bentonico o nectonico. Le larve planctoniche di invertebrati bentonici in fase adulta (meroplancton) e di teleostei (**ittioplancton**) rappresentano la risorsa principale per la dispersione del benthos e per lo sviluppo del necton.

Lo studio è stato condotto tramite peschate orizzontali e peschate verticali a diverse profondità. L'oloplancton è stato campionato con retino standard WP-2, a chiusura con vuoto di maglia di 200µm, flussometro e specifico meccanismo di sgancio; meroplancton e ittioplancton con retino tipo WP-2, modificato, a chiusura, con vuoto di maglia di 335µm, anch'esso dotato di flussometro e meccanismo di sgancio. Ciò ha permesso agli operatori di selezionare la porzione di colonna d'acqua da analizzare.

In accordo alle metodiche standard relative allo studio del plancton marino, la velocità di traino del retino è stata di circa 1m/s (2 nodi). Ove possibile, per ridurre le tempistiche della campagna di studio, sono state fatte 2 peschate, utilizzando contemporaneamente i retini da olo e meroplancton. Per escludere errori di campionamento dei diversi gruppi planctonici, soggetti ad importanti migrazioni nictemerali, tutte le peschate orizzontali e le peschate verticali superficiali sono avvenute nelle ore comprese tra il tramonto e l'alba (Andersen *et al.*, 1992, Andersen *et al.*, 1993). Gli altri campionamenti sono stati condotti durante le ore diurne. Per ogni campione sono state registrate le principali condizioni meteo-marine: stato del mare, forza del vento e copertura del cielo.

I campionamenti verticali sono stati effettuati in 4 stazioni MG6, MG7, MG12 e MG13 (ubicata a 100m dal sito di posizionamento del Terminale, nelle quattro direzioni cardinali) ed 1 stazione di controllo (MG10) a circa due miglia dal punto di posizionamento del rigassificatore. I campioni sono stati prelevati dal fondo a -50m e da -50m alla superficie (- 1m). Per lo studio del meroplancton e dell'ittioplancton sono state effettuate due repliche. I campionamenti orizzontali sono stati realizzati nelle medesime stazioni trainando il retino per 15 minuti, alla profondità di -0,5 -1m.

I campioni biologici totali sono 75; 15 oloplanctonici (5 orizzontali, 10 verticali), 30 meroplanctonici (10 orizzontali, 20 verticali), 30 ittioplanctonici (10 orizzontali, 20 verticali). Per il solo campione oloplanctonico vengono registrati anche i dati relativi alla stima della biomassa con il metodo volumetrico di misura per sedimentazione in cilindri graduati da 100ml dopo 24 ore (Camatti e Ferrari in ISPRA, 2010). La scelta del metodo, rispetto alle indagini biochimiche o al calcolo della biomassa attraverso peso secco e/o umido, è preferibile in quanto, trattandosi del campione di controllo la metodologia conservativa permette di preservare in toto l'intero campione. Tutti i valori sono espressi come numero di individui per metro cubo di acqua filtrata. Per l'identificazione dello zooplancton sono stati utilizzati i seguenti testi: Avancini M. *et al.* 2006; Bertolini F. *et al.*, 1931-1956; Dos Santos A. e Lindley J.A., 2001; Dos Santos, A. e Gonzalez-Gordillo J.I., 2004; Ghirardelli E. e Gamulin T., 2004; Olivar M.P. e Fortuño J.M., 1991; Pessani D. *et al.*, 2004; Ré P. e Meneses I., 2008; Thiriot A., 1974; Trégouboff G. e Rose M., 1957.

Per quanto riguarda il meroplancton si è provveduto ad analizzare parte del campione in vivo e parte fissato in formalina al 4%. L'osservazione del campione in vivo è utilizzata per ovviare all'alterazione di alcuni caratteri distintivi dell'animale dovuti al fissaggio con la formalina, quali perdita di arti od altre strutture indispensabili per l'identificazione; la decolorazione in alcune fasi larvali. I risultati sono presentati congiuntamente in un'unica tabella in quanto il popolamento è la somma delle due frazioni.

Si precisa che per quanto riguarda l'ittioplancton, la presenza di un contingente non identificabile (larvae ind.) è attribuibile alla presenza di fasi larvali di poche ore di vita che non consentono la caratterizzazione morfologica e l'identificazione specifica se non attraverso indagini di tipo molecolare, non previsti dai metodi di studio del presente lavoro.

2.3.4 Saggi ecotossicologici

Il prelievo delle acque per i test eco tossicologici è stato effettuato nell'Inverno 2023 e nell'Estate 2023 tramite bottiglia Niskin in 6 stazioni (MG3, MG5, MG6, MG7, MG13, MG12) più due controlli (MG9, MG10). I punti coincidono con quelli scelti per la caratterizzazione della colonna d'acqua (**Figura 1**). In questo caso però i test sono stati eseguiti in corrispondenza di 3 quote batimetriche (0,5 - 12,5 - 50m). Per le coordinate si rimanda alla **Tabella 3**.

Vibrio fischeri (sistema Microtox®) - fase liquida

Vibrio fischeri è un batterio marino Gram-negativo ed eterotrofo, appartenente alla famiglia delle Vibrionaceae. Il sistema Microtox® è un test biologico di tossicità acuta basato sull'utilizzo della bioluminescenza naturale di questa specie. Poiché in presenza di contaminanti l'emissione di luce diminuisce, la misura dell'eventuale inibizione della bioluminescenza, a seguito dell'esposizione del batterio ad una sostanza nota o ad un campione naturale di acqua o sedimento, consente di valutare il grado di tossicità acuta della sostanza o della matrice testata. Il saggio biologico è stato applicato all'acqua di mare filtrata a 0,45µm.

Procedimento del test – Sono state adottate le procedure previste dal protocollo UNI EN ISO 11348:2009 e dal protocollo "Basic" (Azur Environmental, 1995), a partire da una concentrazione del 90% del campione di acqua, con la sostituzione dei diluenti standard (NaCl al 3,5%) con acqua marina naturale. Tale modifica al protocollo originale è stata apportata poiché l'acqua di mare fornisce un ambiente osmotico e fisiologico più idoneo all'attività metabolica dei batteri rispetto al diluente standard e consente di ottenere, pertanto, risultati più verosimili nello studio di ambienti marino-salmastri. La relazione dose-risposta, ovvero concentrazione del campione-inibizione della bioluminescenza,

è stata elaborata mediante un software dedicato (Microtox Omni™ v. 1.16), che consente di individuare l'EC50 (e/o l'EC20), cioè la concentrazione del campione cui corrisponde una riduzione della bioluminescenza pari al 50% (20%).

Phaeodactylum tricorutum

Phaeodactylum tricorutum Bohlin è una diatomea appartenente al gruppo delle Bacillarioficee, ordine delle Pennales.

Procedimento del test – Il principio del test, di tipo cronico, consiste nell'esporre una coltura algale pura in fase esponenziale per diverse generazioni a concentrazioni note di campione, in condizioni fisico-chimiche standardizzate e con un definito ed omogeneo apporto di nutrienti. È stato adottato il protocollo ISO 10253:2006. Al termine del periodo d'incubazione viene confrontata la crescita algale nel campione con quella del controllo. Il test è stato condotto su campioni della colonna d'acqua. Come terreno di coltura, controllo e diluente è stata impiegata acqua di mare naturale, arricchita con lo stock di nutrienti indicato dal protocollo e sterilizzata tramite filtrazione su membrana da 0,45mm.

Un'aliquota di sospensione algale proveniente da una coltura pura in fase di crescita esponenziale è stata conteggiata automaticamente tramite lo strumento camera di Burker e diluita in acqua marina, fino ad ottenere una densità di 1.000.000 cell/ml.

Il saggio biologico è stato organizzato con 3 repliche di ogni campione in beute da 50ml.

Sono state effettuate n. 5 diluizioni scalari (1:2) e ogni beuta è stata inoculata in modo da ottenere una densità iniziale di cellule pari a 10.000 cellule/ml. Le beute sono state successivamente incubate per 72 h in camera termostatica a 20 ± 2 °C, con regime di illuminazione continua del tipo cool white e con una intensità compresa tra 7.000 e 8.000 lux (ISO, 10253). La densità algale dei campioni è stata determinata al termine delle 72h.

Ceppo algale: CCAP 1052/1, proveniente da Centre Collection of Algae and Protozoa, SAMS Research Services Ltd, Dunstaffnage Marine Laboratory, OBAN, Argyll PA37 1QA, Scotland.

Paracentrotus lividus

Il test d'embriotossicità è basato sulla capacità degli zigoti (uova fecondate) di raggiungere lo stadio di pluteo durante l'esposizione per 48/72 ore alla matrice acquosa testata. L'assenza o una riduzione significativa dei plutei (presenza degli stadi inferiori al pluteo) e/o la presenza di plutei anomali dimostra la tossicità cronica della matrice testata. Prima dell'allestimento del test sono misurati i seguenti parametri dell'acqua: pH e la salinità.

Procedimento del test - Il test è stato allestito in tre repliche, secondo il protocollo integrato EPA/600/R-95/136. L'emissione dei gameti maschili e femminili è stata provocata mediante l'iniezione di 0,5ml di KCl 1M nella cavità celomatica degli organismi. Lo sperma (minimo da tre maschi) è stato raccolto "a secco" e conservato fin al suo utilizzo a 4°C. Le uova (minimo da tre femmine) sono state raccolte "a umido" separatamente da ogni femmina e dopo la valutazione della loro maturità, sono state unite e diluite in acqua di mare naturale filtrata alla concentrazione richiesta dal test (200 uova/ml). La soluzione di uova è stata conservata a 16 ± 2 °C. La concentrazione dello sperma è stata determinata in camera di conta (Thoma). Sulla base del conteggio è stata preparata la sospensione dello sperma stimando il rapporto predefinito tra uovo e sperma (1:15000). Nel test di embriotossicità, gli zigoti sono stati esposti a concentrazioni crescenti degli elutriati (100, 50 e 25%). In ogni provetta è stato aggiunto 1ml della soluzione d'uova fecondate alla concentrazione 200 zigoti/ml. Le provette sono state incubate per 72 ore alla temperatura di 16 ± 2 °C. Il processo di sviluppo embrionale è stato bloccato con l'aggiunta di 1 ml del formaldeide. Al microscopio sono stati contati 100 embrioni e calcolata la percentuale dei plutei regolari in ogni provetta.

Stima della tossicità - Al fine di calcolare la percentuale degli embrioni che non hanno raggiunto lo stadio di pluteo, è stata applicata la correzione di "Abbott" secondo la seguente formula:

$$(x - y) * 100 * (100 - y)^{-1}$$

x = % embrioni che non hanno raggiunto lo stadio di pluteo nel campione da testare; y = % dei plutei nel controllo.

Acarta tonsa

Il saggio di tossicità acuta con il copepode *A. tonsa* è stato eseguito secondo la procedura UNICHIM 2362:2012. Obiettivo del saggio è la determinazione di eventuali effetti acuti della matrice oggetto di monitoraggio, espressi come inibizione della capacità motoria in stadi naupliari di *A. tonsa*.

Procedimento del test - Il saggio prevede l'esposizione di 30 uova/primi stadi naupliari di *A. tonsa*, in 3 repliche da 10 suddivise a loro volta in 2 subrepliche da 5 uova/primi stadi naupliari, a 2,5 mL di matrice acquosa per subreplica ($S = 30 \pm 1$ ‰). Il saggio è quindi condotto in condizioni statiche per 24-48 h, a una temperatura di 20°C e in regime di fotoperiodo controllato (14:10; luce:buio) con illuminazione a bassa intensità mantenuta da lampade fluorescenti (500-1000 lux). A 24 ed a 48 h di esposizione vengono conteggiati in ogni subreplica il numero di individui immobili e mobili.

QA-QC - La sensibilità di ogni coltura di *A. tonsa* è stata verificata mediante il test di controllo positivo con Nickel, il cui risultato a 24 h deve essere compreso nell'intervallo 0,19-0,55 mg/l e a 48 h deve essere compreso nell'intervallo 0,12-0,36 mg/l; ogni coltura viene mantenuta per un periodo non superiore a 6 settimane. Affinché il test possa essere considerato valido, la percentuale di schiusa di uova nel controllo deve essere ≥ 80 % e l'immobilizzazione nel controllo non deve superare il 20 %.

Espressione e analisi dei dati – I risultati del saggio sono stati riportati come % di immobilizzazione.

2.4 Sedimenti

Durante il moitoraggio in corso (A22-E23) è stato deciso di integrare il numero di analisi chimiche in accordo al D.M 173 /2016 in modo da ottenere un panel analitico idoneo da poter essere elaborato tramite il software SediQualSoft 109.0®. Questo software consente di calcolare l'indice di pericolo chimico quantitativo con conseguente assegnazione della classe di pericolo al sedimento analizzato.

Analogamente, sono stati modificati i saggi ecotossicologici per poter definire tramite il medesimo software l'indice di pericolo complessivo della batteria che viene calcolato come media degli effetti pesati dei singoli saggi. Per ulteriori dettagli si rimanda al paragrafo "Analisi ponderata del pericolo chimico ed ecotossicologico: classificazione della qualità dei sedimenti"

Il prelievo dei sedimenti è stato effettuato in 4 stazioni (MG6, MG7, MG13, MG12) e due controlli (MG9, MG10). Per la disposizione dei punti e relative coordinate si rimanda alla **Figura 1** e alla **Tabella 3** rispettivamente.

2.4.1 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche

Analisi granulometriche

L'analisi granulometrica viene effettuata secondo il metodo ICRAM, Sedimenti Scheda 3, 2001. La classificazione della frazione >63µm (ghiaia e sabbia) viene eseguita mediante vagliatura con pile di setacci della serie ASTM da -1 a 4 phi con un intervallo di 0,5 phi.

La frazione fine (< 63µm) viene classificata per densimetria secondo ASTM D7928-21.

I risultati analitici sono stati riportati su appositi diagrammi triangolari (classificazione di Shepard, 1958) rappresentanti ghiaia-sabbia-pelite (silt+argilla) o sabbia-silt-argilla.

Analisi chimiche

La determinazione dei metalli (escluso il mercurio) viene effettuata mediante mineralizzazione a microonde e successiva analisi mediante spettroscopia di Assorbimento atomico o spettrometria di emissione atomica accoppiata iduttivamente al plasma a rivelazione ottica.

L'analisi del mercurio è stata effettuata sul campione tal quale mediante tecnica AAS previa decomposizione termica e amalgamazione impiegando un Analizzatore Diretto del Mercurio.

La determinazione dei composti organici volatili viene effettuata mediante analisi gas cromatografica dello spazio di testa o mediante tecnica Purge & Trap sul campione tal quale accoppiate a tecnica di rivelazione FID (idrocarburi), ECD (composti clorurati) e a spettrometria di massa (VOC e altri composti clorurati). La determinazione dei composti organici semivolatili (SVOC) viene eseguita anche in questo caso per via gas cromatografica con rivelazione FID (idrocarburi alifatici) o a spettrometria di massa (IPA, PCB, pesticidi, alofenoli) sugli estratti ottenuti con opportune miscele solventi, previa eventuale derivatizzazione e purificazione.

I composti organostannici (TBT, DBT, MBT) vengono determinati tramite estrazione e derivatizzazione seguite da analisi gascromatografica impiegando come detector un rivelatore a spettrometria di massa.

La sostanza organica viene determinata mediante calcinazione o metodo equivalente.

IL TOC si determina con analizzatore diretto del carbonio previa eliminazione del carbonio inorganico mediante trattamento acido.

L'accuratezza delle procedure di digestione (ove effettuata) e di analisi dei campioni è stata verificata impiegando i materiali standard di riferimento; le tarature degli strumenti di misura saranno affidate a centri accreditati LAT e le curve di taratura previste dai metodi scelti dovranno essere costruite con soluzioni standard certificate e tracciabili NISTe verificate periodicamente per testarne la robustezza.

Si precisa che la lista dei composti **cloroderivati** è stata fornita da ISPRA dopo l'approvazione del piano.

La lista completa degli analiti ricercati e relativi metodi sono riportati in **Tabella 8**. In corsivo sono riportati gli analiti introdotti a partire dall'estate 2023 per l'adeguamento al D.M.173/16 e successiva elaborazione tramite il software SediQualSoft 109.0® utilizzato per la definizione della qualità (pericolo) dei sedimenti marino-salmastri.

Tabella 8 - Metodi relativi alla analisi chimiche effettuate sui campioni di sedimento. In corsivo gli analiti introdotti a partire da E23 per l'adeguamento al DM173/16.			
	Metodo	Unita Misura	Limite Rilevabilità
Idrocarburi C>12	UNI EN ISO 16703:2011	mg/kg s.s.	5
Idrocarburi C<12	EPA 5021A 2014 + EPA8015C 2007	mg/kg s.s.	0,5
Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)	EPA3545A 2007 + EPA3630C 1996 + EPA8270E 2018	µg/kg s.s.	1
Policlorobifenili (PCB)	EPA3545A 2007 + EPA3630C 1996 + EPA8270E 2018	µg/kg s.s.	0,1
Pesticidi organoclorurati	EPA3545A 2007 + EPA3630C 1996 + EPA8270E 2018	µg/kg s.s.	0,1
Total Organic Carbon (TOC)	UNI EN 15936:2022	% s.s.	0,1
Sostanza organica	UNI EN 15935:2021	% s.s.	0,1
Composti organostannici	UNI EN ISO 23161:2019	mg/kg s.s.	0,001
Alluminio (Al)	EPA 3051 A:2007 + EPA 6010D:2018	%	0,03
Bario (Ba)	EPA 3051 A:2007 + EPA 6010D:2018	mg/kg	1,0
Cromo totale (Cr tot)	EPA 3051 A:2007 + EPA 6010D:2018	mg/kg	1,0
Ferro (Fe)	EPA 3051 A:2007 + EPA 6010D:2018	%	0,03
Manganese (Mn)	EPA 3051 A:2007 + EPA 6010D:2018	mg/kg	5,0
Nichel (Ni)	EPA 3051 A:2007 + EPA 6010D:2018	mg/kg	1,0

Tabella 8 - Metodi relativi alla analisi chimiche effettuate sui campioni di sedimento. In corsivo gli analiti introdotti a partire da E23 per l'deguamento al DM173/16.

	Metodo	Unita Misura	Limite Rilevabilita
Rame (Cu)	EPA 3051 A:2007 + EPA 6010D:2018	mg/kg	1,0
Zinco (Zn)	EPA 3051 A:2007 + EPA 6010D:2018	mg/kg	1,0
Arsenico (As)	EPA 3051 A:2007 + EPA 7010:2007	mg/kg	0,3
Cadmio (Cd)	EPA 3051 A:2007 + EPA 7010:2007	mg/kg	0,01
Piombo (Pb)	EPA 3051 A:2007 + EPA 7010:2007	mg/kg	0,3
Vanadio (V)	EPA 3051 A:2007 + EPA 6010D:2018	mg/kg	1,0
Mercurio (Hg)	EPA 7473:2007	mg/kg	0,005
Acidi aloacetici			
Acido Bromocloroacetico	MI/10/C + EPA552.3 2003	µg/kg s.s	2
Acido Bromodicloroacetico	MI/10/C + EPA552.3 2003	µg/kg s.s	2
Acido Clorodibromoacetico	MI/10/C + EPA552.3 2003	µg/kg s.s	4
Acido Dibromoacetico	MI/10/C + EPA552.3 2003	µg/kg s.s	2
Acido Dicloroacetico	MI/10/C + EPA552.3 2003	µg/kg s.s	8
Acido Monobromoacetico	MI/10/C + EPA552.3 2003	µg/kg s.s	5
Acido Monocloroacetico	MI/10/C + EPA552.3 2003	µg/kg s.s	4
Acido Tribromoacetico	MI/10/C + EPA552.3 2003	µg/kg s.s	4
Acido Tricloroacetico	MI/10/C + EPA552.3 2003	µg/kg s.s	2
Dalapon	MI/10/C + EPA552.3 2003	µg/kg s.s	2
Alometani, aloacetoniirili, composti organici volatili (VOC)			
1,1,1-Tricloroetano	EPA 5035A:2002 + EPA8260D:2018	µg/kg	0,05
1,1,2-Tricloroetano	EPA 5035A:2002 + EPA8260D:2018	µg/kg	0,05
1,2,3-Tricloropropano	EPA 5035A:2002 + EPA8260D:2018	µg/kg	0,05
1,2-Dibromo-3-cloropropano	EPA 5035A:2002 + EPA8260D:2018	µg/kg	0,2
1,2-Dibromoetano	EPA 5035A:2002 + EPA8260D:2018	µg/kg	0,05
Bromodiclorometano	EPA 5035A:2002 + EPA8260D:2018	µg/kg	0,05
Bromoformio	EPA 5035A:2002 + EPA8260D:2018	µg/kg	0,05
Cloroformio	EPA 5035A:2002 + EPA8260D:2018	µg/kg	0,05
Dibromoclorometano	EPA 5035A:2002 + EPA8260D:2018	µg/kg	0,05
Tetracloroetilene	EPA 5035A:2002 + EPA8260D:2018	µg/kg	0,05
Tetracloruro di carbonio	EPA 5035A:2002 + EPA8260D:2018	µg/kg	0,05
Tricloroetilene	EPA 5035A:2002 + EPA8260D:2018	µg/kg	0,05
1,1,1-Tricloro-2-propanone	EPA 5035A 2002 + EPA8260D 2018	µg/kg	1
1,1-dicloro-2-propanone	EPA 5035A 2002 + EPA8260D 2018	µg/kg	0,5
Cloropicrina	EPA 5035A 2002 + EPA8260D 2018	µg/kg	2
Dibromoacetoniirile	EPA 5035A 2002 + EPA8260D 2018	µg/kg	5
Dicloroacetoniirile	EPA 5035A 2002 + EPA8260D 2018	µg/kg	0,1
Tricloroacetoniirile	EPA 5035A 2002 + EPA8260D 2018	µg/kg	0,1
Alofenoli (SVOC)			
2,4,6-Triclorofenolo	EPA3545A 2007 + EPA3630C 1996 + EPA8270E 2018	µg/kg s.s.	1
2,4-Diclorofenolo	EPA3545A 2007 + EPA3630C 1996 + EPA8270E 2018	µg/kg s.s.	1
4-Cloro-3-Metilfenolo	EPA3545A 2007 + EPA3630C 1996 + EPA8270E 2018	µg/kg s.s.	1
Pentaclorofenolo	EPA3545A 2007 + EPA3630C 1996 + EPA8270E 2018	µg/kg s.s.	1

Analisi microbiologiche

La ricerca di coliformi fecali, coliformi totali, streptococchi fecali sono state effettuate seguendo le seguenti metodologie.

Coliformi totali e fecali: APAT CNR-IRSA metodi analitici per le acque 7010 A Man 29 2003

Coliformi fecali: APAT CNR IRSA 7020 A Man 29 2003

Streptococchi fecali (Enterococchi): APAT CNR IRSA 7040 / metodo A, Man 29 2003

2.4.2 Saggi ecotossicologici

Durante il moitoraggio in corso (A22-E23) è stata utilizzata una batteria di minima, in accordo al D.M 173 /2016, composta da almeno 3 organismi appartenenti a gruppi tassonomici ben 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. Questa batteria ha fornito dati elaborabili tramite il software SediQualSoft 109.0® utilizzato per la definizione della qualità (pericolo) dei sedimenti marino-salmastri: il software si basa su un giudizio di pericolo ecotossicologico (Hazard Quotient_batteria) che varia da Assente a Molto alto, elaborato dalla integrazione ponderata dei risultati dei saggi biologici impiegati, in accordo al D.M 173 /2016.

Paracentrotus lividus

Il test d'embriotossicità è stato effettuato sull'elutriato.

Gli elutriati vengono preparati dai sedimenti freschi secondo il protocollo EPA 823-B-98-004. February 1998. Un'aliquota del sedimento da testare è unita con il volume calcolato dell'acqua di mare naturale filtrata in rapporto 1:4. Le sospensioni ottenute sono poste in agitazione per 1 ora e in seguito centrifugate a temperatura di 10°C per 20' a 3000rpm. Il soprannatante, che rappresenta l'elutriato, è prelevato e conservato alla temperatura di -30°C. Prima dell'allestimento del test sono stati misurati i seguenti parametri dell'elutriato: pH e la salinità. Procedimento del test - Il test è stato condotto con le stesse procedure descritte per il test di embriossicità condotto sull'acqua (EPA/600/R-95/136),

La tossicità degli elutriati è stata stimata sulla base dei valori di EC20 ed EC50, calcolati con i metodi Trimmed Spearman-Kärber e Probit.

Corophium orientale

Il principio del saggio biologico con *C. orientale*, consiste nell'esposizione di un numero stabilito di organismi per 10 giorni al sedimento tal quale, con la finalità di stimare la percentuale di mortalità degli organismi stessi.

Gli anfipodi sono stati campionati setacciando il sedimento (con setaccio a maglia di 0,5mm) per selezionare organismi giovani (~4mm) idonei per il test, scartando gli individui maturi e quelli di taglia minore (< 4mm). Gli anfipodi selezionati sono portati in laboratorio ed acclimati alle seguenti condizioni: Temperatura dell'acqua: 16 ± 2°C; Salinità: 36 ± 2 ‰; Illuminazione: continua; O₂ disciolto nell'acqua sovrastante il sedimento: > 60 %.

Procedimento del saggio - Il saggio è allestito secondo il protocollo ISO 16712:2005, EPA/600/R-94/025). Circa 200cc di sedimento da testare vengono introdotti all'interno di un barattolo da 1 litro e vengono aggiunti circa 750cc di acqua di mare naturale filtrata. Per ogni campione sono state allestite 4 repliche e in ciascun barattolo sono stati inseriti 25 individui. Come sedimento di controllo è stato utilizzato il sedimento nativo proveniente da un sito non contaminato.

Dopo 10 giorni il contenuto di ogni becker è stato setacciato (500µm) e gli organismi vivi contati. Sono stati considerati morti gli anfipodi che, dopo una delicata stimolazione, non mostravano alcun movimento. La sensibilità degli organismi (96 h LC50) è stata determinata tramite l'esposizione per 96 ore a concentrazioni crescenti di CdCl₂ (0,8 mg/l; 1,6 mg/l; 3,2 mg/l; e 6,4 mg/l).

All'inizio e alla fine del saggio biologico sono stati misurati i seguenti parametri dell'acqua sovrastante il sedimento: pH, salinità, NH₄⁺ e ossigeno disciolto.

Vibrio fischeri (sistema Microtox®) - fase liquida

Vibrio fischeri è un batterio marino Gram-negativo ed eterotrofo, appartenente alla famiglia delle Vibrionaceae. Il sistema Microtox® è un test biologico di tossicità acuta basato sull'utilizzo della bioluminescenza naturale di questa specie. Poiché in presenza di contaminanti l'emissione di luce diminuisce, la misura dell'eventuale inibizione della bioluminescenza, a seguito dell'esposizione del batterio ad una sostanza nota o ad un campione naturale di acqua o sedimento, consente di valutare il grado di tossicità acuta della sostanza o della matrice testata. Il saggio biologico è stato applicato all'acqua di mare filtrata a 0,45µm.

Procedimento del test – Sono state adottate le procedure previste dal protocollo UNI EN ISO 11348:2009 e dal protocollo "Basic" (Azur Environmental, 1995), a partire da una concentrazione del 90% del campione di acqua, con la sostituzione dei diluenti standard (NaCl al 3,5%) con acqua marina naturale. Tale modifica al protocollo originale è stata apportata poiché l'acqua di mare fornisce un ambiente osmotico e fisiologico più idoneo all'attività metabolica dei batteri rispetto al diluente standard e consente di ottenere, pertanto, risultati più verosimili nello studio di ambienti marino-salmastri. La relazione dose-risposta, ovvero concentrazione del campione-inibizione della bioluminescenza, è stata elaborata mediante un software dedicato (Microtox Omni™ v. 1.16), che consente di individuare l'EC50 (e/o l'EC20), cioè la concentrazione del campione cui corrisponde una riduzione della bioluminescenza pari al 50% (20)%.

Analisi ponderata del pericolo chimico ed ecotossicologico: classificazione della qualità dei sedimenti

I dati sono stati raccolti in due matrici (stazioni x contaminanti e stazioni x saggi ecotossicologici) e elaborati tramite il software SediQualSoft 109.0® per la definizione della qualità (pericolo) dei sedimenti marino-salmastri (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale). Attraverso il Sediqualsoft viene valutata la qualità dei sedimenti marini applicando i criteri di integrazione ponderata dei dati chimici ed ecotossicologici: la classificazione chimica si basa sull'indice *Hazard Quotient_chimico* (HQc) che considera la tipologia, il numero e l'entità dei parametri non conformi rispetto ai livelli chimici di riferimento (L1 e L2) riportati nella tab. 2.5 del D.M. 173/2016, mentre la classificazione ecotossicologica si basa su un giudizio di pericolo ecotossicologico (*Hazard Quotient_batteria*) che varia da Assente a Molto alto, elaborato dalla integrazione ponderata dei risultati dei saggi biologici impiegati.

La valutazione integrata della classe di qualità dei sedimenti prevede 5 classi di qualità con le rispettive opzioni di gestione che vanno dalla A alla E, dove la classe A corrisponde ai sedimenti di qualità ambientale più elevata mentre con la E si identifica la classe peggiore, che prevede un'eventuale rimozione in sicurezza del sedimento dall'ambiente marino dopo la valutazione di rischio.

In **Tabella 9**, si riportano le opzioni di gestione relative alle classi di appartenenza del sedimento. Le opzioni di gestione non sono oggetto del presente lavoro, sono riportate solo perché consentono di capire meglio il significato della classificazione.

Tabella 9 – Opzioni di gestione compatibili con la classe di qualità del sedimento.

Classe	Opzioni di gestione
A	RIPASCIMENTO della spiaggia emersa con pelite ≤10% o altro valore stabilito su base regionale; RIPASCIMENTO della spiaggia sommersa con frazione sabbiosa prevalente;

A	 IMMERSIONE DELIBERATA IN AREE MARINE NON COSTIERE (oltre 3 mn);  IMMERSIONE IN AMBIENTE CONTERMINATO MARINO COSTIERO.
B	 IMMERSIONE DELIBERATA IN AREE MARINE NON COSTIERE (oltre 3 mn) con monitoraggio ambientale;  IMMERSIONE IN AMBIENTE CONTERMINATO in ambito portuale incluso capping, con monitoraggio ambientale.
C	 IMMERSIONE IN AMBIENTE CONTERMINATO in ambito portuale in grado di trattenere tutte le frazioni granulometriche del sedimento, incluso capping all'internodi aree portuali con idonee misure di monitoraggio ambientale.
D	 IMMERSIONE IN AMBIENTE CONTERMINATO IMPERMEABILIZZATO , con idonee misure di monitoraggio ambientale.
E	 EVENTUALE RIMOZIONE IN SICUREZZA DELL'AMBIENTE MARINO DOPO VALUTAZIONE DI RISCHIO , secondo quanto previsto dalla normativa vigente.

2.5 Biota

2.5.1 Macrozoobenthos

Il campionamento per la caratterizzazione dei popolamenti macrobentonici è stato effettuato in quattro stagioni (A22, I23, P23, E23) con benna Van Veen (0.1 m² di superficie e volume di 25 litri) in 4 stazioni prossime al Terminale (MG13, MG12, MG6, MG7), in 4 a 300 m da esso (stazioni Intermedie: MG4, MG8, MG11, MG14) e in 4 stazioni a distanze di 1000 e i 2000 metri dal Terminale (MG9, MG10, MG1, MG2). Le coordinate teoriche (WGS 84) dei punti di campionamento sono riportate in **Tabella 3**. In ciascuna stazione sono state prelevate 4 repliche ed i campioni sono stati setacciati su maglia 0,5mm, e fissati in Alcool (al 96%) in una soluzione con acqua di mare al 70%. I campioni lavati per eliminare i residui di alcool sono stati sottoposti in laboratorio alla procedura di sorting con uno stereomicroscopio da dissezione e classificati, quando possibile, al livello di specie. Gli organismi sono stati conservati in alcool al 70%. Successivamente è stata costruita una matrice specie x stazioni sottoposta a Cluster Analysis e non-metric Multidimensional Scaling (n-MDS) dopo aver ottenuto la matrice triangolare tramite la similarità di Bray-Curtis sui dati non trasformati (Clarke & Warwick, 2001). Per descrivere la struttura della comunità sono stati calcolati i seguenti indici: numero totale di individui (N), numero di specie (S), ricchezza specifica di Margalef (D), diversità specifica di Shannon-Weaver (H') ed equitabilità di Pielou (J). Le analisi sul popolamento sono state effettuate con il software PRIMER 6.0 (PRIMER-E Ltd, Plymouth, U. K.; Clarke & Warwick, 2001; Clarke & Gorley, 2006). I metodi di elaborazione dati utilizzati per i confronti inter e intra stagionali sono riportati nel secondo volume Capitolo 7.

2.5.2 Meiobenthos

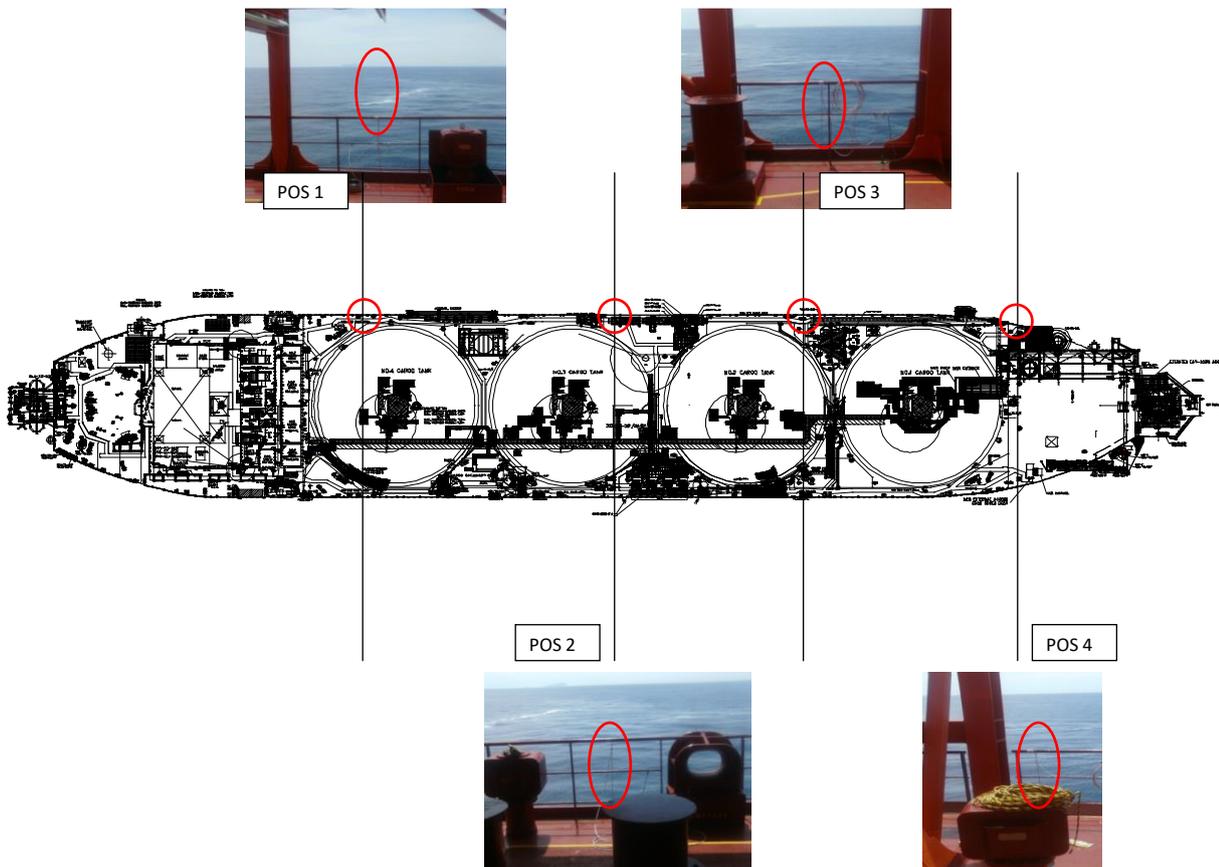
Lo studio della meiofauna è stato effettuato in 2 stagioni (I23, E23) con benna Van Veen, nelle medesime stazioni previste per la macrofauna (MG1, MG2, MG4, MG6, MG7, MG8, MG9, MG10, MG11, MG14, MG13, MG12) ed in ciascuna stazione sono state prelevate 4 repliche. I campioni sono stati prelevati inserendo manualmente nel sedimento per 3cm un carotatore cilindrico di Plexiglas di 2,75cm di diametro. Successivamente il campione è stato narcotizzato con una soluzione di Cloruro di Magnesio (MgCl₂) al 7% e dopo 10 minuti fissata e conservata in una soluzione di alcool (96%) e acqua di mare al 70%. In laboratorio è stata effettuata la centrifugazione in gradiente di Ludox AM-30 dei campioni dopo averli setacciati con setaccio da 1mm e 63 µm. Successivamente la frazione così ottenuta (sabbia + meiofauna) è stata distribuita in diverse provette da 50ml, dosando al massimo 20ml di materiale per provetta, addizionata con Ludox, e sottoposta a centrifugazione (5 minuti a 2000rpm) per estrarre la meiofauna (Todaro et al. 2001). Il Ludox avendo una densità simile a quella degli organismi facilita il trasferimento degli organismi dal sedimento surnatante che dopo filtrazione (con maglia 63 µm) consente di concentrare la meiofauna. Tale procedura viene ripetuta almeno 3 volte e gli organismi dopo essere stati lavati con acqua corrente per eliminare il ludox vengono trasferiti in apposite provette e conservati in alcool al 70%. Successivamente i campioni trasferiti in piastre petri con fondo retinato, vengono identificati con uno stereomicroscopio a livello di ordine e Phylum e contati. In questa procedura i nauplii vengono considerati come gruppo sistematico distinto, per i confronti statistici tale gruppo è stato inserito in "altri" dove sono state fatte confluire le abbondanze dei gruppi tassonomici meno abbondanti. Successivamente è stata creata una matrice di abbondanza per le analisi uni-multivariate. Per l'analisi uni variata sono stati calcolati i seguenti indici ecologici: numero di taxa rinvenuti (S), diversità di Shannon-Wiener (H'), equitabilità di Pielou (J'), dominanza di Simpson (λ'). Le significatività delle differenze nei valori medi sono state valutate con l'ANOVA ed il t-test. Le differenze tra coppie di campioni sono state valutate con il Tukey test. Prima di effettuare i confronti è stata testata l'omogeneità delle varianze e la distribuzione "normale" dei dati. In caso di eterogeneità e distribuzione non normale dei dati, essi sono stati trasformati con trasformazione logaritmica. Nel caso di inefficacia delle trasformazioni operate, si è fatto ricorso ad analisi statistiche non parametriche (ANOVA on Ranks, Mann-Whitney Rank Sum Test e Dunn's Method). Le analisi multivariate (cluster Analysis e MDS) sono state effettuate sulla matrice di similarità di Bray Curtis ottenuta dalla matrice abbondanze medie per stazioni dopo trasformazione logaritmica. Le analisi ANOVA e t-test sono state effettuate con SigmaStat-SigmaPlot 9.0 ©, mentre il calcolo degli indici (cluster analysis e nMDS) sono stati effettuati con PRIMER 6.0 ©.

2.5.3 Bioaccumulo

Le indagini di bioaccumulo sono state eseguite utilizzando il bioindicatore *Mytilus galloprovincialis*. Tuttavia non è stato possibile prelevare gli organismi dalla carena del Terminale, previsto come prima opzione dal Piano di Monitoraggio dell'Ambiente Marino, poiché non insediati al momento di inizio delle attività di monitoraggio. Per questo motivo le indagini di bioaccumulo e biomarker risultano posticipate rispetto a quanto previsto del suddetto Piano e nel primo anno di monitoraggio sono state effettuate in sole due campagne (primavera ed autunno) come documentato dalla lettera inviata da OLT a Ispra il 12 maggio 2014 (prot. 2014/OUT/GENER/B/0290).



Gabbie usate sul Terminale FSRU (sx) e in Gorgona (dx).



Dal terzo anno di monitoraggio anche queste indagini sono state fatte su base stagionale. Constatata l'assenza di mitili insediati naturalmente sulle strutture del FSRU, il monitoraggio è stato avviato con la modalità definita "attiva": i mitili sono stati prelevati dall'impianto di acquicoltura presente nell'area marina antistante Isola di Palmaria (Golfo di La Spezia) poco o affatto influenzata da fonti di impatto. I mitili sono stati quindi collocati in 4 stazioni di monitoraggio (come mostrato nello schema sottostante) scelti lungo il Terminale e in una stazione di controllo presso l'Isola di Gorgona (Stazione E). Durante questa fase di esposizione i mitili vengono alloggiati in reticelle di nylon e collocati all'interno di una gabbia di acciaio inox alla profondità di 12 metri. Dopo circa 4 settimane i mitili vengono prelevati e sottoposti alle analisi secondo le procedure sotto riportate. Inoltre, all'atto della traslocazione, un campione di mitili appena prelevato dall'impianto di acquicoltura (denominato Tempo 0) viene sottoposto alle medesime indagini.

In **Tabella 10** oltre all'elenco dei siti di monitoraggio, sono riportate le tempistiche delle attività. Si precisa che i mitili sono stati utilizzati anche per l'analisi dei biomarkers descritta nel paragrafo 2.5.4.

Tabella 10 – Siti di monitoraggio condotto tramite l'utilizzo del bivalve *Mytilus galloprovincialis*. I mitili sono stati prelevati dall'impianto di maricoltura di La Spezia.

Nome sito	Posizione (Pos)	Autunno 2022		Inverno 2023		Primavera 2023		Estate 2023	
		Data posa	Data ritiro	Data posa	Data ritiro	Data posa	Data ritiro	Data posa	Data ritiro
Mitili tempo zero	La Spezia		29.11.22*		14.03.23*		18.05.23*		04.09.23*
Stazione E	Gorgona	29.11.22	19.12.22	14.03.23	12.04.23	18.05.23	05.06.23	04.09.23	27.09.22
Stazione A	Pos 1 (poppa nave)	29.11.22	19.12.22	14.03.23	12.04.23	18.05.23	05.06.23	04.09.23	27.09.22
Stazione B	Pos 2	29.11.22	19.12.22	14.03.23	12.04.23	18.05.23	05.06.23	04.09.23	27.09.22
Stazione C	Pos 3	29.11.22	19.12.22	14.03.23	12.04.23	18.05.23	05.06.23	04.09.23	27.09.22
Stazione D	Pos 4 (prua nave)	29.11.22	19.12.22	14.03.23	12.04.23	18.05.23	05.06.23	04.09.23	27.09.22

* riferito al ritiro dall'impianto di La Spezia

Analisi chimiche

La determinazione dei metalli (escluso il mercurio) viene effettuata mediante mineralizzazione a microonde e successiva analisi mediante spettroscopia di Assorbimento atomico o spettrometria di emissione atomica accoppiata iduttivamente al plasma a rivelazione ottica.

L'analisi del mercurio è stata effettuata sul campione tal quale mediante tecnica AAS previa decomposizione termica e amalgamazione impiegando un Analizzatore Diretto del Mercurio.

La determinazione dei composti organici volatili viene effettuata mediante analisi gas cromatografica dello spazio di testa sul campione tal quale, mentre la determinazione dei composti organici semivolatili (SVOC) viene eseguita per via gas cromatografica con rivelazione a spettrometria di massa sugli estratti con opportune miscele solventi previa eventuale derivatizzazione e purificazione.

L'accuratezza delle procedure di digestione (ove effettuata) e di analisi dei campioni è stata verificata impiegando i materiali standard di riferimento; le tarature degli strumenti sono effettuate con soluzioni standard certificate e tracciabili NIST.

Per i metodi di analisi e i limiti di rilevabilità si rimanda alla **Tabella 11**.

In riferimento alla prescrizione 13 delle Determinazioni 2990 DVA R.D.R 0000100.04-04-2017 e 3337 DVA R.D.R 0000277.28-09-2017 le concentrazioni dei metalli saranno riportate sia in sostanza secca (s.s.) sia in peso fresco (p.f.).

Tabella 11 - Metodi relativi alla analisi chimiche effettuate su *M. galloprovincialis*. In rosso vengono riportate le metodiche introdotte a partire dalla primavera 23.

	Metodo	Unita Misura	Limite Rilevabilità
Idrocarburi C<10	EPA 5021A 2014 + EPA 8015C 2007	mg/kg	0,5
Idrocarburi C10-C40	UNI EN ISO 16703:2011	mg/kg s.s.	5
Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)	EPA3550C 2007 + EPA3630C 1996 + EPA8270E 2018 EPA3545A 2007 + EPA3630C 1996 + EPA8270E 2018	mg/kg s.s.	0,001
Composti organostannici	UNI EN ISO 23161:2019	mg/kg s.s.	0,001
Bario (Ba)	EPA 3052 1996 + EPA 6010D 2018	mg/kg s.s.	1,0
Cromo totale (Cr)	EPA 3052 1996 + EPA 6010D 2018	mg/kg s.s.	1,0
Ferro (Fe)	EPA 3052 1996 + EPA 6010D 2018	mg/kg s.s.	30
Manganese (Mn)	EPA 3052 1996 + EPA 6010D 2018	mg/kg s.s.	5,0
Nichel (Ni)	EPA 3052 1996 + EPA 6010D 2018	mg/kg s.s.	1,0
Rame (Cu)	EPA 3052 1996 + EPA 6010D 2018	mg/kg s.s.	1,0
Vanadio (V)	EPA 3052 1996 + EPA 6010D 2018	mg/kg s.s.	1,0
Zinco (Zn)	EPA 3052 1996 + EPA 6010D 2018	mg/kg s.s.	1,0
Arsenico (As)	EPA 3052 1996 + EPA 6010D 2018	mg/kg s.s.	0,3
Cadmio (Cd)	EPA 3052 1996 + EPA 7010 2007	mg/kg s.s.	0,01
Piombo (Pb)	EPA 3052 1996 + EPA 6010D 2018	mg/kg s.s.	0,3
Mercurio (Hg)	EPA 7473 2007	mg/kg s.s.	0,005
Acidi aloacetici			
Acido Bromocloroacetico	MI/10/C + EPA552.3 2003	µg/kg	2
Acido Bromodichloroacetico	MI/10/C + EPA552.3 2003	µg/kg	5
Acido Clorodibromoacetico	MI/10/C + EPA552.3 2003	µg/kg	5
Acido Dibromoacetico	MI/10/C + EPA552.3 2003	µg/kg	1
Acido Dichloroacetico	MI/10/C + EPA552.3 2003	µg/kg	3
Acido Monobromoacetico	MI/10/C + EPA552.3 2003	µg/kg	2
Acido Monocloroacetico	MI/10/C + EPA552.3 2003	µg/kg	3
Acido Tribromoacetico	MI/10/C + EPA552.3 2003	µg/kg	10
Acido Tricloroacetico	MI/10/C + EPA552.3 2003	µg/kg	2
Dalapon	MI/10/C + EPA552.3 2003	µg/kg	2

Tabella 11 - Metodi relativi alla analisi chimiche effettuate su *M. galloprovincialis*. In rosso vengono riportate le metodiche introdotte a partire dalla primavera 23.

	Metodo	Unita Misura	Limite Rilevabilita
Alometani, composti organici volatili (VOC)			
1,1,1-Tricloro Etano	EPA 5035A: 2002 + EPA 8260D:2018	µg/kg	0,2
1,1,2-Tricloro Etano	EPA 5035A: 2002 + EPA 8260D:2018	µg/kg	0,2
Bromo Dicloro Metano	EPA 5035A: 2002 + EPA 8260D:2018	µg/kg	0,2
Bromoformio	EPA 5035A: 2002 + EPA 8260D:2018	µg/kg	0,5
Carbonio Tetracloruro	EPA 5035A: 2002 + EPA 8260D:2018	µg/kg	0,2
Cloroformio	EPA 5035A: 2002 + EPA 8260D:2018	µg/kg	0,2
Dibromo Cloro Metano	EPA 5035A: 2002 + EPA 8260D:2018	µg/kg	0,2
Tetracloro Etilene	EPA 5035A: 2002 + EPA 8260D:2018	µg/kg	0,15
Tricloro Etilene	EPA 5035A: 2002 + EPA 8260D:2018	µg/kg	0,25
1,2,3-Tricloro propano	EPA 5035A: 2002 + EPA 8260D:2018	µg/kg	0,6
1,2-Dibromo Etano	EPA 5035A: 2002 + EPA 8260D:2018	µg/kg	0,25
Aloacetoniatri			
Tricloroacetoneitrile	MI/C/11 Da E23 EPA 5035A: 2002 + EPA 8260D:2018	µg/kg	0,5
Dibromoacetoneitrile	MI/C/11 Da E23 EPA 5035A: 2002 + EPA 8260D:2018	µg/kg	0,8
Alofenoli (SVOC)			
2,4-Diclorofenolo	EPA3550C 2007 + EPA3630C 1996 + EPA8270E 2018 EPA3545A 2007 + EPA3630C 1996 + EPA8270E 2018	µg/kg s.s.	0,5
2,4,6-Triclorofenolo	EPA3550C 2007 + EPA3630C 1996 + EPA8270E 2018 EPA3545A 2007 + EPA3630C 1996 + EPA8270E 2018	µg/kg s.s.	0,5
4-Cloro-3-Metilfenolo	EPA3550C 2007 + EPA3630C 1996 + EPA8270E 2018 EPA3545A 2007 + EPA3630C 1996 + EPA8270E 2018	µg/kg s.s.	0,5
Pentaclorofenolo	EPA3550C 2007 + EPA3630C 1996 + EPA8270E 2018 EPA3545A 2007 + EPA3630C 1996 + EPA8270E 2018	µg/kg s.s.	0,5

Analisi microbiologiche

È stata effettuata la conta di Coliformi totali (APHA – Compendium of methods for the microbiological examination of foods – Ed 4th 2001, Cap.9), Streptococchi fecali (NF V08-060:2009), Coliformi fecali (APHA Compendium of methods for the microbiological examination of foods ed 4th 2001, Cap 9).

2.5.4 Biomarkers

L'analisi dei biomarker è stata effettuata in corrispondenza dei siti riportati in **Tabella 10**. Per ogni stazione sono state indagate 5 o 7 repliche in base al tipo di biomarker.

In ecotossicologia con il termine *biomarker* si intende ogni variazione biochimica, cellulare o fisiologica che può essere misurata in un organismo sentinella e che fornisce l'evidenza di un'esposizione e/o effetto di uno o più contaminanti. Il mitilo mediterraneo (*Mytilus galloprovincialis*) è stato scelto come organismo sentinella in quanto ampiamente utilizzato nel monitoraggio dell'ambiente marino. Sono stati selezionati tre diversi *biomarker*, due dei quali in grado di rilevare possibili alterazioni a livello cellulare e uno mirato a valutare le possibili alterazioni istologiche a carico dell'apparato branchiale. I parametri indagati sono sensibili allo stress ossidativo, pertanto sono idonei per valutare i possibili effetti residui dell'uso di ipoclorito di sodio come antifouling sull'ambiente marino circostante. Sono stati indagati i seguenti biomarker:

Neutral Red Retention Time (NRRT). Numerose indagini hanno dimostrato che le membrane lisosomiali sono altamente sensibili allo stress ossidativo che ne provoca l'alterazione strutturale e funzionale (Regoli *et al.* 2004). Il Neutral Red (NR) è un colorante lipofilo e come tale attraversa facilmente le membrane plasmatica e lisosomiale. Nei lisosomi, il pH acido impedisce al colorante di ritornare liberamente nel citoplasma. L'efficienza con cui il NR rimane intrappolato nei lisosomi dipende quindi dalla funzionalità della pompa protonica, presente sulla membrana, responsabile per il trasporto attivo di ioni H⁺ all'interno dell'organulo. L'alterazione strutturale e funzionale della membrana lisosomiale viene valutata mediante la misura del tempo di ritenzione del rosso neutro all'interno dei lisosomi secondo il protocollo descritto nel *Manual on the Biomarkers Recommended for the Med-Pol Biomonitoring Programme* messo a punto nell'ambito dell'UNEP-MAP (*United Nations Environment Programme – Mediterranean Action Plan*). In breve, 40 µl di emolinfa (prelevata dal muscolo adduttore posteriore) diluita 1:1 con soluzione salina vengono posti su un vetrino e lasciati incubare in camera umida (16°C) per 30 minuti. Dopo rimozione del liquido in eccesso, alle cellule aderenti al vetrino sono aggiunti 40µl di NR in soluzione fisiologica e lasciati incubare in camera umida (16°C) per 15 minuti. Dopo aver rimosso il liquido in eccesso e proceduto con un lavaggio in soluzione fisiologica, il vetrino viene osservato al microscopio. Vengono effettuate letture successive dello stesso campione, ogni 15 minuti per la prima ora e ogni 30 minuti per le due ore successive al fine di valutare il tempo occorrente affinché il 50% degli emociti presenti colorazione rossa (e lisosomi ingranditi), indice della fuoriuscita del colorante attraverso la membrana lisosomiale. Un tempo breve di ritenzione indica una condizione di maggior danno, il contrario se il tempo di ritenzione del colorante risulta elevato.

Comet assay Oltre alle membrane cellulari, anche il DNA è esposto all'impatto dei ROS (*Reactive Oxygen Species*), oltre ad essere anche sensibile all'azione diretta di contaminanti specifici quali gli IPA. Il rilevamento di composti e/o miscele ad azione genotossica nell'ambiente marino ha una importanza notevole in relazione alla possibilità di trasferimento nelle catene alimentari e da queste all'uomo tramite il consumo di prodotti della pesca.

Il Comet assay permette di valutare il grado di integrità della doppia elica di DNA su cellule incluse in agarosio, lisate e sottoposte a corsa elettroforetica. Il grado di frammentazione del DNA viene valutato sulla base del pattern di migrazione elettroforetica mediante l'impiego di un sistema di analisi dell'immagine (Nigro *et al.* 2006; Frenzilli *et al.*, 2008; Frenzilli *et al.*, 2009).

In breve, le cellule branchiali di mitilo vengono dissociate mediante un trattamento enzimatico e meccanico. Successivamente, le cellule isolate sono incluse in un gel di agarosio e poste su vetrini per microscopia ottica e sottoposte a lisi delle membrane per consentire al DNA di migrare durante la successiva corsa elettroforetica effettuata a pH fortemente basico (>13) applicando un campo elettrico di 0,86V/cm ed un'intensità di corrente pari a 300mA. Dopo l'elettroforesi, i vetrini vengono neutralizzati lavandoli con un tampone TRIS-HCl 0,4M, immersi in 100% metanolo freddo, asciugati all'aria e colorati con bromuro di etidio. Osservati con un microscopio a fluorescenza (400 x), le cellule danneggiate si presentano a forma di cometa con la testa e la coda; la lunghezza e l'intensità di fluorescenza della coda sono correlate al danno al DNA. Un sistema d'analisi dell'immagine (Comet Assay II, Perceptive Instruments, UK) permette di quantizzare il danno, che viene espresso come % di DNA migrato. Per ogni campione vengono preparati 2 vetrini, per ogni vetrino sono lette 50 cellule secondo un criterio casuale.

Analisi istologica dell'apparato branchiale. L'alterazione strutturale delle branchie di *M. galloprovincialis* è stata riportata in letteratura come conseguenza dell'esposizione a NaClO in un range di dosi compatibile con il rilascio da parte di impianti di produzione energetica (Lopez-Galindo *et al.* 2009). Pertanto, oltre al danno genotossico a carico delle cellule branchiali vengono indagate anche le possibili alterazioni istologiche su campioni di tessuto (prelevati da N. 5 individui per stazione di campionamento) preparati secondo le tecniche istologiche convenzionali. In breve, frammenti di branchie vengono fissati in soluzione di Bouin, disidratati in una serie di alcool, inclusi in resina metacrilato (Historesin), sezionati ed osservati al microscopio ottico previa colorazione con Blu di Metilene e Blu di Toluidina. Per ogni replica vengono osservate almeno 100 lamelle branchiali ed è assegnato un punteggio in base al grado di integrità del tessuto per ciascun individuo. In particolare, il valore 1 è assegnato quando non si osserva alcun tipo di alterazione, mentre il punteggio di 5 è rappresentativo di una grave compromissione.

I risultati dei biomarker sono elaborati statisticamente mediante analisi della varianza per individuare eventuali differenze significative tra i mitili della stazione di controllo (presso l'Isola di Gorgona) e quelli posti presso il Terminale FRSU.

L'analisi statistica dei dati è stata condotta utilizzando il software SGWIN (Window 98). Per i biomarker indagati (variabili dipendenti) è stata applicata la MANOVA (Analisi Multifattoriale della Varianza), usando come variabili indipendenti i parametri "stazione", "campagna", "replica". Attraverso il multiple range test sono state evidenziate differenze ($p < 0,05$) tra le diverse stazioni.

2.5.5 Fauna ittica bentonectonica

1) **Reti da posta:** le reti da posta hanno l'obiettivo di catturare la componente bentonectonica delle comunità demersali. Sono state effettuate calate sperimentali, in 4 siti all'interno della zona di interdizione alla navigazione (entro 2 miglia di distanza dal Terminale) localizzati il più vicino possibile al Terminale (impatto) (siti nominati I23 P1, I23 P2, I23 P3 e I23 P4 per la campagna invernale; E23 P1, E23 P2; E23 P3 e E23 P4 per la campagna estiva). La stessa tipologia di campionamento è stata ripetuta in un sito controllo nominato I23 PC (campagna invernale) e E23 PC (campagna estiva), avente le stesse caratteristiche batimetriche. Tale sito (PC) è localizzato all'interno della zona di interdizione alla navigazione (2 miglia di distanza dal Terminale), ma più lontano possibile dal Terminale. I siti di campionamento con reti da posta sono stati posizionati all'interno dell'area interdetta alla navigazione per ridurre al minimo la probabilità di interazioni delle reti calate in mare (es perdita di segnali e di pezzi di rete o il transito di imbarcazioni da pesca e di altre tipologie. Per il campionamento con reti da posta sono state utilizzate cinque set di reti ad imbocco, ciascuna lunga 1000 m, aventi maglie stirate di 40 mm ed una altezza di 3 m.

La maglia da 40 mm è stata ritenuta la più idonea per la cattura della componente bentonectonica della comunità ittica presente nell'area, ed è stato deciso di impiegarla in base alle conoscenze ed esperienza delle marinerie locali. La maglia da 40 mm è considerata particolarmente efficiente per la cattura del gattuccio, *Scyllorhinus canicula*, una specie considerata indicatrice dello stato di sfruttamento e dello stress ambientale (Santos *et al.*, 2002), molto abbondante nell'area.

Le reti da posta sono state calate nel primo pomeriggio per essere poi salpate a metà mattina del giorno successivo, rimanendo in pesca tra le 12 e le 24 ore. Le coordinate di calo delle reti sono state mantenute il più possibile invariate, tenendo però conto del fatto che il posizionamento della rete (1000 m di lunghezza) su un fondo di oltre 100 m di profondità è fortemente influenzato dalle correnti del momento. Tutto il materiale raccolto in ciascun sito è stato conservato in contenitori distinti per le successive analisi di laboratorio.

2) **Reti a traino di fondo:** Le pescate con rete a strascico di fondo sono state effettuate utilizzando una rete avente maglia al sacco 50 mm a losanga, utilizzata dai pescatori professionali locali per la cattura di specie demersali e bentoniche. Le cale hanno avuto una durata media di circa 30 minuti, a partire dal momento in cui la rete toccava il fondo.

Sono state effettuate 4 pescate (cale) sperimentali realizzate a differenti quote batimetriche all'interno dell'area interdetta alla pesca (entro le 4 miglia dal Terminale) in siti più vicini possibile al Terminale (impatto) (siti nominati I23 S1, I23 S2, I23 S3 e I23 S4 per la campagna invernale; E23 S1, E23 S2, E23 S3 e E23 S4 per la campagna estiva). Inoltre è stata effettuata 1 cala realizzata a maggiore distanza possibile dal Terminale (controllo) (nominata I23 SC (campagna invernale); E23 SC (campagna estiva), ma sempre all'interno delle 4 miglia di distanza dal Terminale. Le differenze batimetriche tra le cale non hanno influito sui risultati delle analisi in quanto gli indici di abbondanza medi (calcolati su tutte e quattro le stazioni) sono stati calcolati sulle medesime stazioni ripetute esattamente nello stesso punto nelle differenti stagioni.

Tutti i siti campionati con rete a strascico, incluso per il sito SC, sono stati posizionati all'interno dell'area interdotta alla pesca al fine di eliminare un eventuale "effetto parco". Visto che l'estensione dell'area interdotta alla pesca è relativamente piccola e che al suo interno sono presenti anche fondi non strascicabili, è risultato abbastanza difficoltoso allocare al suo interno le 5 stazioni di campionamento, tenendo anche in considerazione che ciascuna stazione copre circa 1,5 miglia nautiche (percorso in 30 minuti di pesca a 3 nodi di velocità). Va inoltre considerato che non è stato possibile effettuare cale di durata inferiore a 30 minuti per evitare il rischio di ottenere campioni non rappresentativi in termini di abbondanza e ricchezza specifica. In ogni caso, il sito SC è sempre mantenuto come stazione più distante dal Terminale FSRU; inoltre è stata sempre mantenuta la distanza di almeno 1 miglio nautico tra le stazioni impatto e la stazione controllo.

Nella seguente tabella sono riportate le coordinate e le profondità dei siti di campionamento sia per le reti da posta che per le reti a traino di fondo.

Tabella 12 - Coordinate e profondità dei siti di campionamento. RP = Reti da Posta, S = Strascico.								
Inverno 2023								
Data	M/p	Attrezzo	Sigla	Latitudine	Longitudine	Latitudine	Longitudine	Prof.
20/03/2023	Donato Padre	S	I23 S3	43°36'366	09°58'149	43°38'054	09°58'161	132
20/03/2023	Donato Padre	S	I23 S4	43°38'560	09°58'170	43°40'246	09°58'180	122
20/03/2023	Donato Padre	S	I23 SC	43°42'140	09°59'300	43°40'807	10°00'058	98
21/03/2023	Donato Padre	S	I23 S1	43°40'000	10°00'050	43°38'129	10°00'550	99
21/03/2023	Donato Padre	S	I23 S2	43°37'700	10°00'470	43°35'990	10°00'510	102
06/04/2023	Evolution	RP(calò)	I23 P1	43°38'919	09°59'909	43°38'141	10°00'012	100
06/04/2023	Evolution	RP(calò)	I23 P2	43°37'358	09°59'707	43°37'598	10°00'000	110
06/04/2023	Evolution	RP(calò)	I23 P3	43°38'007	09°58'395	43°37'335	09°58'689	122
06/04/2023	Evolution	RP(calò)	I23 P4	43°39'216	09°58'429	43°38'609	09°58'807	120
06/04/2023	Evolution	RP(calò)	I23 PC	43°37'348	10°01'055	43°36'957	10°00'518	100
07/04/2023	Evolution	RP(salpamento)	I23 P1	43°38'919	09°59'909	43°38'141	10°00'012	100
07/04/2023	Evolution	RP(salpamento)	I23 P2	43°37'358	09°59'707	43°37'598	10°00'000	110
07/04/2023	Evolution	RP(salpamento)	I23 P3	43°38'007	09°58'395	43°37'335	09°58'689	122
07/04/2023	Evolution	RP(salpamento)	I23 P4	43°39'216	09°58'429	43°38'609	09°58'807	120
07/04/2023	Evolution	RP(salpamento)	I23 PC	43°37'348	10°01'055	43°36'957	10°00'518	100
Estate 2023								
04/09/2023	Donato Padre	S	E23 S3	43°36'366	09°58'149	43°38'054	09°58'161	132
04/09/2023	Donato Padre	S	E23 S4	43°38'560	09°58'170	43°40'246	09°58'180	125
04/09/2023	Donato Padre	S	E23 SC	43°42'140	09°59'300	43°40'807	10°00'058	97
05/09/2023	Donato Padre	S	E23 S1	43°40'000	10°00'050	43°38'129	10°00'550	97
05/09/2023	Donato Padre	S	E23 S2	43°37'700	10°00'470	43°35'990	10°00'510	102
26/09/2023	Evolution	RP(calò)	E23 P1	43°38'919	09°59'909	43°38'141	10°00'012	99
26/09/2023	Evolution	RP(calò)	E23 P2	43°37'358	09°59'707	43°37'598	10°00'000	112
26/09/2023	Evolution	RP(calò)	E23 P3	43°38'007	09°58'395	43°37'335	09°58'689	121
26/09/2023	Evolution	RP(calò)	E23 P4	43°39'216	09°58'429	43°38'609	09°58'807	121
26/09/2023	Evolution	RP(calò)	E23 PC	43°37'348	10°01'055	43°36'957	10°00'518	100
27/09/2023	Evolution	RP(salpamento)	E23 P1	43°38'919	09°59'909	43°38'141	10°00'012	99
27/09/2023	Evolution	RP(salpamento)	E23 P2	43°37'358	09°59'707	43°37'598	10°00'000	112
27/09/2023	Evolution	RP(salpamento)	E23 P3	43°38'007	09°58'395	43°37'335	09°58'689	121
27/09/2023	Evolution	RP(salpamento)	E23 P4	43°39'216	09°58'429	43°38'609	09°58'807	121
27/09/2023	Evolution	RP(salpamento)	E23 PC	43°37'348	10°01'055	43°36'957	10°00'518	100

Gli organismi catturati sono stati classificati fino al livello di specie. Questo ha permesso di compilare una lista faunistica per le due tipologie di attrezzo utilizzato. Per ogni specie catturata è stato rilevato il peso totale in kg ed il numero di individui. Inoltre, per ogni individuo, è stata rilevata la taglia, espressa come Lunghezza Totale (LT) al mezzo centimetro inferiore, per gli Osteitti e Condriotti, mentre per i Molluschi Cefalopodi è stata rilevata la Lunghezza del Mantello (LM).

Per i Crostacei Decapodi la taglia, misurata al mm inferiore, è stata espressa come Lunghezza del Carapace (LC). Le taglie così rilevate sono state utilizzate per costruire distribuzioni di taglia-frequenza delle specie più rappresentative delle catture delle reti da posta e dello strascico.

Per le specie commerciali risultate più abbondanti è stato rilevato anche il peso individuale approssimato al decimo di grammo degli esemplari catturati nelle stazioni più prossime al Terminale e in quelle di controllo. L'analisi della covarianza (ANCOVA) è stata utilizzata per valutare

l'effetto del fattore distanza dal Terminale nella relazione tra peso dell'esemplare e lunghezza. Il fattore suddivide la relazione tra variabili dipendenti e indipendenti in diverse equazioni, una per ciascun livello del fattore. Le linee di regressione vengono quindi confrontate studiando l'interazione del fattore con la variabile indipendente continua. Se l'interazione è significativamente diversa da zero, significa che l'effetto della covariata continua sulla risposta dipende dal livello del fattore. In altre parole, se le rette di regressione hanno pendenze diverse, l'accrescimento ponderale tra esemplari campionati in vicinanza del Terminale risulta diverso da quello osservato per gli esemplari raccolti a maggiore distanza.

Per rendere i dati raccolti confrontabili tra di loro è stato necessario utilizzare dei metodi di standardizzazione. I dati di cattura delle reti da posta sono stati elaborati sotto forma di indici di densità e biomassa, standardizzati ai 1000m di lunghezza delle reti e alle 24 ore di permanenza in mare (Num/1000m/24h e kg/1000m/24h).

I dati di cattura ottenuti con la rete a strascico sono stati standardizzati alla superficie "strascicata" (cioè l'area coperta durante una cala di pesca). I dati di cattura sono stati restituiti come indici di densità e biomassa (num/km² e kg/km²) utilizzando il metodo dell'area strascicata (Swept area, Sparre & Venema, 1998) utilizzando la formula:

$$\text{Area strascicata (km}^2\text{)} = (\text{AO} \cdot \text{V} \cdot 1,853 \cdot \text{D}) / (1000 \cdot 60)$$

dove:

AO = apertura orizzontale della rete, espressa in m;

V = velocità della barca in pesca, espressa in nodi (miglia nautiche/ora);

D = durata della cala in minuti.

Per la stima dell'apertura orizzontale della rete (AO) è stata utilizzata una regressione (Fiorentini *et al.*, 1994), che permette di stimare tale parametro a partire da parametri come la potenza motrice dell'imbarcazione, la lunghezza dei cavi e dei calamenti, in quanto esiste una correlazione significativa tra queste variabili. Tale approccio, comunemente utilizzato per la stima della superficie strascicata, è stato adottato fino alle campagne del 2020.

A partire dal 2021, vengono impiegati sensori (SIMRAD) posizionati sulle ali e sulla lima dei galleggianti della rete a strascico che permettono di stimare in tempo reale l'apertura orizzontale e verticale della bocca della rete; tali misurazioni sono utilizzate per stimare la superficie strascicata nel corso della cala in maniera molto accurata. Pertanto, a partire da tale anno, la stima dell'area strascicata viene fatta con una misurazione effettiva dell'apertura della rete.

2.5.6 Fauna ittica pelagica

Lo studio della fauna ittica pelagica è stato condotto per valutare l'effetto FAD (Fishing Aggregating Device), dovuto alla presenza del Terminale galleggiante. È infatti noto che qualsiasi struttura galleggiante, anche di piccole dimensioni, presente in mare, ha la capacità di attrarre organismi marini, sia fornendo una sorta di protezione sia attraendo secondariamente i predatori.

Il campionamento è stato effettuato mediante l'uso di reti da posta galleggianti da posizionare in prossimità del Terminale, dalla superficie fino a 25-30m di profondità. L'attività ha richiesto 2 giornate di pesca. Il primo giorno la rete, lunga 1000m, è stata calata all'interno della zona di interdizione alle attività di pesca (entro 4 miglia di distanza dal Terminale) in prossimità del Terminale galleggiante e lasciata in pesca per circa 3 ore. Nei giorni successivi la medesima rete è stata calata a maggiore distanza dal Terminale a poco meno di 4 miglia di distanza e tenuta in pesca per circa 3 ore.

A partire dal terzo anno di monitoraggio, le stazioni sono state indicate con le sigle PD (stazione prossima al Terminale) e PDC (stazione distante dal Terminale).

Non è stato possibile definire a priori le coordinate per posizionare l'attrezzo. In effetti, trattandosi di rete derivante, il calo è stato essere deciso di volta in volta in funzione delle correnti presenti il giorno del campionamento, per evitare un contatto della rete col Terminale stesso. Gli organismi catturati sono stati classificati fino al livello di specie e per ciascuno di essi sono stati rilevati i dati di numero, peso e taglia, secondo il metodo precedentemente descritto.

Come nel caso delle reti da posta utilizzate per lo studio del popolamento bentonectonico, è stato necessario applicare dei metodi di standardizzazione. Sono stati elaborati indici di cattura in numero e peso, standardizzati ai 1000m di lunghezza delle reti e alle 24 ore (Num/1000m/24h e kg/1000m/24h).

Tabella 13 - Coordinate e profondità dei siti di studio. RPP = Reti da Posta Pelagiche.

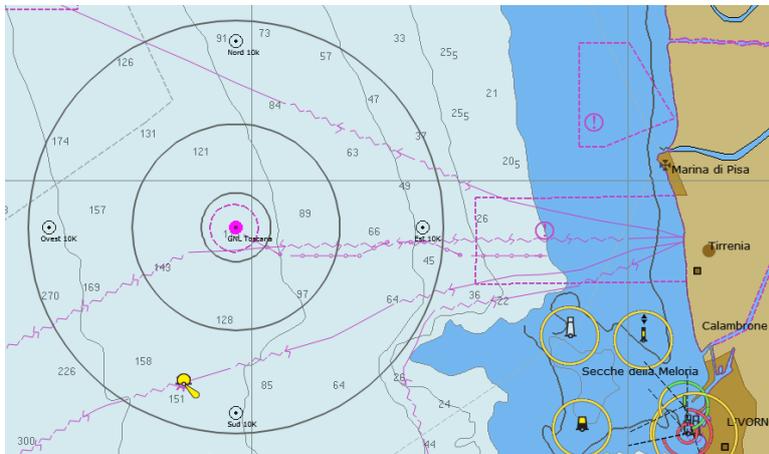
Data	M/p	Attrezzo	Sigla	Latitudine iniz.	Longitudine iniz.	Latitudine fin.	Longitudine fin.	Prof. media (m)
12/09/2023	Evolution	RPP	PD	43°39'348	09°59'872	43°39'525	09°59'100	110
13/09/2023	Evolution	RPP	PDC	43°40'878	10°01'067	43°41'677	10°00'745	88

2.5.7 Cetacei e tartarughe marine

In accordo alle specifiche del MATTM ed ISPRA, l'area di campionamento è stata individuata da un cerchio di 12NM di diametro e circa 200 km², con centro il punto di ancoraggio del rigassificatore **Figura 2**.

La porzione di mare interessata dal monitoraggio si trova all'interno della zona meridionale del Santuario Pelagos un'area di protezione internazionale creata nel 2007 da Italia, Francia e Principato di Monaco con lo scopo di tutelare i cetacei in essa presenti. Otto sono le specie

considerate residenti: i tursiopi (*Tursiops truncatus*) i cetacei costieri e i cetacei pelagici, quali le stenelle (*Stenella coeruleoalba*), i delfini comuni (*Delphinus delphis*), i grampi (*Grampus griseus*), i globicefali *Globicephala melas*, gli zifi (*Ziphius cavirostris*), i capodogli (*Physeter macrocephalus*) e le balenottere (*Balaenoptera physalus*).



	Latitudine N	Longitudine E
centro ormeggio	43°38'40"	9°59'20"
Est 100	43°38'404"	9°59'257"
Est 1 K	43°38'669"	10°00'079"
Est 10 K	43°38'763"	10°06'773"
Sud 100	43°38'331"	10°6'478"
Sud 1 K	43°38'127"	9°59'338"
Sud 10 K	43°33'274"	9°59'313"
Ovest 100	43°38'405"	9°59'169"
Ovest 1 K	43°38'664"	9°58'589"
Ovest 10 K	43°38'763"	9°51'879"
Nord 100	43°38'437"	9°59'213"
Nord 1 K	43°39'20'8	9°59'336"
Nord 10 K	43°44'056"	9°59'387"

Figura 2 - Area di studio in cui sono state effettuate le misurazioni del rumore, la bioacustica e l'avvistamento dei cetacei e delle tartarughe marine, con indicate le stazioni a 10 km dal Terminale e in grigio i transetti circolari a 1, 3 e 6 NM di distanza dal Terminale.

Di seguito si riporta la distribuzione delle attività di monitoraggio cetacei e tartarughe marine per ciascuna stagione (A22-E23) ed elenco delle giornate di indagine, **Figura 3** (Recepimento osservazioni Ispra al IX rapporto annuale fase di esercizio del 30.06.23).

Il piano di monitoraggio adottato segue le indicazioni del documento "Manuali per il monitoraggio di specie e habitat di interesse comunitario (Direttiva 92/43/CEE e Direttiva 09/147/CE) in Italia: ambiente marino", secondo il quale su tracciati fissi si applicano il Distance sampling e la Photo-ID. Attraverso il Distance sampling è possibile risalire ad una stima di abbondanza di ogni specie incontrata mentre con la Photo-ID, che prevede l'utilizzo di fotografie riportanti parti o caratteristiche anatomiche, è possibile riconoscere individualmente gli animali nel tempo, permettendo di non arrecare disturbo agli animali e quindi di evitare possibili azioni di risposte positive o negative.

Nel tursiope e nei cetacei in generale i marks utilizzati nella Photo-ID sono il risultato delle interazioni intra-specifiche e sono presenti in particolare sulla pinna dorsale e su tutto il corpo in generale. Per il riconoscimento delle tartarughe marine le caratteristiche tipiche delle 3 specie del Mediterraneo (la tartaruga comune *Caretta caretta*, la tartaruga verde *Chelonia mydas*, la tartaruga liuto *Dermochelys coriacea*) sono la presenza/assenza di scuti e la posizione e numero di scuti su carapace e testa.

L'attività di monitoraggio è stata condotta seguendo il "closing mode" (ACCOBAMS WS), metodo internazionalmente riconosciuto che prevede la possibilità di abbandonare il percorso precedentemente fissato per avvicinarsi agli animali secondo le regole ACCOBAMS di rispetto. Il survey è stato svolto secondo la metodica del "design based", eseguendo in navigazione dei "traks" con rotte ad una distanza rispettivamente di 1, 3, 6 miglia nautiche dal Terminale.

Il survey visivo secondo la tecnica del Distance sampling richiede che l'osservatore si muova su un percorso prestabilito, registrando le coordinate degli incontri di gruppi o individui target e, allo stesso tempo, registrandone la distanza dall'osservatore. Ciò consente una stima della superficie coperta e del modo in cui la probabilità di rilevanza varia tra 0 (lontano dal percorso) ed 1 (sul percorso).

Utilizzando il conteggio grezzo e questa funzione di probabilità, si può ottenere una stima della densità assoluta. Durante la navigazione è stata mantenuta una velocità costante e un numero costante di osservatori con attività continua fino a condizioni di mare Beaufort 3.

In base alle condizioni viene coperto uno spazio di visuale di circa 1-2km di raggio.

La gestione dell'avvistamento è stata affidata a 2/3 "avvistatori" su una unica piattaforma di opportunità monitorando ognuno 120° di visuale; l'effort (sforzo) è stato monitorato registrando in traccia continua la rotta dell'imbarcazione tramite plotter cartografico con aggiunta periodica di "marks".

Sono inoltre stati registrati i dati meteo secondo le scale Douglas e Beaufort. Contestualmente agli avvistamenti sono stati registrati i seguenti dati: la specie osservata (delfini o tartarughe), la posizione di avvistamento in coordinate geografiche WGS84, data e ora, dimensione del gruppo, distanza stimata dall'osservatore, angolo rispetto la prua, direzione iniziale, direzione finale, eventuali comportamenti osservabili. Registrati i dati iniziali di avvistamento, attraverso la "marcatura fotografica" è stata attuata la tecnica della Photo-ID che, come sopra esposto, ha il vantaggio di permettere lo studio sulla distribuzione degli animali attraverso una metodologia non invasiva e raccogliere informazioni permanenti e trasferibili nello spazio e nel tempo.

Stagione	Giorni	Attività Svolta	Rotte percorse
A 22	27.11	Monitoraggio visivo (cerchio 1nm-3nm)	
	28.11	Monitoraggio visivo-bioacustica (cerchi 6nm NW e 6nm NE)	
	30.11	Monitoraggio visivo (cerchio 6 SE)	
	18.12	Misura rumore (N1K, S1K, W1K, E1K, E10K, S10K)	
	19.12	Misura rumore (W100, S100, E100, N100, W10K, N10K)	
	30.12	Monitoraggio visivo (cerchio 6nm SW)	
I 23	16.03	Misura rumore (N1K, S1K, W1K, E1K)	
	17.03	Misura rumore-(N100, E100, S100, W100)	
	21.03	Monitoraggio visivo, misura del rumore (cerchio 6nm NW, N10K-W10K)	
	22.03	Monitoraggio visivo, misura del rumore (cerchio 6nm SE, E10K)	
	05.04	Monitoraggio visivo (cerchio 6nm SW-NE)	
	06.04	Misura del rumore, bioacustica (Bioac SE, S10k)	
	07.04	Monitoraggio visivo (cerchio 1nm, 3nm)	
P 23	26.05	Monitoraggio visivo, misura rumore (cerchio 6nm SE-SW, W10k)	
	27.05	Monitoraggio visivo, misura rumore (cerchio 3nm, S10K)	
	28.05	Monitoraggio visivo, misura rumore (cerchio 1nm, N100- E100-S100-W100)	
	29.05	Misura del rumore, (N1K-E1K-S1K-W1K)	
	30.05	Bioacustica NE	
E 23	25.08	Monitoraggio visivo (cerchio 6nm NW, NE)	
	02.09	Misura rumore (N100, W100, S1K, E1K, N1K)	
	04.09	Monitoraggio visivo, misura rumore (cerchio 1nm, S100, E100, W1K, W10K)	
	05.09	Monitoraggio visivo, misura rumore, bioacustica (cerchio 3nm, S10K, Bioac SW)	
	07.09	Monitoraggio visivo, (cerchio 6nm SW, NW)	
	09.09	Misura del rumore, (N10K, E10K)	

Figura 3 - Distribuzione delle attività di monitoraggio cetacei e tartarughe marine per ciascuna campagna (A22-E23).

2.6 Indagini generali

2.6.1 Bioacustica

La sorveglianza bioacustica sulla presenza di cetacei è stata effettuata sulla piattaforma di ricerca dedicata attrezzata per il monitoraggio bioacustico sulla fauna marina, utilizzando un idrofono omnidirezionale a trascinamento marca Nauta mod. FarOne- AS-120 con scheda Focusrite Scarlett 2i2 trainato a circa 30 metri a poppavia dell'imbarcazione. Le caratteristiche tecniche dello strumento sono riportate nella scheda tecnica fornita dal costruttore e inserita nell'Allegato 9. Il survey acustico è stato effettuato su transetti ortogonali posizionati nei settori NE, SE, SW, NW ad una distanza tra 5 e 10km dal Terminale FSRU (**Figura 4**).

Lo scopo di tale survey è, in caso di incontro con cetacei nell'area, registrare le emissioni emesse ed evidenziare se, dalle comparazioni con emissioni presenti nel database del Centro CETUS, si evidenzino modifiche nei sonogrammi e spettrogrammi di emissione, nonché modifiche comportamentali dei cetacei incontrati.

Per l'ascolto e le registrazioni è stato utilizzato il software Sea Wave con funzioni di ascolto, visione e registrazione sempre attive. Per la fase di ascolto sono state utilizzate cuffie e casse stereo con alternanza di ascoltatori ogni ora.



Figura 4 - Survey acustico effettuato su transetti ortogonali posizionati nei settori NE, SE, SW, NW ad una distanza tra 5 e 10km dal Terminale FSRU.

3 RISULTATI SURVEY AUTUNNO 2022

3.1 Colonna d'acqua

3.1.1 Profili idrologici

Nel survey condotto in autunno 2022 (Figura 5) la temperatura varia, in un range compreso tra 14.1°C e 19.1°C. Questi valori sono in linea con le temperature del periodo. E' presente un termoclino profondo posizionato intorno a 40m caratterizzato da uno strato rimescolato dello spessore del termoclino con valori intorno a 19°C che diminuiscono rapidamente fino ad arrivare a valori intorno a 14.2°C sul fondo. Questo è tipico del periodo in esame caratterizzato da un iniziale omogeneizzazione della colonna d'acqua che non ha ancora raggiunto il fondo come accadrà nel periodo tipicamente invernale.

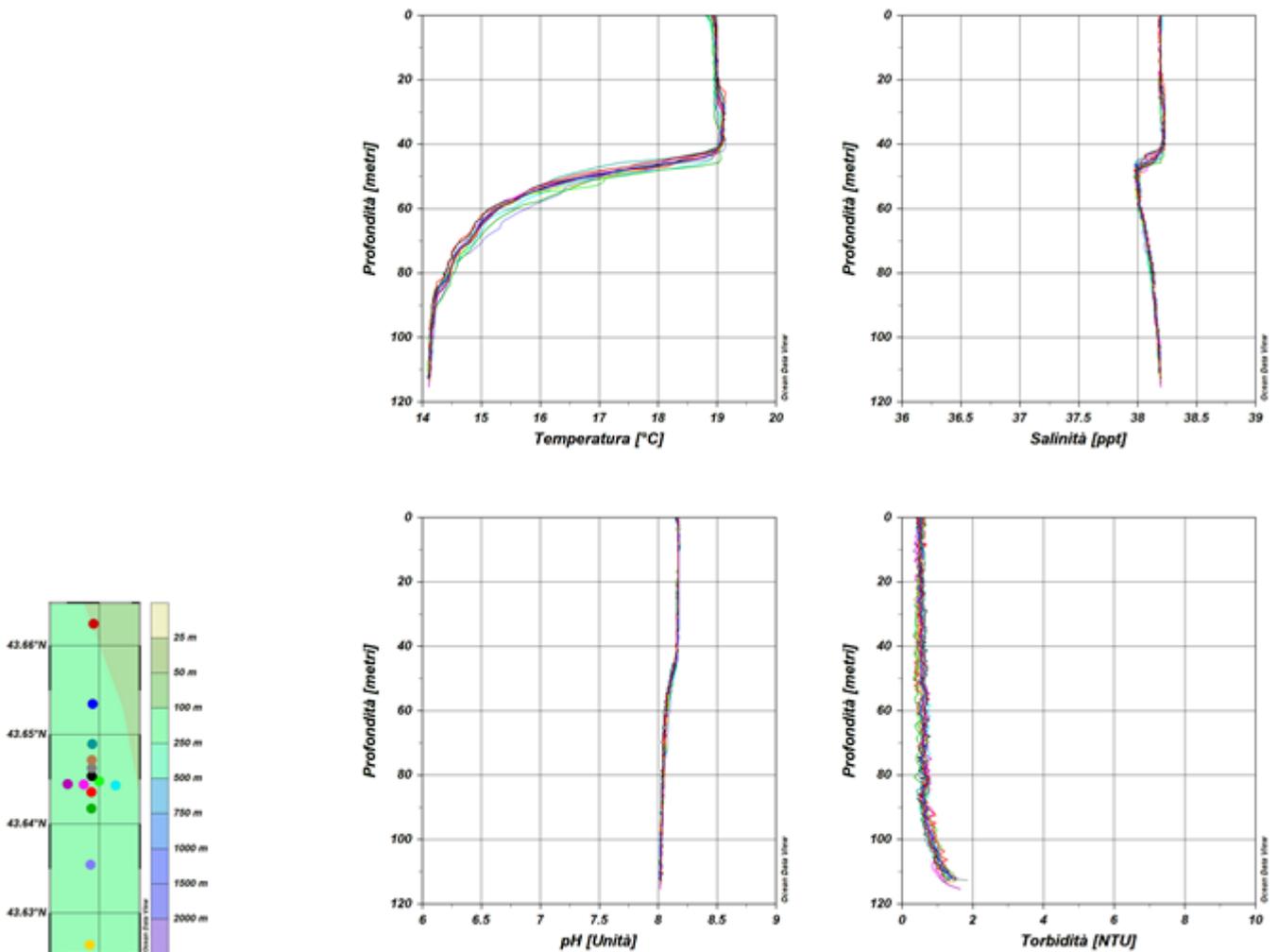


Figura 5 – Profili di temperatura (°C), salinità (ppt), pH e torbidità (NTU); survey autunno 2022.

I profili di **salinità** risultano costanti su tutta la colonna d'acqua con valori compresi fra 38 e 38.2 ppt, mostrando una lieve diminuzione in corrispondenza del termoclino.

I profili di **pH** mostrano andamenti costanti su tutta la colonna d'acqua (valori intorno a 8). I profili di **torbidità** mostrano valori compresi fra 0.4 NTU e 0.5 NTU dalla superficie fino a 90m per poi aumentare negli ultimi metri della colonna d'acqua fino ad arrivare a valori prossimi a 2 NTU. I profili di **ossigeno disciolto** (Figura 6) mostrano valori compresi fra 92 % e 96% di saturazione in superficie che diminuiscono gradatamente fino ad arrivare a valori intorno a 74 % di saturazione sul fondo.

La **clorofilla** presenta valori compresi fra 0 µg/l e 0.35 µg/l nell'intera colonna d'acqua.

I valori di **ORP**, infine, sono costanti su tutto il profilo verticale con valori intorno a 219 mV.

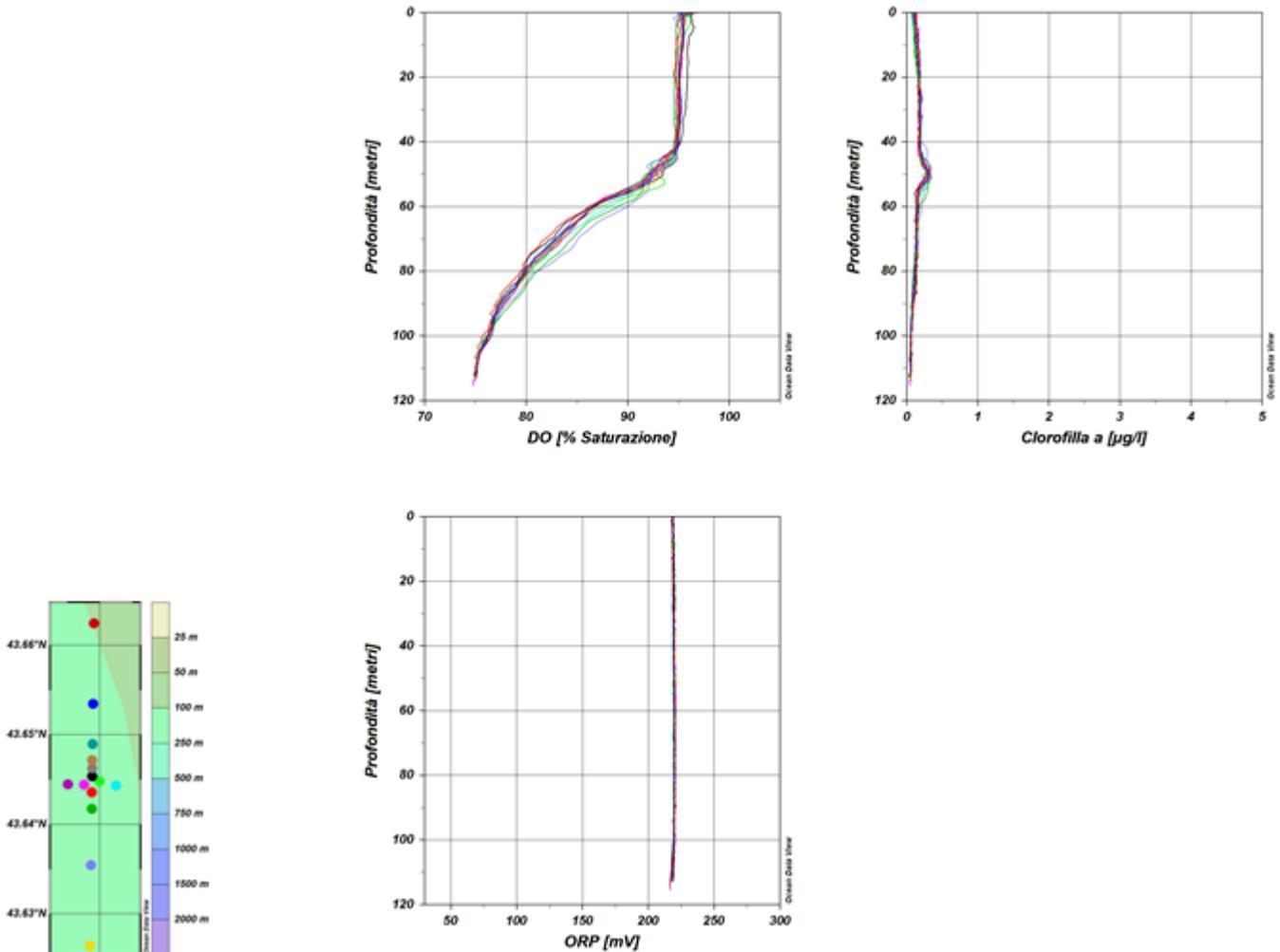


Figura 6 – Profili di ossigeno disciolto (% saturazione), clorofilla ($\mu\text{g/l}$) e potenziale di ossidoriduzione (mV); survey autunno 2022.

Misure di irradianza e irradianza spettrale

In Figura 7 sono mostrati i profili di irradianza PAR (Photosynthetic Available Radiation) sottomarina normalizzati rispetto a quella contemporanea superficiale alle stazioni A22 MG7 e A22 MG10. La profondità della zona eufotica (Z_{eu}) nei due punti è rispettivamente 46,5 m e 48,5 m e in generale Z_{eu} ha mostrato una variazione piuttosto limitata compresa tra 46,5 m (A22 MG7) e 54,5 m (A22 MG3).

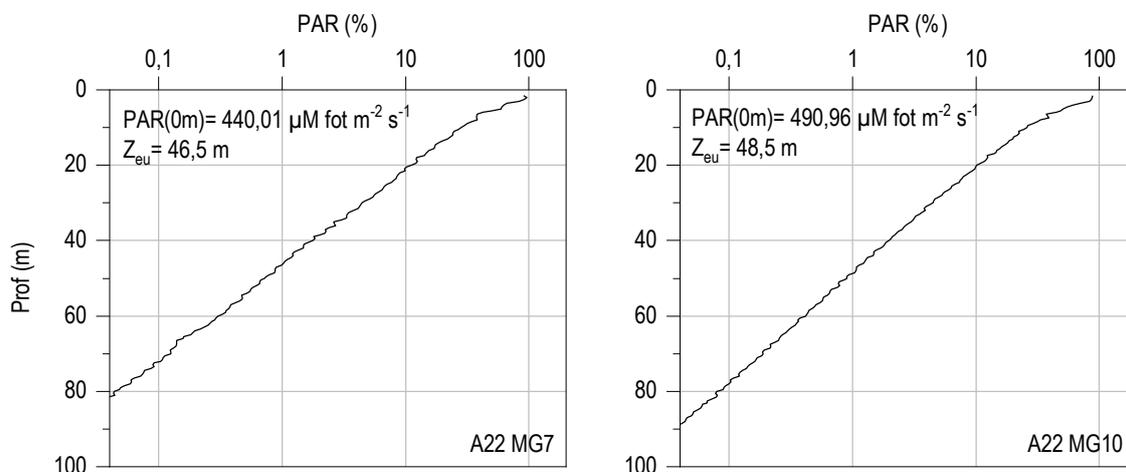


Figura 7 - Profilo del rapporto fra l'irradianza quantica PAR (Photosynthetic Available Radiation) disponibile alle varie profondità con quella contemporanea in superficie, PAR (0 m), nelle stazioni A22 MG7 e A22 MG10.

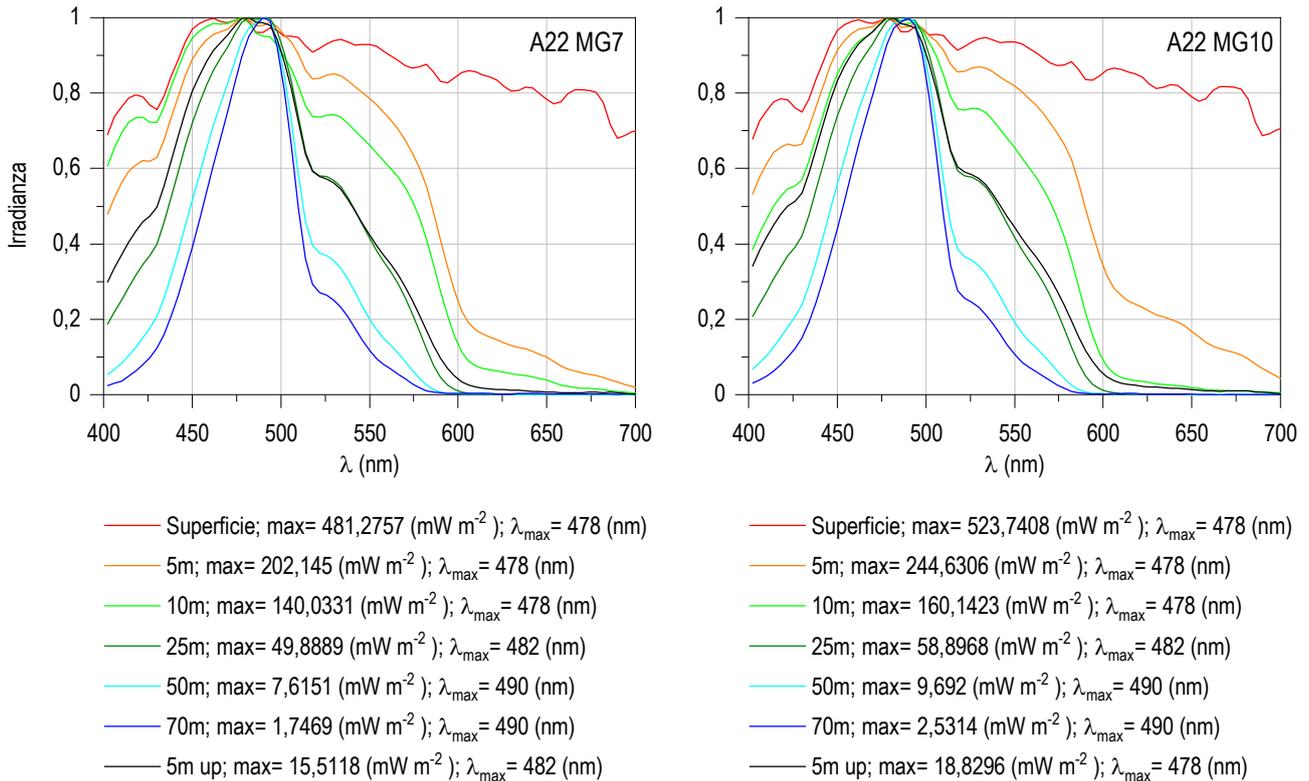


Figura 8 - Irradianza spettrale discendente superficiale e subacquea alle profondità indicate. E' inoltre riportata la irradianza spettrale ascendente a 5 m (5m up). Ogni spettro è stato normalizzato per il proprio massimo ($E_{max}(\lambda)$) riportato nella legenda insieme con la lunghezza d'onda dove si colloca (λ_{max}).

In **Figura 8** 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 A22 MG7 e A22 MG10. I massimi (λ_{max}) degli spettri dell'irradianza discendente si collocano nel range di lunghezze d'onda comprese fra 478 e 490 nm e la radiazione che raggiunge la maggior profondità, ovvero quella più penetrante (λ_{max} a 70 m), si trova a 490 nm in entrambe le stazioni.

3.1.2 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche

Nutrienti inorganici disciolti

In **Tabella 14** sono riportate le concentrazioni di silicati (SiO₂), ortofosfati (PO₄), nitriti (NO₂) e nitrati (NO₃), nelle 8 stazioni campionate. Le concentrazioni dei nutrienti sono in generale comparabili con quelle rilevate nella medesima stagione degli anni precedenti.

In figura **Figura 9** vengono riportati i profili batimetrici dei nutrienti inorganici disciolti.

I nitriti presentano una distribuzione verticale con massimi prevalentemente tra i 50 m (A22 MG12 e A22 MG13) e i 70 m (A22 MG3, A22 MG6 e A22 MG10) ad eccezione di A22 MG5, con massimo in superficie, e di A22 MG7 e A22 MG9, con massimo a 12,5 m. I minimi, invece, si trovano prevalentemente nello strato superficiale 0,5-12,5 m (rispettivamente in A22 MG3, A22 MG9, A22 MG10 e A22 MG13 e in A22 MG12) ad eccezione di A22 MG12 e A22 MG13, con massimo a 50 m, e di A22 MG5, con massimo profondo. La concentrazione media è di 0,094 μM, con un minimo di 0,043 μM in A22 MG12 12,5 m e un massimo di 0,197 μM in A22 MG9 12,5 m (**Tabella 14**).

I profili batimetrici dei nitrati hanno una distribuzione verticale con massimi distribuiti a tutte le profondità: in A22 MG10 e A22 MG12 in superficie, in A22 MG 9 e A22 MG13 a 12,5 m, in A22 MG5 e A22 MG6 a 50 m ed in A22 MG3 e A22 MG7 in profondità. I valori minimi si trovano prevalentemente nello strato superficiale tra 0,5 m (A22 MG3, A22 MG7, A22 MG9, A22 MG13) e 12,5 m (A22 MG6, A22 MG12), con l'eccezione di A22 MG5 e A22 MG10, che presentano il loro valore più basso a 70 m.

In media le concentrazioni dei nitrati sono 0,334 μM con un range di variazione tra 0,099 μM in A22 MG7 0,5 m e 0,739 μM in A22 MG3 70 m (**Tabella 14**).

Per quanto riguarda i fosfati, la maggior parte delle stazioni hanno massimi a 50 m, mentre A22 MG3 presenta un massimo superficiale, A22 MG12 a 12,5 m ed A22 MG5 e A22 MG13 sono caratterizzati da massimi profondi a 70 m. I minimi invece si collocano a diverse profondità; in particolare, si hanno minimi superficiali in A22 MG5 e A22 MG7, minimi a 12,5 m in A22 MG9 e A22 MG13, minimi a 50 m in A22 MG12 e minimi profondi in A22 MG3, A22 MG6 e A22 MG10 (**Figura 9**). La concentrazione dei fosfati è in media 0,078 μM, con minimi di 0,031 μM in A22 MG9 12,5 m e massimi di 0,122 μM in A22 MG3 0,5 m (**Tabella 14**).

Per i silicati si ha una sostanziale condizione di uniformità lungo la colonna d'acqua, con la sola eccezione di A22 MG3 e A22 MG6, che presentano profili caratterizzati da un leggero aumento in profondità. I massimi si trovano, nella maggior parte delle stazioni, a 70 m, ad eccezione che in A22 MG5 e A22 MG12, con massimo a 50 m, e in A22 MG9, con massimo superficiale. I minimi, invece, si collocano a diverse profondità; in particolare si hanno minimi a 0,5 m in A22 MG7, A22 MG12 e A22 MG13, a 12,5 m in A22 MG6 e A22 MG10, a 50 m

in A22 MG3 e A22 MG9 e a 70 m in A22 MG5 (**Tabella 14**). In media le concentrazioni dei silicati sono di 0,910 μM e variano in un range compreso tra 0,754 μM in A22 MG12 0,5 m e 1,529 μM in A22 MG6 70 m.

Tabella 14 - 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
A22 MG3	0,5	1,085	0,122	0,055	0,194	A22 MG9	0,5	0,876	0,068	0,070	0,164
	12,5	1,088	0,102	0,076	0,563		12,5	0,763	0,031	0,197	0,364
	50	0,941	0,106	0,081	0,334		50	0,756	0,106	0,086	0,205
	70	1,220	0,092	0,088	0,739		70	0,791	0,074	0,124	0,195
A22 MG5	0,5	0,807	0,062	0,101	0,359	A22 MG10	0,5	0,839	0,054	0,098	0,498
	12,5	0,827	0,071	0,083	0,272		12,5	0,828	0,047	0,112	0,243
	50	0,908	0,085	0,074	0,643		50	0,888	0,094	0,102	0,372
	70	0,806	0,086	0,062	0,263		70	0,982	0,032	0,116	0,139
A22 MG6	0,5	0,862	0,072	0,058	0,254	A22 MG12	0,5	0,754	0,110	0,059	0,475
	12,5	0,847	0,089	0,058	0,212		12,5	0,763	0,115	0,043	0,238
	50	0,880	0,095	0,051	0,393		50	0,773	0,085	0,119	0,392
	70	1,529	0,068	0,104	0,374		70	0,762	0,102	0,081	0,423
A22 MG7	0,5	0,898	0,041	0,090	0,099	A22 MG13	0,5	0,869	0,072	0,109	0,239
	12,5	0,980	0,049	0,126	0,192		12,5	0,878	0,060	0,126	0,450
	50	1,015	0,072	0,088	0,208		50	0,926	0,081	0,148	0,275
	70	1,025	0,054	0,104	0,525		70	0,943	0,105	0,120	0,400

Solidi sospesi (Total Suspended Matter)

Le concentrazioni di TSM in tutte le stazioni sono riportate in **Tabella 15**. Il valore medio generale è 1,448 mg/l ($\pm 1,6$), il minimo è 0,7899 mg/l in A22 MG10 in superficie ed il massimo è 9,964 mg/l in A22 MG6 a 70 m.

I profili batimetrici di TSM (**Figura 10**) mostrano che la maggior parte delle stazioni presenta concentrazioni simili lungo la colonna d'acqua con minimi nello strato superficiale e massimi a 70 m. Fanno eccezione A22 MG6 per gli alti valori in superficie e soprattutto a 70 m ed A22 MG9 con massimo a 50 m.

Tabella 15 - Concentrazioni (mg/l) dei solidi sospesi (TSM).				
Prof. m	Stazione	TSM (mg/l)	Stazione	TSM (mg/l)
0,5	A22 MG3	0,8205	A22 MG9	1,2250
12,5		0,9810		0,8312
50		0,8913		2,8165
70		1,0935		2,0743
0,5	A22 MG5	1,0543	A22 MG10	0,7899
12,5		0,8715		1,3893
50		0,9243		0,9893
70		1,0150		1,6689
0,5	A22 MG6	2,5430	A22 MG12	0,9758
12,5		0,8118		1,0513
50		1,1535		0,7983
70		9,9640		0,9885
0,5	A22 MG7	0,9999	A22 MG13	1,0007
12,5		1,0809		0,8555
50		1,1133		0,9430
70		1,3809		1,2457

La concentrazione della frazione organica del TSM (POM) è in media 0,378 mg/l (+ 0,19) con minimo di 0,2337 mg/l in A22 MG13 in superficie e massimo di 1,2699 mg/l alla A22 MG6 a 70 m. I profili batimetrici del POM (Figura 10) nelle varie stazioni presentano concentrazioni minime in superficie (con A22 MG12 e A22 MG5 che hanno il minimo rispettivamente a 50 e a 70 m) e concentrazioni massime nello strato profondo tranne le stazioni A22 MG5, A22 MG10 e A22 MG12 che hanno il massimo nello strato superficiale. La frazione organica particellata rappresenta in media il 30,71 % del TSM con minimo di 12,07 % in A22 MG6 in superficie e massimo di 44,38% in A22 MG9 a 12,5 m.

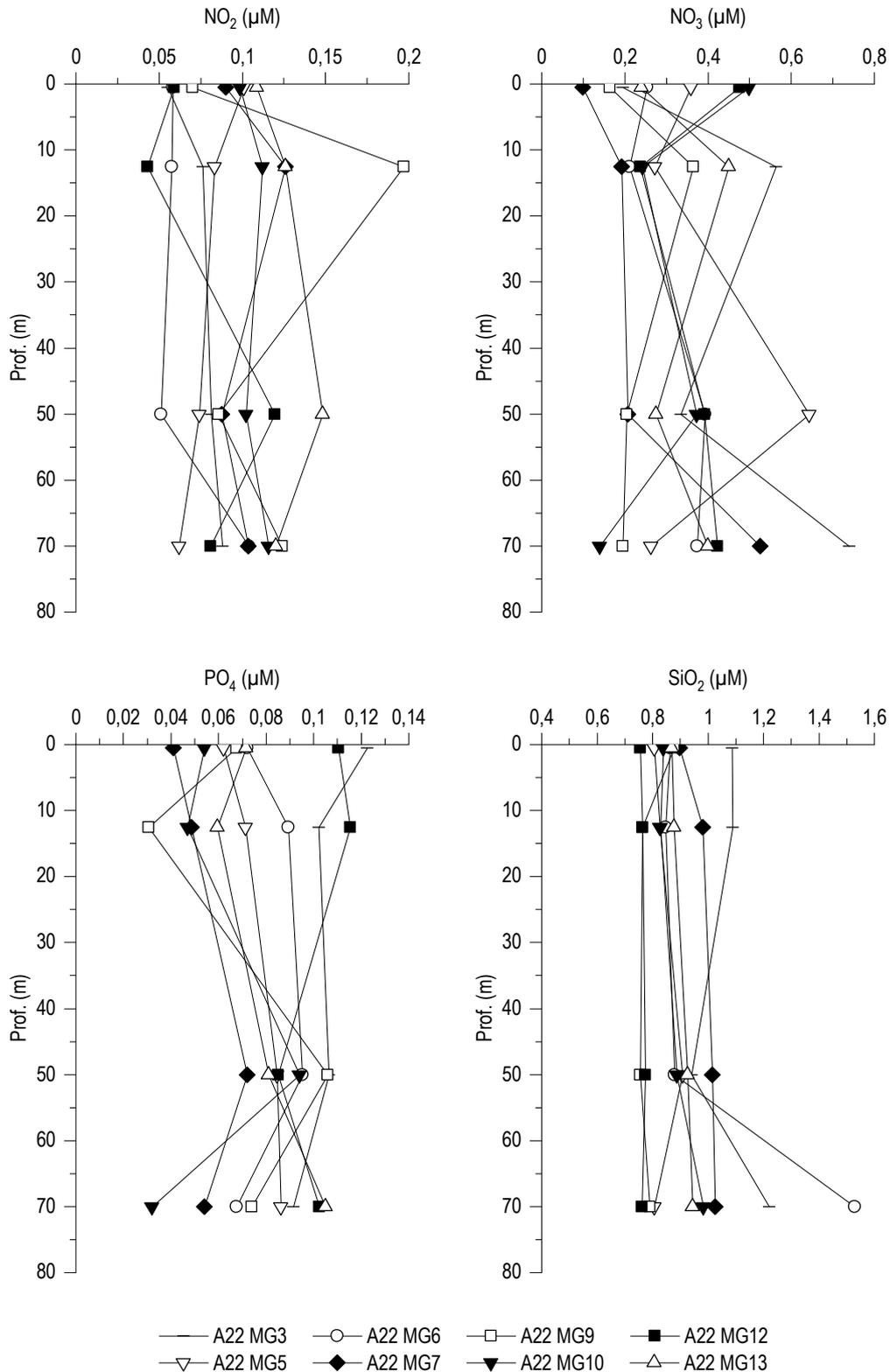


Figura 9 - Profili delle concentrazioni (μM) dei nutrienti inorganici disciolti: NO_2 (nitriti), NO_3 (nitrati), PO_4 (fosfati), SiO_2 (silicati).

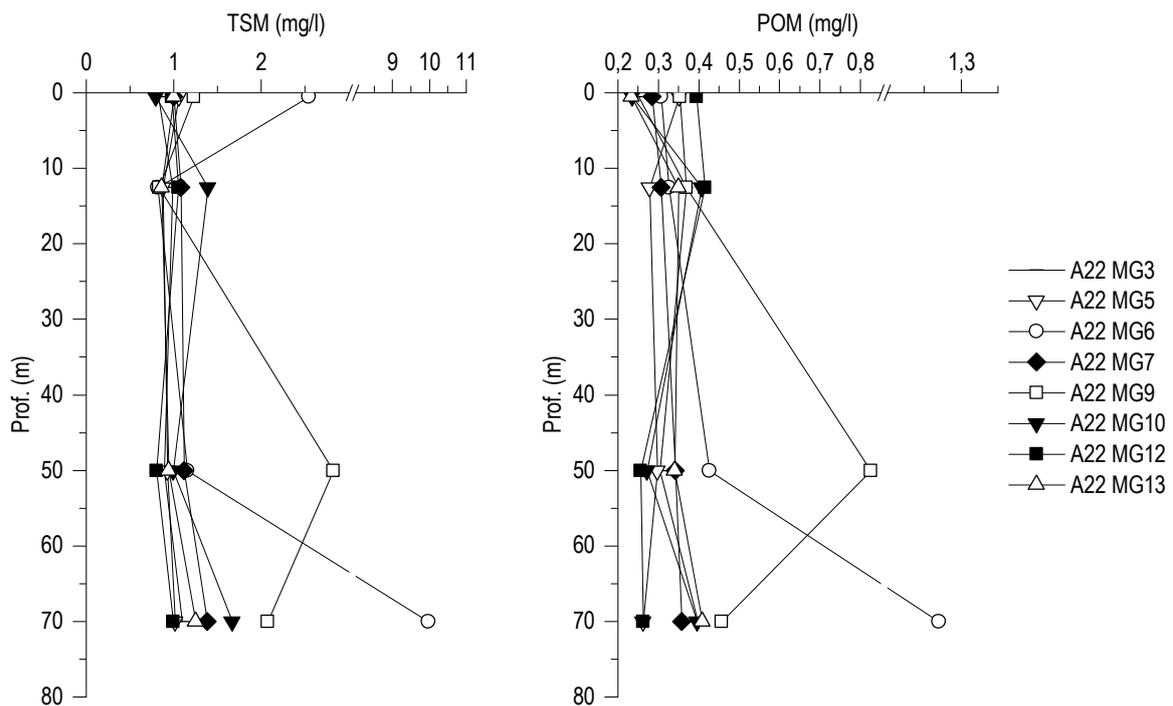
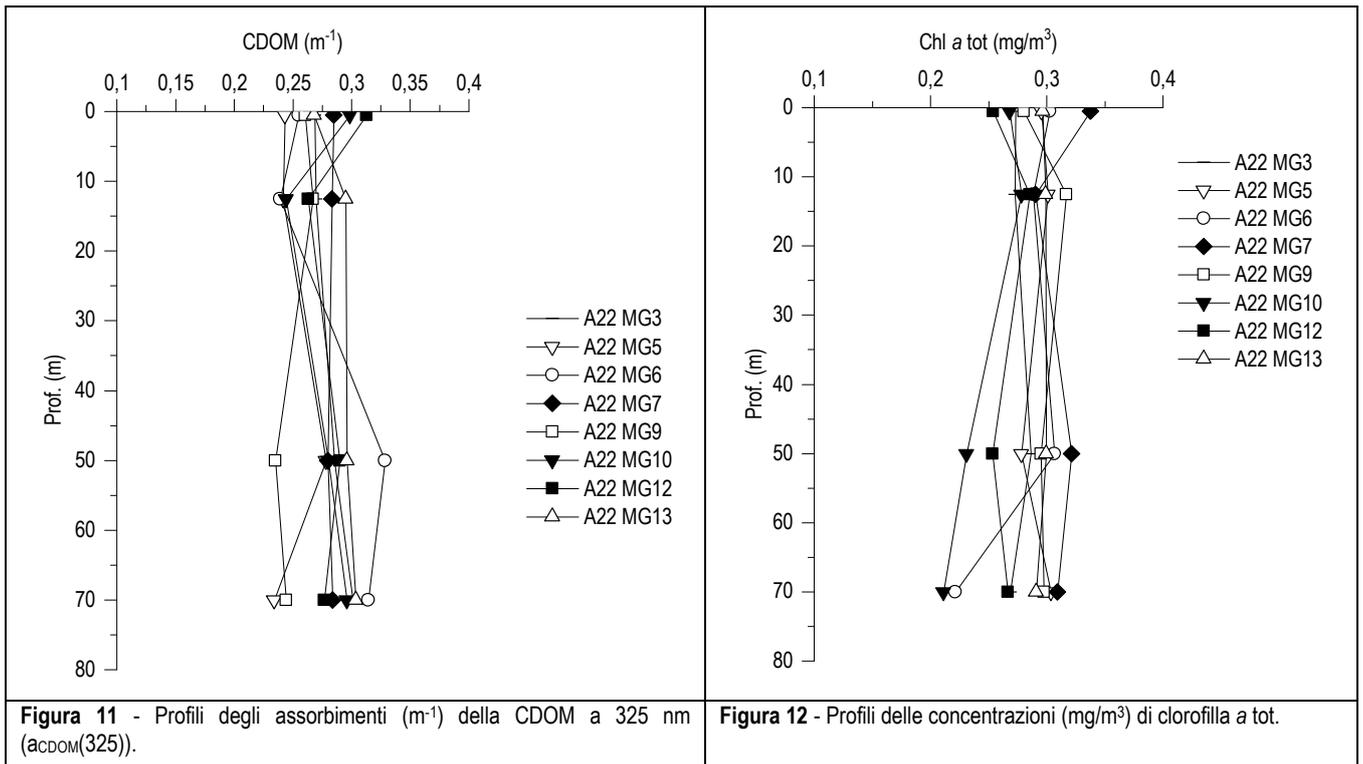


Figura 10 - Profili delle concentrazioni (mg/l) dei solidi sospesi (TSM) e delle concentrazioni di particolato organico (POM).

Sostanza Organica Disciolta Cromoforica (CDOM)

Gli assorbimenti della CDOM a 325 nm $a_{CDOM}(325)$ sono in media $0,2754 \text{ m}^{-1}$ ($\pm 0,0243$) e variano da un minimo di $0,2341 \text{ m}^{-1}$ in A22 MG5 a 70 m ad un massimo di $0,3286 \text{ m}^{-1}$ in A22 MG6 a 50 m (Tabella 16). I profili batimetrici (Figura 11) risultano abbastanza omogenei ed evidenziano che la maggior parte delle stazioni ha concentrazioni minime tra la superficie e 12,5 m mentre alcune stazioni (A22 MG5, A22 MG7 e A22 MG9) presentano minimi nello strato profondo. Le concentrazioni massime sono prevalentemente in superficie ma alle A22 MG3, A22 MG5, A22 MG6 e A22 MG13 il massimo si trova tra 50 e 70 m.

Tabella 16 - 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	A22 MG3	0,2686	A22 MG9	0,2604
12,5		0,2694		0,2668
50		0,2854		0,2349
70		0,3009		0,2443
0,5	A22 MG5	0,2432	A22 MG10	0,2984
12,5		0,2415		0,2440
50		0,2784		0,2801
70		0,2341		0,2960
0,5	A22 MG6	0,2549	A22 MG12	0,3128
12,5		0,2390		0,2627
50		0,3286		0,2900
70		0,3142		0,2765
0,5	A22 MG7	0,2848	A22 MG13	0,2681
12,5		0,2834		0,2951
50		0,2798		0,2959
70		0,2838		0,3034



Clorofilla a e diversità pigmentaria

La concentrazione di clorofilla *a* è in media $0,2837 \text{ mg/m}^3$ (dev. st. = $\pm 0,03$) e mostra un range di variazione compreso tra $0,211 \text{ mg/m}^3$ in A22 MG10 a 70 m e $0,3375 \text{ mg/m}^3$ in A22 MG7 a 0,5 m (**Tabella 17**). I profili batimetrici delle concentrazioni di Chl *a* lungo la colonna d'acqua (**Figura 12**) sono abbastanza omogenee e mostrano minimi prevalentemente in profondità (tranne A22 MG9 e A22 MG7 con minimo rispettivamente a 0,5 e 12,5 m) e concentrazioni massime tra 12,5 e 50 m (con A22 MG7 e A22 MG5 con massimo rispettivamente a 0,5 e 70 m).

Tabella 17 - 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	A22 MG3	0,2729	A22 MG9	0,2803
12,5		0,2725		0,3165
50		0,2862		0,2951
70		0,2684		0,2974
0,5	A22 MG5	0,2952	A22 MG10	0,2679
12,5		0,3010		0,2783
50		0,2782		0,2309
70		0,3036		0,2111
0,5	A22 MG6	0,3027	A22 MG12	0,2540
12,5		0,2883		0,2851
50		0,3065		0,2531
70		0,2211		0,2663
0,5	A22 MG7	0,3375	A22 MG13	0,2967
12,5		0,2906		0,2989
50		0,3214		0,2996
70		0,3092		0,2909

Le concentrazioni dei nove pigmenti diagnostici principali sono riportate in **Tabella 18**. Il pigmento a maggiore concentrazione media (mg/m^3) è Hex-Fuco (media $0,059$, dev. st. = $\pm 0,009$), seguono Fuco (media $0,055$, dev. st. = $\pm 0,009$), Chl *b* (media $0,04$, dev. st. = $\pm 0,07$), But-

Fuco (media 0,038, dev. st. = \pm 0,005), Zea (media 0,024, dev. st. = \pm 0,007), DVA (media 0,016, dev. st. = \pm 0,005), Perid (media 0,015, dev. st. = \pm 0,002), Prasino (media 0,005, dev. st. = \pm 0,002), e Allo (media 0,003, dev. st. = \pm 0,001).

La composizione pigmentaria presenta una distribuzione generalmente comune alle varie stazioni ed alle varie profondità e dai rapporti tra i singoli pigmenti e la loro somma totale si ottiene una stima della composizione tassonomica del popolamento fitoplanctonico (Figura 13).

In percentuale i pigmenti più abbondanti sono: Hex-Fuco, pigmento diagnostico dei coccolitofori con il 22,96%, Fuco (diatomee) in media il 21,44%, Chl b, pigmento diagnostico delle Chlorophyta, che costituisce in media circa il 15,87% della diversità pigmentaria, But-Fuco (Chrysophyceae) con il 14,70%, Zea (Cyanobatteri *Synechococcus*-like), con il 9,49%, DVA (Cyanobatteri *Prochlorococcus*-like) in media il 6,35%, Perid (dinoflagellati) con il 5,88%, Prasino (Prasinophyceae) in media il 2%, e Allo (Cryptophyceae) che arriva all'1,3%. La somma dei due pigmenti Zea (Cyanobatteri *Synechococcus*-like) e DVA (Cyanobatteri *Prochlorococcus*-like) rappresenta una stima della componente picoplanctonica che in A22 in media arriva al 15,84 % con contributi simili tra i due pigmenti lungo la colonna d'acqua.

Tabella 18 - Concentrazioni (mg/m ³) dei principali pigmenti diagnostici fitoplanctonici (acronimi in Tabella 7).										
Stazione	Prof.m	Fuco	Perid	Hex-Fuco	But-Fuco	Prasino	Allo	Zea	DVA	Chl b
A22 MG3	0,5	0,0458	0,0136	0,0684	0,0389	0,0049	0,0019	0,0076	0,0186	0,0343
	12,5	0,0450	0,0129	0,0545	0,0396	0,0022	0,0032	0,0247	0,0211	0,0329
	50	0,0471	0,0120	0,0585	0,0411	0,0027	0,0031	0,0249	0,0210	0,0334
	70	0,0471	0,0127	0,0575	0,0375	0,0056	0,0030	0,0209	0,0196	0,0373
A22 MG5	0,5	0,0455	0,0130	0,0641	0,0313	0,0024	0,0034	0,0247	0,0225	0,0335
	12,5	0,0484	0,0123	0,0642	0,0340	0,0053	0,0032	0,0251	0,0227	0,0333
	50	0,0451	0,0142	0,0592	0,0313	0,0044	0,0028	0,0201	0,0200	0,0321
	70	0,0488	0,0145	0,0715	0,0403	0,0054	0,0030	0,0218	0,0219	0,0349
A22 MG6	0,5	0,0487	0,0121	0,0550	0,0307	0,0057	0,0026	0,0286	0,0201	0,0311
	12,5	0,0453	0,0146	0,0626	0,0343	0,0047	0,0026	0,0231	0,0205	0,0350
	50	0,0467	0,0155	0,0618	0,0398	0,0028	0,0032	0,0234	0,0221	0,0338
	70	0,0388	0,0199	0,0346	0,0263	0,0021	0,0016	0,0153	0,0179	0,0430
A22 MG7	0,5	0,0691	0,0204	0,0664	0,0515	0,0089	0,0042	0,0132	0,0072	0,0503
	12,5	0,0713	0,0192	0,0623	0,0431	0,0073	0,0046	0,0229	0,0080	0,0540
	50	0,0675	0,0181	0,0635	0,0414	0,0082	0,0043	0,0290	0,0104	0,0537
	70	0,0650	0,0177	0,0604	0,0402	0,0075	0,0043	0,0280	0,0099	0,0524
A22 MG9	0,5	0,0530	0,0136	0,0669	0,0377	0,0051	0,0054	0,0219	0,0198	0,0332
	12,5	0,0559	0,0143	0,0719	0,0417	0,0061	0,0038	0,0394	0,0193	0,0406
	50	0,0547	0,0144	0,0681	0,0405	0,0045	0,0034	0,0391	0,0206	0,0386
	70	0,0553	0,0127	0,0640	0,0361	0,0046	0,0031	0,0238	0,0179	0,0387
A22 MG10	0,5	0,0641	0,0176	0,0450	0,0309	0,0064	0,0031	0,0258	0,0107	0,0456
	12,5	0,0714	0,0166	0,0483	0,0368	0,0066	0,0035	0,0263	0,0073	0,0475
	50	0,0696	0,0170	0,0398	0,0341	0,0050	0,0030	0,0183	0,0058	0,0484
	70	0,0635	0,0180	0,0404	0,0334	0,0048	0,0033	0,0197	0,0035	0,0465
A22 MG12	0,5	0,0487	0,0146	0,0593	0,0338	0,0040	0,0031	0,0221	0,0190	0,0326
	12,5	0,0514	0,0128	0,0642	0,0390	0,0041	0,0034	0,0361	0,0171	0,0399
	50	0,0473	0,0135	0,0535	0,0342	0,0044	0,0031	0,0341	0,0177	0,0404
	70	0,0479	0,0132	0,0550	0,0337	0,0042	0,0028	0,0249	0,0195	0,0397
A22 MG13	0,5	0,0607	0,0144	0,0611	0,0415	0,0071	0,0040	0,0271	0,0118	0,0466
	12,5	0,0631	0,0124	0,0550	0,0431	0,0063	0,0026	0,0145	0,0139	0,0427
	50	0,0591	0,0137	0,0555	0,0407	0,0068	0,0039	0,0272	0,0123	0,0444
	70	0,0613	0,0153	0,0601	0,0422	0,0071	0,0040	0,0232	0,0088	0,0438

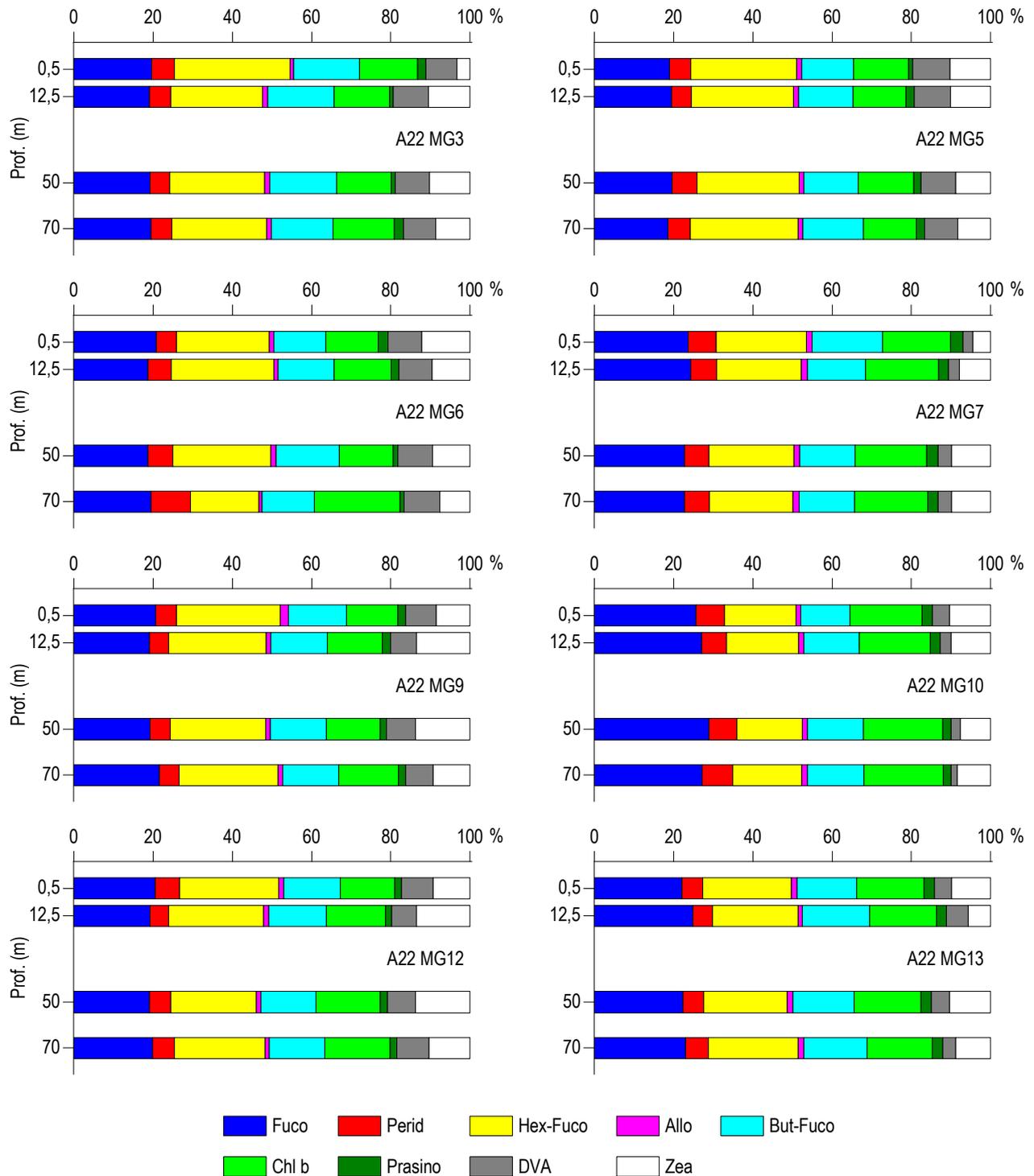


Figura 13 – Concentrazione relativa dei singoli pigmenti diagnostici in rapporto al totale delle concentrazioni dei nove Pigmenti Diagnostici (PD= Fuco+Perid+Hex-Fuco+But-Fuco+Allo+Prasino+Chlb+DVA+Zea).

Tensioattivi

 Le concentrazioni dei **tensioattivi (Tabella 19)** risultano al di sotto del limite di quantificazione della metodica in tutti i campioni.

Tabella 19 - 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	A22 MG3				A22MG5				A22 MG6				A22 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	A22 MG9				A22 MG10				A22 MG12				A22 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 (**Tabella 20**) risultano inferiori al limite di quantificazione e ove presenti mostrano valori prossimi al suddetto limite.

Tabella 20 - Concentrazione dei cloroderivati nelle acque. I livelli indicano la profondità di prelievo del campione.

Profondità (m)	A22 MG3				A22 MG5				A22 MG6				A22 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
Aloacetoniatri (µg/l)																
Dibromoacetoniatri	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Dicloroacetoniatri	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Tricloroacetoniatri	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 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
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
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	0,016	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,065	< 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)	A22 MG9				A22 MG10				A22 MG12				A22 MG13			
	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70
Acidi aloacetici (µg/l)																
Dalapon	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Dibromoacetico	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5

Tabella 20 - Concentrazione dei cloroderivati nelle acque. I livelli indicano la profondità di prelievo del campione.

Profondità (m)	A22 MG3				A22 MG5				A22 MG6				A22 MG7			
	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70
Acido Tribromoacetico	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
Acido Monobromoacetico	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Bromodichloroacetico	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Bromocloroacetico	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Dichloroacetico	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
Acido Tricloroacetico	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Monocloroacetico	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
Acido Clorodibromoacetico	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
Alcoatonitrili (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
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
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
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	0,047	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
Alifenoli (µg/l)																
2,4-Diclorofenolo	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
4-Cloro-3-Metilfenolo	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
2,4,6-Triclorofenolo	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Pentaclorofenolo	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2

Idrocarburi totali

Nella **Tabella 21** sono riportati i risultati ottenuti dalla ricerca degli **idrocarburi totali**. Questi contaminanti sono diffusamente presenti con concentrazioni che variano indipendentemente dalla posizione delle stazioni di prelievo.

Tabella 21 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di acqua di mare lungo il profilo batimetrico. I dati sono espressi in microgrammi/litro. In neretto (0,5 - 12,5 - 50 - 70) sono indicate le profondità di prelievo in metri.

A22 MG3				A22 MG5				A22 MG6				A22 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
259,79	229,79	153,34	158,83	204,04	219,65	167,76	331,23	191,36	171,52	152,97	157,45	146,09	316,12	222,83	156,57
A22 MG9				A22 MG10				A22 MG12				A22 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
217,51	188,61	160,44	258,35	311,94	222,62	165,23	243,18	213,74	170,34	226,42	172,75	147,56	198,18	173,62	158,47

Analisi microbiologiche

Dall'analisi microbiologica (**Tabella 22**) emerge l'assenza di contaminazione fecale.

Tabella 22 - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di acqua superficiale. I dati sono espressi in ufc/100 ml. P = presenti ma non formanti colonie.

	A22 MG3	A22 MG5	A22 MG6	A22 MG7	A22 MG9	A22 MG10	A22 MG12	A22 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

3.1.3 Plancton

3.1.3.1 Fitoplancton

Analisi quantitativa e qualitativa del fitoplancton da bottiglia

Le densità fitoplanctoniche totali sono in media circa 85,38 cell/ml variando da un minimo di 55,11 cell/ml in A22 MG12 a 70 m ad un massimo di 133,37 cell/ml in A22 MG10 in superficie (Tabella 23). L'andamento delle densità lungo la colonna d'acqua mostra minimi in superficie (tranne A22 MG7 e A22 MG10 con minimo a 70 m) e massimi tra 50 e 70 m tranne A22 MG10 che presenta il massimo in superficie (Figura 14). Mediamente le maggiori abbondanze sono da attribuire alla classe delle diatomee che varia tra 20,23 cell/ml in A22 MG6 a 70 m e 82,48 cell/ml in A22 MG10 in superficie. Il gruppo denominato "Altro plancton" costituito dalle classi di nanoflagellati (Cryptophyceae, Chrysophyceae, Dictyochophyceae, Chlorophyceae, Euglenoidea, Prasinophyceae, Prymnesiophyceae non Coccolitofori, Cyanophyceae più i flagellati non identificati) varia tra 11,97 cell/ml in A22 MG10 a 70 m e 46,84 cell/ml in A22 MG6 sempre a 70 m. I coccolitofori variano tra 9,20 cell/ml in A22 MG6 in superficie e 18,90 cell/ml alla A22 MG7 a 50 m. I dinoflagellati, infine, risultano i meno abbondanti variando tra 0,53 cell/ml in A22 MG6 a 70 m e 7,13 cell/ml in A22 MG6 a 50 m.

Dal contributo percentuale delle classi si evince che in autunno 2022 il popolamento è rappresentato principalmente delle diatomee che contribuiscono mediamente con il 47,33% grazie a *Chaetoceros socialis*, *Cylindrotheca closterium* e *Leptocylindrus danicus*. Segue il gruppo Altro plancton, in media il 29,79%, con *Phaeocystis* sp. e Chryptophyceae n.i. Tra le altre classi, i coccolitofori (in media il 17,74 %) sono rappresentati quasi esclusivamente da *Emiliana huxleyi* e i dinoflagellati (in media il 5,14%) principalmente dal genere *Gymnodinium*.

Stazione	prof. (m)	Diatomee	Dinoflagellati	Coccolitofori	Altro	Totale
A22 MG6	0,5	21,38	3,56	9,20	23,34	57,48
	12,5	28,17	6,78	15,29	42,08	92,32
	50	37,25	7,13	15,98	36,10	96,46
	70	20,23	0,53	10,65	46,84	78,24
A22 MG7	0,5	42,05	4,75	14,99	20,72	82,51
	12,5	43,92	5,06	15,87	23,45	88,29
	50	64,78	4,95	18,90	34,75	123,38
	70	30,51	2,46	16,31	22,89	72,18
A22 MG10	0,5	82,48	5,69	16,96	28,23	133,37
	12,5	52,42	2,30	13,11	17,70	85,53
	50	59,43	4,47	18,77	28,00	110,66
	70	42,87	3,72	12,66	11,97	71,22
A22 MG12	0,5	28,06	4,04	14,90	15,01	62,01
	12,5	30,18	4,99	15,09	26,43	76,69
	50	38,63	6,21	13,22	27,94	85,99
	70	21,69	4,86	12,09	16,47	55,11
A22 MG13	0,5	31,41	4,39	14,10	17,54	67,44
	12,5	49,78	3,10	13,11	23,45	89,44
	50	44,15	3,10	16,44	18,16	81,86
	70	55,42	3,14	18,12	20,68	97,36

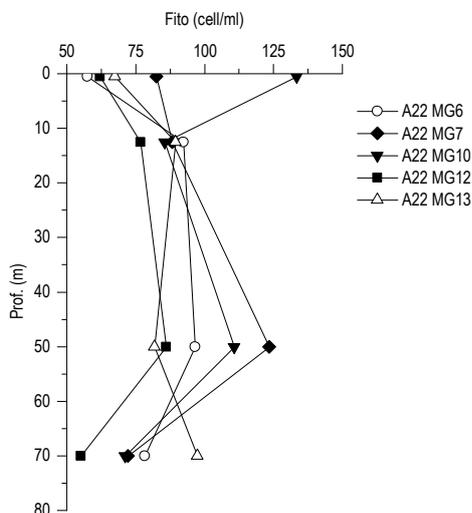


Figura 14 - Profili delle densità fitoplanctoniche totali (cell/ml).

In totale sono stati identificati a diverso livello tassonomico 188 taxa (più la categoria Flagellati indeterminati) (Tabella 24) suddivisi tra le principali classi o raggruppamenti fitoplanctonici di cui si fornisce l'elenco completo in Tabella 51.

La maggior parte dei taxa appartiene alle diatomee e ai dinoflagellati che sono rappresentati rispettivamente da 91 e 44 specie, 8 e 1 forme identificate a livello di genere e 3 categorie soprageneriche. I coccolitofori risultano meno diversificati con 19 specie insieme ad 1 categoria sopragenerica. Il gruppo "Altro plancton", infine, è rappresentato da un totale di 18 taxa suddivisi in 12 specie, 4 generi e 2 categorie superiori. Il popolamento fitoplanctonico autunnale del 2022 presenta valori medi di diversità specifica (Shannon) e di equità (Pielou) di 3,85 bit/cell e di 0,671 variando rispettivamente tra 3,18 (A22 MG6 70 m) e 4,43 (A22 MG6 0,5 m) bit/cell e tra 0,59 (A22 MG13 12,5 m) e 0,77 (A22 MG12 70 m).

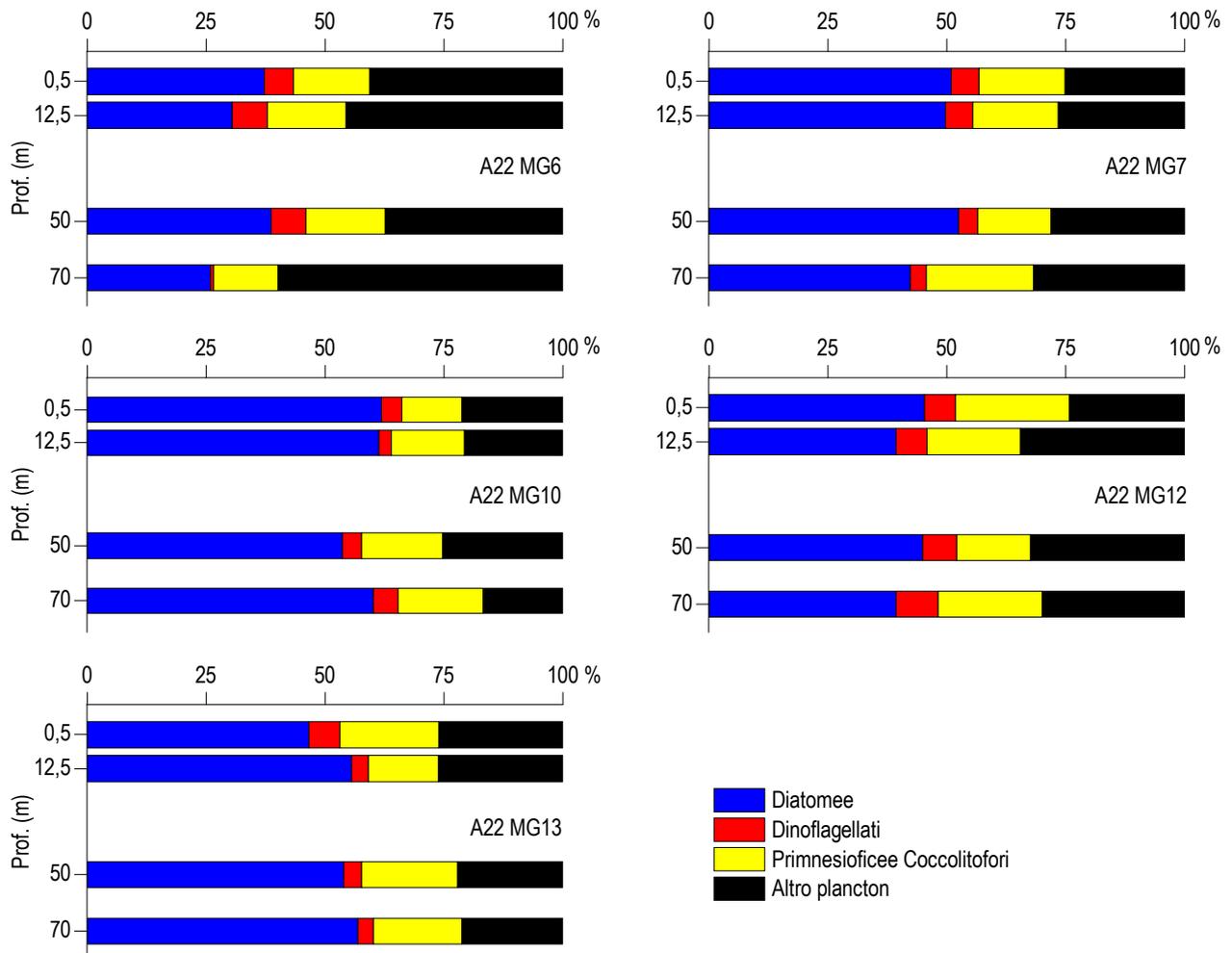


Figura 15 – Abbondanza relativa delle classi fitoplanctoniche indicate in legenda in rapporto all'abbondanza totale.

Tabella 24 - 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	91	8	3
Dinoflagellati	44	1	3
Prymnesiophyceae coccolitofori	19	2	1
Cryptophyceae	1		1
Chrysophyceae/Dictyochophyceae	4		
Chlorophyta/Euglenoidea	1		1
Prasinophyceae	1	2	
Prymnesiophyceae non coccolitofori		1	
Cyanophyceae			
Raphidophyceae	2		
Altro	3	1	
Totale	166	13	9

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

Tabella 25 - Lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative microscopiche.

DIATOMEE		
<i>Achnanthes brevipes</i> Agardh 1824	<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & Lewin 1964	<i>Nitzschia lorenziana</i> Grunow 1879
<i>Amphipora gigantea</i> var. <i>sulcata</i> (O'Meara) Cleve 1894	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i> (Bergon) Hasle 1996	<i>Nitzschia rectilonga</i> Takano 1983
<i>Amphora</i> spp.	<i>Dactyliosolen phuketensis</i> (Sundstrom) Hasle 1996	<i>Nitzschia sicula</i> (Castracane) Hustedt
<i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castracane) Round 1990	<i>Detonula pumila</i> (Castracane) Gran 1900	<i>Nitzschia</i> spp.
<i>Bacteriastrium delicatulum</i> Cleve 1897	Diatomea pennata n.i. (forma p)	<i>Nitzschia tryblionella</i> Hantzsch 1860
<i>Bacteriastrium furcatum</i> Shadbolt 1854	Diatomee centriche > 20 µm n.i.	<i>Odontella mobilensis</i> (Bailey) Grunow 1884
<i>Bacteriastrium hyalinum</i> Lauder 1864	Diatomee pennate ≤ 20 µm n.i.	<i>Plagiotropis</i> sp.
<i>Bacteriastrium jadrantum</i> Godrijan, Maric & Pfannkuchen 2012	Diatomee pennate > 20 µm n.i.	<i>Pleurosigma delicatulum</i> Smith 1852
<i>Bacteriastrium mediterraneum</i> Pavillard 1916	<i>Dimeregramma nanum</i> (Gregory) Ralfs 1861	<i>Pleurosigma majus</i> (Grunow) Cleve 1894
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey 1937	<i>Diploneis bombus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1853	<i>Pleurosigma naviculaceum</i> Brébisson 1854
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder 1864	<i>Diploneis crabro</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1854	<i>Pleurosigma normanii</i> Ralfs 1861
<i>Chaetoceros anastomosans</i> Grunow 1882	<i>Diploneis splendida</i> Cleve 1894	<i>Pleurosigma rigidum</i> Smith 1853
<i>Chaetoceros brevis</i> Schütt 1895	<i>Entomoneis</i> spp.	<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström 1986
<i>Chaetoceros cf. costatus</i> Pavillard 1911	<i>Fragilariopsis dolioli</i> (Wallich) Medlin & Sims 1993	<i>Psammodictyon panduriforme</i> (Gregory) Mann 1990
<i>Chaetoceros compressus</i> Lauder 1864	<i>Fragilariopsis</i> spp.	<i>Pseudo-nitzschia americana</i> (Hasle) Fryxell 1993
<i>Chaetoceros concavicornis</i> Mangin 1917	<i>Guinardia flaccida</i> (Castracane) Peragallo 1892	<i>Pseudo-nitzschia cf. fraudulenta</i> (Cleve) Hasle 1993
<i>Chaetoceros convolutus</i> Castracane 1886	<i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle 1996	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cleve) Heiden 1928
<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve 1889	<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow 1880	<i>Pseudo-nitzschia galaxiae</i> Lundholm & Moestrup 2002
<i>Chaetoceros dadayi</i> Pavillard 1913	<i>Haslea wawriake</i> (Hustedt) Simonsen 1974	<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle 1993
<i>Chaetoceros danicus</i> Cleve 1889	<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow ex Van Heurck 1882	<i>Pseudo-nitzschia subfraudulenta</i> (Hasle) Grunow 1993
<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve 1873	<i>Hemiaulus sinensis</i> Greville	<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultze) Sundström 1986
<i>Chaetoceros diversus</i> Cleve 1873	<i>Leptocylindrus convexus</i> Nanjappa & Zingone 2013	<i>Rhizosolenia castracanei</i> Peragallo 1888
<i>Chaetoceros lauderi</i> Ralfs 1864	<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve 1889	<i>Rhizosolenia decipiens</i> Sundström 1986
<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow 1883	<i>Leptocylindrus mediterraneus</i> (Peragallo) Hasle 1975	<i>Rhizosolenia hebetata f. semispina</i> (Hensen) Gran 1905
<i>Chaetoceros neogratile</i> Van Landingham 1968	<i>Leptocylindrus minimus</i> Gran 1915	<i>Rhizosolenia imbricata</i> Brightwell 1858
<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell 1856	<i>Licmophora flabellata</i> (Grev.) Agardh 1831	<i>Skeletonema menzeli</i> Guillard Carpenter & Reimann 1974
<i>Chaetoceros pseudocurvisetus</i> Mangin 1910	<i>Lioloma pacificum</i> (Cupp) Hasle 1996	<i>Skeletonema pseudocostatum</i> Medlin 1991
<i>Chaetoceros rostratus</i> Lauder 1864	<i>Lithodesmium undulatum</i> Ehrenberg 1839	<i>Surirella fastuosa</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1843
<i>Chaetoceros socialis</i> Lauder 1864	<i>Minidiscus comicus</i> Takano 1981	<i>Tabularia gaillonii</i> (Bory de Saint-Vincent) Bukhtiyarova 1995
<i>Chaetoceros</i> spp.	<i>Navicula cf. transitans</i> Heimdal 1970	<i>Thalassionema cf. bacillare</i> (Heiden) Kolbe 1955
<i>Chaetoceros throndsenii</i> (Marino, Montresor & Zingone) Marino, Montresor & Zingone 1991	<i>Navicula distans</i> (Smith) Ralfs 1861	<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Hallegraeff 1986
<i>Chaetoceros tortissimus</i> Gran 1900	<i>Navicula</i> spp.	<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky 1902
<i>Cocconeis scutellum</i> Ehrenberg 1838	<i>Nitzschia bicapitata</i> Cleve 1901	<i>Thalassiosira</i> spp.
<i>Ctenophora pulchella</i> (Ralfs ex Kützing) Williams & Round 1986	<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs 1861	<i>Thalassiothrix longissima</i> Cleve & Grunow 1880
DINOFLAGELLATI		
<i>Achradina pulchra</i> Lohmann 1903	<i>Gonyaulax monacantha</i> Pavillard 1916	<i>Micracanthodinium setiferum</i> (Lohmann) Deflandre 1937
<i>Alexandrium cf. minutum</i> Halim 1960	<i>Gonyaulax polygramma</i> Stein 1883	<i>Neoceratium fusus</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010
<i>Amphidinium cf. globosum</i> Schröder 1911	<i>Gonyaulax spinifera</i> (Claparède & Lachmann) Diesing 1866	<i>Oxytoxum scolopax</i> Stein 1883
<i>Amphidinium cf. sphenoides</i> Wulff 1916	Gymnodiniaceae ≤ 20 µm n.i.	<i>Oxytoxum sphaeroideum</i> Stein 1883
<i>Amphidinium</i> spp.	Gymnodiniaceae > 20 µm n.i.	<i>Oxytoxum strophalatum</i> Dodge & Saunders 1985
<i>Amphidoma nucula</i> Stein 1883	<i>Gyrodinium aciculatum</i> Hansen & Larsen 1992	<i>Oxytoxum variabile</i> Schiller 1937
<i>Azadinium caudatum</i> var. <i>margalefii</i> Nézan & Chomérat 2012	<i>Gyrodinium fusiforme</i> Kofoid & Swezy 1921	<i>Podolampas palmipes</i> Stein 1883
<i>Azadinium poporum</i> Tillmann & Elbrächter 2011	<i>Heterocapsa minima</i> Pomroy 1989	<i>Podolampas spinifer</i> Okamura 1912
<i>Cochlodinium helix</i> (Pouchet) Lemmermann 1899	<i>Heterocapsa niei</i> (Loeblich III) Morrill & Loeblich III 1981	<i>Prorocentrum balticum</i> (Lohmann) Loeblich 1970
<i>Cochlodinium pulchellum</i> Lebour 1917	<i>Heterocapsa rotundata</i> (Lohmann) Hansen 1995	<i>Protoceratium areolatum</i> Kofoid 1907
<i>Corythodinium constrictum</i> (Stein) Taylor 1976	<i>Histioneis depressa</i> Schiller 1928	<i>Protoperidinium ovum</i> (Schiller) Balech 1974
<i>Dicroerisma pylonereieilla</i> Taylor & Cattell 1969	<i>Histioneis oxypteris</i> Schiller 1928	<i>Protoperidinium steinii</i> (Jørgensen) Balech 1974
Dinoflagellati tecati > 20 µm n.i.	<i>Karenia mikimotoi</i> (Miyake & Kominami ex Oda) Hansen & Moestrup 2000	<i>Protoperidinium tuba</i> (Schiller) Balech 1974

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 A22 MG6, A22 MG7, A22 MG10, A22 MG12 e A22 MG13.

Dall'analisi qualitativa dei campioni sono stati individuati 247 taxa, di cui 227 identificati a livello di specie, 15 come genere e 5 attribuibili a categorie soprageneriche (**Tabella 26**).

Tabella 26 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni osservati (prelievo con retino). Dati relativi all'autunno 2022.			
Classe	Specie	Generi	Categorie superiori*
Diatomee	101	12	3
Dinoflagellati	99	2	2
Prymnesiophyceae coccolitofori	18		
Chrysophyceae/Dictyochophyceae	4		
Euglenoideae			
Chlorophyceae	1	1	
Prasinophyceae	1		
Prymnesiophyceae non Coccolitofori			
Cyanophyceae			

Tabella 26 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni osservati (prelievo con retino). Dati relativi all'autunno 2022.			
Classe	Specie	Generi	Categorie superiori*
Raphidophyceae	1		
Altro	2		
Totale	227	15	5
*Con il termine "Categorie superiori" si intendono livelli tassonomici sopragenerici			

In **Tabella 27** è fornito l'elenco completo dei taxa presenti nelle diverse stazioni di campionamento. Nell'insieme di tutte le stazioni, 116 taxa appartengono alle diatomee, 103 alla classe dei dinoflagellati e 18 ai coccolitofori; sono stati inoltre individuati 4 taxa attribuibili alle Chrysophyceae/Dictyochophyceae, 2 alle Chlorophyceae, 1 taxon appartenente alle Prasinophyceae e 1 alle Raphidophyceae. Per la categoria Altro, invece, sono stati identificati 2 taxa.

La numerosità dei taxa presenti nelle diverse stazioni va da un minimo di 131 in A22 MG12 ad un massimo di 152 in A22 MG10.

Dall'osservazione non è emersa una differenza sostanziale nel numero dei taxa individuati nelle diverse stazioni

I taxa individuati, in tutte le stazioni, sono prevalentemente appartenenti alla classe delle diatomee (con rispettivamente 79 taxa in A22 MG6, 80 in A22 MG7, 89 in A22 MG10, 74 in A22 MG12 e 77 in A22 MG13) ed in secondo luogo ai dinoflagellati (con 50 taxa in A22 MG6, 42 in A22 MG7, 44 in A22 MG10 e 40 in A22 MG12 e A22 MG13). Anche i coccolitofori risultano piuttosto differenziati con 18 taxa individuati tutti a livello di specie, diventando così la terza classe più rappresentativa con 11 taxa in A22 MG6 e in A22 MG12, 14 in A22 MG7, 15 in A22 MG10 e 13 taxa in A22 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 7 nuovi taxa che non erano stati rilevati nei campionamenti dei precedenti anni, 6 dei quali appartenenti alle diatomee (*Attheya longicornis*, *Cerataulus* sp., *Fragilaria capucina*, *Navicula cancellata*, *Neostreptothea subindica*, *Pleurosigma decorum*) ed 1 taxon attribuibile alle Chlorophyceae (*Dimorphococcus lunatus*).

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 alla classe delle Chlorophyceae (*Dimorphococcus lunatus*, *Monoraphidium* sp. tipicamente di acque dolci).

Tabella 27 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni A22 MG6, A22 MG7, A22 MG10, A22 MG12 e A22 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13)

Specie	6	7	10	12	13	Specie	6	7	10	12	13
DIATOMEE											
<i>Amphiprora gigantea</i> var. <i>sulcata</i> (O'Meara) Cleve 1894		x	x	x	x	<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow ex Van Heurck 1882		x	x	x	x
<i>Amphora</i> cf. <i>laevis</i> Gregory 1857			x	x	x	<i>Hemiaulus sinensis</i> Greville 1865		x	x	x	x
<i>Amphora</i> spp.		x				<i>Hemidiscus cuneiformis</i> Wallich 1860					x
<i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castracane) Round 1990		x	x	x	x	<i>Lauderia annulata</i> Cleve 1873				x	x
<i>Asteromphalus flabellatus</i> Ehrenberg 1844		x	x	x	x	<i>Leptocylindrus convexus</i> Nanjappa & Zingone 2013		x	x	x	x
<i>Attheya longicornis</i> Crawford & Gardner 1994		x				<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve 1889		x	x	x	x
<i>Bacteriastrium biconicum</i> Pavillard 1916					x	<i>Leptocylindrus mediterraneus</i> (Peragallo) Hasle 1975		x	x	x	x
<i>Bacteriastrium delicatulum</i> Cleve 1897		x	x		x	<i>Leptocylindrus minimus</i> Gran 1915		x	x		
<i>Bacteriastrium furcatum</i> Shadbolt 1854				x		<i>Licmophora flabellata</i> (Grev.) Agardh 1831			x		
<i>Bacteriastrium hyalinum</i> var. <i>princeps</i> (Castracane) Ikar				x	x	<i>Lioloma pacificum</i> (Cupp) Hasle 1996		x	x	x	x
<i>Bacteriastrium jadrantum</i> Godrijan, Maric & Pfannkuchen 2012		x	x	x	x	<i>Lithodesmium undulatum</i> Ehrenberg 1839		x	x	x	x
<i>Bacteriastrium mediterraneum</i> Pavillard 1916		x	x	x	x	<i>Navicula cancellata</i> Donkin 1872		x			
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey 1937		x	x	x	x	<i>Navicula distans</i> (Smith) Ralfs 1861		x	x	x	x
<i>Cerataulus</i> sp.		x	x	x		<i>Navicula</i> spp.		x	x	x	x
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder 1864		x	x	x	x	<i>Navicula transitans</i> var. <i>delicatula</i> Heimdal 1970		x	x		x
<i>Chaetoceros anastomosans</i> Grunow 1882		x	x	x	x	<i>Navicula transitans</i> var. <i>derasa</i> (Grunow) Cleve 1883					
<i>Chaetoceros atlanticus</i> Cleve 1873		x		x		<i>Naviculaceae</i> > 20 µm n.i.					x
<i>Chaetoceros brevis</i> Schütt 1895			x	x		<i>Neostreptothea subindica</i> von Stosch 197			x		
<i>Chaetoceros</i> cf. <i>densus</i> (Cleve) Cleve 1899		x				<i>Nitzschia</i> (sez. <i>sigmatae</i>) sp.			x	x	x
<i>Chaetoceros coarctatus</i> Lauder 1864				x	x	<i>Nitzschia bicipitata</i> Cleve 1901		x		x	
<i>Chaetoceros compressus</i> Lauder 1864		x	x	x	x	<i>Nitzschia</i> cf. <i>bilobata</i> Smith 1853					x
<i>Chaetoceros constrictus</i> Gran 1897					x	<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs 1861		x	x	x	x
<i>Chaetoceros costatus</i> Pavillard 1911			x	x	x	<i>Nitzschia lorenziana</i> Grunow 1879		x		x	x
<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve 1889		x	x	x	x	<i>Nitzschia</i> spp.				x	
<i>Chaetoceros dadayi</i> Pavillard 1913			x		x	<i>Odontella mobilensis</i> (Bailey) Grunow 1884		x	x	x	x
<i>Chaetoceros danicus</i> Cleve 1889		x	x	x	x	<i>Plagiotropis</i> spp.		x	x	x	x
<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve 1873		x	x	x	x	<i>Pleurosigma angulatum</i> (Queckett) Smith 1852					x
<i>Chaetoceros didymus</i> Ehrenberg 1845		x	x		x	<i>Pleurosigma</i> cf. <i>intermedium</i> Smith 1853			x		x
<i>Chaetoceros diversus</i> Cleve 1873		x	x	x	x	<i>Pleurosigma</i> cf. <i>nicobaricum</i> Grunow 1880			x		
<i>Chaetoceros lauderi</i> Ralfs 1864		x	x	x	x	<i>Pleurosigma decorum</i> Smith 1853				x	
<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow 1863		x	x	x	x	<i>Pleurosigma delicatulum</i> Smith 1852		x	x	x	x
<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell 1856		x	x	x	x	<i>Pleurosigma majus</i> (Grunow) Cleve 1894		x	x	x	x
<i>Chaetoceros pseudocurvisetus</i> Mangin 1910		x	x	x	x	<i>Pleurosigma naviculaceum</i> Brébisson 1854		x	x	x	x
<i>Chaetoceros rostratus</i> Lauder 1864		x		x		<i>Pleurosigma normanii</i> Ralfs 1861		x	x	x	x
<i>Chaetoceros socialis</i> Lauder 1864		x	x	x	x	<i>Pleurosigma</i> spp.		x			
<i>Chaetoceros</i> spp.		x	x	x	x	<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström 1986		x	x	x	x
<i>Chaetoceros tortissimus</i> Gran 1900		x	x	x	x	<i>Psammodictyon panduriforme</i> (Gregory) Mann 1990		x	x	x	x
<i>Chaetoceros wighamii</i> Brightwell 1856		x	x	x	x	<i>Pseudo-nitzschia americana</i> (Hasle) Fryxell 1993			x	x	x

Tabella 27 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni A22 MG6, A22 MG7, A22 MG10, A22 MG12 e A22 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13)

Specie	6	7	10	12	13	Specie	6	7	10	12	13
<i>Cocconeis scutellum</i> Ehrenberg 1838			x	x		<i>Pseudo-nitzschia cf. galaxiae</i> Lundholm & Moestrup 2002	x	x	x	x	x
<i>Coscinodiscus granii</i> Gough 1905		x	x	x	x	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cleve) Heiden 1928		x	x	x	
<i>Coscinodiscus</i> spp.	x		x			<i>Pseudo-nitzschia fraudulenta</i> (Cleve) Hasle 1993	x			x	
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & Lewin 1964	x	x	x	x	x	<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle 1993	x	x	x	x	x
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i> (Bergon) Hasle 1996	x	x	x	x	x	<i>Pseudo-nitzschia subfraudulenta</i> (Hasle) Hasle 1993	x	x	x	x	x
<i>Dactyliosolen phuketensis</i> (Sundström) Hasle 1996			x	x	x	<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultze) Sundström 1986	x		x	x	
Diatomee centriche > 20 µm n.i.			x			<i>Rhizosolenia castracanei</i> H.Peragallo 1888	x				
Diatomee pennate > 20 µm n.i.	x	x	x	x	x	<i>Rhizosolenia decipiens</i> Sundström 1986	x	x	x	x	x
<i>Diploneis bombus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1853			x	x		<i>Rhizosolenia hebetata f. semispina</i> (Hensen) Gran 1908	x	x	x	x	x
<i>Diploneis crabro</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1854	x	x	x	x	x	<i>Rhizosolenia imbricata</i> Brightwell 1858	x	x	x	x	x
<i>Entomoneis cf. paludosa</i> (Smith) Reimer 1975					x	<i>Suirella fastuosa</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1843	x	x	x	x	x
<i>Entomoneis</i> spp.	x	x	x	x	x	<i>Synedra cf. affinis</i> Kützing 1844			x		x
<i>Eucampia cornuta</i> (Cleve) Grunow 1883	x	x	x	x	x	<i>Synedra cf. pulchella</i> Kützing 1844	x		x		
<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières 1830					x	<i>Tabularia gallionii</i> (Bory de Saint-Vincent) Bukhtiyarova 1995				x	
<i>Fragilaria cf. hyalina</i> (Kützing) Grunow ex Van Heurck 1880					x	<i>Thalassionema bacillare</i> (Heiden) Kolbe 1955	x	x	x	x	x
<i>Fragilaria</i> sp.			x			<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Hallegraeff 1986	x	x	x	x	x
<i>Guinardia flaccida</i> (Castracane) Peragallo 1892	x	x	x	x	x	<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky 1902	x	x	x	x	x
<i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle 1996	x	x	x	x	x	<i>Thalassiosira</i> spp.	x	x	x		x
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow 1880	x	x	x			<i>Thalassiothrix longissima</i> Cleve & Grunow 1880	x	x			
<i>Haslea wawriake</i> (Hustedt) Simonsen 1974	x	x	x	x	x	<i>Trigonium alternans</i> (Bailey) Mann 1907			x		
DINOFLAGELLATI											
<i>Achradina pulchra</i> Lohmann 1903	x		x	x		<i>Neoceratium symmetricum</i> (Pavillard) Gómez, Moreira & López-García 2010				x	
<i>Actiniscus pentasterias</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1844					x	<i>Neoceratium teres</i> (Kofoid) Gómez, Moreira & López-García 2010		x			
<i>Alexandrium cf. minutum</i> Halim 1960	x				x	<i>Neoceratium trichoceros</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x	x		
<i>Alexandrium ostenfeldii</i> (Paulsen) Balech & Tangen, 1985				x		<i>Neoceratium tripos</i> (O.F.Müller) Gómez, Moreira & López-García 2010		x			x
<i>Amphidoma languida</i> Tillmann, Salas & Elbrächter 2012	x		x			<i>Ornithocercus heteroporus</i> Kofoid 1907	x		x	x	x
<i>Amphidoma nucula</i> Stein 1883				x		<i>Ornithocercus magnificus</i> Stein 1883				x	
<i>Amphisolenia schroederi</i> Kofoid 1907				x		<i>Ornithocercus quadratus</i> Schütt 1900	x				
<i>Azadinium caudatum</i> var. <i>margalefii</i> Nézan & Chomérat 2012			x	x	x	<i>Oxytoxum adriaticum</i> Schiller 1937		x		x	x
<i>Azadinium spinosum</i> Elbrächter & Tillmann 2009				x		<i>Oxytoxum caudatum</i> Schiller 1937	x				
<i>Centrodinium cf. punctatum</i> (Cleve) Taylor 1976			x			<i>Oxytoxum crassum</i> Schiller 1937				x	
<i>Ceratium horridum</i> var. <i>buceros</i> (Zacharias) Sournia 1966					x	<i>Oxytoxum curvatum</i> (Kofoid) Kofoid 1911	x		x		
<i>Ceratium longissimum</i> (Schröder) Kofoid 1907				x		<i>Oxytoxum globosum</i> Schiller	x				
<i>Ceratocorys goureli</i> Paulsen 1931			x			<i>Oxytoxum laticeps</i> Schiller 1937	x	x	x	x	
<i>Corythodinium constrictum</i> (Stein) Taylor 1976	x	x	x	x	x	<i>Oxytoxum mediterraneum</i> Schiller	x	x	x		x
<i>Corythodinium tessellatum</i> (Stein) Loeblich Jr. & Loeblich III 1966	x		x	x	x	<i>Oxytoxum sceptrum</i> (Stein) Schröder 1906				x	
Dinoflagellati tecati > 20 µm n.i.			x	x	x	<i>Oxytoxum scolopax</i> Stein 1883	x	x	x	x	x
<i>Dinophysis amandula</i> (Balech) Sournia 1973	x			x		<i>Oxytoxum sphaeroideum</i> Stein 1883	x	x		x	x
<i>Dinophysis hastata</i> Stein 1883			x			<i>Oxytoxum spinosum</i> Rampi	x	x	x	x	x
<i>Dinophysis parva</i> Schiller 1928	x			x		<i>Oxytoxum variabile</i> Schiller 1937		x			
<i>Dinophysis similis</i> Kofoid & Skogsberg 1928	x					<i>Oxytoxum viride</i> Schiller 1937	x		x		
<i>Diplopsalis lenticula</i> Bergh 1881			x	x	x	<i>Phalacroma doryphorum</i> Stein 1883					x
<i>Goniodoma polyedricum</i> (Pouchet) Jörgensen 1899					x	<i>Phalacroma rotundatum</i> (Claparède & Lachmann) Kofoid & Michener 1911	x	x	x		x
<i>Gonyaulax cf. sphaeroidea</i> Kofoid 1911			x		x	<i>Podolampas bipes</i> Stein 1883				x	x
<i>Gonyaulax polygramma</i> Stein 1883	x					<i>Podolampas elegans</i> Schütt 1895		x			
<i>Gymnodiniaceae</i> > 20 µm n.i.	x	x	x	x		<i>Podolampas palmipes</i> Stein 1883	x	x	x		x
<i>Gymnodinium</i> spp.	x	x	x	x	x	<i>Podolampas spinifer</i> Okamura 1912	x	x	x	x	
<i>Gyrodinium aciculatum</i> Hansen & Larsen 1992	x	x	x	x	x	<i>Prorocentrum balticum</i> (Lohmann) Loeblich 1970	x			x	
<i>Gyrodinium</i> spp.	x				x	<i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) Abé ex Dodge 1975		x	x		x
<i>Heterocapsa triquetra</i> (Ehrenberg) F.Stein 1883					x	<i>Prorocentrum dactylus</i> (Stein) Dodge 1975	x			x	
<i>Histioneis depressa</i> Schiller 1928				x	x	<i>Prorocentrum dentatum</i> Stein 1883		x	x		
<i>Histioneis hyalina</i> Kofoid & Michener 1911	x				x	<i>Prorocentrum fragile</i> Schütt 1895		x	x		x
<i>Histioneis variabilis</i> Schiller 1933	x		x			<i>Prorocentrum lima</i> (Ehrenberg) Stein 1878			x		x
<i>Karenia selliformis</i> Haywood, Steidinger & MacKenzie 2004	x		x			<i>Prorocentrum scutellum</i> Schröder 1900					x
<i>Karenia mikimotoi</i> (Miyake & Kominami ex Oda) Gert Hansen & Moestrup				x	x	<i>Protoceratium reticulatum</i> (Claparède & Lachmann) Bütschli 1885	x				
<i>Lingulodinium polyedrum</i> (Stein) Dodge 1989	x					<i>Protoperidinium breve</i> Paulsen 1907				x	x
<i>Mesoporus adriaticus</i> (Schiller) Lillick	x	x	x	x	x	<i>Protoperidinium cerasus</i> (Paulsen) Balech 1973	x	x		x	
<i>Mesoporus perforatus</i> (Gran) Lillick 1937	x	x		x	x	<i>Protoperidinium crassipes</i> (Kofoid) Balech 1974					x
<i>Micranthodinium setiferum</i> (Lohmann) Deflandre 1937			x			<i>Protoperidinium depressum</i> Bailey 1854			x		
<i>Neoceratium arietinum</i> (Cleve) Gómez, Moreira & López-García 2010					x	<i>Protoperidinium divergens</i> (Ehrenberg) Balech 1974		x			
<i>Neoceratium candelabrum</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010					x	<i>Protoperidinium globulus</i> (Stein) Balech 1974		x			
<i>Neoceratium carriense</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-García 2011	x					<i>Protoperidinium leonis</i> (Pavillard) Balech 1974					x
<i>Neoceratium declinatum</i> (Karsten) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x	x	x	x	<i>Protoperidinium mediterraneum</i> (Kofoid) Balech 1974		x			
<i>Neoceratium eucarcatum</i> (Jörgensen) Gómez, Moreira & López-García 2010					x	<i>Protoperidinium oviforme</i> (Dangeard 1927) Balech 1974			x		
<i>Neoceratium furca</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x	x	x		<i>Protoperidinium ovum</i> (Schiller) Balech 1974					x
<i>Neoceratium fusus</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x	x	x	x	<i>Protoperidinium pellucidum</i> Bergh ex Loeblich Jr. & Loeblich III 1881	x				

Tabella 27 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni A22 MG6, A22 MG7, A22 MG10, A22 MG12 e A22 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13)

Specie	6	7	10	12	13	Specie	6	7	10	12	13
<i>Neoceratium hexacantum</i> (Gouret) Gómez, Moreira & López-García 2010					x	<i>Protopteridinium quamerense</i> (Schröder) Balech 1974		x		x	x
<i>Neoceratium horridum</i> (Gran) Gómez, Moreira & López-García 2010					x	<i>Protopteridinium steinii</i> (Jørgensen) Balech 1974		x			
<i>Neoceratium karstenii</i> (Pavillard) Gómez, Moreira & López-García 2010				x		<i>Protopteridinium tuba</i> (Schiller) Balech 1974		x		x	
<i>Neoceratium longirostrum</i> (Gouret) Gómez, Moreira & López-García 2010	x			x		<i>Ptychodiscus noctiluca</i> Stein 1883		x			
<i>Neoceratium massiliense</i> (Gouret) Gómez, Moreira & López-García 2010					x	<i>Pyrocystis cf. robusta</i> Kofoid 1907		x	x		
<i>Neoceratium pentagonum</i> (Gouret) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x	x			<i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Balech ex Loeblich III 1965		x	x		x
<i>Neoceratium pulchellum</i> (Schröder) Gómez, Moreira & López-García 2010				x							
PRYMNESIOPHYCEAE COCCOLITOFORI											
<i>Calcosolenia brasiliensis</i> (Lohmann) Young 2003	x	x	x	x	x	<i>Pontosphaera syracusana</i> Lohmann 1902		x	x	x	x
<i>Calcosolenia murrayi</i> Gran 1912					x	<i>Rhabdosphaera clavigera</i> Murray & Blackman 1898			x	x	x
<i>Ceratolithus cristatus</i> Kamptner 1950			x	x		<i>Rhabdosphaera stylifera</i> Lohmann		x	x	x	x
<i>Coccolithus pelagicus</i> (Wallich) Schiller 1930	x	x	x	x	x	<i>Scyphosphaera apsteinii</i> Lohmann 1902		x	x	x	x
<i>Coronosphaera binodata</i> (Kamptner) Gaarder 1977	x		x	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	x
<i>Discosphaera tubifer</i> (Murray & Blackman) Ostenfeld 1900			x	x	x	<i>Umbilicosphaera sibogae</i> (Weber-van Bosse) Gaarder 1970		x	x	x	x
<i>Helicosphaera carterii</i> (Wallich) Kamptner 1954	x	x	x	x	x	<i>Zygosphaera debilis</i> Kamptner		x		x	x
<i>Michaelsarsia elegans</i> Gran 1912					x	<i>Zygosphaera hellenica</i> Kamptner 1937					x
CHRISOPHYCEAE/DICTYOCOPHYCEAE											
<i>Dictyocha epidodon</i> subsp. <i>subaculeata</i> (Bukry) Desikachary & Prema 1996	x		x	x	x	<i>Octactis octonaria</i> (Ehrenberg) Hovasse 1946		x	x	x	x
<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg 1839	x	x	x	x	x	<i>Meringosphaera mediterranea</i> Lohmann 1902					x
PRASINOPHYCEAE											
<i>Halosphaera viridis</i> Schmitz 1878 (forma coloniale)	x	x		x							
CHLOROPHYCEAE											
<i>Dimorphococcus lunatus</i> Braun 1855					x	<i>Monoraphidium</i> sp.					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>Hermesinum adriaticum</i> Zacharias 1906		x	x		

3.1.3.2 Zooplancton

Oloplancton

Nell'autunno 2022 (A22), il popolamento a copepodofauna mostra, in superficie, modesti valori di biomassa. A 100 m di profondità, invece, esso esibisce elevata biodiversità, caratteristiche solo parzialmente sovrapponibili a quelle osservate nelle campagne autunnali A20 e A21. Infatti, le abbondanze rilevate mediante le pescate orizzontali effettuate tra la superficie e 5 metri di profondità, presentano valori inferiori a quelli attesi.

Al contrario, differenze apprezzabili non sono state rilevate con le pescate verticali 0–50 m e 50–100 m.

La abbondanza media rilevata tra 0-50 m di profondità è di 728,38 ind. m⁻³ (794,41 ind. m⁻³ in A20 e 798,05 ind. m⁻³ nella stagione A21) con valori massimi di 1424,53 ind. m⁻³ nella stazione A22 MG6 e minimi di 387,23 ind. m⁻³ nella stazione A22 MG10. I valori di abbondanza delle pescate verticali 50-100 m sono di 660,28 ind. m⁻³ (710,71 ind. m⁻³ nella stagione A20 e 620,24 ind. m⁻³ nella stagione A21) con valori max di 878,64 ind. m⁻³ A22 MG6 e min di 545,90 MG12. Nella porzione prossima alla superficie della colonna d'acqua (campionamento orizzontale) si osserva un netto decremento numerico del gruppo investigato: i valori medi registrati sono di 285,93 ind. m⁻³ (899,53 ind. m⁻³ nella stagione A20 e 1074,92 ind. m⁻³ nella stagione A21) con valori max di 517,12 ind. m⁻³ nella stazione A22 MG13 e min di 176,39 nella stazione A22 MG6.

La modesta presenza di copepodofauna nei primi metri di profondità è riconducibile al carattere di elevato idrodinamismo superficiale dell'area investigata, dovuto al protrarsi di condizioni del mare da mosso a molto mosso nei giorni precedenti al campionamento.

L'analisi qualitativa conferma la presenza autunnale del copepode alloctono Cyclopoide *Corycaeus speciosus*. *C. speciosus*, identificato per la prima volta e in esiguo numero nella campagna autunnale A19, evidenzia un trend in crescita a tutte le profondità investigate (abbondanze medie pari a 0,01 ind. m⁻³ 0–5 m; 3,25 ind. m⁻³ 0–50 m; 4,16 ind. m⁻³ 50–100 m). Specie epiplanctonica-subsuperficiale (0-200 m) originaria della fascia tropicale Atlantica e Indo-Pacifico, si è diffusa nel bacino Mediterraneo occidentale negli ultimi decenni, aumentando progressivamente la sua presenza anche in acque neritiche.

I taxa di copepodi planctonici identificati sono in tutto 100 (Tabella 28) in rappresentanza di 25 famiglie.

Si segnala il primo ritrovamento di esemplari del Pontellidae *Calanopia elliptica* (A22 MG10 orizzontale 1,19 ind. m⁻³) e del Diaixidae *Diaixis pygmaea* (A22 MG10 orizzontale 5,20 ind. m⁻³). *C. elliptica* è un calanoide ad ampia distribuzione geografica, specie segnalata in Mar Mediterraneo nelle acque del Golfo di Napoli e in Libano, e verticale (0-800 m di profondità). *D. pygmaea* è di piccola taglia (inferiore a 1 mm), talvolta abbondante in prossimità delle coste tirreniche (es. Golfo di Napoli), ma praticamente assente in ambiente neritico.

In termini quantitativi, in accordo con le precedenti campagne autunnali, la componente che maggiormente contribuisce alla struttura della comunità è quella dei copepodi calanoidi clausocalanidi (famiglia rappresentata dai generi *Clausocalanus* e *Ctenocalanus*,

complessivamente 10 taxa). La famiglia Clausocalanidae, avente distribuzione verticale concentrata principalmente nei primi 50 m della colonna, presenta abbondanze medie variabili: 310,92 ind. m⁻³ a 0-50 m di profondità (max = 665,48 ind. m⁻³ A22 MG6; min= 150,77 ind. m⁻³ A22 MG13), 160,16 ind. m⁻³ a 50-100 m (max = 265,15 ind. m⁻³ A22 MG6; min = 104,06 ind. m⁻³ A22 MG7) e 130,65 ind. m⁻³ nei campioni orizzontali 0-5 m (max = 265,55 ind. m⁻³ A22 MG13; min = 77,85 ind. m⁻³ A22 MG17). In tutte le stazioni e a tutte le profondità monitorate è predominante la componente giovanile identificata come *Clausocalanus* spp.

Tra i clausocalanidi adulti le specie dominanti sono *Clausocalanus paululus*, *C. lividus* e *C. furcatus*.

Clausocalanus paululus (18,56 ind. m⁻³ 0 – 5 m; 84,74 ind. m⁻³ 0 – 50 m; 35,35 ind. m⁻³ 50 – 100 m) e *C. lividus* (7,08 ind. m⁻³ 0 – 5 m; 14,04 ind. m⁻³ 0 – 50 m; 13,52 ind. m⁻³ 50 – 100 m) raggiungono la massima concentrazione nei campionamenti verticali 0-50 m, mentre *C. furcatus* (10,40 ind. m⁻³ 0 – 5 m; 14,04 ind. m⁻³ 0 – 50 m; 6,24 ind. m⁻³ 50 – 100 m) ha distribuzione più superficiale.

La seconda famiglia per abbondanza è quella dei ciclopidi Oithonidae, rappresentata da 8 taxa aventi distribuzione direttamente proporzionale alla profondità (media 63,79 ind. m⁻³ 0 – 5 m; 171,06 ind. m⁻³ 0 – 50 m; 204,86 ind. m⁻³ 50 – 100 m). In accordo con quanto osservato nelle precedenti campagne autunnali la specie che maggiormente rappresenta tale famiglia, dominata nell'area investigata dagli stadi giovanili di copepoditi *Oithona* spp., è *Oithona plumifera* (media di 17,66 ind. m⁻³ 0 – 5 m; 45,75 ind. m⁻³ 0 – 50 m; 40,55 ind. m⁻³ 50 – 100 m).

Rappresentata nel campione anche la famiglia Paracalanidae (11 taxa) (media 27,86 ind. m⁻³ 0 – 5 m; 93,06 ind. m⁻³ 0 – 50 m; 84,24 ind. m⁻³ 50 – 100 m); la specie più abbondante, seconda solo agli stadi giovanili di copepodite *Paracalanus* spp., è *Paracalanus nanus* (media di 7,69 ind. m⁻³ 0 – 5 m; 20,28 ind. m⁻³ 0 – 50 m; 17,69 ind. m⁻³ 50 – 100 m).

Tra i Centropagidae le specie maggiormente campionate sono *Centropages typicus*, *C. violaceus* e *Isia clavipes*, sempre con abbondanze piuttosto contenute. *Temora stylifera* (8,07 ind. m⁻³ 0 – 5 m; 16,64 ind. m⁻³ 0 – 50 m; 13,53 ind. m⁻³ 50 – 100 m) raggiunge valori inferiori al naturale picco di abbondanza del periodo autunnale, mentre il Calanidae estivo *Nannocalanus minor* (7,84 ind. m⁻³ 0 – 5 m; 5,22 ind. m⁻³ 0 – 50 m; 10,40 ind. m⁻³ 50 – 100 m) ha valori di abbondanza in linea con il suo ciclo stagionale. La famiglia Corycaeidae (11 taxa), è presente in media da 13,07 ind. m⁻³ 0 – 5 m; 29,23 ind. m⁻³ 0 – 50 m; 45,87 ind. m⁻³ 50 – 100 m. La famiglia Oncaeidae (7 taxa) ha distribuzione prevalentemente profonda, con valori medi di abbondanza contenuti (12,07 ind. m⁻³ 0 – 5 m; 38,49 ind. m⁻³ 0 – 50 m; 59,30 ind. m⁻³ 50 – 100 m); la specie più abbondante è *Oncaea scottodicarloi*. Poco rappresentate le famiglie Acartidae (2 taxa) e Sapphirinidae (9 taxa). Raggiunge valori di abbondanza superiori alla media la famiglia Candaciidae (5 taxa), rappresentata da specie carnivore, dotate di arti raptatori ben sviluppati e dimensioni superiori alla media. Abbondanti gli Harpacticoida, tra cui raggiungono i valori più alti *Euterpina acutifrons* e *Goniopsyllus rostratus*.

Tabella 28 – Oloplancton. O.le=orizzontale, 50-0=campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100-50=campionamento verticale da 100 a 50 metri. * presente in almeno un sub-campione, ** presente solo nell'osservazione *in toto*.

	O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50
Famiglia Acartiidae				<i>Lucicutia flavicornis</i>	*	*	*	<i>Corycaeus</i> spp	*	*	*
<i>Acartia negligens</i>	*	*	*	Famiglia Mecynoceridae				<i>Farranula rostrata</i>	*	*	*
<i>Acartia</i> spp	*	*	*	<i>Mecynocera clausi</i>	*	*	*	Famiglia Lubbockiidae			
Famiglia Aetideidae				Famiglia Metridinidae				<i>Lubbockia aculeata</i>			*
<i>Euchirella messinensis</i>		*		<i>Pleuromamma abdominalis</i>	*	*	*	Famiglia Oithonidae			
Famiglia Calanidae				<i>Pleuromamma gracilis</i>	*	*	*	<i>Oithona decipiens</i>	*		
<i>Mesocalanus tenuicornis</i>			*	Famiglia Paracalanidae				<i>Oithona longispina</i>	*	*	
<i>Nannocalanus minor</i>	*	*	*	<i>Paracalanus contractus</i>	*			<i>Oithona nana</i>	*	*	*
<i>Neocalanus gracilis</i>	*	*	*	<i>Paracalanus neptunus</i>	*	*	*	<i>Oithona plumifera</i>	*	*	*
Famiglia Candaciidae				<i>Calocalanus pavo</i>	*	*	*	<i>Oithona setigera</i>	*	*	*
<i>Candacia aethiopica</i>	*	*	*	<i>Calocalanus pavoninus</i>	*	*	*	<i>Oithona similis</i>	*		
<i>Candacia bispinosa</i>		*		<i>Calocalanus plumulosus</i>	*	*		<i>Oithona tenuis</i>	*	*	*
<i>Candacia giesbrechti</i>	*	*	*	<i>Calocalanus styliremis</i>	*	*	*	<i>Oithona</i> spp	*	*	*
<i>Candacia simplex</i>	*	*	*	<i>Calocalanus</i> spp	*	*	*	Famiglia Oncaeidae			
<i>Candacia</i> juv spp.	*	*	*	<i>Paracalanus denudatus</i>	*	*	*	<i>Oncaea curta</i>	*	*	*
Famiglia Centropagidae				<i>Paracalanus nanus</i>	*	*	*	<i>Oncaea media</i>	*	*	*
<i>Centropages bradyi</i>	*			<i>Paracalanus parvus</i>	*	*	*	<i>Oncaea mediterranea</i>	*	*	*
<i>Centropages ponticus</i>	*			<i>Paracalanus</i> spp	*	*	*	<i>Oncaea scottodicarloi</i>	*	*	*
<i>Centropages typicus</i>	*	*	*	Famiglia Pontellidae				<i>Oncaea venusta</i>	*	*	*
<i>Centropages violaceus</i>	*	*	*	<i>Calanopia elliptica</i>	*			<i>Oncaea</i> spp	*	*	*
<i>Isia clavipes</i>	*	*		<i>Anomalocera patersoni</i>	*			<i>Triconia conifera</i>	*		*
Famiglia Clausocalanidae				<i>Labidocera wollastoni</i>	*	*		Famiglia Sapphirinidae			
<i>Clausocalanus arcuicornis</i>	*	*	*	<i>Pontella atlantica</i>	*			<i>Copilia mediterranea</i>	*	*	*
<i>Clausocalanus furcatus</i>	*	*	*	<i>Pontella</i> juv spp	*	*		<i>Copilia vitrea</i>	*		*
<i>Clausocalanus jobei</i>	*	*	*	<i>Pontellina plumata</i>	*			<i>Copilia</i> juv spp.	*	*	
<i>Clausocalanus lividus</i>	*	*	*	<i>Pontellopsis regalis</i>	*			<i>Sapphirina angusta</i>		*	
<i>Clausocalanus mastigophorus</i>	*	*	*	<i>Pontellopsis villosa</i>	*			<i>Sapphirina gemma</i>			*
<i>Clausocalanus parapergens</i>	*	*	*	<i>Pontellidae</i> spp	*			<i>Sapphirina ovatolanceolata</i>		*	
<i>Clausocalanus paululus</i>	*	*	*	Famiglia Scolecitricidae				<i>Sapphirina nigromaculata</i>	*	*	
<i>Clausocalanus pergens</i>	*	*	*	<i>Scolecitricella dentata</i>	*			<i>Sapphirina sali</i>	*		

Tabella 28 – Oloplancton. O.le=orizzontale, 50-0=campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100-50=campionamento verticale da 100 a 50 metri. * presente in almeno un sub-campione, ** presente solo nell'osservazione *in toto*.

	O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50
<i>Clausocalanus</i> spp	*	*	*	<i>Scolecithrix bradyi</i>			*	<i>Sapphirina</i> juv spp	*	*	
<i>Ctenocalanus vanus</i>	*	*	*	Famiglia Temoridae				Famiglia Ectinosomatidae			
Famiglia Diaixidae				<i>Temora stylifera</i>	*	*	*	<i>Microsetella norvegica</i>		*	*
<i>Diaixis pygmaea</i>			*	Famiglia Corycaeidae				<i>Microsetella rosea</i>		*	
Famiglia Eucalanidae				<i>Corycaeus brehmi</i>	*	*	*	Famiglia Euterpinidae			
<i>Pareucalanus elongatus</i>	*		*	<i>Corycaeus clausi</i>	*	*	*	<i>Euterpina acutifrons</i>	*	*	*
Famiglia Euchaetiidae				<i>Corycaeus flaccus</i>	*	*	*	Famiglia Peltidiidae			
<i>Euchaeta acuta</i>			*	<i>Corycaeus furcifer</i>	*		*	<i>Clytemnestra scutellata</i>			*
<i>Paraeuchaeta hebes</i>	*	*	*	<i>Corycaeus giesbrechti</i>	*	*	*	<i>Goniopsyllus rostratus</i>	*	*	*
Euchaetidae juv spp.	*	*	*	<i>Corycaeus limbatus</i>	*	*	*				
Famiglia Heterorhabdidae				<i>Corycaeus ovalis</i>			*				
Heterorhabdus papilliger	*	*	*	<i>Corycaeus speciosus</i>	*	*	*				
Famiglia Lucicutiidae				<i>Corycaeus typicus</i>	*	*	*				

Biomassa

Nella tabella seguente (**Tabella 29**) sono indicati i volumi di sedimentazione (dopo 24 h), espressi in ml, della componente oloplanctonica raccolta nella campagna A22. Le significative differenze osservabili nei volumi di sedimentazione, tra pescate orizzontali e verticali, sono ascrivibili al differente volume di acqua filtrato dai retini, costantemente superiore nelle pescate orizzontali. I volumi di sedimentazione restituiscono valori omogenei nelle diverse stazioni di monitoraggio investigate, senza evidenziare differenze qualitative e quantitative tra le stazioni prossime al Terminale (A22 MG6; A22 MG7; A22 MG12 e A22 MG13) e la stazione di controllo (A22 MG10). Concorre in gran parte alla determinazione del biovolume la massiccia presenza di fitoplancton filamentoso rinvenuto nei campionamenti orizzontali effettuati tra la superficie e i primi 5 m di profondità, sezione della colonna d'acqua ove è maggiore l'irraggiamento solare.

In termini generali i valori calcolati nei campioni orizzontali sono inferiori a quanto ottenuto nelle medesime stagioni A20 e A21.

Tabella 29 - 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)	A22 MG6	A22 MG7	A22 MG10	A22 MG12	A22 MG13
OR	24	21	26	25	24
0-50	7	7	4	6,5	7
50-100	5	6	8	5,5	8,5

Meroplancton

Nella campagna autunnale A22 (**Tabella 30**) sono stati identificati 46 *taxa* appartenenti a 5 phyla di invertebrati: Mollusca, Annelida, Sipuncula, Arthropoda ed Echinodermata. A questi si aggiungono forme larvali indifferenziate come la trocofora, forma larvale comune a molti protostomi marini, tra i quali anellidi policheti e molluschi, il primo e secondo stadio della larva degli echinodermi asteroidei (stelle marine), bipinnaria e brachiolaria e la larva cosiddetta Pelagosphaera che contraddistingue lo sviluppo precoce dei sipunculidi. Come in tutte le precedenti campagne fin qui realizzate il maggior numero di *taxa* riguarda le larve del subphylum Crustacea, ordine Decapoda che, nell'area di studio, rappresentano la principale fonte di biodiversità all'interno della frazione meroplanctonica del mesozooplancton, seconda in generale, solo alla copepodofauna (oloplancton). Sono 29 le larve di decapodi identificate all'interno delle cinque stazioni monitorate (il 63,04% dei *taxa* totali), 8 le larve di echinodermi (17,3%), 6 dei policheti (13%) e 2 dei molluschi (0,04%). In merito al *phylum* Mollusca l'identificazione al solo stereoscopio binoculare di larve di gasteropodi (con abbozzo di protoconca) e bivalvi non può consentire alcun riconoscimento specifico. Tutte le specie larvali di crostacei decapodi identificate sono state raccolte nelle stazioni superficiali, confermando che la componente mesozooplanctonica del meroplancton a decapodi tende a concentrarsi preferenzialmente nei primi metri della colonna d'acqua per sfruttare al massimo le risorse trofiche disponibili durante le fasi notturne.

A livello quantitativo dominano molluschi ed echinodermi che esibiscono il maggior numero di larve: rispettivamente 21,3 ind/m³ e 18,93 ind/m³ con presenza massima di fasi larvali che in entrambi i casi è stata registrata nel sito A22 MG7 (8,22 ind/m³ per i molluschi e 7,13 ind/m³ nel caso degli echinodermi). La specie dominante del campione A22 è infatti l'ofiuroido, *Ophiotrix fragilis* (11,47 ind/m³) con picco massimo di presenze in A22 MG7 (3,97 ind/m³). Non si tratta di un caso, già in campagne precedenti questa specie di ofiuroido è risultata dominante in questo settore del basso Mar Ligure. Nel complesso tutta la componente a echinodermi è ben rappresentata, in particolare quelle forme larvali che durante la vita adulta bentonica prediligono substrati compatibili con quelli che contraddistinguono l'area di studio (fanghi del circolitorale profondo).

Tra i crostacei decapodi spiccano almeno 4 *taxa* che risultano essere dominanti dal punto di vista quantitativo: si tratta della fase larvale dell'Alpheidae *Alpheus glaber*, gambero schioccatore sempre presente nei campioni raccolti in quest'area (max in A22 MG7 = 0,57 ind/m³),

Goneplax rhomboides (max in A22 MG10 = 0,76 ind/m³) la cui fase adulta predilige fondali fangosi e detritici nei quali è anche in grado di nascondersi e due specie rinvenute preferenzialmente nelle stazioni profonde comprese tra – 100 e – 50 m. Si tratta dell'anomuro (paguro) *Anapagurus breviaculeatus* (max in MG10 = 1,48 ind/m³) e del dendrobranchiato *Parapenaeus longirostris* (max in MG7 = 0,93 ind/m³) specie di interesse commerciale.

Il popolamento larvale meroplanctonico nel suo complesso rispecchia quanto già espresso nelle precedenti campagne condotte nel medesimo periodo autunnale, confermando uno stock biocenotico strutturato e dipendente dal fattore stagionale che ne regola presenza e quantità.

Nel complesso, dai risultati quali-quantitativi in merito al comparto meroplanctonico per la stagione A22 non emergono discontinuità tra la stazione di controllo A22 MG10 e le quattro stazioni posizionate in prossimità del Terminale, così come non si registrano anomalie nella composizione della comunità, ampiamente sovrapponibile a quelle delle stagioni autunnali precedenti. Questi aspetti consentono, al momento, di escludere forme rilevanti di disturbo o impatto a carico della comunità meroplanctonica riconducibili al rigassificatore.

Tabella 30 – Meroplancton. O.le = orizzontale, 50-0 = campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100-50 = campionamento verticale da 100 a 50 metri. * presente in almeno un sub-campione, ** presente solo nell'osservazione *in toto*. La lista include specie determinate a fresco.

	O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50
MOLLUSCA				<i>Athanas nitescens</i>	*	*		<i>Pisa sp</i>	*		
Gastropoda laervae ind	*	*	*	<i>Ebalia nux</i>	*	*		<i>Plesionika sp</i>	*	*	
Bivalvia larvae ind	*	*	*	<i>Ebalia tumefacta</i>	*	*		<i>Processa edulis edulis</i>	*		*
ANNELIDA				<i>Ethusa mascarone</i>	*			<i>Processa modica carolii</i>	*		*
<i>Chaetopterus variopedatus</i>	*			<i>Eualus sp</i>	*	*		<i>Sergia robusta</i>	*	*	*
<i>Owenia fusiformis</i>		*		<i>Galathea intermedia</i>	*		*	<i>Solenocera membranacea</i>	*		
<i>Poecilochetus sp</i>	*	*		<i>Goneplax rhomboides</i>	*	*	*	<i>Synalpheus gamberelloides</i>	*		
Polynoidae ind			*	<i>Herbstia condyliata</i>	*	*		<i>Upogebia sp</i>	*		
<i>Sabellaria sp</i>	*	*		<i>Liocarcinus sp</i>	*	*		ECHINODERMATA			
Spionidae ind	*	*	*	<i>Lucifer typus</i>	*		*	Bipinnaria ind.	*	*	
Trocofora larvae ind	*	*	*	<i>Maja sp</i>	*			Brachiolaria ind.	*	*	
SIPUNCULA				<i>Monadaeus couchii</i>	*			<i>Brissopsis lyrifera</i>			*
Pelagosphaera larvae ind	*	*	*	<i>Palicus caronii</i>	*		*	Cidaridae ind	*	*	
CRUSTACEA				<i>Parapenaeus longirostris</i>	*	*	*	<i>Echinocardium sp</i>	*	*	
Cirripedia larvae ind	*		*	<i>Periclimenes sp</i>	*			<i>Echinus sp</i>	*	*	
Decapoda				<i>Parthenopoides massena</i>	*			<i>Ophiotrix fragilis</i>	*	*	*
<i>Alpheus glaber</i>	*	*		<i>Philocheiras bispinosus</i>	*	*		<i>Ophiura sp</i>	*	*	
<i>Anapagurus breviaculeatus</i>	*	*	*	<i>Pirimela denticulata</i>	*	*	*	<i>Paracentrotus lividus</i>	*	*	
								<i>Sphaerechinus granularis</i>	*		

Ittioplancton

Il survey autunnale (A22) condotto sulle fasi larvali dell'ittiofauna ha consentito la determinazione di 10 taxa rispettivamente associate a 10 famiglie di osteitti o pesci ossei (**Tabella 31**). Il dato più rilevante del campione autunnale 2022 è la dominanza, a livello quantitativo, delle larve di *Sardina pilchardus* (sardina). L'abbondanza maggiore è stata registrata in A22 MG7 con 1,31 ind/m³. Il risultato conferma, ancora una volta, la presenza di una struttura di comunità ittioplanctonica che, per questo settore del basso Mar Ligure, è significativamente influenzata dalla stagionalità e definita prevalentemente dall'alternanza del ciclo riproduttivo di due specie, *Engraulis encrasicolus* (acciuga) e *Sardina pilchardus* (sardina), entrambe specie di rilevante valore ecologico, in quanto fonte di cibo per altre specie ittiche, e commerciale in quanto oggetto di intensa attività di pesca. L'osservazione di questo ciclo e la sua persistenza negli anni sono quindi un buon indicatore in merito all'assenza di impatto e stress ambientale nell'area di survey a carico della comunità ittioplanctonica.

Sempre presenti nei campioni ittioplanctonici di questa zona di margine di piattaforma continentale sono le larve di pesci abissali. In questo survey sono presenti larve appartenenti a due famiglie: Gonostomatidae con la specie *Cyclothone braueri* (max in A22 MG12, con 0,7 ind/m³) e Michtophidae con *Myctophum punctatum* (max in A22 MG7 con 0,72 ind/m³). Sono i fenomeni locali di upwelling a contribuire significativamente alla risalita di larve di pesci abissali che con assidua frequenza sono catturate durante le peschate orizzontali e verticali. Presenti nello stock ittico larvale anche i pleuronectiformi con le specie *Arnoglossus rueppelii* (suacia cianchetta) già segnalata per l'area del basso Mar Ligure, sebbene meno diffusa rispetto al Mediterraneo orientale e la più comune *Solea solea* (sogliola comune). Entrambe le specie durante la fase adulta nectobentonica sono compatibili con la tipologia di substrato che insiste nell'area di studio. Nel complesso il popolamento ittico larvale della stagione A22 è coerente e confrontabile con le precedenti raccolte autunnali e non presenta alterazioni quali-quantitative della comunità riconducibili all'esercizio del rigassificatore offshore, ma una variabilità ittica larvale associabile alla stagionalità.

Tabella 31 – 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
BOTHIDAE				MUGILIDAE				SOLEIDAE			
<i>Arnoglossus rueppelii</i>		*		<i>Mugil cephalus</i>	*	*		<i>Solea solea</i>	*	*	
CONGRIDAE				MICTOPHIDAE				SPARIDAE			
<i>Conger conger</i>	*			<i>Myctophum punctatum</i>	*	*	*	<i>Diplodus sp</i>	*	*	
CLUPEIDAE				PARALEPIDIDAE				ZEIDAE			
<i>Sardina pilchardus</i>	*	*		<i>Lestidiops sphyrenoides</i>		*	*	<i>Zeus faber</i>	*		
GONOSTOMATIDAE								Uova ind.	*	*	*
<i>Cyclothone braueri</i>	*	*	*								

Tabella 31 – 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*.

3.2 Biota

3.2.1 Macrozoobenthos

Lo studio effettuato nell'autunno 2022 ha portato alla raccolta e determinazione di 12063 organismi appartenenti a 186 specie comprendenti anellidi (policheti), molluschi, artropodi (crostacei), sipunculidi, echinodermi, nemertini e platelminti.

Tabella 32 - Lista delle specie macrobentoniche rinvenute nell'autunno (A22)

Tabella 32 - Lista delle specie macrobentoniche rinvenute nell'autunno (A22)		
Annelida		
<i>Abyssoninoe hibernica</i> (McIntosh, 1903)	<i>Galathowenia oculata</i> Zachs, 1923	<i>Ophelina abranchiata</i> Støp-Bowitz, 1948
<i>Ampharete acutifrons</i> (Grube, 1860)	<i>Gallardonis iberica</i> Martins, Carrera-Parra, Quintino & Rodrigues, 2012	<i>Oxydromus flexuosus</i> (Delle Chiaje, 1827)
<i>Amphicteis gunneri</i> (M. Sars, 1835)	<i>Glyceria alba</i> (O.F. Müller, 1776)	<i>Paradiopatra lepta</i> (Chamberlin, 1919)
<i>Amphictene auricoma</i> (O. F. Müller, 1776)	<i>Glyceria tessellata</i> Grube, 1863	<i>Paralacydonia paradoxa</i> Fauvel, 1913
<i>Anobothrus gracilis</i> (Malmgren, 1866)	<i>Glyceria unicornis</i> Lamarck, 1818	<i>Paraprionospio pinnata</i> (Ehlers, 1901)
<i>Aphelochaeta marioni</i> (Saint-Joseph, 1894)	<i>Goniada</i> sp.	<i>Paucibranchia bellii</i> (Audouin & Milne Edwards, 1833)
<i>Apistobranchus tullbergi</i> (Théel, 1879)	<i>Harmothoe</i> sp.	<i>Phyllodoce mucosa</i> Ørsted, 1843
<i>Aponuphis brementi</i> (Fauvel, 1916)	<i>Heteromastus filiformis</i> (Claparède, 1864)	<i>Pilargis verrucosa</i> (Saint-Joseph, 1899)
<i>Aricidea assimilis</i> Tebble, 1959	<i>Heterospio mediterranea</i> Laubier, Picard & Ramos, 1972	<i>Pista cristata</i> (O. F. Müller, 1776)
<i>Aricidea claudiae</i> Laubier, 1967	<i>Hyalinoecia tubicola</i> (O. F. Müller, 1776)	<i>Poecilochaetus fauchaldi</i> Pilato & Cantone, 1976
<i>Aricidea mariannae</i> Katzmann & Laubier, 1975	<i>Kirkegaardia heterochaeta</i> (Laubier, 1961)	<i>Polycirrus</i> sp.
<i>Aricidea</i> sp.	<i>Labioleanira yhleni</i> (Malmgren, 1867)	<i>Praxillella gracilis</i> (M. Sars, 1861)
<i>Auchenoplax crinta</i> Ehlers, 1887	<i>Lagis koreni</i> (Malmgren, 1866)	<i>Praxillella</i> sp.
<i>Chaetozone carpenteri</i> McIntosh, 1911	<i>Laonice grimaldii</i> Sikorski, Nygren & Mikac, in Sikorski et al. 2021	<i>Prionospio cirrifera</i> Wirén, 1883
<i>Chaetozone setosa</i> Malmgren, 1867	<i>Levinsenia gracilis</i> (Tauber, 1879)	<i>Prionospio ehlersi</i> Fauvel, 1928
<i>Chloeia venusta</i> Quatrefages, 1865	<i>Levinsenia kosswigi</i> Çinar, Dagli & Acik, 2011	<i>Prionospio fallax</i> Soderstrom, 1920
<i>Chrysopetalum debile</i> (Grube, 1855)	<i>Lumbrineris luciliae</i> Martins, Carrera-Parra, Quintino & Rodrigues, 2012	<i>Prionospio</i> sp.
<i>Cirrophorus branchiatus</i> Ehlers, 1908	<i>Lumbrineris</i> sp.	<i>Protodorvillea kefersteini</i> (Mc Intosh, 1869)
<i>Dasybranchus caducus</i> (Grube, 1846)	<i>Lysidice unicornis</i> (Grube, 1840)	<i>Scalibregma inflatum</i> Rathke, 1843
<i>Diplocirrus glaucus</i> (Malmgren, 1867)	<i>Maldane glebifex</i> Grube, 1860	<i>Schistomerings rudolphi</i> (Delle Chiaje, 1828)
<i>Dilonereis filum</i> (Claparède, 1868)	<i>Malmgrenia lunulata</i> (Delle Chiaje, 1841)	<i>Sigambra tentaculata</i> (Treadwell, 1941)
<i>Euchone</i> sp.	<i>Melinna palmata</i> Grube, 1860	<i>Spio multioculata</i> (Rioja, 1918)
<i>Euclymene lombricoides</i> (Quatrefages, 1866)	<i>Metasychis gotoi</i> (Izuka, 1902)	<i>Spiochaetopterus costarum</i> (Claparède, 1869)
<i>Eunice vittata</i> (Delle Chiaje, 1828)	<i>Nephtys hystricis</i> Mc Intosh, 1900	<i>Spiophanes kroyeri</i> Grube, 1860
<i>Eupanthalis kinbergi</i> McIntosh, 1876	<i>Nephtys incisa</i> Malmgren, 1865	<i>Sternaspis scutata</i> (Ranzani, 1817)
<i>Exogone</i> sp.	<i>Ninoe armoricana</i> Glémarec, 1968	<i>Syllis parapar</i> San Martin & López, 2000
<i>Exogone verugeta</i> (Claparède, 1868)	<i>Notomastus profundus</i> (Eisig, 1887)	<i>Terebellides mediterranea</i> Parapar, Mikac & Fiege, 2013
<i>Fauvelopsis</i> sp.		
Arthropoda		
<i>Akanthophoreus gracilis</i> (Krøyer, 1842)	<i>Eurydice spinigera</i> Hansen, 1890	<i>Nebalia clausi</i> Dahl, 1985
<i>Alpheus glaber</i> (Olivi, 1792)	<i>Galathea intermedia</i> Lilljeborg, 1851	<i>Orchomenella nana</i> (Kroyer, 1846)
<i>Ampelisca</i> sp.	<i>Gammaropsis</i> sp.	<i>Paranthura nigropunctata</i> (Lucas, 1846)
<i>Anapagurus</i> sp.	<i>Gnathia oxyuraea</i> (Lilljeborg, 1855)	<i>Paraphoxus oculatus</i> (G.O. Sars, 1879)
<i>Araphura brevimanus</i> (Lilljeborg, 1864)	<i>Goneplax rhomboides</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Pardaliscella boeckii</i> (Malm, 1870)
<i>Athanas</i> sp.	<i>Haploops nirae</i> Kaim Malka, 1976	<i>Perioculodes longimanus</i> (Bate & Westwood, 1868)
<i>Callianassa subterranea</i> (Montagu, 1898)	<i>Harpinia crenulata</i> (Boeck, 1871)	<i>Photis longicaudata</i> (Bate & Westwood, 1862)
<i>Campylaspis glabra</i> G.O. Sars, 1880	<i>Harpinia dellavallei</i> Chevreux, 1910	<i>Phitsica marina</i> Slabber, 1769
<i>Carangolopsis spinulosa</i> Ledoyer, 1970	<i>Hippomedon bidentatus</i> Chevreux, 1903	<i>Pilumnus spinifer</i> H. Milne-Edwards, 1834
<i>Cerapopsis longipes</i> Della Valle, 1893	<i>Kupellonura mediterranea</i> Barnard, 1925	<i>Processa macrophthalma</i> Nouvel & Holthuis, 1957
<i>Collettea cylindrata</i> (Sars, 1882)	<i>Leucon (Epileucon) longirostris</i> Sars, 1871	<i>Pseudotanais</i> sp.
<i>Desmosoma</i> sp.	<i>Leucothoe oboa</i> G. Karaman, 1971	<i>Stenothoe</i> sp.
<i>Diastylis</i> sp.	<i>Liljeborgia dellavallei</i> Stebbing, 1906	<i>Synchelidium maculatum</i> Stebbing, 1906
<i>Ebalia cranchii</i> Leach, 1817	<i>Maera grossimana</i> (Montagu, 1808)	<i>Tuberapseudes echinatus</i> (Sars, 1882)
<i>Eriopisa elongata</i> (Bruzelius, 1859)	<i>Medicorophium rotundirostre</i> (Stephensen, 1915)	<i>Urothoe elegans</i> (Costa, 1853)
<i>Eudorella nana</i> Sars, 1879	<i>Natatolana borealis</i> Lilljeborg, 1851	<i>Westwoodilla rectirostris</i> (Della Valle, 1893)
Echinodermata		
<i>Amphipholis squamata</i> (Delle Chiaje, 1828)	<i>Neocucumis marionii</i> (Marenzeller von, 1877)	<i>Ophiopsila annulosa</i> (M. Sars, 1859)
<i>Amphiura filiformis</i> (O. F. Müller, 1776)	<i>Oestergrenia digitata</i> (Montagu, 1815)	<i>Ophiura albida</i> Forbes, 1839
<i>Leptopentacta elongata</i> (Düben Koren, 1846)	<i>Ophiacantha setosa</i> (Bruzelius, 1805)	
Mollusca		
<i>Abra alba</i> (W. Wood, 1802)	<i>Epilepton clarkiae</i> (W. Clark, 1852)	<i>Philippia hybrida</i> (Linnaeus, 1758)
<i>Abra nitida</i> (O.F. Muller, 1776)	<i>Falcidens guttuosus</i> (Kowalevsky, 1901)	<i>Poromya granulata</i> (Nyst & Westendorp, 1839)
<i>Acteon tomatis</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Hyalia vitrea</i> (Montagu, 1803)	<i>Prochaetoderma raduliferum</i> (Kowalevsky, 1901)
<i>Alvania testae</i> (Aradas & Maggiore, 1844)	<i>Kelliella abyssicola</i> (Forbes, 1844)	<i>Pulsellum lofotense</i> (M. Sars, 1865)
<i>Anomia ephippium</i> Linnaeus, 1758	<i>Kurtiella bidentata</i> (Montagu, 1803)	<i>Retusa umbilicata</i> (Montagu, 1803)
<i>Antalis inaequicostata</i> (Dautzenberg, 1891)	<i>Lembulus pella</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Tellimya ferruginosa</i> (Montagu, 1808)
<i>Batharca pectunculoides</i> (Scacchi, 1834)	<i>Mendicula ferruginosa</i> (Forbes, 1844)	<i>Thyasira alleni</i> Carozza, 1981

Tabella 32 - Lista delle specie macrobentoniche rinvenute nell'autunno (A22)		
<i>Bela zonata</i> (Locard, 1892)	<i>Modiolula phaseolina</i> (Philippi, 1844)	<i>Thyasira biplicata</i> (Philippi, 1836)
<i>Cadulus jeffreysi</i> (Monterosato, 1875)	<i>Neopycnodonte cochlear</i> (Poli, 1795)	<i>Thyasira granulosa</i> (Monterosato, 1874)
<i>Cardiomya costellata</i> (Deshayes, 1835)	<i>Nucula sulcata</i> (Bronn, 1831)	<i>Timoclea ovata</i> (Pennant, 1777)
<i>Cuspidaria rostrata</i> (Olivi, 1792)	<i>Odostomia</i> sp.	<i>Trophonopsis muricata</i> (Montagu, 1803)
<i>Cylichna cylindracea</i> (Pennant, 1777)	<i>Pandora inaequalis</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Turritella communis</i> Risso, 1826
<i>Ennucula aegeensis</i> (Forbes, 1844)	<i>Papillicardium minimum</i> (Philippi, 1836)	<i>Vitreolina philippi</i> (Rayneval & Ponzi, 1854)
Sipuncula		
<i>Golfingia (Golfingia) elongata</i> (Keferstein, 1862)	<i>Nephasoma diaphanes</i> (Gerould, 1913)	<i>Phascolion (Phascolion) strombus strombus</i> (Montagu, 1804)
<i>Golfingia (Golfingia) vulgaris vulgaris</i> (Blainville, 1827)	<i>Onchnesoma steenstrupii steenstrupii</i> Koren & Danilssen, 1876	
Nemertea ind.		
Platyhelminthes ind.		

Gli anellidi, rappresentati unicamente dai policheti, sono il gruppo dominante con 8864 individui e rappresentano il 73,5% dell'abbondanza totale. Gli artropodi (crostacei) ed i molluschi essendo secondi e terzi in ordine di abbondanza, costituiscono il 12,1 e l'11%, mentre i sipunculidi rappresentano il 2,5% dell'abbondanza totale. Gli echinodermi (76 individui) superano di poco complessivamente lo 0,6% (Figura 16) del panorama faunistico.

Per quanto riguarda la ripartizione del numero di specie, gli anellidi policheti si confermano il taxon dominante fornendo quasi la metà delle specie campionate (83 specie). I Crostacei e Molluschi sono presenti con un numero di specie abbastanza simile che costituisce rispettivamente il 26% ed il 21% delle specie totali con 48 e 40 specie ciascuno.

Gli echinodermi e i sipunculidi, in termini di numero di specie, ammontano al 4% e al 3% del panorama faunistico. La voce "altro" che include Nemertini e Platelminti costituisce soltanto lo 0,2% in termini di numero di organismi (abbondanza totale), mentre raggiunge la percentuale del 1,08% in termini di numero di specie.

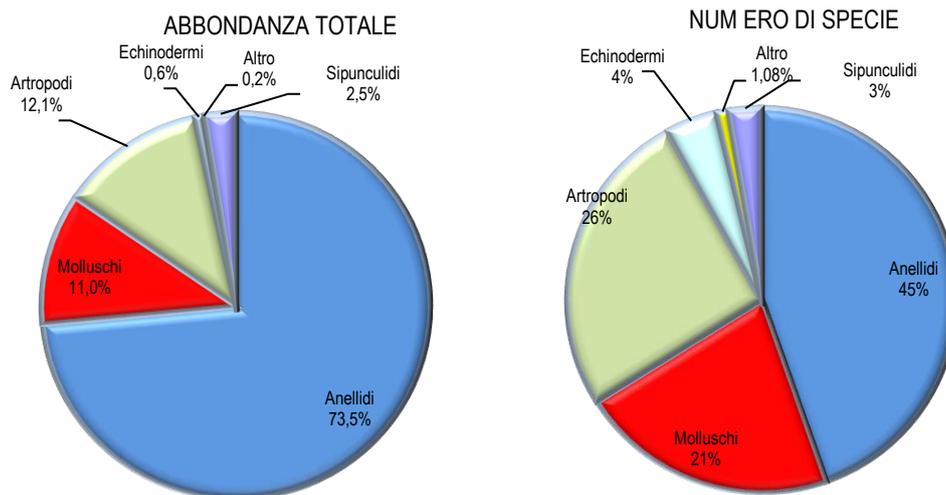


Figura 16 - Ripartizione dell'abbondanza totale e del numero di specie tra i principali taxa rinvenuti nell'Autunno 2022. Altro= Nemertini e Platelminti

Ai policheti appartengono le specie rinvenute con il maggior numero di individui. Tra le prime quattro specie che dominano il popolamento, tre sono specie di policheti e rappresentano quasi la metà dell'abbondanza totale (47,78%).

Levinsenia demiri (4412 individui) è in assoluto il polichete più abbondante e da solo rappresenta il 36,57% dell'abbondanza totale. *Kirkegaardia heterochaeta* seconda in ordine di abbondanza (802 individui), fornisce il 6,65% di contributo all'abbondanza totale seguita da *Paradiopatra lepta* (550 individui) che apporta un contributo di circa 4,56% (Figura 37) in termini di abbondanza. Il crostaceo *Carangoliopsis spinulosa* è la terza specie in ordine di abbondanza, con 594 individui, superando di poco il 4,92% di contributo. Questo risultato, conferma quanto emerso dalla fase di "bianco", e dimostra che l'area è caratterizzata da un panorama faunistico dominato da poche specie molto abbondanti associate ad un elevato numero di specie che risultano presenti con un numero molto basso di individui. Infatti, delle 186 specie rinvenute, 170 (ossia 91% del totale) contribuiscono per meno dell'1% all'abbondanza totale. Inoltre, il 15% delle specie campionate è scarsamente abbondante, essendo presente con un solo individuo in tutto il data set dell'autunno 2022. In conclusione, nel popolamento bentonico, le 16 specie più abbondanti contribuiscono all'abbondanza totale per il 75% essendo molto frequentemente presenti. Tali specie hanno un numero variabile di organismi che oscilla da un minimo di 122 organismi appartenenti alla specie *Glycera alba* (anellide polichete) ad un massimo di 4412 individui appartenenti alla già citata *Levinsenia demiri* (anellide polichete).

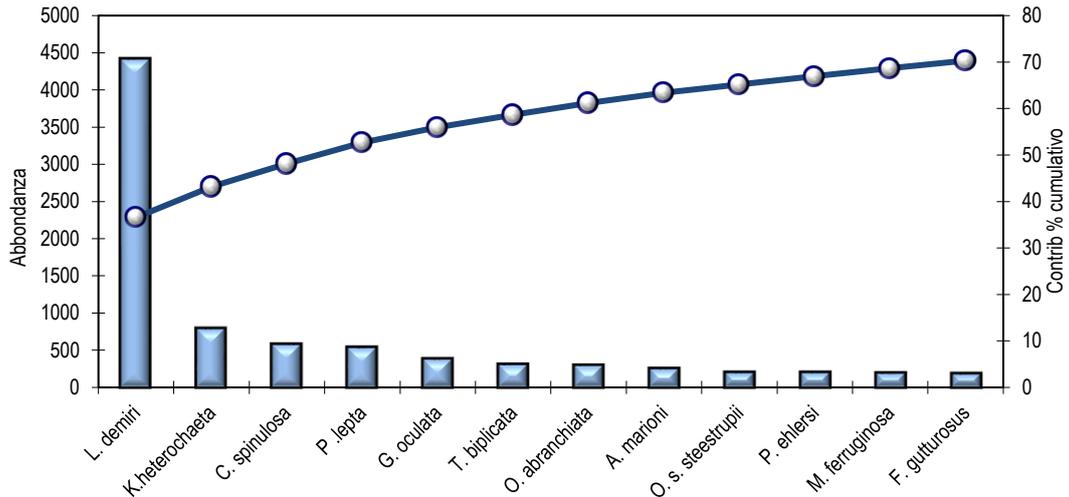


Figura 17 - Abbondanza totale e contributo percentuale cumulativo delle specie dominanti (A22).

Le specie dominanti e diffuse, conferiscono alle stazioni una similarità interna piuttosto elevata mai inferiore al 79% e con un picco in A22 MG14 pari a 84,32 %. Similarità maggiore dell'85% è stata rilevata anche in A22 MG1 (87,21%), A22 MG1 (87,21%), A22 MG12 (86,79%), A22 MG4 (86,73%).

Levinsenia demiri dà il contributo maggiore a tale similarità in tutte le stazioni. Tale contributo spesso supera il 40% (A22 MG12, A22 MG7, A22 MG8, A22 MG6, A22MG14), con un picco in A22 MG13 in cui la similarità spiegata da *L. demiri* è pari a 49,49%. Nelle stazioni A22 MG1, A22 MG2, A22 MG3, A22 MG9 il contributo è tuttavia inferiore al 40%

La seconda specie che determina la similarità tra stazioni è variabile, ma prevalentemente si tratta di *Kirkegaardia heterochaeta*, *Carangoliopsis spinulosa* e *Paradiopatra lepta*. In tutti i casi il contributo fornito è decisamente basso e supera raramente il 10%. L'unico caso in cui tale contributo percentuale alla similarità è superato è riferibile alla similarità della stazione A22 MG10 in cui *K. heterochaeta* fornisce un contributo alla similarità dell' 11,43%.

Levinsenia demiri spiega anche la disposizione delle differenti stazioni 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 18**). Inoltre, questa specie contribuisce alla dissimilarità (51,70%) tra la stazione A22 MG14 vs A22 MG11 che sono alle estremità opposte del piano di ordinamento (nMDS) per il 40,23%. Infatti, nella stazione A22 MG14 questo organismo supera i 158 individui per replica, mentre nella stazione A22 MG11 non supera mai i 57 esemplari.

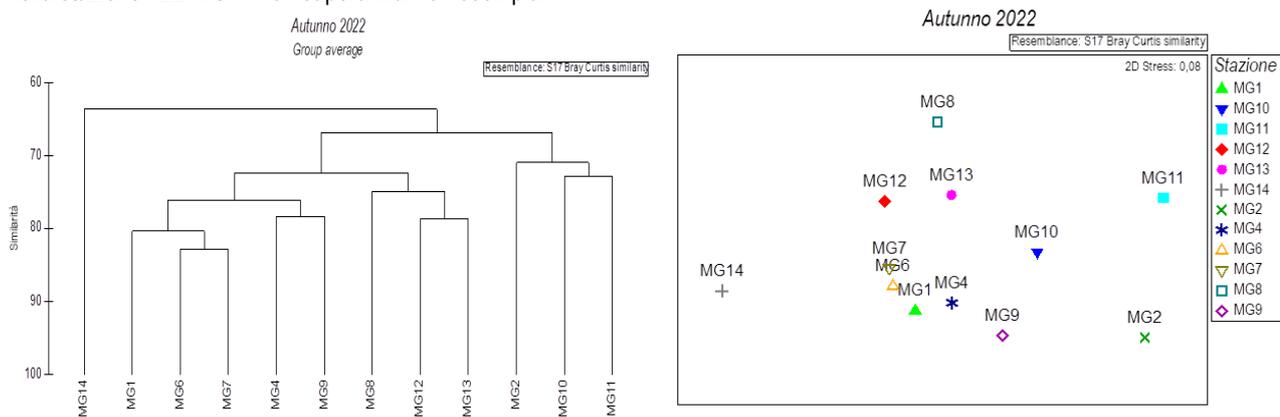


Figura 18 - Risultati della cluster analysis (group average) a sinistra, piano di ordinamento ottenuto dal n-MDS, a destra. La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Bray-Curtis.

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 44 minimo rilevato in A22 MG2 e 67 massimo osservato in A22 MG6.

Le stazioni A22 MG14, A22 MG12, A22 MG2, A22 MG4, hanno un numero medio di specie più basso rispetto alla media totale (53,1±7,2). In totale il numero di specie rilevato complessivamente nelle quattro stazioni più vicine all'FSRU è pari a 136 di esse 14 esclusive ossia non rilevate nelle altre stazioni. Il numero totale di specie rilevato nelle stazioni più lontane (MG1, MG2, MG9, MG10) è 130 (di cui 19 esclusive), mentre quelle trovate nelle stazioni intermedie (MG4, MG8, MG11, MG14) è pari a 142 (di cui 19 esclusive).

L'abbondanza totale di individui delle stazioni ha il suo valore minimo in A22 MG4 (166) e un massimo in A22 MG8 (407). Nel complesso, N, ha una elevata variabilità tra stazioni, oscillando intorno al valore medio di $251,29 \pm 62,64$.

La diversità di Shannon-Weaver mostra il suo minimo in A22 MG12 ($3,80 \pm 0,26$) ed il massimo in A22 MG9 ($4,58 \pm 0,16$) con una media complessiva di $4,17 \pm 0,24$. Una delle stazioni poste presso il Terminale (A22MG6) ha una diversità specifica maggiore rispetto al valore medio, tre leggermente inferiore (A22MG12, A22MG13 A22MG7).

Nel raggruppamento delle stazioni più lontane da FSRU Toscana (MG1, MG2, MG9, MG10) solo A22 MG10 e A22 MG2 hanno un valore inferiore alla media, mentre tra quelle intermedie (MG4, MG8, MG11, MG14) solo A22 MG14 e A22 MG4 hanno 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 presso il Terminale (A22 MG6= $11,78 \pm 0,46$) mentre tutti i valori sono simili alla media generale ($9,29 \pm 1,45$). Confrontano le medie ottenute raggruppando le stazioni in ragione della loro distanza dal Terminale si osserva che il valore maggiore è stato rilevato presso quest'ultimo, anche se i valori medi sono sovrapponibili con quelli ottenuti raggruppando le stazioni intermedie.

Infine, l'equitabilità oscilla tra $0,80 \pm 0,02$ (A22 MG9) e $0,68 \pm 0,03$ (A22 MG7) con un valore medio di $0,73 \pm 0,04$. Le stazioni presso il Terminale mostrano un valore di equitabilità di Pielou inferiore alla media. Unica eccezione la A22 MG6 che ha un valore uguale al valore medio calcolato.

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

Tabella 33 – 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'(log2)		J	
A22 MG1	55,25	$\pm 2,50$	293,25	$\pm 19,62$	9,55	$\pm 0,37$	4,30	$\pm 0,09$	0,74	$\pm 0,01$
A22 MG2	44,00	$\pm 3,56$	206,25	$\pm 21,59$	8,08	$\pm 0,72$	4,11	$\pm 0,20$	0,75	$\pm 0,03$
A22 MG4	49,50	$\pm 3,70$	166,00	$\pm 20,13$	9,51	$\pm 0,89$	4,50	$\pm 0,22$	0,8	$\pm 0,03$
A22 MG6	67,25	$\pm 2,99$	277,75	$\pm 23,51$	11,78	$\pm 0,46$	4,42	$\pm 0,09$	0,73	$\pm 0,01$
A22 MG7	55,75	$\pm 3,77$	226,00	$\pm 7,75$	10,10	$\pm 0,72$	3,97	$\pm 0,16$	0,68	$\pm 0,03$
A22 MG8	66,00	$\pm 2,94$	407,50	$\pm 40,04$	10,82	$\pm 0,35$	4,01	$\pm 0,07$	0,66	$\pm 0,01$
A22 MG9	52,25	$\pm 3,40$	187,75	$\pm 6,70$	9,79	$\pm 0,59$	4,58	$\pm 0,16$	0,8	$\pm 0,02$
A22 MG10	50,25	$\pm 2,36$	244,00	$\pm 28,46$	8,97	$\pm 0,39$	4,03	$\pm 0,12$	0,71	$\pm 0,03$
A22 MG11	50,25	$\pm 3,30$	273,75	$\pm 19,65$	8,78	$\pm 0,62$	4,01	$\pm 0,17$	0,71	$\pm 0,02$
A22 MG12	45,50	$\pm 3,87$	277,00	$\pm 20,05$	7,91	$\pm 0,60$	3,80	$\pm 0,26$	0,69	$\pm 0,05$
A22 MG13	52,50	$\pm 3,00$	232,00	$\pm 35,45$	9,48	$\pm 0,66$	4,13	$\pm 0,07$	0,72	$\pm 0,01$
A22 MG14	48,50	$\pm 2,38$	224,25	$\pm 19,94$	8,78	$\pm 0,41$	4,20	$\pm 0,14$	0,75	$\pm 0,03$

3.2.2 Bioaccumulo

Metalli

L'Arsenico dopo l'esposizione incrementa leggermente in tutti i mitili trapiantati mostrando valori che rimangono comunque al di sotto della concentrazione rilevata nella stazione di bianco (Gorgona) (Tabella 34). Il Manganese e il Vanadio, non rilevati al tempo zero, dopo l'esposizione vengono quantificati in tutte le stazioni compresa Gorgona, mentre il Bario incrementa unicamente nelle stazioni poste lungo il Terminale. Lo Zinco, il Ferro e il Manganese incrementano un po' ovunque mostrando la concentrazione maggiore nella stazione B (Pos.2)

Tabella 34 - Concentrazione dei metalli nei mitili. Dati relativi alla campagna A22 espressi in mg/kg. Sono riportati i dati riferiti sia alla sostanza secca (s.s.) sia al peso fresco (p.f.) in accordo alla prescrizione 13 delle Determine 2990 DVA R.D.R 0000100.04-04-2017 e 3337 DVA R.D.R 0000277.28-09-2017.

	Tempo zero		Stazione A Pos. 1		Stazione B Pos. 2		Stazione C Pos. 3		Stazione D Pos. 4		Stazione E (Bianco Gorgona)	
	s.s.	p.f.	s.s.	p.f.	s.s.	p.f.	s.s.	p.f.	s.s.	p.f.	s.s.	p.f.
Arsenico	6,69	1,00	8,35	1,25	9,69	1,45	8,57	1,29	9,07	1,36	10,34	1,55
Bario	< 1		1,38	0,21	1,96	0,29	1,51	0,23	1,79	0,27	< 1	
Cadmio	0,39	0,06	0,39	0,06	0,43	0,07	0,37	0,06	0,35	0,05	0,42	0,06
Cromo totale	1,22	0,18	1,59	0,24	2,40	0,36	1,82	0,27	2,38	0,36	1,23	0,18
Ferro	72,59	10,89	222,27	33,34	358,74	53,81	302,80	45,42	314,03	47,10	167,48	25,12
Manganese	< 5		8,29	1,24	11,28	1,69	10,04	1,51	9,74	1,46	7,09	1,06
Mercurio	0,13	0,02	0,10	0,02	0,13	0,02	0,10	0,02	0,11	0,02	0,10	0,02
Nichel	1,29	0,19	1,66	0,25	2,32	0,35	1,91	0,29	2,16	0,32	1,55	0,23
Piombo	3,13	0,47	2,22	0,33	2,95	0,44	2,00	0,30	2,24	0,34	2,27	0,34

Tabella 34 - Concentrazione dei metalli nei mitili. Dati relativi alla campagna A22 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)	
Rame	5,32	0,80	5,28	0,79	5,70	0,86	5,05	0,76	5,38	0,81	5,35	0,80
Vanadio	< 1		1,92	0,29	3,23	0,48	2,43	0,37	2,73	0,41	2,07	0,31
Zinco	127,54	19,13	128,93	19,34	160,11	24,02	127,31	19,10	156,96	23,54	133,12	19,97

Idrocarburi totali

Gli idrocarburi C<10 sono risultati tutti inferiori al limite di rilevabilità del metodo (**Tabella 35**).

Gli idrocarburi C10-C40 mostrano nei mitili trapiantati concentrazioni basse e inferiori rispetto alla concentrazione rilevata nella stazione di bianco (14,73 mg/kg) ad eccezione della stazione B (Pos.2) che risulta avere la concentrazione maggiore di tutte le stazioni analizzate.

Tabella 35 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna A22, sono espressi in mg/kg.

	Tempo zero	Stazione A Pos. 1	Stazione B Pos. 2	Stazione C Pos. 3	Stazione D Pos. 4	Stazione E (Bianco Gorgona)
Idrocarburi C<10 (mg/kg)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Idrocarburi C10-C40 (mg/kg)	11,95	< 5	20,63	8,33	10,97	14,73

IPA e composti organo stannici

Dalla **Tabella 36** si osserva una sostanziale assenza di contaminazione da IPA e composti organo stannici. I composti rilevati presentano in tutti i casi concentrazioni molto basse, per lo più prossime al limite di rilevabilità.

Tabella 36 - Concentrazione degli IPA e dei composti organostannici presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna A22, sono espressi in mg/kg, salvo ove indicato.

	Tempo zero	Stazione A Pos. 1	Stazione B Pos. 2	Stazione C Pos. 3	Stazione D Pos. 4	Stazione E (Bianco Gorgona)
Acenafene	< 0,001	< 0,001	0,001	< 0,001	< 0,001	0,001
Acenaftilene	0,003	0,002	0,010	0,001	0,002	0,010
Antracene	0,001	< 0,001	0,002	< 0,001	< 0,001	0,002
Benzo (a) antracene	< 0,001	< 0,001	0,001	< 0,001	< 0,001	0,001
Benzo (a) pirene	< 0,001	< 0,001	0,001	< 0,001	< 0,001	0,001
Benzo (b) fluorantene	0,001	< 0,001	0,001	< 0,001	0,001	0,001
Benzo (g,h,i) perilene	0,001	< 0,001	0,001	< 0,001	< 0,001	0,001
Benzo (k) fluorantene	< 0,001	< 0,001	0,001	< 0,001	< 0,001	0,001
Crisene	0,001	< 0,001	0,001	< 0,001	< 0,001	0,001
Dibenzo (a,h) antracene	< 0,001	< 0,001	0,001	< 0,001	< 0,001	0,001
Fenantrene	0,001	0,001	0,002	< 0,001	0,001	0,002
Fluorantene	< 0,001	< 0,001	0,001	< 0,001	< 0,001	0,001
Fluorene	0,001	0,001	0,005	0,001	0,001	0,007
Indeno (1,2,3 - c,d) pirene	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,002
Naftalene	0,008	0,005	0,045	0,004	0,005	0,026
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
Tibutilstagno	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001

Cloroderivati

I risultati della ricerca dei cloroderivati sono riportati nella **Tabella 37**. Questi composti sono risultati inferiori al limite di quantificazione.

Tabella 37 - Concentrazione degli cloroderivati presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna A22, 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

Tabella 37 - Concentrazione degli cloroderivati presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna A22, sono espressi in µg/kg.						
Acido Monobromoacetico	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Acido Bromodichloroacetico	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Acido Bromocloroacetico	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Acido Dichloroacetico	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
Acido Tricloroacetico	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Acido Monocloroacetico	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
Acido Clorodibromoacetico	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Fenoli						
2,4,6-tricloro fenolo	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
2,4-dicloro fenolo	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
4-cloro-3-metil fenolo	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
pentacloro fenolo	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
V.O.C.						
1,1,1-Tricloroetano	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
1,1,2-Tricloroetano	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
1,2,3-Tricloropropano	< 0.6	< 0.6	< 0.6	< 0.6	< 0.6	< 0.6
1,2-Dibromoetano	< 0.25	< 0.25	< 0.25	< 0.25	< 0.25	< 0.25
Bromodichlorometano	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
Bromoformio	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
Cloroformio	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
Dibromoclorometano	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
Tetracloroetilene	< 0.15	< 0.15	< 0.15	< 0.15	< 0.15	< 0.15
Tetracloruro di carbonio	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
Tricloroetilene	< 0.25	< 0.25	< 0.25	< 0.25	< 0.25	< 0.25
Dibromoacetoneitrile	< 0,8	< 0,8	< 0,8	< 0,8	< 0,8	< 0,8
Tricloroacetoneitrile	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5

Analisi microbiologiche

Non si rileva presenza di contaminazione fecale (**Tabella 38**).

Tabella 38 - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna A22, 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

3.2.3 Biomarkers

Neutral Red Retention Time (NRRT)

I risultati del test del Neutral Red Retention Time non hanno mostrato differenze statisticamente significative tra i mitili situati nella stazione di controllo (Stazione E – Gorgona) e quelli posizionati presso le stazioni di monitoraggio del Terminale FSRU. La stabilità lisosomale degli emociti dei mitili, correlata al tempo di ritenzione del colorante, è risultata mediamente maggiore di 105 minuti in ogni stazione, indicando un

buono stato di salute degli emociti (**Figura 19**). I mitili del Tempo zero hanno mostrato un tempo di ritenzione del colorante inferiore rispetto ai campionamenti del Terminale e della stazione di controllo, anche se in misura non significativa rispetto al controllo

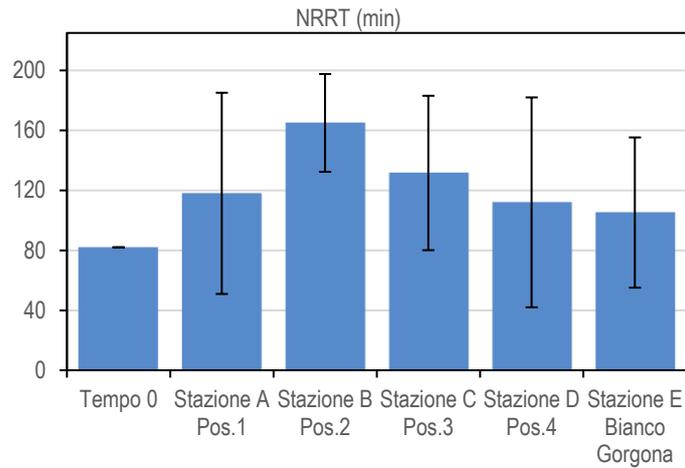
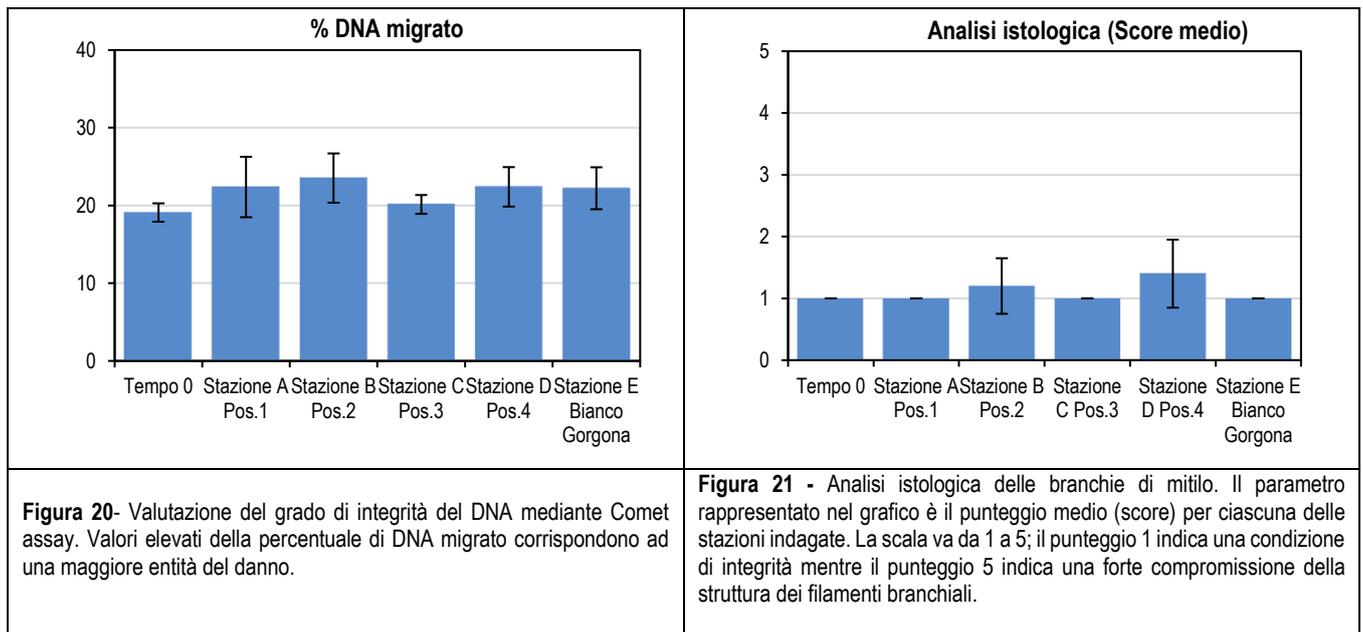


Figura 19- Valutazione del danno cellulare mediante la misura del tempo di ritenzione del colorante vitale Rosso Neutro (NRRT) nei lisosomi degli emociti di mitilo. Valori alti del tempo di ritenzione corrispondono ad una maggiore integrità.

Comet Assay

Il grado di integrità delle molecole di DNA nelle cellule branchiali dei mitili nelle quattro stazioni di monitoraggio non ha mostrato decrementi significativi rispetto ai valori del controllo (Stazione E-Gorgona). Valori statisticamente comparabili al controllo sono stati ottenuti anche nei mitili del Tempo zero. In ogni stazione il grado di frammentazione è risultato inferiore al 25%, mostrando un ottimo stato di salute dei mitili. Questi risultati suggeriscono una assenza di impatto da parte delle attività del Terminale FSRU (**Figura 20**).



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 39, Figura 21**) una morfologia comparabile a quelli traslocati nella stazione di controllo.

Tabella 39 - Analisi istologica. Lo score indica lo stato dell'epitelio branchiale secondo la seguente scala: 1, normale morfologia epitelio branchiale; 2, lieve riduzione dello spessore dell'epitelio branchiale e dello sviluppo delle ciglia; 3, marcata riduzione dello spessore dell'epitelio e delle ciglia; 4, erosione dell'epitelio branchiale e dello sviluppo ciliare; 5, destrutturazione dei filamenti con estesa erosione dell'epitelio branchiale ed assenza delle ciglia.

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

I risultati relativi ai biomarker indagati per la campagna autunnale 2022 (A-22) non hanno 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. In particolare, i risultati non hanno evidenziato alcun tipo di deterioramento delle condizioni di salute dei campioni analizzati rispetto ai controlli, sia per quanto riguarda il test Neutral Red Retention Time (NRRT), indicativo della stabilità lisosomiale, sia relativamente al Comet assay, indice del grado di integrità del DNA, sia rispetto alla valutazione istologica del tessuto branchiale.

Alla luce di questi esiti, non è stato rilevato nessun tipo di impatto sul benessere dei mitili trapiantati presso il Terminale nel periodo di riferimento.

3.2.4 Cetacei e tartarughe marine

Il monitoraggio visivo di cetacei, secondo gli standard internazionali, è effettuato ad occhio nudo da personale che svolge da anni ricerche sui cetacei, utilizzando quando necessario binocoli, telemetri, bussole di rilevamento e schede di avvistamento.

Per il monitoraggio visivo sono stati percorsi: 77,4 km per il cerchio alla distanza di 6nm dal Terminale per un totale di 450min di osservazione; 36 km per il cerchio alla distanza di 3nm dal Terminale per un totale di 186 min di osservazione; 7,2 km per il cerchio alla distanza di 1 nm dal Terminale per un totale di 84 min di osservazione. In totale per il solo monitoraggio di cetacei e tartarughe è stato effettuato uno sforzo pari a 120,6 km per un tempo totale di 720 min. (**Figura 22**).

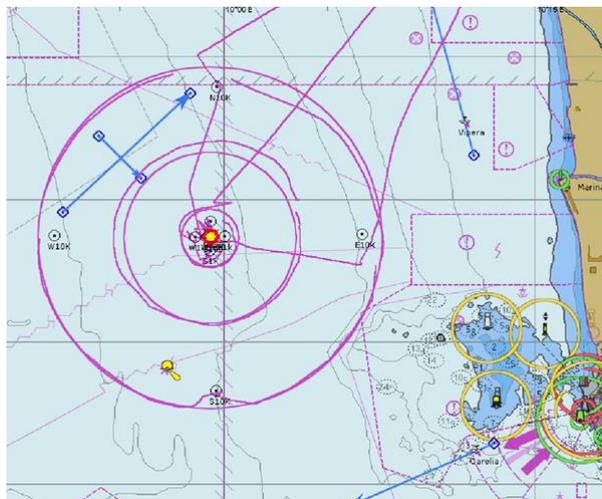


Figura 22- Rotte percorse per il monitoraggio visivo, acustico e bioacustico condotte nel novembre 2022 (A22).

Durante A22 non è stato effettuato nessun avvistamento di cetacei o tartarughe all'interno dell'area delle 6nm con centro il Terminale.

3.3 Indagini generali

3.3.1 Bioacustica

I transetti per la campagna A22, della lunghezza totale di circa 16 km, sono stati percorsi in circa 180 minuti, che rappresentano anche il tempo totale di ascolto.

Durante questo intervallo di tempo non è stato effettuato nessun avvistamento né registrazioni di suoni biologici. A titolo di esempio riportiamo uno spettro del 28.11 senza rilevazione di suoni biologici.

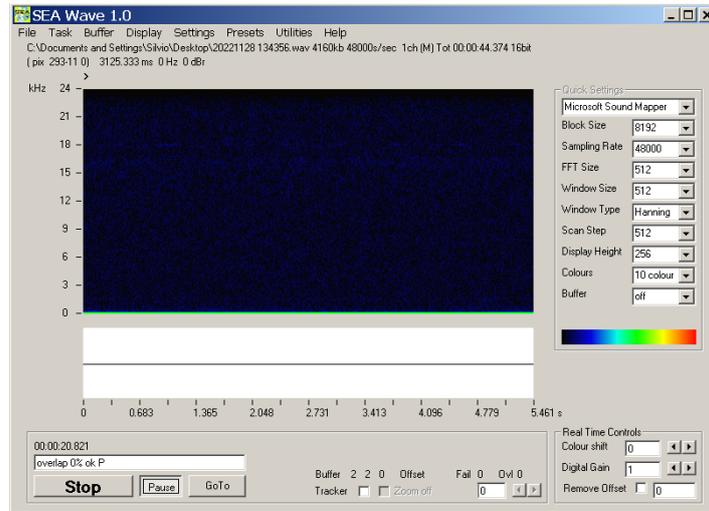


Figura 23 - Esempio di registrazione di assenza di emissioni biologiche di delfini

4 RISULTATI SURVEY INVERNO 2023

4.1 Colonna d'acqua

4.1.1 Profili idrologici

Nel survey condotto in inverno 2023 (**Figura 24**) la colonna d'acqua risulta completamente rimescolata con un andamento della **temperatura** costante dalla superficie fino al fondo (14,9 °C) su tutte le stazioni. Anche la **salinità** presenta valori omogenei su tutta la colonna d'acqua (38.2 ppt), in accordo con il periodo esaminato.

I valori di **pH** sono omogenei su tutta la colonna d'acqua (8.3).

La **torbidità** presenta valori intorno a 0.9 NTU su tutta la colonna d'acqua.

L'**ossigeno disciolto** presenta valori compresi fra 97% e 102% (**Figura 25**) di saturazione su tutta la colonna d'acqua. La **clorofilla**, mostra bassi valori intorno a 0.3 µg/l. I valori di **ORP** sono omogenei su tutta la colonna d'acqua con valori di 180 mV.

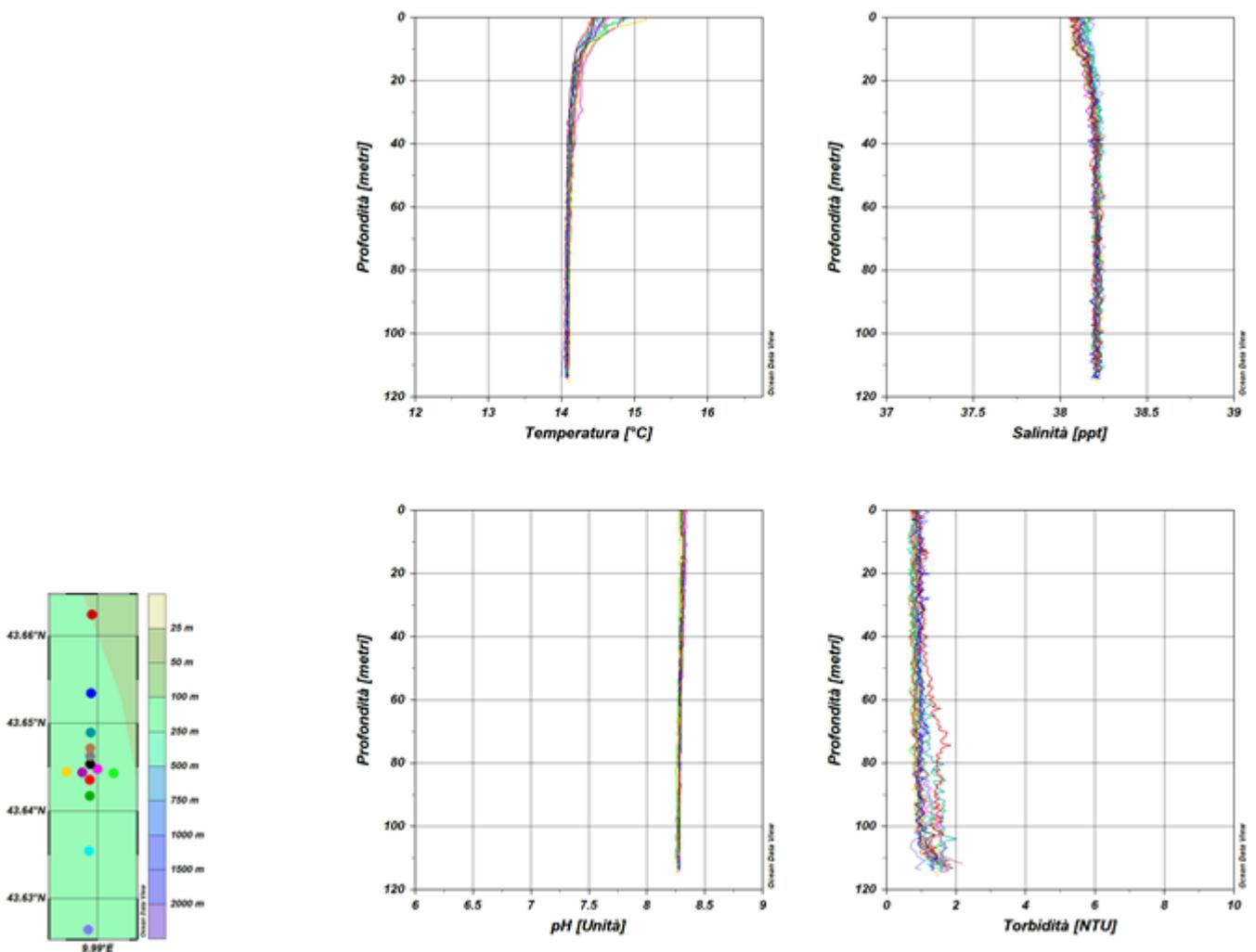


Figura 24 – Profili di temperatura (°C), salinità (ppt), pH e torbidità (NTU); survey inverno 2023.

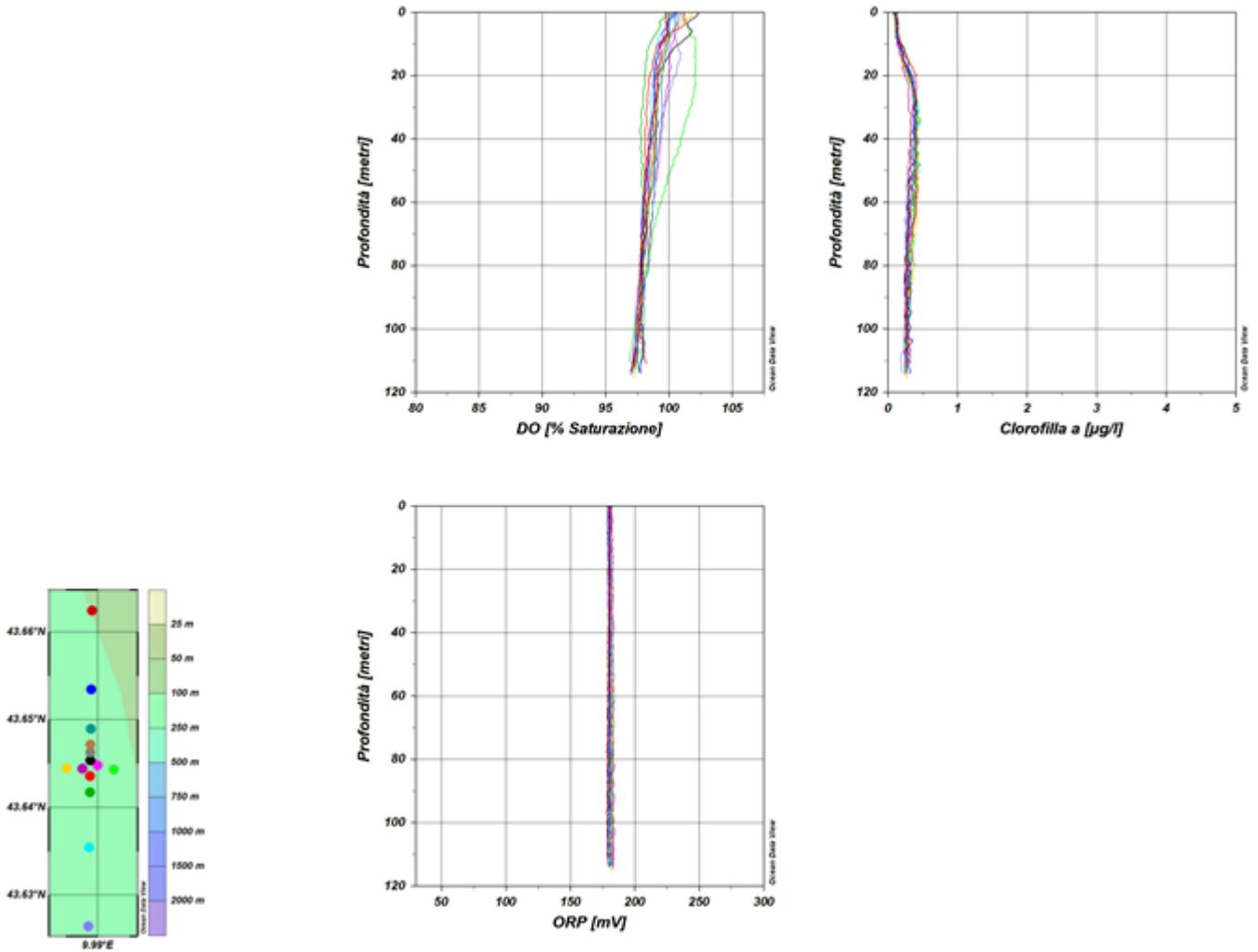


Figura 25 – Profili di ossigeno disciolto (% saturazione), clorofilla ($\mu\text{g/l}$), e potenziale di ossidoriduzione (mV); survey inverno 2023. Profili di ossigeno disciolto (% saturazione), clorofilla ($\mu\text{g/l}$), e potenziale di ossidoriduzione (mV); survey inverno 2023.

Misure di irradianza e irradianza spettrale

In **Figura 26** sono mostrati i profili di irradianza PAR (Photosynthetic Available Radiation) sottomarina normalizzati rispetto a quella contemporanea superficiale alle stazioni I23 MG7 e I23 MG10. La profondità della zona eufotica (Z_{eu}) nelle due stazioni è rispettivamente 45 m e 49,5 m e in generale Z_{eu} ha mostrato una variazione piuttosto limitata compresa tra 42 m (I23 MG6) e 49,5 m (I23 MG10).

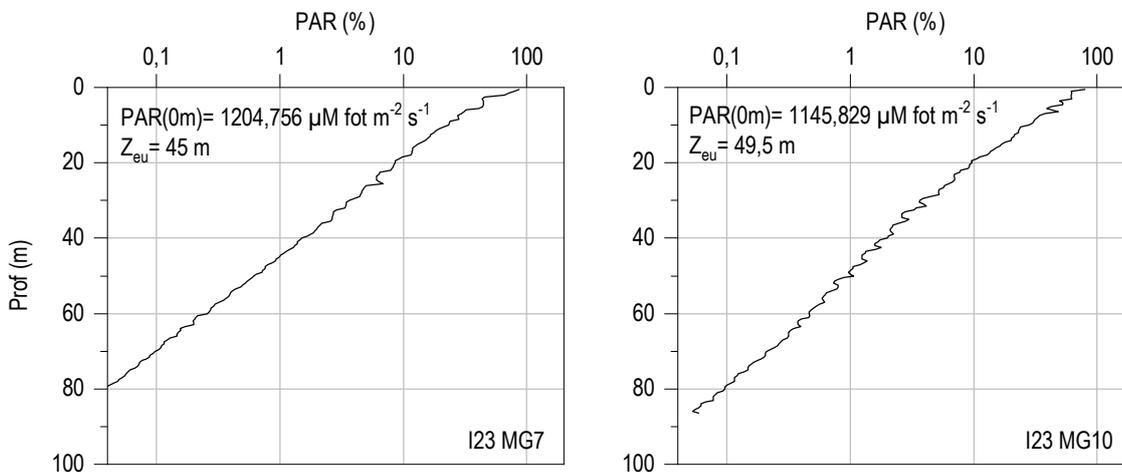


Figura 26 - Profilo del rapporto fra l'irradianza quantica PAR (Photosynthetic Available Radiation) disponibile alle varie profondità con quella contemporanea in superficie, PAR (0 m), nelle stazioni I23 MG7 e I23 MG10.

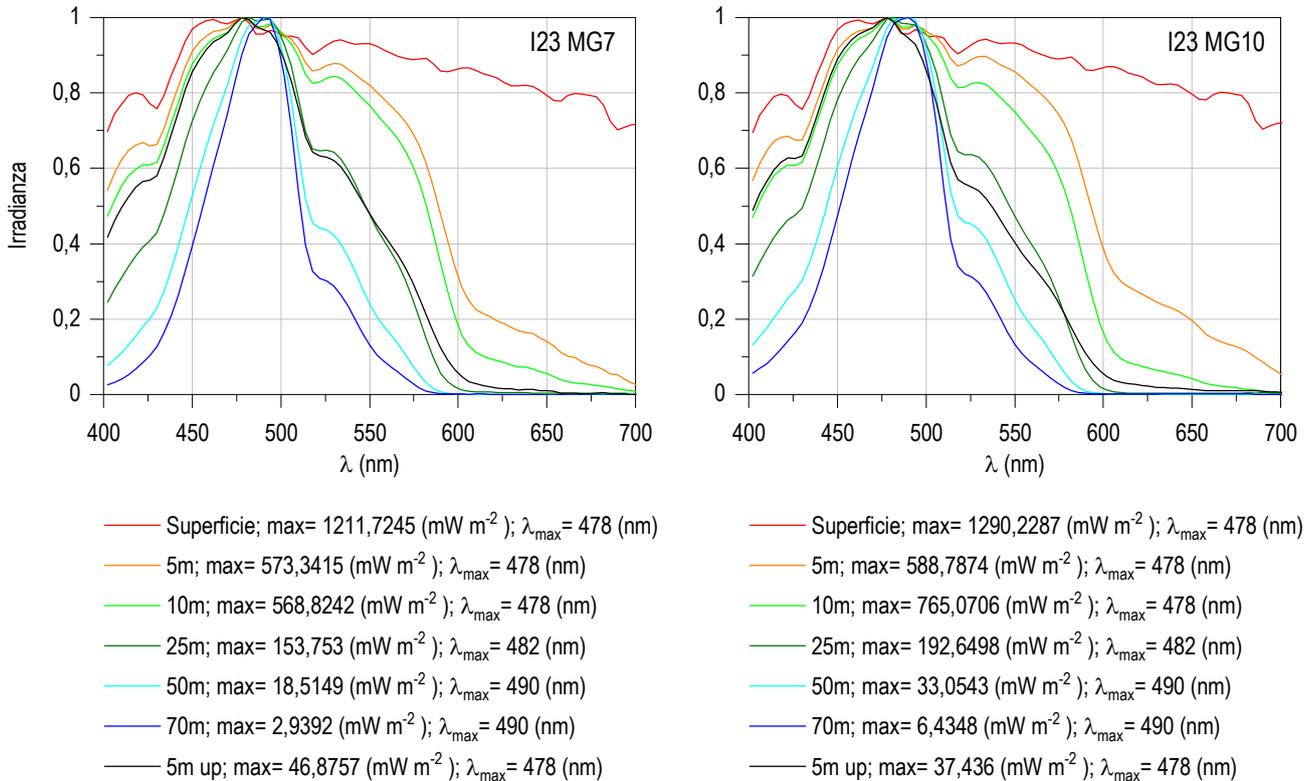


Figura 27 - Irradianza spettrale discendente superficiale e subacquea alle profondità indicate. E' inoltre riportata la irradianza spettrale ascendente a 5 m (5m up). Ogni spettro è stato normalizzato per il proprio massimo ($E_{max}(\lambda)$) riportato nella legenda insieme con la lunghezza d'onda dove si colloca (λ_{max}).

4.1.2 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche

Nutrienti inorganici disciolti

In Tabella 40 sono riportate le concentrazioni di nitriti (NO₂), nitrati (NO₃), ortofosfati (PO₄), silicati (SiO₂), rilevate nelle 8 stazioni campionate.

Tabella 40 - 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
I23 MG3	0,5	1,566	0,039	0,092	0,738	I23 MG9	0,5	1,331	<0,03	0,062	0,170
	12,5	1,431	0,042	0,077	0,167		12,5	1,211	<0,03	0,089	0,829
	50	1,587	<0,03	0,129	0,525		50	1,424	0,036	0,091	0,618
	70	1,807	0,051	0,173	0,683		70	1,349	0,063	0,094	0,573
I23 MG5	0,5	1,291	0,059	0,049	0,400	I23 MG10	0,5	1,263	<0,03	0,065	0,290
	12,5	1,294	<0,03	0,050	0,283		12,5	1,250	<0,03	0,071	0,195
	50	1,382	0,035	0,105	0,475		50	1,339	0,039	0,068	0,202
	70	1,573	<0,03	0,171	0,485		70	1,299	0,065	0,082	0,301
I23 MG6	0,5	1,489	0,034	0,055	0,292	I23 MG12	0,5	1,282	0,033	0,083	0,134
	12,5	1,331	<0,03	0,067	0,207		12,5	1,348	<0,03	0,073	0,155
	50	1,693	<0,03	0,117	0,554		50	1,664	0,036	0,141	0,471
	70	1,483	0,038	0,094	0,413		70	1,564	0,036	0,096	0,517
I23 MG7	0,5	1,468	<0,03	0,042	0,293	I23 MG13	0,5	1,874	<0,03	0,064	0,173
	12,5	1,280	<0,03	0,092	0,173		12,5	1,747	0,037	0,060	0,503
	50	1,632	0,045	0,139	0,501		50	2,083	0,042	0,119	0,696
	70	1,604	0,042	0,131	0,488		70	1,899	0,124	0,157	0,844

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

In **Tabella 25** vengono riportati i profili batimetrici dei nutrienti inorganici disciolti. Per quanto riguarda i fosfati, la maggior parte delle stazioni hanno massimo profondo, ad eccezione di I23 MG5 e I23 MG7 che presentano rispettivamente massimi a 0,5 m e 50 m. I minimi invece si collocano a diverse profondità; nella maggior parte delle stazioni il minimo è a 12,5 m, mentre si ha minimo superficiale in I23 MG9 e I23 MG13, e a 50 m in I23 MG3 e I23 MG13 (Figura 3). La concentrazione dei fosfati è in media 0,038 μM , con minimo di 0,015 μM in I23 MG9 0,5 m e massimo di 0,124 μM in I23 MG13 70 m (**Tabella 40**).

I nitrati presentano una distribuzione verticale con massimi prevalentemente a 70 m ad eccezione di I23 MG6, I23 MG7 e I23 MG12, con massimi a 50 m. I minimi, invece, si trovano prevalentemente in superficie, mentre in I23 MG3, I23 MG12 e I23 MG13 i valori minimi si hanno a 12,5 m. La concentrazione media è di 0,094 μM , con un minimo di 0,042 μM in I23 MG7 a 0,5 m e un massimo di 0,173 μM in I23 MG3 70 m (**Tabella 40**).

I profili batimetrici dei nitrati (Figura 3) hanno una distribuzione verticale con massimi uniformemente distribuiti a tutte le profondità: nella maggior parte delle stazioni il massimo è a 70 m (I23 MG5, I23 MG10, I23 MG12 e I23 MG13), mentre in I23 MG3 si ha massimo superficiale, in I23 MG9 a 12,5 m e in I23 MG6 e I23 MG7 massimo a 50 m. I valori minimi si trovano esclusivamente nello strato superficiale tra 0,5 m (I23 MG9, I23 MG12 e I23 MG13) e 12,5 m (I23 MG3, I23 MG5, I23 MG6, I23 MG7 e I23 MG10).

In media le concentrazioni dei nitrati sono 0,417 μM con un range di variazione tra 0,134 μM in I23 MG12 0,5 m e 0,844 μM in I23 MG13 70 m (**Tabella 40**).

Per i silicati si ha una sostanziale condizione di uniformità lungo la colonna d'acqua, con un leggero aumento in profondità. I massimi si trovano a 50 m, ad eccezione di I23 MG3 e I23 MG5 che hanno massimo a 70 m. I minimi, invece, si collocano nella maggior parte delle stazioni a 12,5 m, ad eccezione che in I23 MG5 e I23 MG12, dove si hanno minimi superficiali (**Tabella 40**). In media le concentrazioni dei silicati sono di 1,495 μM e variano in un range compreso tra 1,211 μM in I23 MG9 12,5 m e 2,083 μM in I23 MG13 50 m.

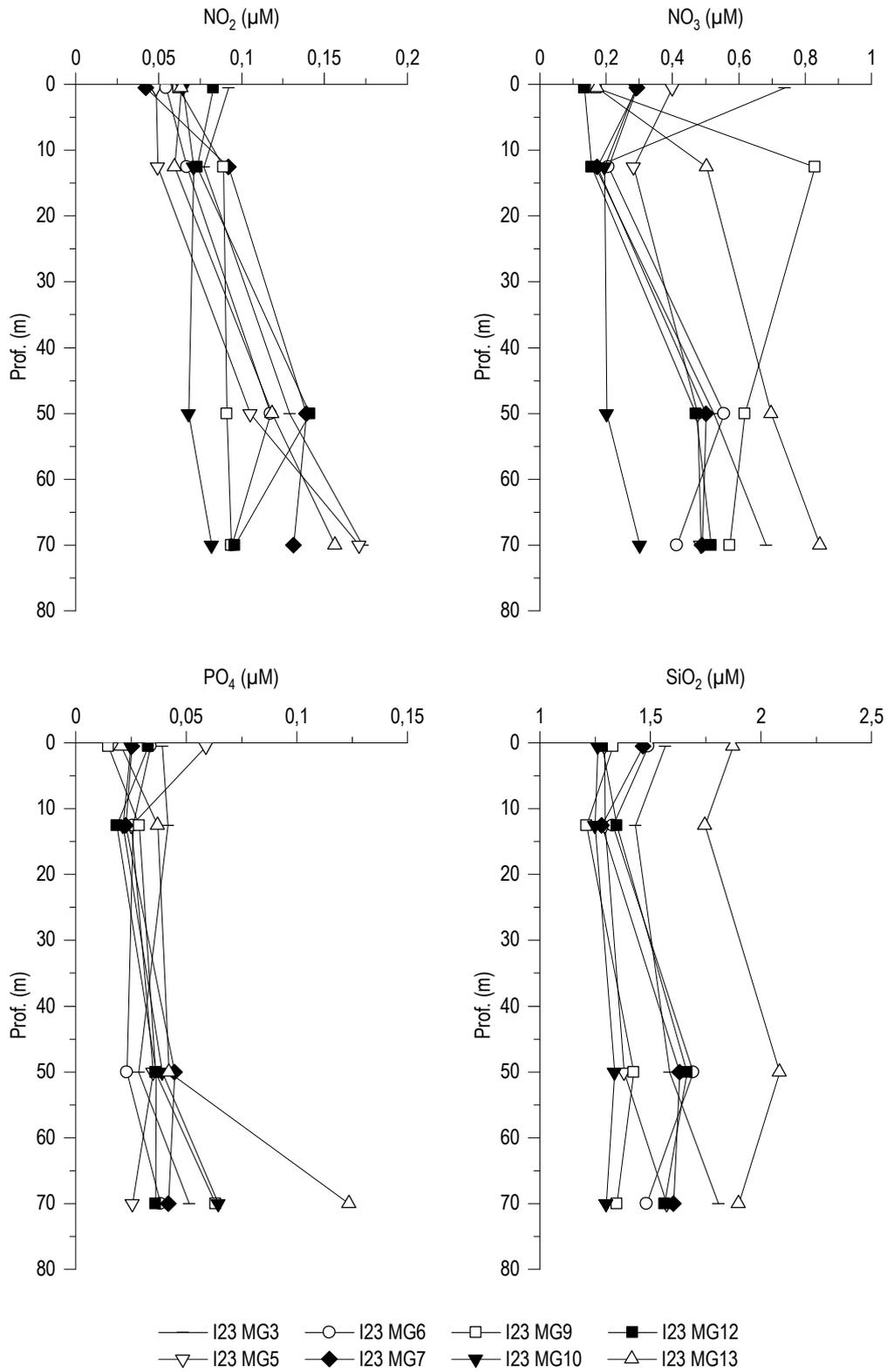


Figura 28 - Profili delle concentrazioni (μM) dei nutrienti inorganici disciolti: NO_2 (nitriti), NO_3 (nitrati), PO_4 (fosfati), SiO_2 (silicati).

Solidi sospesi (Total Suspended Matter)

Le concentrazioni di TSM in tutte le stazioni sono riportate in **Tabella 41** valore medio generale è 1,0823 mg/l ($\pm 0,2$), il minimo è 0,639 mg/l in I23 MG10 a 70 m ed il massimo è 1,876 mg/l in I23 MG10 in superficie.

Tabella 41 - Concentrazioni (mg/l) dei solidi sospesi (TSM).				
Prof. m	Stazione	TSM (mg/l)	Stazione	TSM (mg/l)
0,5	I23 MG3	0,8535	I23 MG9	1,1023
12,5		0,9488		0,8475
50		0,8137		1,0413
70		0,9337		1,2343
0,5	I23 MG5	1,0960	I23 MG10	1,8758
12,5		0,9615		1,1697
50		0,3670		1,1547
70		1,0553		0,6392
0,5	I23 MG6	1,3510	I23 MG12	1,5498
12,5		1,0285		1,2837
50		1,0600		1,0103
70		0,9455		1,0815
0,5	I23 MG7	1,1481	I23 MG13	1,0445
12,5		1,1350		1,2715
50		1,1142		1,1048
70		1,1831		0,9785

I profili batimetrici di TSM (**Tabella 26**) mostrano che nella maggior parte delle stazioni i minimi si trovano tra 50 e 70 m e i massimi si trovano nello strato superficiale (ad eccezione di I23 MG9 con massimo a 70 m). La concentrazione della frazione organica del TSM (POM) è in media 0,394 mg/l ($\pm 0,1$) con minimo di 0,1657 mg/l in I23 MG9 in superficie e massimo di 0,6862 mg/l alla I23 MG12 a 0,5 m. I profili batimetrici del POM (**Figura 29**) e concentrazioni massime nello strato superficiale (solo I23 MG9 ha il massimo nello strato profondo). La frazione organica particellata rappresenta in media il 36,53 % del TSM con minimo di 15,03% in I23 MG9 in superficie e massimo di 60,27% in I23 MG7 a 12,5 m.

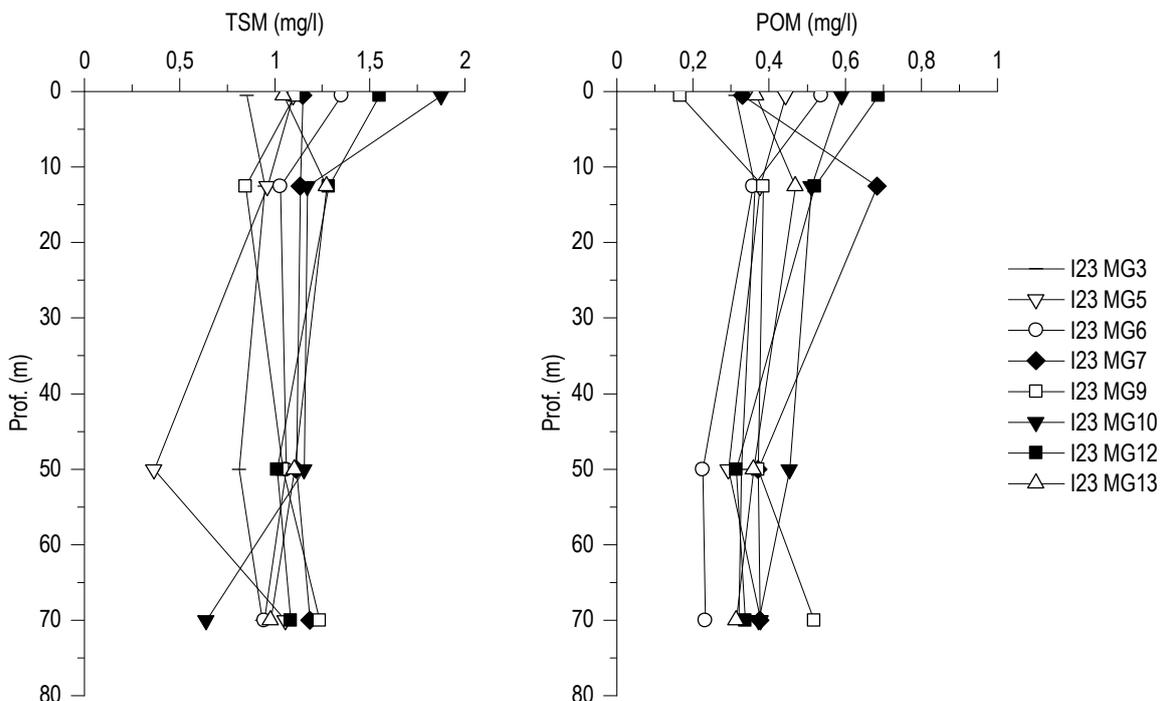


Figura 29 - Profili delle concentrazioni (mg/l) dei solidi sospesi (TSM) e delle concentrazioni di particolato organico (POM).

Sostanza Organica Disciolta Cromoforica (CDOM)

Gli assorbimenti della CDOM a 325 nm $a_{CDOM(325)}$ sono in media $0,2564 \text{ m}^{-1}$ ($\pm 0,05$) e variano da un minimo di $0,2068 \text{ m}^{-1}$ in I23 MG9 in superficie ad un massimo di $0,4442 \text{ m}^{-1}$ in I23 MG3 a 12,5 m (**Tabella 42**). I profili batimetrici (**Figura 30**) evidenziano che la maggior parte delle stazioni ha concentrazioni minime in superficie (I23 MG3 e I23 MG10 presentano minimi nello strato profondo). Le concentrazioni massime invece, si trovano prevalentemente tra 12,5 m e 50 m (I23 MG9 ha il massimo a 70 m).

Tabella 42 - 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	I23 MG3	0,3127	I23 MG9	0,2068
12,5		0,4442		0,2513
50		0,2342		0,2184
70		0,2145		0,2716
0,5	I23 MG5	0,2345	I23 MG10	0,2158
12,5		0,3048		0,2418
50		0,2468		0,2466
70		0,2390		0,2129
0,5	I23 MG6	0,2220	I23 MG12	0,2079
12,5		0,2754		0,3195
50		0,3031		0,2193
70		0,2593		0,2127
0,5	I23 MG7	0,2348	I23 MG13	0,2414
12,5		0,2688		0,3513
50		0,2438		0,2504
70		0,2409		0,2571

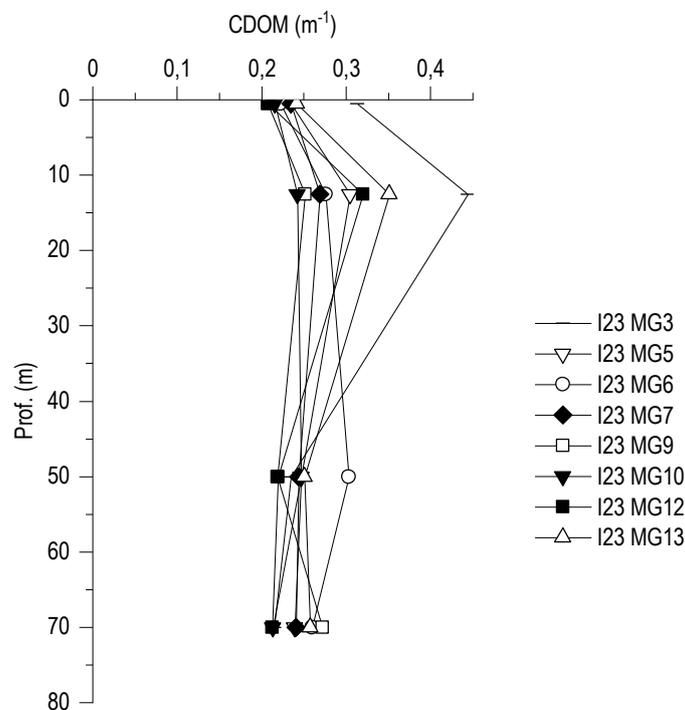


Figura 30 - Profili degli assorbimenti (m^{-1}) della CDOM a 325 nm ($a_{CDOM(325)}$).

Clorofilla a e diversità pigmentaria

La concentrazione di clorofilla a è in media 0,3507 mg/m³ (dev. st. = ± 0,06) e mostra un range di variazione compreso tra 0,211 mg/m³ in I23 MG13 a 70 m e 0,4605 mg/m³ in I23 MG7 a 0,5 m (**Tabella 43**). profili batimetrici delle concentrazioni di Chl a lungo la colonna d'acqua (**Figura 31**) mostrano minimi prevalentemente in profondità (tranne I23 MG10 e I23 MG12 con minimo rispettivamente a 0,5 e 50 m) e concentrazioni massime in superficie (con I23 MG6 e I23 MG10 con massimo rispettivamente a 12,5 e 50 m).

Tabella 43 - 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	I23 MG3	0,4069	I23 MG9	0,3759
12,5		0,3675		0,3419
50		0,3318		0,3042
70		0,2928		0,2491
0,5	I23 MG5	0,4103	I23 MG10	0,3650
12,5		0,3819		0,3904
50		0,3644		0,3907
70		0,3174		0,3664
0,5	I23 MG6	0,4345	I23 MG12	0,3840
12,5		0,4576		0,3608
50		0,3096		0,2966
70		0,2986		0,3181
0,5	I23 MG7	0,4605	I23 MG13	0,4351
12,5		0,3954		0,4145
50		0,2909		0,2600
70		0,2386		0,2112

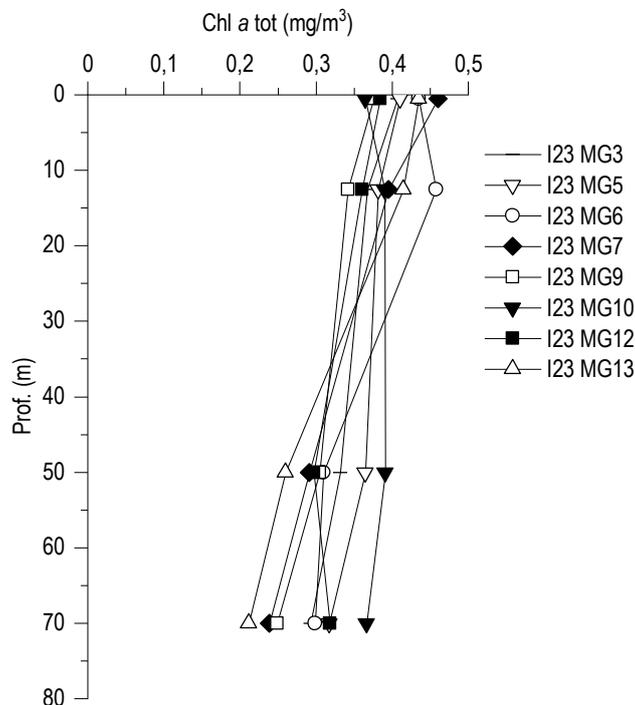


Figura 31 - Profili delle concentrazioni (mg/m³) di clorofilla a tot.

Le concentrazioni dei nove pigmenti diagnostici principali sono riportate in **Tabella 44**. Il pigmento a maggiore concentrazione media (mg/m³) è Hex-Fuco (media 0,114, dev. st. = ± 0,029), seguono Zea (media 0,051, dev. st. = ± 0,017), But-Fuco (media 0,046, dev. st. = ± 0,009), Chl b (media 0,04, dev. st. = ± 0,06), Fuco (media 0,036, dev. st. = ± 0,006), DVA (media 0,016, dev. st. = ± 0,006), Perid (media 0,014, dev. st. = ± 0,002), Allo (media 0,007, dev. st. = ± 0,003) e Prasino (media 0,007, dev. st. = ± 0,001).

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 32**).

Tabella 44 - 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
I23 MG3	0,5	0,0302	0,0123	0,1383	0,0568	0,0057	0,0043	0,0526	0,0208	0,0446
	12,5	0,0317	0,0053	0,1339	0,0588	0,0058	0,0052	0,0561	0,0143	0,0313
	50	0,0310	0,0127	0,1029	0,0558	0,0070	0,0050	0,0369	0,0159	0,0485
	70	0,0284	0,0139	0,0847	0,0402	0,0078	0,0047	0,0312	0,0125	0,0443
I23 MG5	0,5	0,0320	0,0132	0,1427	0,0587	0,0062	0,0056	0,0592	0,0189	0,0399
	12,5	0,0290	0,0133	0,1355	0,0563	0,0065	0,0055	0,0624	0,0131	0,0380
	50	0,0315	0,0147	0,1327	0,0600	0,0092	0,0061	0,0440	0,0194	0,0555
	70	0,0279	0,0151	0,0962	0,0493	0,0080	0,0066	0,0321	0,0163	0,0479
I23 MG6	0,5	0,0420	0,0122	0,1303	0,0444	0,0090	0,0111	0,0466	0,0147	0,0424
	12,5	0,0480	0,0158	0,1686	0,0592	0,0071	0,0075	0,0713	0,0270	0,0386
	50	0,0511	0,0136	0,0928	0,0458	0,0076	0,0055	0,0310	0,0106	0,0385
	70	0,0388	0,0142	0,0973	0,0383	0,0074	0,0055	0,0376	0,0123	0,0357
I23 MG7	0,5	0,0403	0,0163	0,1269	0,0422	0,0081	0,0202	0,0629	0,0104	0,0405
	12,5	0,0404	0,0151	0,1259	0,0461	0,0053	0,0057	0,0728	0,0112	0,0479
	50	0,0440	0,0157	0,0710	0,0322	0,0070	0,0071	0,0274	0,0076	0,0363
	70	0,0360	0,0165	0,0520	0,0287	0,0040	0,0053	0,0263	0,0091	0,0394
I23 MG9	0,5	0,0348	0,0149	0,1275	0,0427	0,0046	0,0101	0,0517	0,0139	0,0312
	12,5	0,0310	0,0132	0,1292	0,0451	0,0072	0,0068	0,0727	0,0169	0,0334
	50	0,0366	0,0139	0,1041	0,0475	0,0075	0,0049	0,0422	0,0205	0,0397
	70	0,0321	0,0144	0,0896	0,0407	0,0078	0,0047	0,0394	0,0170	0,0453
I23 MG10	0,5	0,0310	0,0146	0,1256	0,0421	0,0049	0,0104	0,0624	0,0121	0,0359
	12,5	0,0355	0,0146	0,1393	0,0452	0,0055	0,0067	0,0702	0,0122	0,0354
	50	0,0373	0,0145	0,1588	0,0672	0,0078	0,0047	0,0649	0,0282	0,0502
	70	0,0347	0,0161	0,1228	0,0493	0,0092	0,0052	0,0507	0,0305	0,0537
I23 MG12	0,5	0,0376	0,0123	0,1403	0,0451	0,0049	0,0065	0,0726	0,0193	0,0356
	12,5	0,0355	0,0139	0,1233	0,0431	0,0058	0,0057	0,0785	0,0180	0,0399
	50	0,0488	0,0142	0,0832	0,0418	0,0075	0,0071	0,0332	0,0124	0,0437
	70	0,0365	0,0141	0,0983	0,0433	0,0074	0,0041	0,0445	0,0216	0,0427
I23 MG13	0,5	0,0394	0,0144	0,1221	0,0441	0,0082	0,0146	0,0682	0,0185	0,0433
	12,5	0,0409	0,0129	0,1252	0,0519	0,0057	0,0060	0,0816	0,0224	0,0429
	50	0,0397	0,0132	0,0586	0,0351	0,0068	0,0053	0,0311	0,0122	0,0434
	70	0,0294	0,0150	0,0586	0,0279	0,0058	0,0053	0,0291	0,0104	0,0380

In percentuale i pigmenti più abbondanti sono: Hex-Fuco, pigmento diagnostico dei coccolitofori con il 33,62%, Zea (Cyanobatteri *Synechococcus*-like), con il 15,11%, But-Fuco (Chrysophyceae) con il 13,95%, Chl b, pigmento diagnostico delle Chlorophyta, che costituisce in media circa il 12,75% della diversità pigmentaria, Fuco (diatomee) in media il 11,23%, DVA (Cyanobatteri *Prochlorococcus*-like) in media il 4,84%, Perid (dinoflagellati) con il 4,33%, Prasino (Prasinophyceae) in media il 2,1%, e Allo (Cryptophyceae) che supera di poco il 2%. La somma dei due pigmenti Zea (Cyanobatteri *Synechococcus*-like) e DVA (Cyanobatteri *Prochlorococcus*-like) rappresenta una stima della componente picoplanctonica che in I23 in media arriva al 19,94 % con un contributo maggiore di Zea negli strati superficiali.

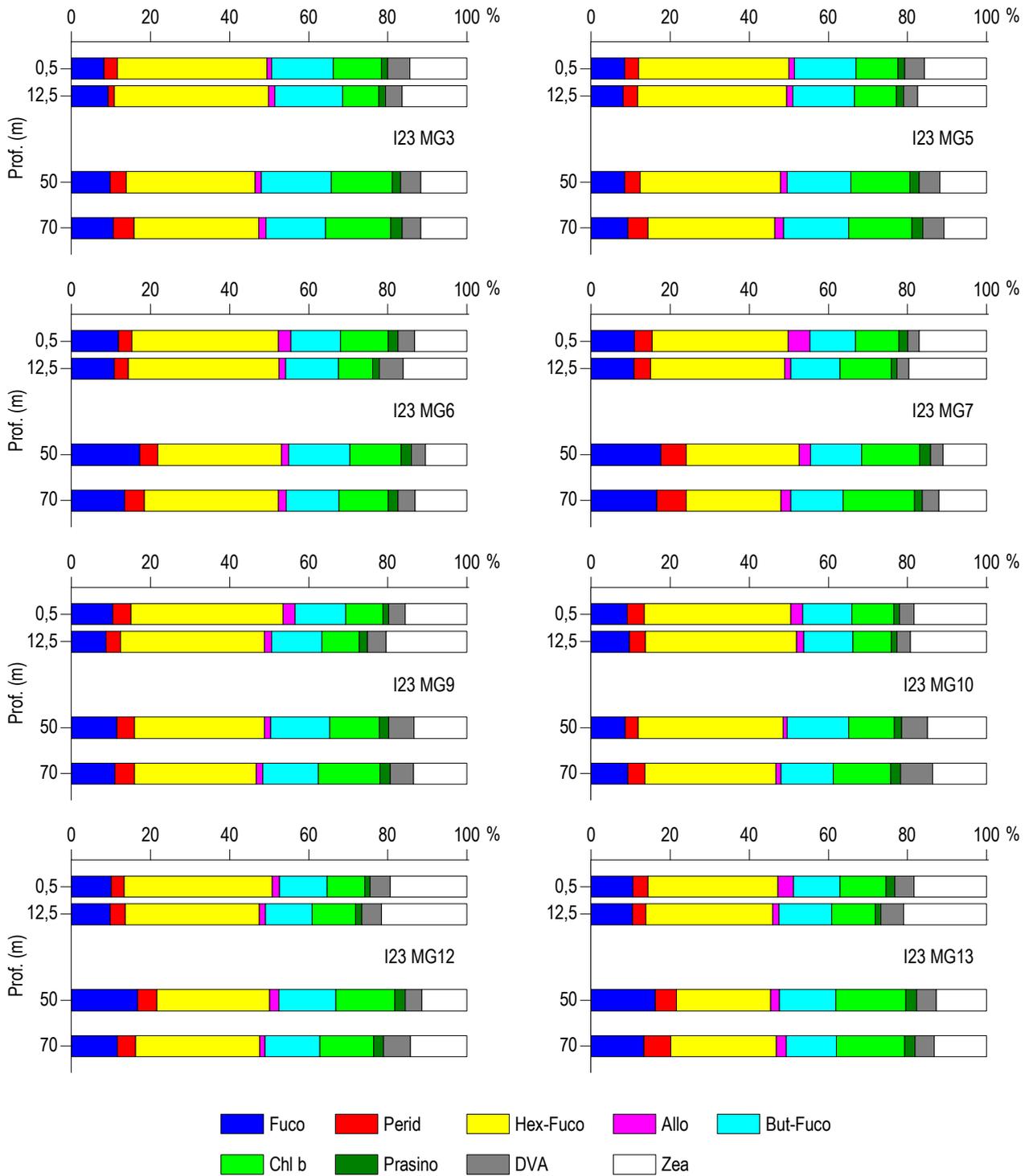


Figura 32 - Concentrazione relativa dei singoli pigmenti diagnostici in rapporto al totale delle concentrazioni dei nove Pigmenti Diagnostici (PD= Fuco+Perid+Hex-Fuco+But-Fuco+Allo+Prasino+Chlb+DVA+Zea).

Tensioattivi

Le concentrazioni dei **tensioattivi (Tabella 45)** risultano al di sotto del limite di quantificazione della metodica in tutti i campioni.

Tabella 45 - 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	I23 MG3				I23 MG5				I23 MG6				I23 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	I23 MG9				I23 MG10				I23 MG12				I23 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

I risultati della ricerca dei cloroderivati sono riportati nella **Tabella 46**. Questi composti sono inferiori al limite di quantificazione in quasi tutti i campioni.

Tabella 46 - Concentrazione dei cloroderivati nelle acque. I livelli indicano la profondità di prelievo del campione.

Profondità (m)	I23 MG3				I23 MG5				I23 MG6				I23 MG7			
	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70
Acidi aloacetici (µg/l)																
Dalapon	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Dibromoacetico	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Tribromoacetico	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
Acido Monobromoacetico	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Bromodichloroacetico	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Bromocloroacetico	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Dichloroacetico	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
Acido Tricloroacetico	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Monocloroacetico	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
Acido Clorodibromoacetico	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
Aloacetoni nitrili (µg/l)																
Dibromoacetoni nitrile	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Dichloroacetoni nitrile	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Tricloroacetoni nitrile	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
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
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
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	0,019	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,035	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,031	< 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)	I23 MG9				I23 MG10				I23 MG12				I23 MG13			
	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70
Acidi aloacetici (µg/l)																
Dalapon	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Dibromoacetico	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5

Tabella 46 - Concentrazione dei cloroderivati nelle acque. I livelli indicano la profondità di prelievo del campione.

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 Bromocloroacetico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Dichloroacetico	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Acido Tricloroacetico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Monocloroacetico	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Acido Clorodibromoacetico	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
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
Dichloroacetone	<0,05	<0,05	<0,05	<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
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
1,1,1-Tricloro-2-propanone	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
1,1-dicloro-2-propanone	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Alometani e VOC (µg/l)															
Cloroformio	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Carbonio Tetracloruro	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Tricloro Etilene	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Dicloro Bromo Metano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Tetracloro Etilene	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Dibromo Cloro Metano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Bromoformio	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,105	0,039	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,2-Dibromo Etano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,1,1-Tricloro Etano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,1,2-Tricloro Etano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Alofenoli (µg/l)															
2,4-Diclorofenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
4-Cloro-3-Metilfenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
2,4,6-Triclorofenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Pentaclorofenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2

Idrocarburi totali

Nella **Tabella 47** riportati i risultati ottenuti dalla ricerca degli **idrocarburi totali**. Questi contaminanti sono diffusamente presenti con concentrazioni che variano indipendentemente dalla posizione delle stazioni di prelievo.

Tabella 47 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di acqua di mare lungo il profilo batimetrico. I dati sono espressi in microgrammi/litro. In neretto (0,5 - 12,5 - 50 - 70) sono indicate le profondità di prelievo in metri.

I23 MG5				I23 MG6				I23 MG7				I23 MG5			
0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70
204,70	224,99	287,60	291,27	165,60	123,22	166,18	135,96	151,25	249,17	131,87	150,91	120,88	173,65	142,26	158,18
I23 MG9				I23 MG10				I23 MG12				I23 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
287,68	256,14	249,73	177,06	176,35	210,71	179,58	157,93	245,10	238,91	203,14	174,86	167,41	217,99	164,92	203,14

Analisi microbiologiche

Dall'analisi microbiologica (**Tabella 48**) emerge l'assenza di contaminazione fecale.

Tabella 48 - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di acqua superficiale. I dati sono espressi in ufc/100 ml.

	I23 MG3	I23 MG5	I23 MG6	I23 MG7	I23 MG9	I23 MG10	I23 MG13	I23 MG12
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

4.1.3 Plancton

4.1.3.1 Fitoplancton

Analisi quantitativa e qualitativa del fitoplancton da bottiglia

Le densità fitoplanctoniche totali sono in media circa 85,23 cell/ml variando da un minimo di 53,09 cell/ml in I23 MG13 a 70 m ad un massimo di 149,69 cell/ml in I23 MG6 a 50 m (Tabella 49). L'andamento delle densità lungo la colonna d'acqua mostra minimi tra 50 e 70 metri.

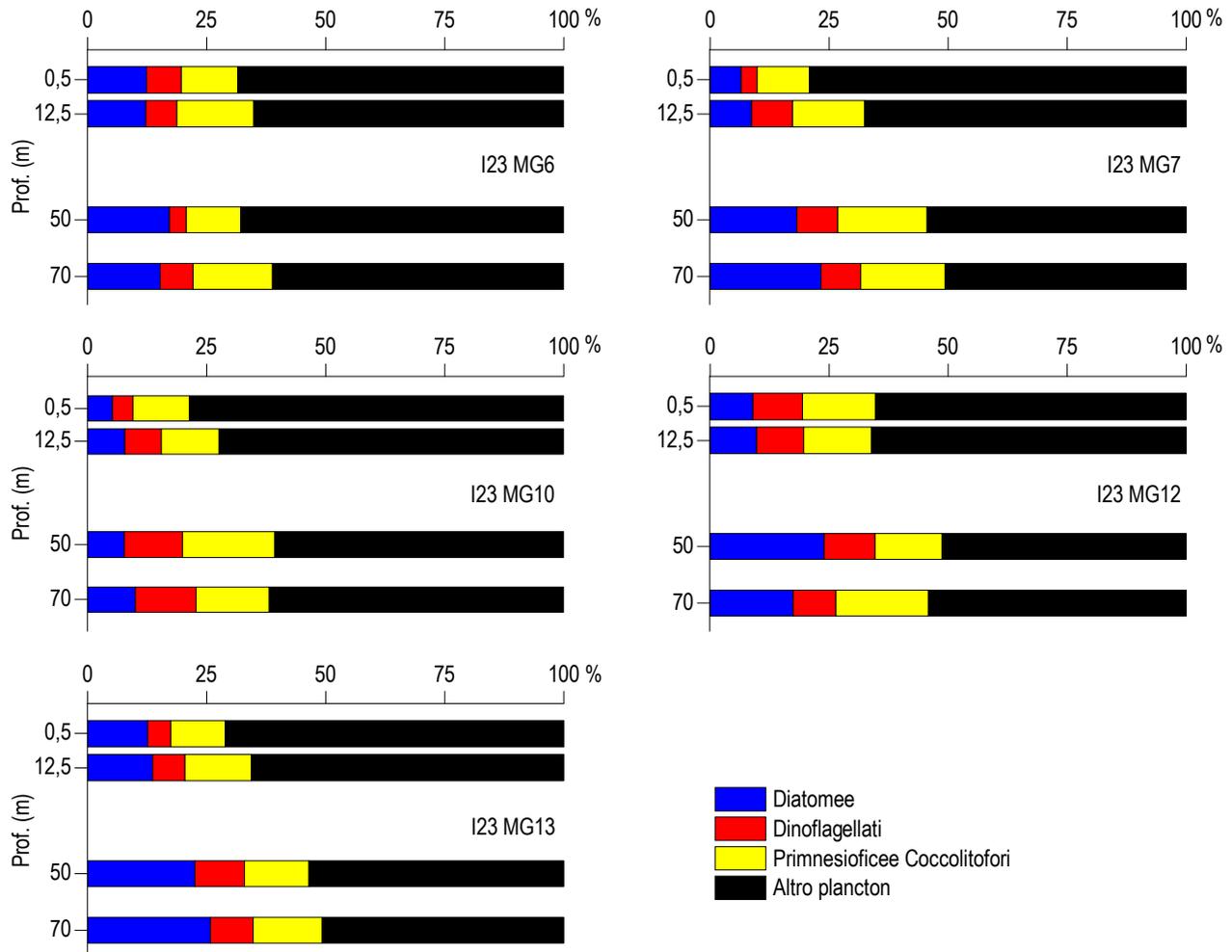


Figura 33 - Abbondanza relativa delle classi fitoplanctoniche indicate in legenda in rapporto all'abbondanza totale.

Mediamente le maggiori abbondanze sono da attribuire al 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 26,95 cell/ml in I23 MG13 a 70 m e 101,63 cell/ml in I23 MG6 a 50 m. I coccolitofori sono la seconda classe più abbondante variando tra 7,54 cell/ml in I23 MG13 a 50 m e 20,04 cell/ml alla I23 MG6 a 70 m. Le diatomee variano tra 4,12 cell/ml in I23 MG10 a 50 m e 25,64 cell/ml in I23 MG6 a 50 m. I dinoflagellati, infine, risultano i meno abbondanti variando tra 3,33 cell/ml in I23 MG7 in superficie e 12,31 cell/ml in I23 MG10 a 70 m.

Tabella 49 - Densità fitoplanctonica totale (cell/ml) e delle classi o gruppi identificati.						
Stazione	prof. (m)	Diatomee	Dinoflagellati	Coccolitofori	Altro	Totale
I23 MG6	0,5	14,14	8,39	13,68	78,52	114,74
	12,5	13,95	7,31	18,33	73,89	113,48

Tabella 49 - Densità fitoplanctonica totale (cell/ml) e delle classi o gruppi identificati.						
Stazione	prof. (m)	Diatomee	Dinoflagellati	Coccolitofori	Altro	Totale
	50	25,64	5,29	17,13	101,63	149,69
	70	18,32	8,24	20,04	73,51	120,12
I23 MG7	0,5	6,21	3,33	10,46	76,22	96,23
	12,5	6,16	6,04	10,69	47,63	70,52
	50	14,60	6,78	15,06	43,46	79,90
	70	17,63	6,30	13,40	38,25	75,58
I23 MG10	0,5	4,67	3,89	10,56	70,49	89,61
	12,5	7,01	6,78	10,81	64,50	89,10
	50	4,12	6,53	10,31	32,41	53,36
	70	9,53	12,31	14,64	59,13	95,61
I23 MG12	0,5	6,97	8,02	11,85	50,42	77,26
	12,5	6,27	6,39	9,18	42,75	64,59
	50	13,91	6,21	8,16	29,78	58,06
	70	10,46	5,40	11,61	32,54	60,01
I23 MG13	0,5	10,45	3,99	9,39	58,68	82,50
	12,5	14,37	7,24	14,60	69,21	105,42
	50	12,52	5,80	7,54	29,80	55,65
	70	13,71	4,76	7,67	26,95	53,09

Osservando il contributo percentuale delle classi (Figura 35) si nota che in inverno 2023 il popolamento è rappresentato principalmente dal gruppo denominato Altro plancton, in media il 63,30%, con *Phaeocystis* sp. e *Chrytophyceae* n.i.; dalla classe dei coccolitofori (in media il 14,68 %), rappresentati quasi esclusivamente da *Emiliana huxleyi* e taxa del genere *Syracosphaera*; dalla classe delle diatomee che contribuisce mediamente con il 13,96 % grazie a *Cylindrotheca closterium*, *Plagiotropis* sp. e individui appartenenti al genere *Thalassionema*. I dinoflagellati (in media l'8,06%) sono rappresentati principalmente da individui dei generi *Gymnodinium* ed *Heterocapsa*.

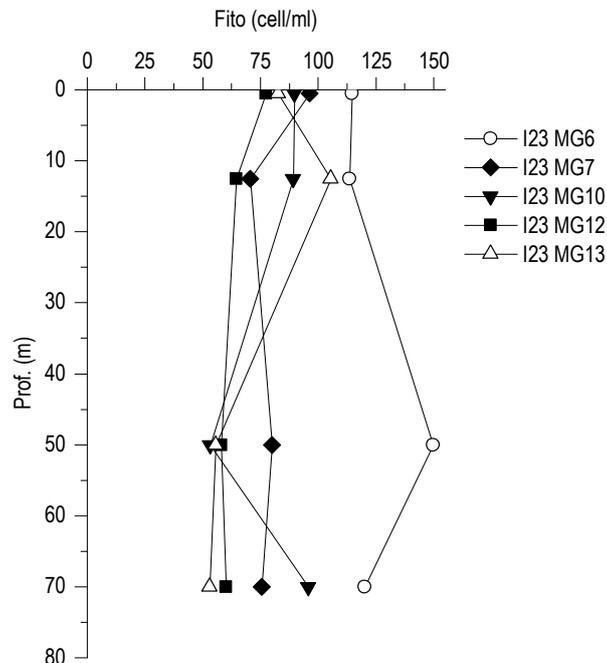


Figura 34 - Profili delle densità fitoplanctoniche totali (cell/ml).

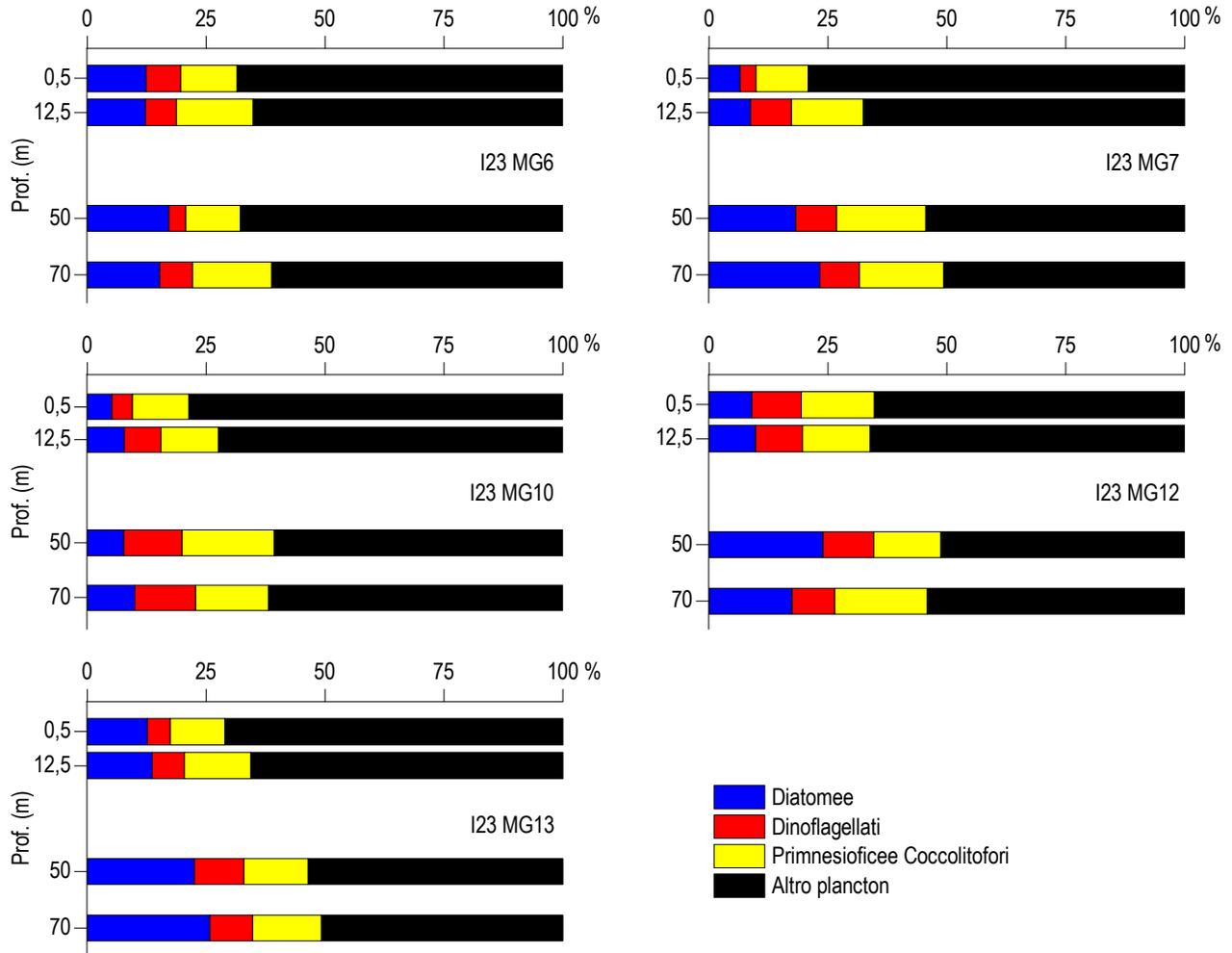


Figura 35 – Abbondanza relativa delle classi fitoplanctoniche indicate in legenda in rapporto all'abbondanza totale.

In totale sono stati identificati a diverso livello tassonomico 153 taxa (più la categoria Flagellati indeterminati) (**Tabella 50**) suddivisi tra le principali classi o raggruppamenti fitoplanctonici di cui si fornisce l'elenco completo in **Tabella 51**.

La maggior parte dei taxa appartiene alle diatomee e ai dinoflagellati che sono rappresentati rispettivamente da 54 e 37 specie e da 8 e 4 forme identificate a livello di genere. I coccolitofori risultano meno diversificati con 20 specie insieme ad 1 categoria sopragenerica. Il gruppo "Altro plancton", infine, è rappresentato da un totale di 22 taxa suddivisi in 15 specie, 5 generi e 2 categorie superiori. Il popolamento fitoplanctonico invernale del 2023 presenta valori medi di diversità specifica (Shannon) e di equità (Pielou) di 3,21 bit/cell e di 0,592 variando rispettivamente tra 2,59 (I23 MG10 0,5 m) e 3,71 (I23 MG12 50 m) bit/cell e tra 0,49 (I23 MG10 0,5 m) e 0,68 (I23 MG12 50 m).

Tabella 50 - 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	54	8	3
Dinoflagellati	37	4	4
Prymnesiophyceae coccolitofori	20		1
Cryptophyceae	1		1
Chrysophyceae/Dictyochophyceae	4		
Chlorophyta/Euglenoidea	2		1
Prasinophyceae	3	2	
Prymnesiophyceae non coccolitofori		1	
Cyanophyceae		1	
Raphidophyceae	2		
Altro	3	1	
Totale	126	17	10

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

Tabella 51 - Lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative microscopiche.

DIATOMEE		
<i>Amphiprora gigantea</i> var. <i>sulcata</i> (O'Meara) Cleve 1894	<i>Fragilaria hyalina</i> (Kützing) Grunow ex Van Heurck 1880	<i>Pleurosigma angulatum</i> (Quekett) Smith 1852
<i>Amphora janischii</i> Schmidt 1875	<i>Fragilariopsis</i> spp.	<i>Pleurosigma intermedium</i> Smith 1853
<i>Amphora laevis</i> Gregory 1857	<i>Grammatophora oceanica</i> Ehrenberg 1840	<i>Pleurosigma majus</i> (Grunow) Cleve 1894
<i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castracane) Round 1990	<i>Guinardia flaccida</i> (Castracane) Peragallo 1892	<i>Pleurosigma naviculaceum</i> Brébisson 1854
<i>Bacteriastrum jadrantum</i> Godrijan, Maric & Pfannkuchen 2012	<i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle 1996	<i>Pleurosigma normanii</i> Ralfs 1861
<i>Bacteriastrum parallelum</i> Sarno, Zingone & Marino 1997	<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow 1880	<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström 1986
<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve 1889	<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve 1889	<i>Proboscia indica</i> (Peragallo) Hernández-Becerril 1995
<i>Chaetoceros diversus</i> Cleve 1873	<i>Mastogloia dansei</i> (Thwaites) Thwaites ex Smith 1856	<i>Psammodictyon panduriforme</i> (Gregory) Mann 1990
<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow 1863	<i>Navicula</i> cf. <i>transitans</i> Heimdal 1970	<i>Pseudo-nitzschia americana</i> (Hasle) Fryxell 1993
<i>Chaetoceros neogracile</i> Van Landingham 1968	<i>Navicula distans</i> (Smith) Ralfs 1861	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cleve) Heiden 1928
<i>Chaetoceros</i> spp.	<i>Navicula</i> spp.	<i>Pseudo-nitzschia galaxiae</i> Lundholm & Moestrup 2002
<i>Chaetoceros tenuissimus</i> Meunier 1913	<i>Navicula pennata</i> var. <i>maxima</i> Cleve 1895	<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle 1993
<i>Cocconeis scutellum</i> Ehrenberg 1838	<i>Nitzschia</i> (sez. <i>sigmatae</i>) sp.	<i>Pseudo-nitzschia subfraudulenta</i> (Hasle) Hasle 1993
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & Lewin 1964	<i>Nitzschia bicapitata</i> Cleve 1901	<i>Skeletonema menziesii</i> Guillard Carpenter & Reimann 1974
<i>Dactyliosolen phuketensis</i> (Sundstrom) Hasle 1996	<i>Nitzschia bilobata</i> Smith 1853	<i>Surirella fastuosa</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1843
Diatomea pennata n.i. (forma p)	<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs 1861	<i>Thalassionema</i> cf. <i>bacillare</i> (Heiden) Kolbe 1955
Diatomee pennate ≤ 20 µm n.i.	<i>Nitzschia lorenziana</i> Grunow 1879	<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Hallegraef 1986
Diatomee pennate > 20 µm n.i.	<i>Nitzschia</i> spp.	<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky 1902
<i>Dimeregramma nanum</i> (Gregory) Ralfs 1861	<i>Nitzschia tryblionella</i> Hantzsch 1860	<i>Thalassiosira</i> cf. <i>eccentrica</i> (Ehrenberg) Cleve 1903
<i>Diploneis crabro</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1854	<i>Odontella mobiliensis</i> (Bailey) Grunow 1884	<i>Thalassiosira pseudonana</i> Hasle & Heimdal 1970
<i>Diploneis</i> spp.	<i>Plagiotropis antarctica</i> (Cleve) Kuntze 1898	<i>Thalassiosira</i> spp.
<i>Entomoneis</i> spp.	<i>Plagiotropis</i> sp.	
DINOFAGELLATI		
<i>Achradina pulchra</i> Lohmann 1903	Gymnodiniaceae ≤ 20 µm n.i.	<i>Neoceratium horridum</i> (Gran) Gómez, Moreira & López-García 2010
<i>Alexandrium</i> cf. <i>minutum</i> Halim 1960	Gymnodiniaceae > 20 µm n.i.	<i>Oxytoxum coronatum</i> Schiller 1937
<i>Alexandrium ostensfeldii</i> (Paulsen) Balech & Tangen 1985	<i>Gyrodinium aciculatum</i> Hansen & Larsen 1992	<i>Oxytoxum mediterraneum</i> Schiller
<i>Amphidinium</i> cf. <i>globosum</i> Schröder 1911	<i>Gyrodinium fusiforme</i> Kofoid & Swezy 1921	<i>Oxytoxum sphaeroideum</i> Stein 1883
<i>Amphidinium</i> cf. <i>sphenoides</i> Wulff 1916	<i>Gyrodinium</i> spp.	<i>Oxytoxum strophalatum</i> Dodge & Saunders 1985
<i>Amphidinium</i> spp.	<i>Heterocapsa minima</i> Pomroy 1989	<i>Oxytoxum variabile</i> Schiller 1937
<i>Azadinium caudatum</i> var. <i>margalefii</i> Nézan & Chomérat 2012	<i>Heterocapsa niei</i> (Loeblich III) Morrill & Loeblich III 1981	<i>Oxytoxum viride</i> Schiller 1937
<i>Azadinium poporum</i> Tillmann & Elbrächter 2011	<i>Heterocapsa rotundata</i> (Lohmann) Hansen 1995	<i>Pronoctiluca pelagica</i> Fabre-Domergue 1889
<i>Azadinium spinosum</i> Elbrächter & Tillmann 2009	<i>Heterocapsa triquetra</i> (Ehrenberg) Stein 1883	<i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) Abé ex Dodge 1975
<i>Cochlodinium helix</i> (Pouchet) Lemmermann 1899	<i>Karenia papilionacea</i> Haywood & Steidinger 2004	<i>Prorocentrum rotundatum</i> Schiller 1928
<i>Cochlodinium pulchellum</i> Lebour 1917	<i>Karenia</i> spp.	<i>Prorocentrum triestinum</i> Schiller 1918
<i>Cochlodinium</i> sp.	<i>Lessardia elongata</i> Saldarriaga & Taylor 2003	<i>Protoperidinium breve</i> Paulsen 1907
<i>Dicroerisma psilonereia</i> Taylor & Cattell 1969	<i>Mesoporos perforatus</i> (Gran) Lillick 1937	<i>Protoperidinium</i> cf. <i>globulus</i> (Stein) Balech 1974
Dinoflagellati tecati ≤ 20 µm n.i.	<i>Neoceratium contortum</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-García 2011	<i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Balech ex Loeblich III 1965
Dinoflagellati tecati > 20 µm n.i.	<i>Neoceratium fusus</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Torodinium robustum</i> Kofoid & Swezy 1921
PRYMNESIOPHYCEAE COCCOLITOFORI		
<i>Acanthoica quattropsina</i> Lohmann 1903	Coccolitofori ≤ 10 µm n.i.	<i>Rhabdosphaera clavigera</i> Murray & Blackman 1898
<i>Algrosphaera robusta</i> (Lohmann) Norris 1984	<i>Coronosphaera binodata</i> (Kamptner) Gaarder 1977	<i>Sphaerocalyptra quadridentata</i> (Schiller) Deflandre 1952
<i>Anacanthoica acanthos</i> (Schiller) Deflandre 1952	<i>Coronosphaera mediterranea</i> (Lohmann) Gaarder 1977	<i>Syracosphaera anthos</i> (Lohmann) Janin 1987
<i>Calcidiscus leptoporus</i> (Murray & Blackman) Loeblich & Tappan 1978	<i>Cyrtosphaera aculeata</i> (Kamptner) Kleijne 1992	<i>Syracosphaera</i> cf. <i>molischii</i> Schiller 1925
<i>Calciosolenia brasiliensis</i> (Lohmann) Young 2003	<i>Emiliania huxleyi</i> (Lohmann) Hay & Mohler 1967	<i>Syracosphaera histrica</i> Kamptner 1941
<i>Calyptrosphaera oblonga</i> Lohmann 1902	<i>Helicosphaera carterii</i> (Wallich) Kamptner 1954	<i>Syracosphaera pulchra</i> Lohmann 1902
<i>Calyptrosphaera sphaeroidea</i> Schiller 1913	<i>Helladosphaera cornifera</i> (Schiller) Kamptner 1937	<i>Zygosphaera hellenica</i> Kamptner 1937
CRYPTOPHYCEAE		
Cryptophyceae n.i.	<i>Plagioselmis prolunga</i> Butcher ex Novarino, Lucas & Morrall 1994	

CHRYSOPHYCEAE/DICTYOCOPHYCEAE		
<i>Dictyocha aculeata</i> Ehrenberg 1840	<i>Meringosphaera mediterranea</i> Lohmann 1902	<i>Ollicola vangoorii</i> (Conrad) Vørs 1992
<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg 1839		
PRASINOPHYCEAE		
<i>Halosphaera viridis</i> Schmitz 1878	<i>Pseudoscofieldia marina</i> (Thronsen) Manton 1975	<i>Tetraselmis</i> sp.
<i>Pachysphaera pelagica</i> Ostenfeld 1899	<i>Pyramimonas</i> spp.	
PRYMNESIOPHYCEAE NON COCCOLITOFORI		
<i>Phaeocystis</i> sp.		
CHLORO/EUGLENO		
<i>Ankistrodesmus falcatus</i> (Corda) Ralfs 1848	<i>Euglenoidea</i> n.i.	<i>Monoraphidium griffithii</i> (Berkeley) Komárková-Legnerová 1969
RAPHIDOPHYCEAE		
<i>Commation cryoporinum</i> Thomsen & Larsen 1993	<i>Heterosigma akashiwo</i> (Hada) Hada ex Hara & Chihara 1987	
CYANOPHYCEAE		
<i>Gloeocapsa</i> sp.		
ALTRO		
Flagellati indeterminati < 10 µm	<i>Mesodinium rubrum</i>	<i>Telonema</i> sp.
<i>Leucocryptos marina</i> (Braarud) Butcher 1967	<i>Paulinella ovalis</i> (Wulff) Johnson, Hargraves & Sieburth 1988	

Analisi qualitativa del fitoplancton da retino

Per l'identificazione della comunità microfitoplanctonica lungo tutta la colonna d'acqua, sono stati raccolti con retino 5 campioni nelle stazioni I23 MG6, I23 MG7, I23 MG10, I23 MG12 e I23 MG13.

Dall'analisi qualitativa dei campioni sono stati individuati 170 taxa, di cui 147 identificati a livello di specie, 18 come genere e 5 attribuibili a categorie soprageneriche (**Tabella 52**).

Tabella 52 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni osservati (prelievo con retino).			
Classe	Specie	Generi	Categorie superiori*
Diatomee	67	13	3
Dinoflagellati	62	4	2
Prymnesiophyceae coccolitofori	13		
Chrysophyceae/Dictyochophyceae	3		
Euglenoideae	1		
Chlorophyceae		1	
Raphidophyceae	1		
Totale	147	18	5

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

In **Tabella 53** è fornito l'elenco completo dei taxa presenti nelle diverse stazioni di campionamento. Nell'insieme di tutte le stazioni, 83 taxa appartengono alle diatomee, 68 alla classe dei dinoflagellati e 13 ai coccolitofori; sono stati inoltre individuati 3 taxa attribuibili alle Chrysophyceae/Dictyochophyceae, 1 alle Euglenoideae, 1 alle Chlorophyceae e 1 taxon alle Raphidophyceae.

La numerosità dei taxa presenti nelle diverse stazioni va da un minimo di 61 in I23 MG13 ad un massimo di 103 in I23 MG6.

Dall'osservazione non è emersa una differenza sostanziale nel numero dei taxa individuati nelle diverse stazioni, ad eccezione che in I23 MG13 dove si ha un numero piuttosto inferiore di taxa rispetto alle altre stazioni.

I taxa individuati, in tutte le stazioni, sono prevalentemente appartenenti alla classe delle diatomee (con rispettivamente 60 taxa in I23 MG6, 54 in I23 MG7, 36 in I23 MG10, 46 in I23 MG12 e 36 in I23 MG13) ed in secondo luogo ai dinoflagellati (con 29 taxa in I23 MG6, 34 in I23 MG7 e in I23 MG12, 32 in I23 MG10 e 18 in I23 MG13). Anche i coccolitofori risultano piuttosto differenziati con 18 taxa individuati tutti a livello di specie, diventando così la terza classe più rappresentativa, rispettivamente con 10 taxa in I23 MG6 e in I23 MG7, 8 in I23 MG10, 12 in I23 MG12 e 6 taxa in I23 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.

Non sono stati identificati ed aggiunti nuovi taxa.

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 *Neoceratium* (= *Ceratium*), *Oxytoxum*, e *Prorocentrum*.

Da segnalare anche la presenza di taxa appartenenti alla classe delle Chlorophyceae (*Monoraphidium* sp.) e delle Euglenoideae (*Eutreptiella eupharyngea*) tipicamente di acque dolci.

Tabella 53 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni I23 MG6, I23 MG7, I23 MG10, I23 MG12 e I23 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13)												
Specie	6	7	10	12	13	Specie	6	7	10	12	13	
DIATOMEE												
<i>Amphiprora sulcata</i> var. <i>aequatorialis</i> (Cleve) Peragallo in Peragallo & Peragallo 1898	x	x		x	x	<i>Navicula distans</i> (Smith) Ralfs 1861		x	x		x	x
<i>Amphora</i> cf. <i>laevis</i> Gregory 1857	x	x	x	x	x	<i>Navicula</i> spp.		x	x	x	x	x
<i>Amphora</i> spp.	x	x	x			<i>Navicula transitans</i> var. <i>delicatula</i> Heimdal 1970		x	x	x	x	

<i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castracane) Round 1990	x	x	x	x	x	Naviculaceae > 20 µm n.i.	x	x	
<i>Asterolampra marylandica</i> Ehrenberg 1844						<i>Nitzschia</i> (sez. <i>sigmatae</i>) sp.	x	x	x
<i>Asteromphalus heptactis</i> (Brébisson) Ralfs 1861						<i>Nitzschia</i> cf. <i>bilobata</i> Smith 1853			
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey 1937	x	x	x	x		<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs 1861	x	x	x
<i>Cerataulus</i> sp.	x	x				<i>Nitzschia lorenziana</i> Grunow 1879	x	x	x
<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve 1889						<i>Nitzschia</i> spp.			
<i>Chaetoceros neogracile</i> Van Landingham 1968						<i>Odontella aurita</i> (Lyngbye) Agardh 1832			
<i>Chaetoceros socialis</i> Lauder 1864	x					<i>Odontella mobiliensis</i> (Bailey) Grunow 1884	x	x	
<i>Chaetoceros</i> spp.	x	x	x			<i>Plagiotropis</i> spp.	x	x	x
<i>Chaetoceros tenuissimus</i> Meunier 1913	x	x				<i>Pleurosigma angulatum</i> (Queckett) Smith 1852			
<i>Cocconeis scutellum</i> Ehrenberg 1838	x	x				<i>Pleurosigma</i> cf. <i>intermedium</i> Smith 1853			
<i>Coscinodiscus granii</i> Gough 1905	x	x	x	x		<i>Pleurosigma</i> cf. <i>nicobaricum</i> Grunow 1880	x		
<i>Coscinodiscus lineatus</i> Ehrenberg 1841	x					<i>Pleurosigma decorum</i> Smith 1853			
<i>Cyclotella</i> sp.	x	x	x			<i>Pleurosigma delicatulum</i> Smith 1852	x	x	x
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & Lewin 1964	x	x	x	x	x	<i>Pleurosigma majus</i> (Grunow) Cleve 1894	x	x	x
<i>Dactyliosolen fragillissimus</i> (Bergon) Hasle 1996						<i>Pleurosigma naviculaceum</i> Brébisson 1854	x	x	x
<i>Dactyliosolen phuketensis</i> (Sundström) Hasle 1996						<i>Pleurosigma normanii</i> Ralfs 1861	x	x	x
Diatomee centriche > 20 µm n.i.	x	x	x	x		<i>Pleurosigma</i> spp.			
Diatomee pennate > 20 µm n.i.	x	x	x	x		<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström 1986	x	x	x
<i>Diploneis bombus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1853	x	x	x	x		<i>Psammodictyon panduriforme</i> (Gregory) Mann 1990	x	x	x
<i>Diploneis crabro</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1854	x	x	x	x		<i>Pseudo-nitzschia</i> cf. <i>galaxiae</i> Lundholm & Moestrup 2002	x	x	x
<i>Diploneis</i> spp.	x					<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cleve) Heiden 1928	x	x	x
<i>Entomoneis</i> spp.	x	x	x	x	x	<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle 1993	x	x	
<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières 1830	x					<i>Pseudo-nitzschia subfraudulenta</i> (Hasle) Hasle 1993			
<i>Fragilariopsis doliolus</i> (Wallich) Medlin & P.A.Sims 1993						<i>Rhizosolenia imbricata</i> Brightwell 1858	x	x	x
<i>Fragilariopsis</i> sp.	x	x	x	x		<i>Suriirella fastuosa</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1843	x	x	x
<i>Guinardia flaccida</i> (Castracane) Peragallo 1892						<i>Synedra</i> cf. <i>affinis</i> Kützing 1844			
<i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle 1996	x	x				<i>Thalassionema bacillare</i> (Heiden) Kolbe 1955	x	x	x
<i>Halamphora costata</i> (Smith) Levkov 2009						<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Hallegraeff 1986	x	x	x
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow 1880	x	x	x	x		<i>Thalassionema nitzschoides</i> (Grunow) Mereschkowsky 1902	x	x	x
<i>Haslea alexanderi</i> Lobban & Perez 2020	x					<i>Thalassiosira aestivalis</i> Gran 1931	x	x	x
<i>Haslea wawriakae</i> (Hustedt) Simonsen 1974	x	x				<i>Thalassiosira angulata</i> (Gregory) Hasle 1978	x	x	
<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow ex Van Heurck 1882	x	x	x	x		<i>Thalassiosira</i> cf. <i>delicatula</i> Ostenfeld 1908	x	x	
<i>Hemiaulus sinensis</i> Greville 1865	x	x	x	x		<i>Thalassiosira rotula</i> Meunier 1910			
<i>Hemidiscus cuneiformis</i> Wallich 1860	x	x				<i>Thalassiosira</i> spp.	x	x	x
<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve 1889	x	x	x	x	x	<i>Thalassiothrix longissima</i> Cleve & Grunow 1880			
<i>Leptocylindrus mediterraneus</i> (Peragallo) Hasle 1975	x	x				<i>Trigonium alternans</i> (Bailey) Mann 1907	x		
<i>Lioloma pacificum</i> (Cupp) Hasle 1996						<i>Tryblionella punctata</i> Smith 1853	x		
<i>Lithodesmium undulatum</i> Ehrenberg 1839	x	x							
DINOFAGELLATI									
<i>Achradina pulchra</i> Lohmann 1903	x	x	x	x		<i>Neoceratium macroceros</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x	
<i>Alexandrium</i> cf. <i>minutum</i> Halim 1960	x	x	x	x	x	<i>Neoceratium pentagonum</i> (Gouret) Gómez, Moreira & López-García 2010			
<i>Amphidoma languida</i> Tillmann, Salas & Elbrächter 2012						<i>Neoceratium ranipes</i> (Cleve) Gómez, Moreira & López-García 2010			
<i>Azadinium caudatum</i> var. <i>caudatum</i> Nézan & Chomérat 2012	x					<i>Neoceratium teres</i> (Kofoid) Gómez, Moreira & López-García 2010			
<i>Azadinium caudatum</i> var. <i>margalefii</i> Nézan & Chomérat 2012	x	x				<i>Neoceratium trichoceros</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x	
<i>Azadinium spinosum</i> Elbrächter & Tillmann 2009						<i>Ornithocercus heteroporus</i> Kofoid 1907			
<i>Ceratium azoricum</i> Cleve 1900						<i>Oxytoxum curvatum</i> (Kofoid) Kofoid 1911			
<i>Ceratium buceros</i> Zacharias 1906						<i>Oxytoxum laticeps</i> Schiller 1937			
<i>Ceratocorys armata</i> (Schütt) Kofoid 1910	x	x				<i>Oxytoxum mediterraneum</i> Schiller	x	x	x
Dinoflagellati tecati > 20 µm n.i.	x	x	x	x		<i>Oxytoxum scolopax</i> Stein 1883	x	x	x
<i>Dinophysis operculoides</i> (Schütt) Balech 1967						<i>Oxytoxum sphaeroideum</i> Stein 1883			
<i>Dinophysis parva</i> Schiller 1928						<i>Oxytoxum viride</i> Schiller 1937			
<i>Diplopsalis lenticula</i> Bergh 1881	x	x				<i>Phalacroma rotundatum</i> (Claparède & Lachmann) Kofoid & Michener 1911	x	x	x
<i>Goniiodoma polyedricum</i> (Pouchet) Jörgensen 1899	x	x	x	x		<i>Podolampas bipes</i> Stein 1883	x		
<i>Gonyaulax</i> cf. <i>sphaeroidea</i> Kofoid 1911	x	x				<i>Podolampas palmipes</i> Stein 1883			
<i>Gonyaulax scrippsae</i> Kofoid 1911						<i>Prorocentrum balticum</i> (Lohmann) Loeblich 1970	x	x	x
Gymnodiniaceae > 20 µm n.i.						<i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) Abé ex Dodge 1975	x	x	x
<i>Gymnodinium</i> spp.	x	x				<i>Prorocentrum dactylus</i> (Stein) Dodge 1975	x	x	
<i>Gyrodinium aciculatum</i> Hansen & Larsen 1992	x	x	x	x		<i>Prorocentrum dentatum</i> Stein 1883			
<i>Gyrodinium</i> spp.						<i>Prorocentrum gracile</i> Schütt 1895			
<i>Heterocapsa niei</i> (Loeblich III) Morrill & Loeblich III 1981	x	x				<i>Prorocentrum maximum</i> (Gouret) Schiller 1937			
<i>Histioneis depressa</i> Schiller 1928						<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg 1833	x		
<i>Histioneis</i> sp.						<i>Prorocentrum triestinum</i> Schiller 1918			
<i>Karenia</i> sp.						<i>Protoperidinium breve</i> Paulsen 1907	x	x	x
<i>Karenia mikimotoi</i> (Miyake & Kominami ex Oda) Gert Hansen & Moestrup	x	x	x			<i>Protoperidinium cerasus</i> (Paulsen) Balech 1973			
<i>Lingulodinium polyedrum</i> (Stein) Dodge 1989						<i>Protoperidinium</i> cf. <i>brevipes</i> (Paulsen) Balech 1974	x		
<i>Mesoporos adriaticus</i> (Schiller) Lillick	x	x	x	x		<i>Protoperidinium crassipes</i> (Kofoid) Balech 1974	x	x	
<i>Mesoporos perforatus</i> (Gran) Lillick 1937	x	x	x	x		<i>Protoperidinium depressum</i> Bailey 1854			

4.1.3.2 Zooplankton

Oloplankton

La componente a copepodi, nell'area di connessione tra il Tirreno settentrionale e il Mar Ligure Meridionale (rispettivamente settore biogeografico 2 e 1 dei Mari Italiani), raggiunge regolarmente la massima concentrazione proprio in concomitanza del periodo di omeotermia

della colonna d'acqua (gennaio – marzo). L'analisi della campagna invernale del 2023 (Survey I23) conferma il picco stagionale della sottoclasse dei Copepoda planctonici neritici, pur con valori di abbondanza inferiori alle precedenti stagioni invernali. Valori inferiori di biomassa complessiva e numero di individui, soprattutto nella porzione più superficiale della colonna d'acqua, sono in parte riconducibili al protrarsi di condizioni meteo-marine avverse nel periodo precedente ai campionamenti; per tale motivazione la porzione della colonna d'acqua maggiormente interessata dal moto ondoso risulta meno occupata dagli organismi planctonici, incapaci di vincere il moto ondoso, ma in grado di compiere autonomamente spostamenti lungo l'asse verticale dell'ecosistema investigato.

Così come osservato nei precedenti campionamenti tale stagione è caratterizzata dall'abbondante presenza di copepoditi, fasi giovanili dei copepodi. L'identificazione di tali organismi può essere effettuata esclusivamente a livello di genere, a causa del mancato sviluppo del segmento genitale e del quinto paio di arti natatori, caratteri morfologici indispensabili per una corretta e accurata identificazione delle specie. Di seguito vengono riportati i valori medi di abbondanza dei copepoditi appartenenti ai generi dominanti:

Clausocalanus spp - superficiale: 107,64 ind./m³; 0 – 50 m: 207,96 ind./m³; 50 – 100 m: 93,58 ind./m³

Oithona spp - superficiale: 85,73 ind./m³; 0 – 50 m: 131,02 ind./m³; 50 – 100 m: 131,03 ind./m³

Paracalanus spp - superficiale: 59,54 ind./m³; 0 – 50 m: 22,88 ind./m³; 50 – 100 m: 29,11 ind./m³

Come precedentemente argomentato, la componente a Copepodi è prevalentemente concentrata nella porzione più profonda della colonna d'acqua, a differenza di quanto registrato nelle precedenti campagne invernali (I17 – I22). L'abbondanza media dei campioni orizzontali superficiali è di 644,62 ind. per m⁻³ (max: 773,82 ind/m³ I23 MG13; min: 478,46 ind/m³ I23 MG7), mentre quello registrato nei campionamenti verticali tra la superficie e i 50 m di profondità è pari a 1074,35 ind/m³ (max: 1367,34 ind/m³ I23 MG12; min: 930,63 ind/m³ I23 MG13).

La media (1530,80 ind/m³; max: 1820,06 ind/m³ I23 MG10; min: 1258,16 ind/m³ I23 MG6) aumenta nei campioni verticali profondi fra i 50 e i 100 m di profondità.

La biodiversità risulta inferiore alle medie stagionali: i taxa di copepodi identificati sono 84 (Tabella 54) in rappresentanza di 25 famiglie.

La famiglia dominante all'interno della colonna d'acqua, così come registrato in tutte le precedenti campagne invernali e ampiamente confermato dalla bibliografia scientifica, è quella dei calanoidi Clausocalanidae (media superficiale: 243,87 ind./m³; 0 – 50 m: 470,06 ind./m³; 50 – 100 m: 382,73 ind./m³), presente con 9 taxa di individui adulti, di cui 8 appartenenti al genere *Clausocalanus*. Le specie congeneriche dominanti sono: *Clausocalanus pergens* (superficiale: 52,66 ind./m³; 0 – 50 m: 60,31 ind./m³; 50 – 100 m: 76,95 ind./m³), *C. arcuicornis* (superficiale: 37,15 ind./m³; 0 – 50 m: 50,95 ind./m³; 50 – 100 m: 58,23 ind./m³) e *Clausocalanus lividus* (superficiale: 22,70 ind./m³; 0 – 50 m: 24,96 ind./m³; 50 – 100 m: 27,03 ind./m³). I rapporti di dominanza tra tali specie non sono sovrapponibili con quanto regolarmente osservato nelle precedenti campagne invernali; in particolar modo si riscontra la sostituzione di *C. paululus* (specie principalmente invernale) con *C. pergens* (prevalentemente primaverile). Tale discrepanza è ascrivibile al tardivo inizio della campagna di monitoraggio, di fatto iniziata nei primi giorni primaverili, a causa delle precedentemente citate avverse condizioni meteorologiche che non hanno reso possibile il campionamento. A conferma delle caratteristiche tardo inverno – primaverili della comunità a copepodi, è l'elevata presenza di *Centropages typicus* (superficiale: 62,93 ind./m³; 0 – 50 m: 35,35 ind./m³; 50 – 100 m: 41,59 ind./m³). Così come sottolineato nel Report di un anno fa (I22), la cospicua presenza della specie primaverile *C. typicus* parzialmente rilevata anche in alcune stagioni invernali precedenti, è riconducibile, al progressivo, ma inesorabile innalzamento delle temperature medie superficiali del Mar Mediterraneo. Tale fenomeno, potrebbe portare allo stabilizzarsi di uno shift temporale nei cicli stagionali dei copepodi planctonici abitanti le acque interessate dal presente monitoraggio con, nel caso di *Clausocalanus pergens* e *Centropages typicus*, un anticipo del loro picco di abbondanza.

La seconda famiglia per abbondanza lungo la colonna è Oithonidae (superficiale: 128,58 ind./m³; 0 – 50 m: 236,04 ind./m³; 50 – 100 m: 522,00 ind./m³). La specie più abbondante della famiglia è *Oithona similis*, campionata con valori crescenti ai tre livelli di profondità (superficiale: 36,33 ind./m³; 0 – 50 m: 80,06 ind./m³; 50 – 100 m: 349,37 ind./m³). Fra le specie costantemente campionate nell'ambiente di piattaforma continentale investigato è scarsa la presenza di *Temora stylifera* (superficiale: 17,14 ind./m³; 0 – 50 m: 11,44 ind./m³; 50 – 100 m: 18,72 ind./m³). Poco rappresentate e biodiversificate le famiglie Pontellidae e Sapphirinidae. Così come per gli inverni precedenti, i copepodi Harpacticoida sono rappresentati dalle famiglie Ectinosomatidae, Peltidiidae, Miracidae e Euterpinidae, sempre con abbondanze piuttosto contenute.

Tabella 54 – 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>Corycaeus clausi</i>	*		*
<i>Acartia negligens</i>	*	*		Famiglia Lucicutiidae				<i>Corycaeus flaccus</i>	*	*	*
<i>Acartia</i> spp	*	*	*	<i>Lucicutia flavicornis</i>			*	<i>Corycaeus furcifer</i>		*	*
Famiglia Aetidaidae				Famiglia Mecynoceridae				<i>Corycaeus giesbrechti</i>	*	*	
<i>Euchirella rostrata</i>			*	<i>Mecynocera clausi</i>	*	*	*	<i>Corycaeus limbatus</i>	*	*	*
Famiglia Augaptilidae				Famiglia Metridinidae				<i>Corycaeus ovalis</i>	*		
<i>Haloptilus longicornis</i>			*	<i>Pleuromamma abdominalis</i>	*	*	*	<i>Corycaeus typicus</i>	*	*	*
Famiglia Calanidae				<i>Pleuromamma gracilis</i>	*	*	*	<i>Corycaeus</i> spp.	*	*	*
<i>Calanus helgolandicus</i>	*	*	*	Famiglia Paracalanidae				<i>Farranula rostrata</i>	*	*	*
<i>Mesocalanus tenuicornis</i>	*		*	<i>Calocalanus contractus</i>	*	*	*	Famiglia Oithonidae			
<i>Nannocalanus minor</i>	*	*	*	<i>Calocalanus longisetosus</i>			*	<i>Oithona decipiens</i>	*	*	*
<i>Neocalanus gracilis</i>	*	*	*	<i>Calocalanus neptunus</i>	*	*	*	<i>Oithona plumifera</i>	*	*	*
Famiglia Candaciidae				<i>Calocalanus ovalis</i>	*	*	*	<i>Oithona setigera</i>	*		*
<i>Candacia bispinosa</i>	**		**	<i>Calocalanus pavo</i>	*	*	*	<i>Oithona similis</i>	*	*	*

Tabella 54 – Oloplancton. O.le=orizzontale, 50-0=campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100-50=campionamento verticale da 100 a 50 metri. * presente in almeno un sub-campione, ** presente solo nell'osservazione *in toto*.

	O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50
<i>Candacia giesbrechti</i>			*	<i>Calocalanus plumulosus</i>			*	<i>Oithona tenuis</i>	*	*	**
<i>Candacia simplex</i>	*	*		<i>Calocalanus styliremis</i>	*	*	*	<i>Oithona</i> spp	*	*	*
<i>Candacia</i> juv spp	*	*	*	<i>Calocalanus</i> spp	*	*	*	Famiglia Oncaeiidae			
Famiglia Centropagidae				<i>Paracalanus denudatus</i>	*		*	<i>Oncaea curta</i>	*	**	*
<i>Centropages typicus</i>	*	*	*	<i>Paracalanus nanus</i>	*	*	*	<i>Oncaea media</i>	*	*	*
<i>Centropages violaceus</i>	**		**	<i>Paracalanus parvus</i>	*	*	*	<i>Oncaea scottidicarloi</i>	*	*	*
<i>Centropages</i> spp	*			<i>Paracalanus</i> spp	*	*	*	<i>Oncaea venusta</i>	*		*
<i>Isias clavipes</i>	*			Famiglia Phaennidae				<i>Oncaea</i> spp	*	*	*
Famiglia Clausocalanidae				<i>Phaenna spinifera</i>			*	<i>Triconia conifera</i>		**	
<i>Clausocalanus arcuicornis</i>	*	*	*	Famiglia Pontellidae				Famiglia Sapphirinidae			
<i>Clausocalanus furcatus</i>	*	*	*	<i>Anomalocera patersoni</i>	*			<i>Copilia quadrata</i>		*	
<i>Clausocalanus jobei</i>	*	*	*	<i>Pontella mediterranea</i>	**			Famiglia Ectinosomatidae			
<i>Clausocalanus lividus</i>	*	*	*	<i>Pontella</i> juv spp	*			<i>Microsetella norvegica</i>			*
<i>Clausocalanus mastigophorus</i>	*	*	*	<i>Pontellina plumata</i>	**			<i>Microsetella rosea</i>	*		*
<i>Clausocalanus parapergens</i>	*	*	*	<i>Pontellopsis villosa</i>	**			Famiglia Euterpinidae			
<i>Clausocalanus paululus</i>	*	*	*	Famiglia Scolecitrichidae				<i>Euterpina acutifrons</i>	*	*	*
<i>Clausocalanus pergens</i>	*	*	*	<i>Scolecitrichella dentata</i>			*	Famiglia Miracidae			
<i>Clausocalanus</i> spp.	*	*	*	<i>Scolecithrix bradyi</i>	*		*	<i>Macrosetella gracilis</i>			**
<i>Ctenocalanus vanus</i>	*	*	*	<i>Scolecithrix danae</i>		*	*	Famiglia Peltydiidae			
Famiglia Euchaetidae				Famiglia Temoridae				<i>Clytemnestra scutellata</i>	*	*	*
<i>Euchaeta acuta</i>	*	*	*	<i>Temora stylifera</i>	*	*	*	<i>Goniopsyllus rostratus</i>	*	*	*
<i>Euchaeta</i> juv spp	*	*	*	Famiglia Corycaeiidae							
Famiglia Heterorhabdidae				<i>Corycaeus brehmi</i>	*	*	*				

Biomassa

Nella tabella seguente (**Tabella 55**) sono indicati i volumi di sedimentazione (dopo 24 h), espressi in ml, della componente oloplanctonica raccolta nella campagna I23. Le differenze apprezzabili nei volumi di sedimentazione, tra pescate orizzontali e verticali, sono essenzialmente riconducibili al differente volume di acqua filtrato dai retini, costantemente superiore nelle pescate orizzontali. I dati di biomassa ottenuti sono nettamente inferiori rispetto a quelli riscontrati nella maggior parte dei precedenti *Surveys* invernali; principali aspetti e conseguenti motivazioni di tali discrepanze sono stati discussi in dettaglio nella sezione riguardante la copepodofauna.

La biomassa riscontrata nei campionamenti orizzontali è inoltre quasi esclusivamente riconducibile alla componente a copepodi, per la mancanza di apprezzabili quantitativi di plancton gelatinoso, solitamente costituito da doliolidi e salpidi in tardo inverno. La distribuzione orizzontale dell'oloplancton risulta essere omogenea lungo la colonna nelle 5 stazioni di monitoraggio investigate, mentre in superficie i valori restituiti sono eterogenei, con picchi superficiali in prossimità di MG10 e minimi stagionali nel punto MG12.

Tabella 55 - 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)	I23 MG6	I23 MG7	I23 MG10	I23 MG12	I23 MG13	
OR	48	36	126	18	31,5	
50-0	6	9	7	11	9	
100-50	7	5	4	7,5	7	

Meroplancton

Nella campagna invernale I23 (**Tabella 56**) sono stati identificati 54 *taxa* appartenenti a 8 phyla di invertebrati: Mollusca, Annelida, Sipuncula, Nemertea, Arthropoda, Echinodermata Enteropneusta e Phoronidea. Si segnala l'identificazione di un nuovo *taxon*: la larva del polichete sedentario (Pectinariidae) *Lagis koreni*. Il totale delle larve di organismi meroplanctonici identificati nell'area di studio a partire dal 2012 sale a 216. Tra le larve presenti nella campagna I23 alcune di esse sono forme precoci indifferenziate riferibili ad alcuni tra i *phyla* sopraelencati, come nel caso del pilidium per i nemertini, la larva pelagosphaera dei sipunculidi, l'actinotroca dei foronidei, la tornaria degli enteropneusti e alcune forme indifferenziate di larve pluteus degli echinodermi come la bipinnaria e la brachiolaria degli asteroidi (stelle marine) e l'auricularia e la doliolaria degli oloturoidei (cetrioli di mare).

In merito al phylum Mollusca compaiono genericamente larve di Gastropoda e Bivalvia non identificate in quanto il loro riconoscimento specifico, salvo alcune eccezioni, non può essere realizzato esclusivamente con lo stereoscopio binoculare. Come in tutte le precedenti campagne fin qui realizzate numero di *taxa* è rappresentato dalle larve del *subphylum* Crustacea, ordine Decapoda (in particolare caridei e brachiuri) che, nell'area di studio, esprimono la maggiore biodiversità all'interno della frazione meroplanctonica dello zooplancton. Sono state infatti identificate, nelle cinque stazioni monitorate, 28 larve di crostacei decapodi (il 51,8% del totale dei *taxa* identificati). Confermata in

questo senso la percentuale della campagna invernale precedente I22. Seguono con 12 taxa le larve di policheti (22,2%), 7 quelle degli echinodermi (12,9%) e 2 dei molluschi (0,03%).

Le fasi larvali di crostacei decapodi sono situate, anche nella stagione invernale, in prevalenza in superficie, a pochi decimetri sotto il livello del mare. Questo aspetto, confermato in tutte le 4 stagioni investigate, sottolinea che, nelle ore notturne, il contingente a decapodi tende a migrare verso la superficie ove maggiore è la concentrazione di prede (in caso di larve planctofaghe) o, nel caso di specie erbivore o detritivore, di altre risorse trofiche disponibili. Nessuna larva di decapodi è stata infatti raccolta esclusivamente nelle fasce profonde della colonna d'acqua (-100 e - 50 m di profondità). Ciononostante, alcune specie, pur essendo presenti anche in superficie hanno spiccate affinità per il settore intermedio della colonna (compresa tra - 50 m e la superficie) e talvolta anche per quello più profondo. È il caso del carideo *Processa edulis edulis*, (max in MG13 tra - 100 e - 50 m = 2,2 ind/m³), del brachiuro *Liocarcinus* sp (max in I23 MG12 tra - 100 e - 50 m = 2,2 ind/m³) e dell'anomuro *Anapagurus breviaculeatus* assente nei campioni di superficie, ma concentrato in prevalenza tra - 50 e la superficie (max in I23 MG13 = 2,26 ind/m³) e tra - 100 e - 50 m (max in I23 MG13 = 1,76 ind/m³). Queste caratteristiche sono già state osservate in precedenti campagne di monitoraggio condotte in questo settore del basso Mar Ligure. Lo stock biocenotico a crostacei decapodi ricalca, dunque, quanto già descritto nelle precedenti campagne invernali: il 75% delle specie identificate in questa campagna, infatti, era presente anche in quella dell'inverno passato (campagna I22), consolidando l'ipotesi di una componente meroplanctonica a crostacei decapodi ben strutturata e non sottoposta a impatti locali di natura antropica.

I crostacei decapodi dominano nell'area indagata dal punto di vista della ricchezza in specie, mentre al punto di vista quantitativo contribuiscono soprattutto molluschi ed echinodermi. Le larve di gasteropodi e quelle di bivalvi, nelle loro fasi di accrescimento post veliger sono abbondanti nelle stazioni intermedie e profonde. Per le prime il valore maggiore è stato registrato in I23 MG10 tra - 100 e - 50 m (4,84 ind/m³), per le seconde in I23 MG12 sempre alla medesima profondità (5,72 ind/m³). Si tratta di un dato che può essere in parte correlato al periodo riproduttivo di molte specie di molluschi che, in questo settore del Mar Mediterraneo occidentale, ha in genere inizio alla fine di febbraio e si protrae fino alla tarda primavera. In un contesto climatico nel quale si assiste progressivamente all'incremento medio della temperatura superficiale del Mediterraneo è possibile che tale periodo possa coinvolgere anche mesi che in precedenza erano esclusi dal ciclo riproduttivo di molte specie a dispersione larvale.

Tra le larve di echinodermi il genere *Ophiura* (*Ophiura* sp) è il *taxon* maggiormente rappresentato (max in I23 MG13 tra - 50 e la superficie con 2,26 ind/m³) e tra - 100 e - 50 m (2,2 ind/m³), così come registrato nella campagna dell'inverno precedente.

Nel complesso la componente a echinodermi è anche in I23 ben rappresentata, in particolare da forme larvali che, durante la vita bentonica, prediligono substrati compatibili con quelli che contraddistinguono l'area di studio (fanghi del circolitorale profondo), ovvero ofiuroidei, oloturoidei e echinoidi irregolari come *Echinocardium* sp e *Spatangus purpureus*.

Nel complesso, dai risultati quali-quantitativi in merito al comparto meroplanctonico per la stagione I23 non emergono discontinuità tra la stazione di controllo I23 MG10 e le quattro stazioni di esercizio posizionate in prossimità del Terminale, così come non si registrano anomalie nella composizione della comunità, sovrapponibile a quelle delle stagioni invernali precedenti. Questi aspetti consentono, al momento, di escludere forme rilevanti di disturbo o impatto a carico della comunità meroplanctonica riconducibili al rigassificatore offshore

Tabella 56 – Meroplancton. O.le = orizzontale, 50-0 = campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100-50 = campionamento verticale da 100 a 50 metri. * presente in almeno un sub-campione, ** presente solo nell'osservazione *in toto*. La lista include specie determinate a fresco.

	O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50
MOLLUSCA				<i>Anapagurus breviaculeatus</i>	*	*		<i>Parasergestes vigilax</i>	*		
Gastropoda laevae ind.	*	*	*	<i>Aristeus antennatus</i>			*	<i>Philocheras bispinosus</i>	*	*	*
Bivalvia larvae ind.	*	*	*	<i>Athanas nitescens</i>	*	*	*	<i>Pirimela denticulata</i>	*	*	*
ANNELIDA				<i>Bathynectes longipes</i>	*			<i>Plesionika</i> sp	*	*	*
<i>Chaetopterus variopedatus</i>	*	*	*	<i>Ebalia cranchii</i>	*	*	*	<i>Processa edulis edulis</i>	*	*	*
<i>Lanice conchilega</i>	*		*	<i>Ebalia nux</i>	*	*		<i>Sergia robusta</i>		*	
<i>Owenia fusiformis</i>	*		*	<i>Ebalia tuberosa</i>	*	*	*	<i>Solenocera membranacea</i>	*		*
<i>Lagis koreni</i>			*	<i>Galathea intermedia</i>	*	*	*	ECHINODERMATA			
<i>Poecilochetus</i> sp		*	*	<i>Gennadas elegans</i> **	*	*	*	Auricularia ind.	*	*	
<i>Polygordius</i> sp	*	*	*	<i>Goneplax rhomboides</i>	*	*	*	Bipinnaria ind.	*	*	*
Phyllozoa ind.		*		<i>Jaxea nocturna</i>	*	*		Brachiolaria ind.	*	*	
Polynoidae ind.	*			<i>Liocarcinus</i> sp	*	*	*	Doliolaria ind.	*	*	*
Spionidae ind.	*	*	*	<i>Lucifer typus</i>	*			<i>Echinocardium</i> sp	*	*	*
Syllidae ind.	*			<i>Lysmata seticaudata</i>	*	*		<i>Ophiura</i> sp	*	*	*
Terebellidae ind.	*		*	<i>Maja</i> sp	*		*	<i>Spatangus purpureus</i>	*	*	*
Trocofora larvae ind.	*	*		<i>Monadaeus couchii</i>	*	*	*	LOPHOPHORATA			
NEMERTEA				<i>Pagurus</i> sp			*	Actinotroca larvae ind.	*	*	*
Pilidium larvae ind.	*		*	<i>Palicus caronii</i>	*			ENTEROPNEUSTA			
SIPUNCULA				<i>Palinurus elephas</i>	*			Tomaria larvae ind.	*	*	*
Pelagosphaera larvae ind.	*			<i>Parapenaeus longirostris</i>	*	*					
CRUSTACEA											
Cypris larvae ind.	*										
Decapoda											
<i>Alpheus glaber</i>	*		*								

** *Amalopenaeus elegans*

Ittioplancton

Il survey invernale (I23) condotto sulle fasi larvali dell'ittiofauna ha consentito la determinazione di 11 *taxa* appartenenti a 11 famiglie di pesci ossei o osteitti (**Tabella 57**). Il dato più rilevante del campione invernale, tra le specie ittioplanctoniche raccolte, è la dominanza, a livello quantitativo, delle larve del Clupeidae *Sardina pilchardus* (sardina).

Il risultato conferma, ancora una volta, la presenza di una comunità ittioplanctonica influenzata dalla stagionalità e definita dall'alternanza del ciclo riproduttivo di due specie chiave: *Engraulis encrasicolus* (acciuga) e *Sardina pilchardus* (sardina), dal rilevante valore ecologico, in quanto fonte di cibo per altre specie ittiche, e commerciale in quanto oggetto di intensa attività di pesca. L'osservazione di questo ciclo e la sua inalterata persistenza negli anni rappresentano un buon indicatore in merito all'assenza di impatto e stress ambientale nell'area di survey a carico della comunità ittioplanctonica. Tra le altre specie larvali dominanti, in particolare nei settori della colonna d'acqua più profondi, il Gonostomatidae *Cyclothone braueri* o boccatonda (max in I23 MG7 – 50 m superficie con 3,4 ind/m³ e in I23 MG10 tra – 100 m e – 50 m con 3,52 ind/m³). Le larve di specie abissali nel campione sono ricorrenti in tutte le stagioni: nell'inverno 23 per esempio figurano anche *Myctophum punctatum* (pesce lanterna puntato) e un cospicuo quantitativo di uova di *Maurolucus muelleri* (maurolico) (max in MG6 tra – 50 e la superficie con 5,65 uova/m³). La presenza di larve di pesci abissali in questo settore di piattaforma continentale è influenzata dall'idrologia locale (upwelling) favorendo la risalita di nutrienti da settori più profondi della piattaforma e della scarpata continentale distanti poche miglia nautiche dal luogo di raccolta. Se per il contingente di uova presenti non è possibile una distinzione a livello morfologico, le uova di *M. muelleri* a causa del loro caratteristico aspetto non si prestano a errori tassonomici nella determinazione e così come nell'inverno precedente anche nella campagna I23 sono una caratteristica dominante.

Presenti nello stock ittico larvale anche il pleuronectiforme *Arnoglossus laterna* (zanchetta o suacia), già segnalata per questa area del basso Mar Ligure e compatibile, durante la fase adulta, con la profondità e la tipologia di substrato che insistono nell'area di monitoraggio. Nel complesso il popolamento ittico larvale della stagione I23 è coerente e confrontabile con le precedenti raccolte invernali e non presenta alterazioni quali-quantitative della comunità riconducibili all'esercizio del rigassificatore offshore, ma la variabilità ittica larvale è associabile in prevalenza al fattore stagionale.

Tabella 57 – 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> .											
	O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50
BOTHIDAE				CLUPEIDAE				MICTOPHIDAE			
<i>Arnoglossus laterna</i>	*	*	*	<i>Sardina pilchardus</i>	*	*	*	<i>Myctophum punctatum</i>		*	*
CALLIONYMIDAE				GONOSTOMATIDAE				SPARIDAE			
<i>Callionymus maculatus</i>	*			<i>Cyclothone braueri</i>		*	*	<i>Diplodus</i> sp	*	*	
CARANGIDAE				GOBIIDAE				TRIGLIDAE			
<i>Trachurus trachurus</i>	*			Gobiidae ind.	*			<i>Lepidotrigla cavillone</i>		*	
CARAPIDAE				LOTIDAE				Uova <i>Maurolucus muelleri</i>	*	*	*
<i>Carapus acus</i>		*	*	<i>Gaidropsarus biscayensis</i>		*		Uova ind.	*	*	*

4.1.4 Saggi ecotossicologici

Nella **Tabella 58** sono riportati i parametri registrati nei campioni d'acqua testati.

Tabella 58 - Parametri registrati nei campioni d'acqua testati (inverno 2023).									
Campione	Prof. (m)	Salinità (‰)	pH	Ossigeno disciolto (mg/l)	Stazione	prof. (m)	Salinità (‰)	pH	Ossigeno disciolto (mg/l)
Controllo		38	8,17	7,29					
I23 MG3	0,5	38	8,17	6,75	I23 MG9	0,5	38	8,16	6,80
	12,5	38	8,17	6,81		12,5	38	8,17	6,73
	50	38	8,16	6,70		50	38	8,14	6,61
I23 MG5	0,5	38	8,15	6,84	I23 MG10	0,5	38	8,14	6,53
	12,5	38	8,16	7,02		12,5	38	8,15	6,86
	50	38	8,16	6,52		50	38	8,12	6,92
I23 MG6	0,5	38	8,15	6,73	I23 MG12	0,5	38	8,15	7,01
	12,5	38	8,18	6,66		12,5	38	8,16	6,69
	50	38	8,17	6,73		50	38	8,16	6,75
I23 MG7	0,5	38	8,15	6,80	I23 MG13	0,5	38	8,17	6,70
	12,5	38	8,15	6,65		12,5	38	8,14	6,85
	50	38	8,14	6,70		50	38	8,15	6,90

Vibrio fischeri

Nella **Tabella 59** risultati relativi al test di inibizione della bioluminescenza batterica di *V. fischeri*.

Tabella 59 - Risultati del test con il *V. fischeri* eseguito su campioni di acqua (incubazione 15', 30') prelevati a diverse profondità. EC20/50, max. effetto 15', max. effetto 30', espressi in %.

Campione	Prof. (m)	EC20	EC50	max. effetto 15'	max. effetto 30'	Campione	Prof. (m)	EC20	EC50	max. effetto 15'	max. effetto 30'
I23 MG3	0,5	≥90	>90	-6,51	-5,95	I23 MG9	0,5	≥90	>90	-3,01	-3,76
	12,5	≥90	>90	-6,08	-8,67		12,5	≥90	>90	-3,65	-11,15
	50	≥90	>90	-7,15	-5,83		50	≥90	>90	1,96	-7,99
I23 MG5	0,5	≥90	>90	-8,61	-5,98	I23 MG10	0,5	≥90	>90	-8,32	-7,00
	12,5	≥90	>90	-7,49	-6,11		12,5	≥90	>90	-3,88	-4,04
	50	≥90	>90	-5,11	-4,40		50	≥90	>90	-0,68	-0,64
I23 MG6	0,5	≥90	>90	-11,55	-10,41	I23 MG12	0,5	≥90	>90	-4,57	-4,89
	12,5	≥90	>90	3,81	4,68		12,5	≥90	>90	-3,08	-2,60
	50	≥90	>90	8,06	2,51		50	≥90	>90	-4,68	-3,62
I23 MG7	0,5	≥90	>90	8,68	5,31	I23 MG13	0,5	≥90	>90	-3,57	-4,50
	12,5	≥90	>90	9,13	4,48		12,5	≥90	>90	-2,82	-2,41
	50	≥90	>90	8,43	0,76		50	≥90	>90	-6,18	-5,40

QA-QC - Il test è stato effettuato con il lotto batterico n. BL11000 822 (scadenza 08/24) Il valore della EC50(15') = 10,46mg/l (LC= 7,08mg/l e UC=15,46mg/l) conseguito con la sostanza di riferimento ZnSO₄ · 7H₂O rientra nei limiti della carta di controllo del laboratorio.

Il test non rileva tossicità.

Pheodactylum tricorutum

Nella **Tabella 60** sono riportati i risultati del test d'inibizione della crescita algale (72 h) con *P. tricorutum*. I risultati sono espressi come la media ± DS del numero di cellule (n. di repliche/campione=3) e come EC20/50 %. In tabella è anche riportata la media ± DS del numero di cellule del controllo negativo rappresentato da acqua di mare naturale.

QA-QC - Il test con il tossico di riferimento (dicromato di potassio-come ione cromo) ha fornito il valore dell'EC50 =4,00 mg/l (L.C. 95%: 3,13 - 4,77), 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 nel metodo ISO 10253.

Tutti i campioni di acqua analizzati mostrano assenza di tossicità ad eccezione del campione MG9 prelevato a 12,5 metri di profondità in cui si osserva presenza di tossicità.

Tabella 60 - Risultati del test con *Phaeodactylum tricorutum* condotti sui campioni di acqua (incubazione 72 h) prelevati a diverse profondità (esprese in metri). EC20/50 (L.C. 95%) espressa in %.

Campione	Prof. (m)	EC20/50 %	Media N. cell. ± DS x 10 ⁵ /ml		Campione	Prof. (m)	EC20/50 %	Media N. cell. ± DS x 10 ⁵ /ml	
Controllo			7,28	± 0,80					
I23 MG3	0,5	≥90/>100	8,77	± 1,15	I23 MG9	0,5	≥90/>100	6,10	± 0,20
	12,5	≥90/>100	8,20	± 0,72		12,5	96,06/>100	5,60	± 0,44
	50	≥90/>100	8,27	± 0,45		50	≥90/>100	6,17	± 0,47
I23 MG5	0,5	≥90/>100	9,17	± 0,21	I23 MG10	0,5	≥90/>100	7,33	± 1,00
	12,5	≥90/>100	8,00	± 0,66		12,5	≥90/>100	7,07	± 0,21
	50	≥90/>100	8,53	± 0,21		50	≥90/>100	6,37	± 0,25
I23 MG6	0,5	≥90/>100	8,67	± 0,47	I23 MG12	0,5	≥90/>100	7,43	± 0,95
	12,5	≥90/>100	9,23	± 0,42		12,5	≥90/>100	7,40	± 0,44
	50	≥90/>100	8,30	± 1,40		50	≥90/>100	7,17	± 0,46
I23 MG7	0,5	≥90/>100	6,67	± 0,61	I23 MG13	0,5	≥90/>100	7,53	± 0,42
	12,5	≥90/>100	6,27	± 0,42		12,5	≥90/>100	7,00	± 0,62
	50	≥90/>100	6,70	± 0,46		50	≥90/>100	6,77	± 0,25

Paracentrotus lividus

QA-QC – Il test eseguito con la sostanza di riferimento ha fornito una EC₅₀ di 25,51 µg l⁻¹ di Cu (LC=24,14 e UC=26,96), che rientra nei limiti della carta di controllo del laboratorio. La percentuale media di embrioni allo stadio di pluteo (88 ± 0,58%) è risultata conforme, in quanto superiore al limite del 75% e inferiore al limite del 95%,

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

La maggior parte dei campioni risulta priva di tossicità. Indipendentemente dalla posizione delle stazioni di prelievo, si osserva tossicità nelle stazioni che presentano una EC 20<90% e una EC50>100.

Tabella 61- Risultati del test di embriotossicità (72 ore) con <i>P. lividus</i> e successiva stima della tossicità cronica.								
Campione/ Prof. (m)	Concentrazione (%) del campione	% media di plutei (± dev,st %)			% media di embrioni non sviluppati	Correzione ABBOTT (embrioni non sviluppati)	EC 20 (%)	EC 50 (%)
Controllo		88	±	0,58	12	0	-	-
I23 MG3/0,5	100	73	±	1,15	27	17		
	50	83	±	2,00	17	6	≥90	>100
	25	86	±	1,15	14	3		
I23MG3/12,5	100	53	±	1,53	47	40		
	50	80	±	2,00	20	9	69,9	>100
	25	84	±	1,15	16	5		
I23 MG3/50	100	55	±	1,15	45	37		
	50	79	±	1,53	21	11	67,3	>100
	25	84	±	1,53	16	5		
I23 MG5/0,5	100	79	±	1,53	21	11		
	50	84	±	1,15	16	5	≥90	>100
	25	86	±	1,15	14	3		
I23 MG5/12,5	100	66	±	1,53	34	26		
	50	78	±	1,53	22	12	77,9	>100
	25	85	±	1,53	15	3		
I23 MG5/50	100	46	±	1,15	54	48		
	50	61	±	2,08	39	31	37,8	>100
	25	80	±	1,53	20	9		
I23 MG6/0,5	100	82	±	1,53	18	8		
	50	85	±	1,53	15	4	≥90	>100
	25	87	±	0,58	13	2		
I23 MG6/12,5	100	80	±	1,53	20	10		
	50	84	±	1,53	16	5	≥90	>100
	25	86	±	1,15	14	3		
I23 MG6/50	100	74	±	2,00	26	16		
	50	82	±	1,53	18	8	≥90	>100
	25	85	±	1,53	15	4		
I23 MG7/0,5	100	65	±	1,15	35	27		
	50	79	±	1,53	21	11	77,7	>100
	25	86	±	1,15	14	3		
I23 MG7/12,5	100	81	±	1,53	19	9		
	50	84	±	2,00	16	5	≥90	>100
	25	86	±	1,53	14	3		
I23 MG7/50	100	77	±	0,58	23	13		
	50	84	±	2,08	16	5	≥90	>100
	25	86	±	1,00	14	3		
I23 MG9/0,5	100	76	±	1,53	24	14		
	50	84	±	1,53	16	5	≥90	>100
	25	85	±	1,53	15	3		
I23 MG9/12,5	100	66	±	0,58	34	26		
	50	78	±	1,53	22	11	79,1	>100
	25	85	±	1,15	15	3		

Tabella 61 - Risultati del test di embriotossicità (72 ore) con *P. lividus* e successiva stima della tossicità cronica.

Campione/ Prof. (m)	Concentrazione (%) del campione	% media di plutei (± dev,st %)		% media di embrioni non sviluppati	Correzione ABBOTT (embrioni non sviluppati)	EC 20 (%)	EC 50 (%)
I23 MG9/50	100	64	± 2,00	36	28	72,5	>100
	50	77	± 2,08	23	13		
	25	85	± 1,53	15	4		
I23 MG10/0,5	100	66	± 1,15	34	26	75,9	>100
	50	77	± 1,53	23	13		
	25	84	± 1,53	16	5		
I23 MG10/12,5	100	81	± 1,00	19	8	≥90	>100
	50	86	± 0,58	14	3		
	25	86	± 0,58	14	2		
I23 MG10/50	100	57	± 1,73	43	35	65,1	>100
	50	77	± 2,00	23	13		
	25	85	± 1,15	15	3		
I23 MG12/0,5	100	82	± 1,53	18	7	≥90	>100
	50	85	± 1,00	15	4		
	25	86	± 1,15	14	2		
I23 MG12/12,5	100	76	± 0,58	24	14	≥90	>100
	50	83	± 1,53	17	6		
	25	86	± 1,15	14	2		
I23 MG 12/50	100	80	± 1,73	20	9	≥90	>100
	50	83	± 2,08	17	6		
	25	86	± 1,00	14	3		
I23 MG13/0,5	100	71	± 1,00	29	20	≥90	>100
	50	82	± 1,53	18	8		
	25	85	± 1,53	15	3		
I23 MG13/12,5	100	81	± 1,53	19	8	≥90	>100
	50	86	± 0,58	14	3		
	25	86	± 1,00	14	3		
I23 MG13/50	100	80	± 1,53	20	9	≥90	>100
	50	85	± 1,15	15	3		
	25	87	± 0,58	13	2		

Acartia tonsa

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

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

Tabella 62 - Risultati relativi al saggio di tossicità acuta con *A. tonsa* e successiva stima della tossicità cronica. EC50 24h (L.C. 95%) con sostanza di riferimento $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} = 0,24 \text{ mg Ni}^{2+}/\text{L} (0,20-0,28)$.

Campione	Prof. (m)	Effetto alla massima concentrazione Naupli mobili ± dev.st (%)		Effetto alla massima concentrazione Naupli immobili ± dev.st (%)	
Controllo		100,00	± 0,00	0,00	± 0,00
I23 MG3	0,5	96,67	± 0,41	3,33	± 0,41
	12,5	96,67	± 0,41	3,33	± 0,41
	50	100,00	± 0,00	0,00	± 0,00
I23 MG5	0,5	100,00	± 0,00	0,00	± 0,00
	12,5	100,00	± 0,00	0,00	± 0,00
	50	96,67	± 0,41	3,33	± 0,41
I23 MG6	0,5	93,33	± 0,52	6,67	± 0,52
	12,5	100,00	± 0,00	0,00	± 0,00
	50	100,00	± 0,00	0,00	± 0,00
I23 MG7	0,5	96,67	± 0,41	3,33	± 0,41

Tabella 62 - Risultati relativi al saggio di tossicità acuta con *A. tonsa* e successiva stima della tossicità cronica. EC50 24h (L.C. 95%) con sostanza di riferimento NiCl₂*6H₂O = 0,24 mg Ni²⁺/L (0,20-0,28).

	12,5	93,33	±	0,52	6,67	±	0,52
	50	100,00	±	0,00	0,00	±	0,00
I23 MG9	0,5	100,00	±	0,00	0,00	±	0,00
	12,5	100,00	±	0,00	0,00	±	0,00
	50	96,67	±	0,41	3,33	±	0,41
I23 MG10	0,5	93,33	±	0,52	6,67	±	0,52
	12,5	100,00	±	0,00	0,00	±	0,00
	50	96,67	±	0,41	3,33	±	0,41
I23 MG12	0,5	100,00	±	0,00	0,00	±	0,00
	12,5	93,33	±	0,52	6,67	±	0,52
	50	96,67	±	0,41	3,33	±	0,41
I23 MG13	0,5	93,33	±	0,52	6,67	±	0,52
	12,5	93,33	±	0,52	6,67	±	0,52
	50	100,00	±	0,00	0,00	±	0,00

Tabella 63 - Risultati relativi al saggio di tossicità acuta con *A. tonsa*. EC50 48h (L.C. 95%) con sostanza di riferimento NiCl₂*6H₂O = 0,23 mg Ni²⁺/L (0,19-0,27)

	Effetto alla massima concentrazione Naupli mobili ± dev.st (%)			Effetto alla massima concentrazione Naupli immobili ± dev.st (%)			
Controllo	100,00	±	0,00	6,67	±	0,52	
I23 MG3	0,5	96,67	±	0,58	3,33	±	0,58
	12,5	96,67	±	0,58	3,33	±	0,58
	50	93,33	±	0,58	6,67	±	0,58
I23 MG5	0,5	100,00	±	0,00	0,00	±	0,00
	12,5	100,00	±	0,00	0,00	±	0,00
	50	96,67	±	0,58	3,33	±	0,58
I23 MG6	0,5	90,00	±	1,00	10,00	±	1,00
	12,5	96,67	±	0,58	3,33	±	0,58
	50	100,00	±	0,00	0,00	±	0,00
I23 MG7	0,5	93,33	±	0,58	6,67	±	0,58
	12,5	93,33	±	0,58	6,67	±	0,58
	50	100,00	±	0,00	0,00	±	0,00
I23 MG9	0,5	96,67	±	0,58	3,33	±	0,58
	12,5	100,00	±	0,00	0,00	±	0,00
	50	93,33	±	0,58	6,67	±	0,58
I23 MG10	0,5	93,33	±	0,58	6,67	±	0,58
	12,5	100,00	±	0,00	0,00	±	0,00
	50	93,33	±	0,58	6,67	±	0,58
I23 MG12	0,5	96,67	±	0,58	3,33	±	0,58
	12,5	90,00	±	1,00	10,00	±	1,00
	50	93,33	±	0,58	6,67	±	0,58
I23 MG13	0,5	93,33	±	0,58	6,67	±	0,58
	12,5	90,00	±	0,00	10,00	±	0,00
	50	100,00	±	0,00	0,00	±	0,00

4.2 Biota

4.2.1 Macrozoobenthos

Il monitoraggio di FSRU Toscana condotto nell'inverno 2023 ha portato alla raccolta e determinazione di 10721 organismi appartenenti a 176 specie comprendenti anellidi (policheti), molluschi, artropodi (crostacei), sipunculidi, echinodermi e nemertini.

Tabella 1- Lista delle specie rinvenute nell'inverno (I23)

Annelida		
<i>Abyssoninoe hibernica</i> (McIntosh, 1903)	<i>Fauveliopsis</i> sp.	<i>Nothria conchylega</i> (M. Sars, 1835)
<i>Amage adspersa</i> (Grube, 1863)	<i>Galathowenia oculata</i> Zachs, 1923	<i>Notomastus profundus</i> (Eisig, 1887)
<i>Ampharete acutifrons</i> (Grube, 1860)	<i>Gallardonis iberica</i> Martins, Carrera-Parra, Quintino & Rodrigues, 2012	<i>Ophelina abranchiata</i> Støp-Bowitz, 1948
<i>Amphiteis gunneri</i> (M. Sars, 1835)	<i>Glyceria alba</i> (O.F. Müller, 1776)	<i>Oxydromus flexuosus</i> (Delle Chiaje, 1827)
<i>Anobothrus gracilis</i> (Malmgren, 1866)	<i>Glyceria tessellata</i> Grube, 1863	<i>Paradiopatra calliopae</i> Arvanitidis & Koukouras, 1997
<i>Aphelochaeta marioni</i> (Saint-Joseph, 1894)	<i>Glyceria unicornis</i> Lamarck, 1818	<i>Paradiopatra lepta</i> (Chamberlin, 1919)
<i>Apistobranthus tullbergi</i> (Théel, 1879)	<i>Harmothoe</i> sp.	<i>Paralacydonia paradoxa</i> Fauvel, 1913
<i>Aponuphis bilineata</i> (Baird, 1870)	<i>Heteromastus filiformis</i> (Claparède, 1864)	<i>Paucibranchia bellii</i> (Audouin & Milne Edwards, 1833)
<i>Aponuphis brementi</i> (Fauvel, 1916)	<i>Heterospio mediterranea</i> Laubier, Picard & Ramos, 1972	<i>Phyllodoce</i> sp.
<i>Aricidea assimilis</i> Tebble, 1959	<i>Hyalinoecia tubicola</i> (O. F. Müller, 1776)	<i>Pilargis verrucosa</i> (Saint-Joseph, 1899)
<i>Aricidea claudiae</i> Laubier, 1967	<i>Kirkegaardia heterochaeta</i> (Laubier, 1961)	<i>Poecilochaetus fauchaldi</i> Pilato & Cantone, 1976
<i>Aricidea mariannae</i> Katzmann & Laubier, 1975	<i>Lagis koreni</i> (Malmgren, 1866)	<i>Polycirrus</i> sp.
<i>Aricidea monicae</i> Laubier, 1967	<i>Laonice grimaldii</i> Sikorski, Nygren & Mikac, in Sikorski et al. 2021	<i>Polygordius</i> sp.
<i>Auchenoplax crinita</i> Ehlers, 1887	<i>Leiocapitella dollfusi</i> (Fauvel, 1936)	<i>Praxillella gracilis</i> (M. Sars, 1861)
<i>Chaetozone carpenteri</i> McIntosh, 1911	<i>Levinsenia demirii</i> Çinar, Dagli & Acik, 2011	<i>Prionospio ehlersi</i> Fauvel, 1928
<i>Chaetozone setosa</i> Malmgren, 1867	<i>Levinsenia gracilis</i> (Tauber, 1879)	<i>Prionospio fallax</i> Soderstrom, 1920
<i>Chirimia biceps</i> (M. Sars, 1861)	<i>Levinsenia kosswigi</i> Çinar, Dagli & Acik, 2011	<i>Prionospio</i> sp.
<i>Chloeia venusta</i> Quatrefages, 1865	<i>Lumbrineris luciliae</i> Martins, Carrera-Parra, Quintino & Rodrigues, 2012	<i>Scalibregma inflatum</i> Rathke, 1843
<i>Cirratulidae ind.</i>	<i>Lumbrineris</i> sp.	<i>Schistomeringos rudolphi</i> (Delle Chiaje, 1828)
<i>Cossura soyeri</i> Laubier, 1962	<i>Lysidice unicornis</i> (Grube, 1840)	<i>Sigambra tentaculata</i> (Treadwell, 1941)
<i>Dasybranchus caducus</i> (Grube, 1846)	<i>Maldane glebifex</i> Grube, 1860	<i>Spio multioculata</i> (Rioja, 1918)
<i>Dialychone dunerificta</i> Tovar Hernandez, Licciano & Giangrande, 2007	<i>Marphysa sanguinea</i> (Montagu, 1813)	<i>Spiochaetopterus costarum</i> (Claparède, 1869)
<i>Diplocirrus glaucus</i> (Malmgren, 1867)	<i>Melinna palmata</i> Grube, 1860	<i>Spiophanes kroyeri</i> Grube, 1860
<i>Drilonereis filum</i> (Claparède, 1868)	<i>Metasychis gotoi</i> (Izuka, 1902)	<i>Sternaspis scutata</i> (Ranzani, 1817)
<i>Euclymene lombricoides</i> (Quatrefages, 1866)	<i>Nephtys hystrix</i> Mc Intosh, 1900	<i>Syllis amica</i> Quatrefages, 1866
<i>Euclymene oerstedii</i> (Claparède, 1863)	<i>Nephtys incisa</i> Malmgren, 1865	<i>Syllis parapari</i> San Martín & López, 2000
<i>Eumida sanguinea</i> (Örsted, 1843)	<i>Nereiphylla castanea</i> (Marenzeller, 1879)	<i>Syllis</i> sp.
<i>Eunice vittata</i> (Delle Chiaje, 1828)	<i>Ninoe armoricana</i> Glémarec, 1968	<i>Terebellides mediterranea</i> Parapar, Mikac & Fiege, 2013
Arthropoda		
<i>Akanthophoreus gracilis</i> (Krøyer, 1842)	<i>Gnathia oxyraea</i> (Lilljeborg, 1855)	<i>Metaphoxus simplex</i> Bate, 1857
<i>Alpheus glaber</i> (Olivi, 1792)	<i>Goneplax rhomboides</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Paraphoxus oculatus</i> (G.O. Sars, 1879)
<i>Ampelisca</i> sp.	<i>Haploops dellavallei</i> Chevreux, 1900	<i>Pardaliscella boeckii</i> (Malm, 1870)
<i>Anapagurus</i> sp.	<i>Haploops nirae</i> Kaim Malka, 1976	<i>Perioculodes longimanus</i> (Bate & Westwood, 1868)
<i>Araphura brevismanus</i> (Lilljeborg, 1864)	<i>Harpinia antennaria</i> Meinert, 1890	<i>Photis longicaudata</i> (Bate & Westwood, 1862)
<i>Campylaspis macrophthalma</i> Sars, 1879	<i>Harpinia crenulata</i> (Boeck, 1871)	<i>Phtisica marina</i> Slabber, 1769
<i>Carangoliopsis spinulosa</i> Ledoyer, 1970	<i>Harpinia dellavallei</i> Chevreux, 1910	<i>Pilumnus spinifer</i> H. Milne-Edwards, 1834
<i>Collettea cylindrata</i> (Sars, 1882)	<i>Hippomedon bidentatus</i> Chevreux, 1903	<i>Processa macrophthalma</i> Nouvel & Holthuis, 1957
<i>Desmosoma</i> sp.	<i>Hippomedon massiliensis</i> bellan-Santini, 1965	<i>Processa nouveli</i> Al-Adhub & Williamson, 1975
<i>Diastylis cornuta</i> (Boeck, 1864)	<i>Jaxea nocturna</i> Nardo, 1847	<i>Pseudotanaïs</i> sp.
<i>Eudorella nana</i> Sars, 1879	<i>Kupellonura mediterranea</i> Barnard, 1925	<i>Tmetonyx similis</i> (G.O. Sars, 1891)
<i>Eurydice spinigera</i> Hansen, 1890	<i>Leucon (Epileucon) longirostris</i> Sars, 1871	<i>Tuberapseudes echinatus</i> (Sars, 1882)
<i>Eurynome aspera</i> (Pennant, 1777)	<i>Maera grossimana</i> (Montagu, 1808)	<i>Upogebia deltaura</i> (Leach, 1815)
<i>Gammaropsis maculata</i> (Johnston, 1827)	<i>Medicorophium rotundirostre</i> (Stephensen, 1915)	<i>Urothoe elegans</i> (Costa, 1853)

Tabella 1- Lista delle specie rinvenute nell'inverno (I23)		
Echinodermata		
<i>Amphipholis squamata</i> (Delle Chiaje, 1828)	<i>Astropecten</i> sp.	<i>Ophiothrix quinquemaculata</i> Müller-Troschel, 1842
<i>Amphiura chiajei</i> Forbes, 1843	<i>Neocucumis marionii</i> (Marenzeller von, 1877)	<i>Ophiura albida</i> Forbes, 1839
<i>Amphiura filiformis</i> (O. F. Müller, 1776)	<i>Oestergrenia digitata</i> (Montagu, 1815)	
Mollusca		
<i>Abra longicallus</i> (Scacchi, 1834)	<i>Hyala vitrea</i> (Montagu, 1803)	<i>Papillicardium papillosum</i> (Poli, 1791)
<i>Abra nitida</i> (O.F. Muller, 1776)	<i>Kelliella abyssicola</i> (Forbes, 1844)	<i>Parvicardium exiguum</i> (Gmelin, 1791)
<i>Abra prismatica</i> (Montagu, 1808)	<i>Kurtiella bidentata</i> (Montagu, 1803)	<i>Poromya granulata</i> (Nyst & Westendorp, 1839)
<i>Anomia ephippium</i> Linnaeus, 1758	<i>Lembulus pella</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Prochaetoderma raduliferum</i> (Kowalevsky, 1901)
<i>Antalis inaequicostata</i> (Dautzenberg, 1891)	<i>Lentidium mediterraneum</i> (O. G. Costa, 1830)	<i>Saccella commutata</i> (Philippi, 1844)
<i>Batharca pectunculoides</i> (Scacchi, 1834)	<i>Menticula ferruginosa</i> (Forbes, 1844)	<i>Striarca lactea</i> (Linnaeus, 1758)
<i>Cardiomya costellata</i> (Deshayes, 1835)	<i>Myrtea spinifera</i> (Montagu, 1803)	<i>Thyasira alleni</i> Carozza, 1981
<i>Clathrella clathrata</i> (Philippi, 1844)	<i>Neopycnodonte cochlear</i> (Poli, 1795)	<i>Thyasira biplicata</i> (Philippi, 1836)
<i>Cuspidaria rostrata</i> (Olivi, 1792)	<i>Nucula nitidosa</i> Winckworth, 1930	<i>Thyasira granulosa</i> (Monterosato, 1874)
<i>Cylichna cylindracea</i> (Pennant, 1777)	<i>Nucula sulcata</i> (Bronn, 1831)	<i>Timoclea ovata</i> (Pennant, 1777)
<i>Ennucula aegeensis</i> (Forbes, 1844)	<i>Papillicardium minimum</i> (Philippi, 1836)	<i>Tropidomya abbreviata</i> (Forbes, 1843)
<i>Falcidens guttuosus</i> (Kowalevsky, 1901)		
Sipuncula		
<i>Aspidosiphon muelleri muelleri</i> Diesing, 1851	<i>Golfingia (Golfingia) vulgaris vulgaris</i> (Blainville, 1827)	<i>Onchnesoma steenstrupii steenstrupii</i> Koren & Danilssen, 1876
<i>Golfingia (Golfingia) elongata</i> (Keferstein, 1862)	<i>Nephasoma diaphanes</i> (Gerould, 1913)	<i>Phascalion (Phascalion) strombus strombus</i> (Montagu, 1804)
Nemertea ind.		

Gli anellidi policheti, sono il gruppo dominante con 8237 individui e rappresentano il 76,7% dell'abbondanza totale. Gli artropodi (crostacei) ed i molluschi essendo secondi e terzi in ordine di abbondanza, costituiscono il 10,5 e il 9,4% con 1132 e 1006 individui rispettivamente. I sipunculidi rappresentano il 2,6% dell'abbondanza totale con 282 organismi. Gli echinodermi (59 individui) costituiscono appena lo 0,5% (Figura 16) del panorama faunistico. I nemertini costituiscono lo 0,2% in termini di numero di organismi con 23 individui.

Per quanto riguarda la ripartizione del numero di specie tra gruppi, gli anellidi policheti si confermano il taxon dominante fornendo quasi la metà delle specie campionate (84 specie). I Crostacei e Molluschi sono presenti con un numero di specie abbastanza simile che costituisce rispettivamente il 24% ed il 19% delle specie totali con 42 e 34 specie.

Gli echinodermi e i sipunculidi, in termini di numero di specie, ammontano al 5% e al 3% del panorama faunistico con 8 e 6 specie.

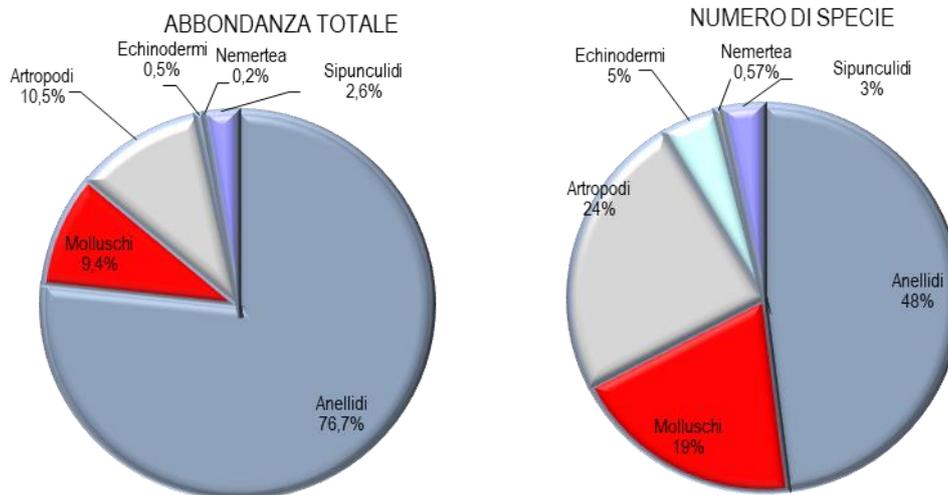


Figura 36 - Ripartizione dell'abbondanza totale e del numero di specie tra i principali taxa rinvenuti nell'Inverno 2023.

Come già evidenziato ai policheti appartengono le specie rinvenute con il maggior numero di individui. Tra le prime quattro specie che dominano il popolamento, tre sono specie di policheti e rappresentano oltre la metà dell'abbondanza totale con 5506 individui sugli 8237 complessivamente rinvenuti (66,84%).

La specie *Levinsenia demiri* (4528 individui) è in assoluto il polichete più abbondante e da solo rappresenta il 42,23% dell'abbondanza totale. Sempre tra i policheti *Kirkegaardia heterochaeta* seconda in ordine di abbondanza (637 individui), fornisce il 5,94% di contributo seguita da *Paradiopatra lepta* (341 individui) che apporta un contributo di circa 3,18% (Figura 37). Il crostaceo anfipode *Carangoliopsis spinulosa* è la terza specie in ordine di abbondanza, con 356 individui, superando di poco il 3,32% di contributo. Questo risultato, conferma quanto emerso dalla fase di "bianco", e dimostra che, l'area è caratterizzata da un panorama faunistico dominato da poche specie molto abbondanti associate ad un elevato numero di specie che risultano presenti con un numero molto basso di individui. In conclusione, nel popolamento bentonico, le 12 specie più abbondanti contribuiscono all'abbondanza totale per il 70% essendo molto frequentemente presenti mentre il 13,63% delle specie campionate è scarsamente abbondante, essendo presente con un solo individuo in tutto il data set dell'inverno 2023. Le specie rinvenute, pertanto, hanno un numero variabile di individui che oscilla da un minimo di 137 organismi appartenenti alla specie *Harpinia dellavallei*, Artropode Crostaceo che costituisce l'1,28% dell'abbondanza totale, fino ad un massimo di 4528 individui appartenenti alla già citata *Levinsenia demiri* (anellide polichete).

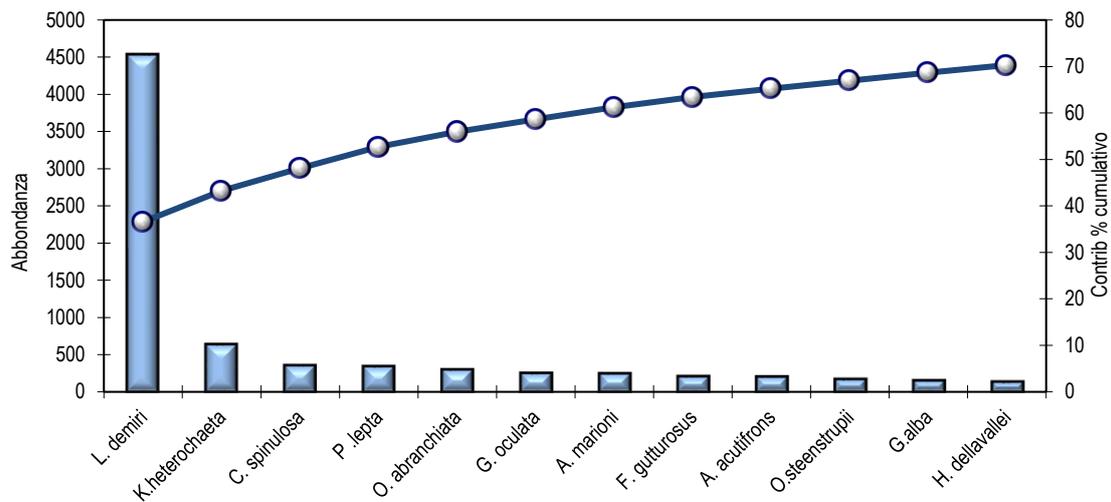


Figura 37 - Abbondanza totale e contributo percentuale cumulativo delle specie dominanti nel campionamento dell'inverno 2023 (I23).

Le specie dominanti e diffuse, conferiscono alle stazioni una similarità interna piuttosto elevata mai inferiore al 69% e con un picco in I23 MG 6 pari a 80,49 %. Una similarità elevata interna alle stazioni è stata osservata anche in I23 MG13 (80,20%) e I23 MG 4 (80,04%).

La specie *Levinsenia demiri* dà il contributo maggiore alla similarità in tutte le stazioni. Tale contributo spesso supera il 50% (I23 MG1, I23 MG4, I23 MG6, I23 MG8, I23 MG9, I23 MG13 e I23MG14), raggiungendo un picco in I23 MG4 in cui la similarità spiegata da *L. demiri* è pari a 59,37%. Nelle stazioni I23 MG2, I23 MG11 e I23 MG12 il contributo è inferiore al 40% con il valore minimo presso la stazione I23 MG2 (26,35%).

La seconda specie che determina la similarità è in nove casi su dodici *Kirkegaardia heterochaeta*. Tuttavia, l'apporto conferito da questa specie alla similarità è basso e, soltanto nel caso della stazione I23 MG12, supera il 10% (12,43%).

Le specie che assieme alle due sopra citate contribuiscono maggiormente alla similarità sono il crostaceo anfipode *Carangoliopsis spinulosa* e il polichete *Paradiopatra lepta* rispettivamente in due e in un caso su dodici. Il contributo che apportano alla similarità ha percentuali decisamente basse che non superano il 7,5% (valore più elevato raggiunto da *Carangoliopsis spinulosa* in MG2).

Il polichete *Levinsenia demiri* con la sua distribuzione eterogenea, spiega anche la disposizione delle differenti stazioni nel piano di ordinamento ottenuto dal non-Metric Multidimensional Scaling (n-MDS): da sinistra andando verso destra, infatti, le stazioni presentano un gradiente crescente di abbondanza di questa specie (Figura 38). A seguire anche *Kirkegaardia heterochaeta* e *Ophelina abranchiata* contribuiscono a tale pattern risultando più abbondanti in parte delle stazioni vicine al Terminale I23 MG6, I23 MG13 e I23 MG12.

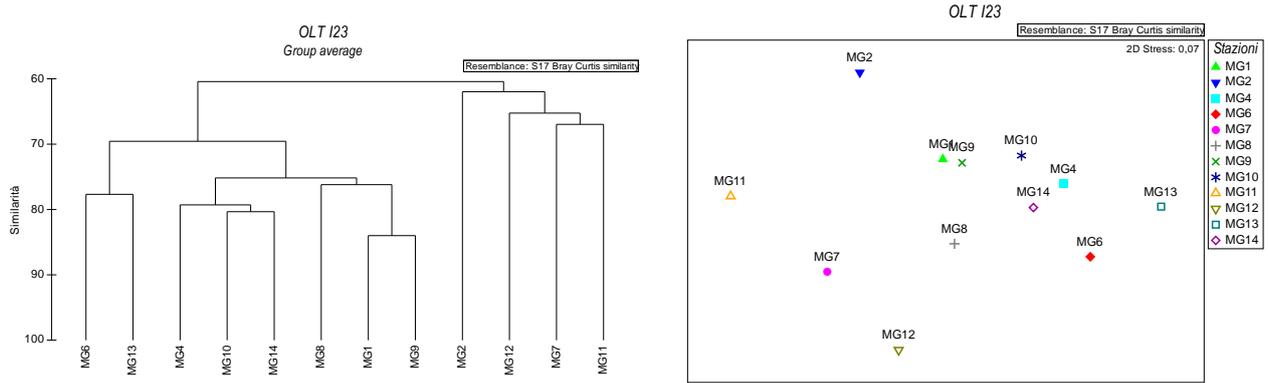


Figura 38 - A sinistra risultati della cluster analysis (group average); a destra piano di ordinamento ottenuto dal n-MDS, per il monitoraggio effettuato nell'inverno 2023 (I23). La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Bray-Curtis.

Anche dal punto di vista strutturale il popolamento macrobentonico secondo gli indici calcolati ha valori piuttosto variabili da stazione a stazione. Il numero di specie medio ($48,50 \pm 5,66$), ottenuto dopo il calcolo della media tra repliche, varia tra $41,75 \pm 5,74$ minimo rilevato in I23 MG9 e $56,5 \pm 3,16$, massimo osservato in I23 MG13.

Le stazioni I23 MG2, I23 MG 6, I23 MG 7, I23 MG10 I23 MG12, e I23 MG13, hanno un numero medio di specie più alto rispetto alla media totale. In totale il numero di specie rilevato complessivamente nelle quattro stazioni più vicine all'FSRU è pari a 144, e di esse 32 sono esclusive, ovvero non sono state rilevate nelle stazioni a distanza intermedia dal Terminale e nei controlli più distanti da esso. Il numero totale di specie rilevato nelle stazioni (controlli) più distanti da FSRU Toscana (I23 MG1, I23 MG2, I23 MG9, I23 MG10) è 123 (di cui 20 esclusive), mentre le specie rinvenute nelle stazioni intermedie (I23 MG4, I23 MG8, I23 MG11, I23 MG14) sono 108, di cui soltanto 6 esclusive. L'abbondanza media di individui delle stazioni ha il suo massimo in I23 MG13 ($341,25 \pm 9,98$) ed il suo valore minimo in I23 MG11 ($145 \pm 20,31$). Nel complesso il numero medio di organismi ha una elevata variabilità tra stazioni, oscillando intorno al valore medio calcolato di $223,35 \pm 54$.

La ricchezza specifica di Margalef (d) mostra il suo minimo in I23 MG14 ($7,52 \pm 0,43$) ed il massimo in I23 MG2 ($10,05 \pm 0,60$) con una media complessiva di $8,83 \pm 0,95$. Le stazioni I23 MG2, I23 MG6 I23MG7, I23MG10, I23 MG12, I23 MG13 hanno una diversità specifica maggiore rispetto al valore medio, le altre 6 hanno una diversità inferiore alla media (I23 MG1 I23 MG4 I23 MG8, I23 MG11). In questo caso 3 delle 4 stazioni vicino al Terminale (I23 MG6, I23 MG7, I23 MG12) hanno una diversità più elevata rispetto ai valori medi e a parte dei controlli.

La diversità di Shannon-Weaver (H') ha il valore più elevato presso la stazione I23 MG2 ($4,79 \pm 0,29$) ed il suo minimo in I23 MG4 ($3,36 \pm 0,34$) con valori nelle altre stazioni che sono molto simili alla media generale ($3,95 \pm 0,45$). Infine, l'indice di equitabilità di Pielou (J) oscilla tra $0,83 \pm 0,03$ (I23 MG2) e $0,59 \pm 0,03$ (I23 MG13) con un valore medio di $0,71 \pm 0,08$. Le stazioni presso il Terminale hanno un valore di equitabilità di Pielou che oscilla intorno alla media senza un trend ben individuabile.

Confrontano le medie ottenute raggruppando le stazioni in ragione della loro distanza dal Terminale si osserva che il valore maggiore per la Ricchezza specifica di Margalef (d) è stato rilevato in corrispondenza di FSRU Toscana anche se i valori medi per tale indice sono molto simili a quelli ottenuti raggruppando le stazioni intermedie, ma superiori rispetto a quelli delle stazioni di controllo. Quindi nessun dato indica che presso il Terminale ci siano condizioni che comportano impoverimento del popolamento macrozoobentonico.

Tabella 64 – Indici strutturali ($\pm DS$) relativi al popolamento macrobentonico. Numero di taxa (S), Numero di individui (N), Ricchezza specifica di Margalef (d), Diversità specifica di Shannon-Weaver (H'), Equitabilità di Pielou (J). MG6, MG7, MG12, MG13: stazioni a 100 m dal Terminale) Valori medi per stazione riferiti all'inverno 2023 (I23).

Stazioni	S		N		d		H'(log ₂)		J	
I23 MG1	46,00	$\pm 3,56$	204,00	$\pm 13,04$	8,47	$\pm 0,73$	3,87	$\pm 0,11$	0,70	$\pm 0,02$
I23 MG2	53,75	$\pm 2,75$	192,25	$\pm 36,46$	10,05	$\pm 0,60$	4,79	$\pm 0,20$	0,83	$\pm 0,03$
I23 MG4	42,75	$\pm 3,37$	243,50	$\pm 8,22$	7,58	$\pm 0,65$	3,36	$\pm 0,16$	0,62	$\pm 0,03$
I23 MG6	55,50	$\pm 6,06$	288,50	$\pm 20,02$	9,62	$\pm 1,09$	3,59	$\pm 0,27$	0,62	$\pm 0,03$
I23 MG7	51,50	$\pm 5,45$	168,00	$\pm 43,97$	9,87	$\pm 0,93$	4,27	$\pm 0,32$	0,75	$\pm 0,04$
I23 MG8	46,00	$\pm 2,58$	205,25	$\pm 33,36$	8,45	$\pm 0,43$	3,92	$\pm 0,07$	0,71	$\pm 0,01$
I23 MG9	41,75	$\pm 5,74$	201,50	$\pm 21,22$	7,68	$\pm 1,14$	3,68	$\pm 0,29$	0,68	$\pm 0,03$
I23 MG10	51,25	$\pm 8,50$	260,50	$\pm 34,46$	9,05	$\pm 1,36$	4,01	$\pm 0,34$	0,71	$\pm 0,04$
I23 MG11	42,00	$\pm 2,52$	145,75	$\pm 20,31$	8,23	$\pm 0,37$	4,38	$\pm 0,04$	0,81	$\pm 0,01$
I23 MG12	53,00	$\pm 2,08$	195,25	$\pm 19,20$	9,86	$\pm 0,48$	4,49	$\pm 0,12$	0,78	$\pm 0,03$
I23 MG13	56,50	$\pm 3,16$	341,25	$\pm 9,98$	9,53	$\pm 0,60$	3,44	$\pm 0,22$	0,59	$\pm 0,03$
I23 MG14	42,00	$\pm 4,11$	234,50	$\pm 18,52$	7,52	$\pm 0,73$	3,61	$\pm 0,18$	0,67	$\pm 0,04$

4.2.2 Meiobenthos

Dati delle singole stazioni

Il sedimento della stazione I23 MG1 è costituito da sabbia fine mista a silt. La comunità meiobentonica è costituita da otto gruppi tassonomici, con una densità complessiva pari a $158,3 \pm 146,6$ ind./10 cm². Il taxon numericamente più abbondante è quello dei Nematodi, che raggiungono l'81,4 % della meiofauna totale ($128,9 \pm 124,8$ ind./10 cm²), seguiti a distanza dai Copepodi ($11,8 \pm 8,6$ ind./10 cm²; 7,4%), dai Policheti ($9,3 \pm 6,4$ ind./10 cm²; 5,9%) e dai Nauplii ($5,5 \pm 6,8$ ind./10 cm²; 3,5%; **Figura 39**). I restanti quattro taxa, raggruppati nella categoria "Altri", costituiscono l'1,9% della biocenosi ($2,9 \pm 4,0$ ind./10 cm²). I valori degli indici di ricchezza di Margalef e di diversità di Shannon-Wiener sono inferiori alla media calcolata per l'intera area, mentre l'equitabilità di Pielou risulta pari ad essa (**Tabella 67**).

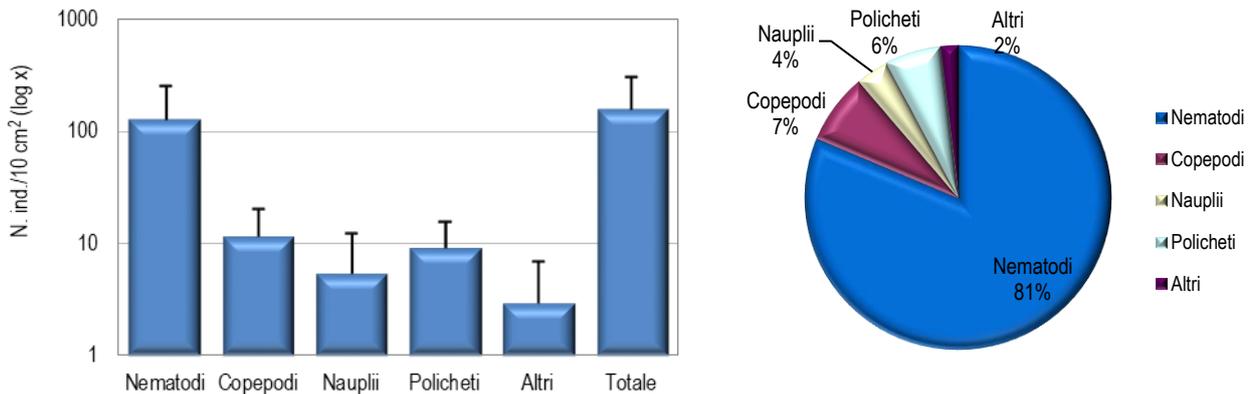


Figura 39 - Stazione I23 MG1. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Tabella 65 - Struttura della comunità meiobentonica nelle stazioni I23 MG1, I23 MG2, I23 MG4, I23 MG6, I23 MG7, I23 MG8. Densità media (\pm DS) (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. L'abbondanza relativa (%) dei singoli taxa è stata calcolata in relazione alla densità totale.

	I23 MG1		I23 MG2		I23 MG4		I23 MG6		I23 MG7		I23 MG8	
	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%
Nematodi	128,9 \pm 124,8	81,4	66,1 \pm 67,6	62,8	64,4 \pm 42,0	85,5	99,4 \pm 64,7	68,6	88,0 \pm 46,5	70,8	101,1 \pm 122,8	61,5
Copepodi	11,8 \pm 8,6	7,4	13,5 \pm 15,8	12,8	2,9 \pm 4,8	3,9	22,3 \pm 22,7	15,4	14,7 \pm 14,1	11,9	19,0 \pm 22,7	11,5
Nauplii	5,5 \pm 6,8	3,5	9,3 \pm 10,7	8,8	1,3 \pm 1,6	1,7	6,3 \pm 5,9	4,4	1,3 \pm 1,6	1,0	8,0 \pm 9,3	4,9
Policheti	9,3 \pm 6,4	5,9	8,4 \pm 7,9	8,0	5,5 \pm 3,7	7,3	13,9 \pm 9,4	9,6	15,2 \pm 5,3	12,2	29,5 \pm 18,9	17,9
Chinorinchi	-	-	3,8 \pm 3,7	3,6	-	-	-	-	2,1 \pm 3,2	1,7	1,7 \pm 1,9	1,0
Ostracodi	1,7 \pm 2,4	1,1	2,1 \pm 2,5	2,0	-	-	0,8 \pm 1,7	0,6	1,3 \pm 2,5	1,0	3,4 \pm 4,1	2,1
Anfipodi	0,4 \pm 0,8	0,3	0,4 \pm 0,8	0,4	0,4 \pm 0,8	0,6	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,3
Idrozoi	0,4 \pm 0,8	0,3	1,3 \pm 2,5	1,2	-	-	-	-	-	-	-	-
Isopodi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bivalvi	0,4 \pm 0,8	0,3	0,4 \pm 0,8	0,4	-	-	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,3
Caudofoveati	-	-	-	-	-	-	0,8 \pm 1,7	0,6	0,4 \pm 0,8	0,3	-	-
Nemertini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Acari	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,6	0,4 \pm 0,8	0,3	-	-	0,4 \pm 0,8	0,3
Tanaidacei	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,6	0,8 \pm 1,0	0,6	0,8 \pm 1,7	0,7	0,4 \pm 0,8	0,3
Cumacei	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Priapulidi	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,3	-	-
Altri (Σ Chino-Priap)	2,9 \pm 4,0	1,9	8,0 \pm 9,3	7,6	1,3 \pm 1,6	1,7	2,9 \pm 2,5	2,0	5,1 \pm 9,0	4,1	6,7 \pm 7,9	4,1
Meiofauna totale	158,3 \pm 146,6	-	105,3 \pm 108,4	-	75,4 \pm 51,2	-	144,9 \pm 101,3	-	124,2 \pm 67,4	-	164,2 \pm 168,9	-

La stazione I23 MG2, caratterizzata da un sedimento sabbioso fine con silt e detrito vegetale, presenta una comunità meiobentonica costituita da nove taxa principali, per un popolamento complessivo pari a $105,3 \pm 108,4$ ind./10 cm². Sebbene meno abbondanti rispetto ad altri siti, dominano i Nematodi, che raggiungono il 62,8% della biocenosi, con una densità di $66,1 \pm 67,6$ ind./10 cm². Seguono i Copepodi ($13,5 \pm 15,8$ cm²; 12,8%), i Nauplii ($9,3 \pm 10,7$ ind./10 cm²; 8,8%) e i Policheti ($8,4 \pm 7,9$ ind./10 cm²; 8,0%). I rimanenti cinque taxa rappresentano il 7,6% della biocenosi ("Altri": $8,0 \pm 9,3$ ind./10 cm²). Di questi, Chinorinchi, Ostracodi e Idrozoi raggiungono l'1,0% del totale (**Tabella 65; Figura 40**). I valori degli indici strutturali risultano superiori alla media calcolata per l'area (**Tabella 67**).

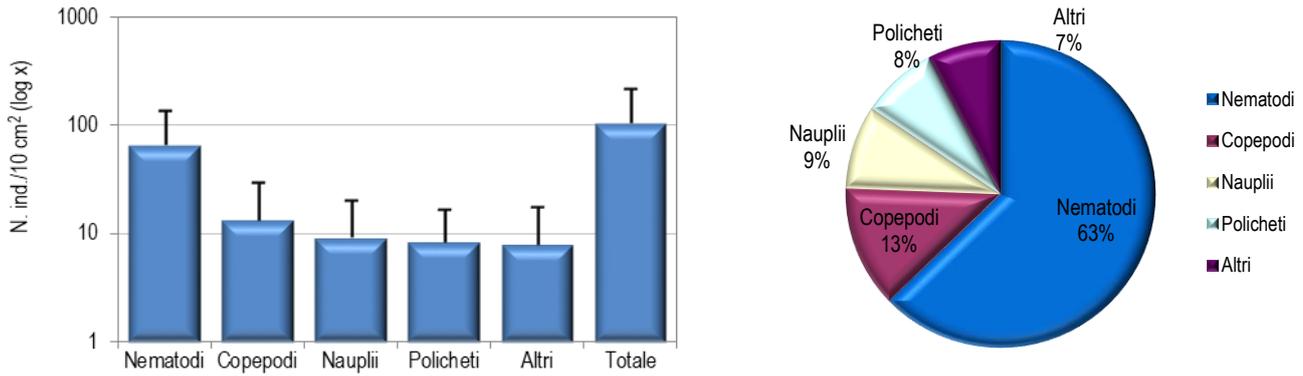


Figura 40 - Stazione I23 MG2. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

La stazione I23 MG4 presenta un sedimento sabbioso fine misto a silt e detrito vegetale, che ospita sette gruppi meiobentonici, per una densità media complessiva tra le più basse registrate nell'area (75,4 \pm 51,2 ind./10 cm²). I Nematodi risultano dominanti, con una densità di 64,4 \pm 42,0 ind./10 cm² (85,5% del popolamento). Seguono Policheti (5,5 \pm 3,7 ind./10 cm²; 7,3%), Copepodi (2,9 \pm 4,8 ind./10 cm²; 3,9%) e Nauplii (1,3 \pm 1,6 ind./10 cm²; 1,7%). I restanti tre taxa, raggruppati nella categoria "Altri", costituiscono l'1,7% del popolamento (1,3 \pm 1,6 ind./10 cm²; **Tabella 65; Figura 41**). I valori degli indici strutturali risultano inferiori alla media calcolata per l'area (**Tabella 67**).

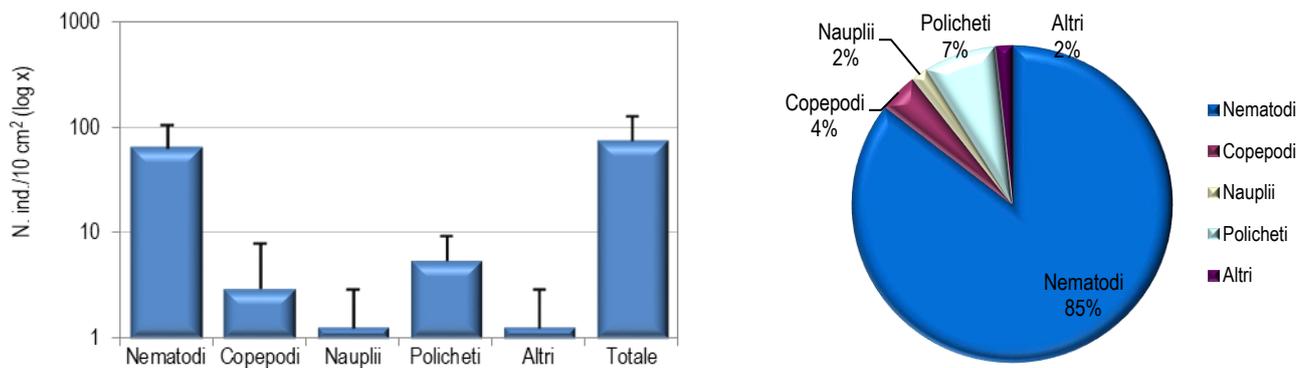


Figura 41 - Stazione I23 MG4. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

La stazione I23 MG6 è caratterizzata da un sedimento sabbioso fine con silt, detrito grossolano e vegetale, in cui sono stati rinvenuti otto gruppi tassonomici. La densità complessiva della comunità meiobentonica è pari a 144,9 \pm 101,3 ind./10 cm² (**Tabella 65**). Sebbene meno abbondanti che altrove, i Nematodi sono il taxon dominante, con una densità di 99,4 \pm 64,7 ind./10 cm² (68,6% del totale). Seguono i Copepodi (22,3 \pm 22,7 ind./10 cm²; 15,4%), i Policheti (13,9 \pm 9,4 ind./10 cm²; 9,6%) e i Nauplii (6,3 \pm 5,9 ind./10 cm²; 4,4%; **Tabella 65; Figura 42**). I rimanenti quattro taxa rappresentano il 2,0% della biocenosi ("Altri": 2,9 \pm 2,5 ind./10 cm²). I valori dell'indice di diversità di Shannon-Wiener e dell'equitabilità di Pielou risultano superiori alla media rilevata nell'area indagata, mentre la ricchezza di Margalef è inferiore ad essa (**Tabella 67**).

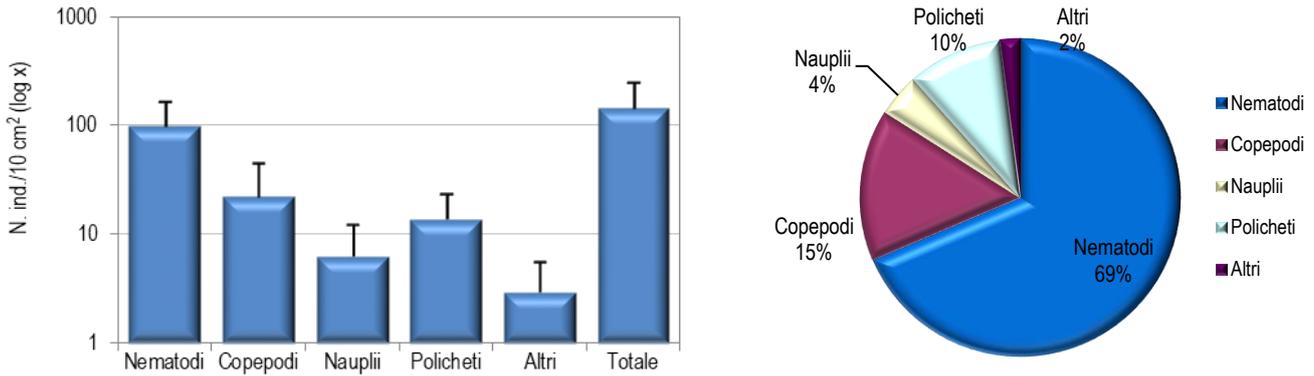


Figura 42 - Stazione I23 MG6. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il sedimento della stazione I23 MG7, costituito da sabbia fine con silt, detrito grossolano e vegetale, ospita nove major taxa meiobentonici, con una densità media totale di 124,2 \pm 67,4 ind./10 cm². I Nematodi dominano il popolamento, con una densità media di 88,0 \pm 46,5 ind./10 cm², corrispondente al 70,8% del totale. Seguono Policheti (15,2 \pm 5,3 ind./10 cm²; 12,2%), Copepodi (14,7 \pm 14,1 ind./10 cm²; 11,9%) e Nauplii (1,3 \pm 1,6 ind./10 cm²; 1,0% **Figura 43**). I rimanenti cinque taxa rappresentano il 4,1% della biocenosi ("Altri": 5,1 \pm 9,0 ind./10 cm²). Di questi solo Chinorinchi e Ostracodi raggiungono l'1,0% del totale; **Figura 40**). In questo sito è stata registrata la presenza del raro taxon dei Priapulidi. I valori degli indici di ricchezza di Margalef e di diversità di Shannon-Wiener risultano superiori alla media calcolata per l'area oggetto di studio, mentre l'equitabilità di Pielou corrisponde ad essa (**Tabella 67**).

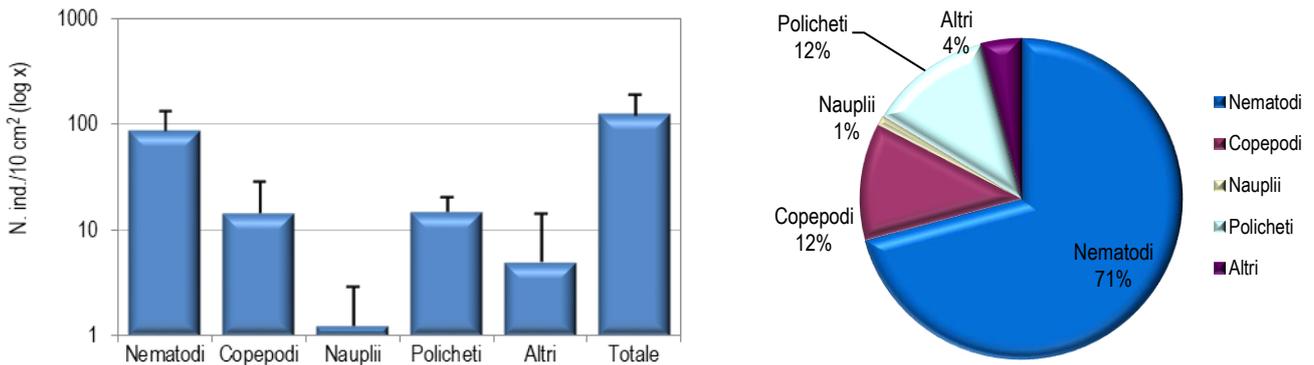


Figura 43 - Stazione I23 MG7. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

La stazione I23 MG8 presenta un sedimento sabbioso fine con silt e detrito vegetale. In questo sito la comunità meiobentonica è costituita da dieci gruppi tassonomici, con una densità complessiva pari a 164,2 \pm 168,9 ind./10 cm² (**Tabella 65, Tabella 67**). I Nematodi sono il taxon dominante, costituendo il 61,5% del popolamento (densità: 101,1 \pm 122,8 ind./10 cm²). Seguono i Policheti (29,5 \pm 18,9 ind./10 cm²; 17,9%), i Copepodi (19,0 \pm 22,7 ind./10 cm²; 11,5%) e i Nauplii (8,0 \pm 9,3 ind./10 cm²; 4,9%; **Tabella 65; Figura 42**). I rimanenti sei taxa rappresentano il 4,1% della biocenosi ("Altri": 6,7 \pm 7,9 ind./10 cm²). Di questi, Chinorinchi e Ostracodi raggiungono l'1,0% del totale. In questo sito i valori degli indici strutturali risultano superiori alla media calcolata per l'area (**Tabella 67**).

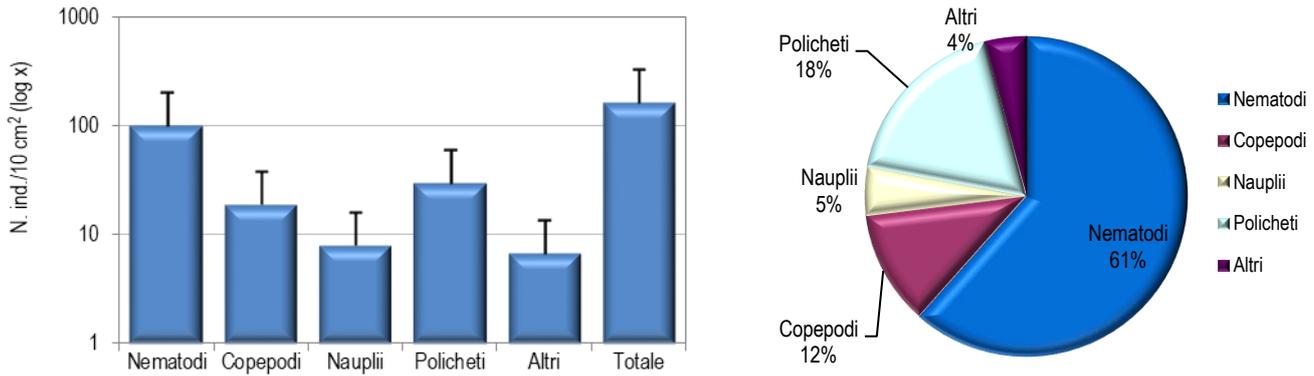


Figura 44 - Stazione I23 MG8. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il sedimento del sito I23 MG9 è costituito da sabbia fine mista a silt. La biocenosi meiobentonica rilevata in questa stazione è costituita da nove gruppi tassonomici, per una densità media totale relativamente bassa, pari a 71,2 \pm 78,8 ind./10 cm² (**Tabella 66**, **Tabella 67**). Dominano i Nematodi, che rappresentano l'87,0% della meiofauna totale (densità: 61,9 \pm 69,7 ind./10 cm²), seguiti dai Policheti (5,5 \pm 5,6 ind./10 cm²; 7,7%) e dai Copepodi (1,3 \pm 1,6 ind./10 cm²; 1,8%; **Tabella 66**; **Figura 45**). In questo sito risultano assenti i Nauplii, normalmente presenti altrove. I restanti sei taxa, raggruppati nella categoria "Altri", costituiscono il 3,6% del totale (2,5 \pm 3,2 ind./10 cm²; **Tabella 66**; **Figura 45**). Nessuno di questi raggiunge l'1,0% della biocenosi. Il valore dell'indice di ricchezza di Margalef è superiore alla media riscontrata per l'intera area, mentre la diversità di Shannon-Wiener e l'equitabilità di Pielou risultano inferiori ad essa (**Tabella 67**).

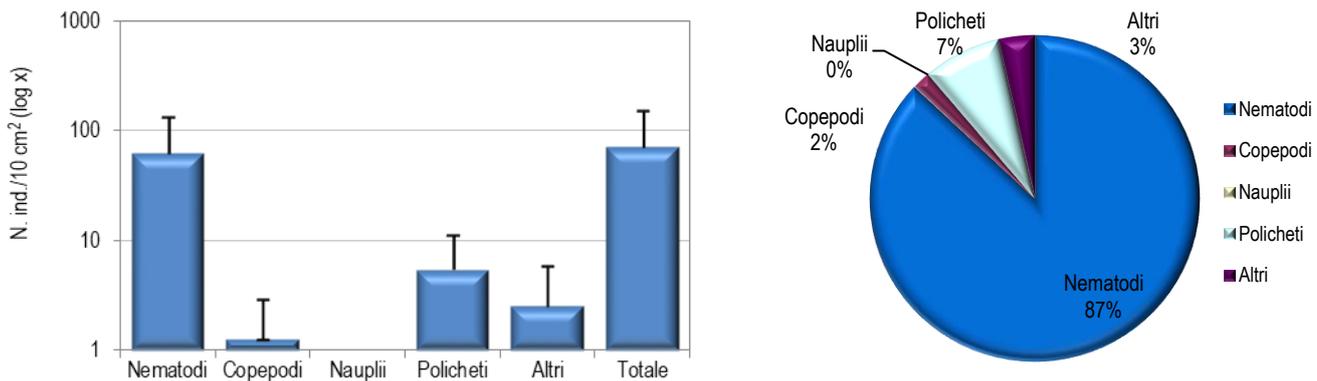


Figura 45 - Stazione I23 MG9. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Tabella 66 - Struttura della comunità meiobentonica nelle stazioni I23 MG9, I23 MG10, I23 MG11, I23 MG12, I23 MG13, I23 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.

	I23 MG9		I23 MG10		I23 MG11		I23 MG12		I23 MG13		I23 MG14	
	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%
Nematodi	61,9 \pm 69,7	87,0	143,2 \pm 137,8	79,4	49,7 \pm 84,9	83,7	99,0 \pm 50,6	81,3	192,0 \pm 109,3	76,1	111,6 \pm 98,8	65,3
Copepodi	1,3 \pm 1,6	1,8	8,0 \pm 3,7	4,4	2,1 \pm 2,1	3,5	6,3 \pm 6,1	5,2	21,5 \pm 16,1	8,5	24,0 \pm 37,0	14,0
Nauplii	-	-	5,9 \pm 7,3	3,3	0,8 \pm 1,0	1,4	0,8 \pm 1,0	0,7	7,2 \pm 7,8	2,8	11,8 \pm 20,2	6,9
Policheti	5,5 \pm 5,6	7,7	21,5 \pm 15,5	11,9	5,5 \pm 7,7	9,2	12,2 \pm 12,5	10,0	25,3 \pm 5,7	10,0	18,1 \pm 9,5	10,6
Chinorinchi	0,4 \pm 0,8	0,6	-	-	0,4 \pm 0,8	0,7	0,4 \pm 0,8	0,3	1,7 \pm 2,4	0,7	1,7 \pm 3,4	1,0
Ostracodi	-	-	0,8 \pm 1,7	0,5	0,4 \pm 0,8	0,7	1,3 \pm 0,8	1,0	0,8 \pm 1,0	0,3	0,4 \pm 0,8	0,2
Anfipodi	0,4 \pm 0,8	0,6	0,4 \pm 0,8	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-
Idrozoï	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,7	-	-	0,4 \pm 0,8	0,2	-	-
Isopodi	0,4 \pm 0,8	0,6	0,4 \pm 0,8	0,2	-	-	0,4 \pm 0,8	0,3	-	-	0,4 \pm 0,8	0,2
Bivalvi	0,4 \pm 0,8	0,6	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,3	0,8 \pm 1,0	0,3	1,7 \pm 2,4	1,0
Caudofoveati	-	-	-	-	-	-	-	-	1,3 \pm 0,8	0,5	0,8 \pm 1,7	0,5
Nemertini	-	-	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,3	-	-	-	-
Acari	0,4 \pm 0,8	0,6	-	-	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,2	-	-
Tanaidacei	0,4 \pm 0,8	0,6	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,3	-	-	-	-
Cumacei	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,2
Priapulidi	-	-	-	-	-	-	-	-	0,8 \pm 1,0	0,3	-	-
Altri (Σ Chino-Priap)	2,5 \pm 3,2	3,6	1,7 \pm 1,9	0,9	1,3 \pm 2,5	2,1	3,4 \pm 1,4	2,8	6,3 \pm 4,0	2,5	5,5 \pm 6,5	3,2
Meiofauna totale	71,2 \pm 78,8	-	180,2 \pm 155,9	-	59,4 \pm 97,5	-	121,7 \pm 66,9	-	252,3 \pm 136,5	-	171,0 \pm 170,3	-

La stazione I23 MG10 presenta un sedimento sabbioso fine misto a silt e detrito vegetale. La biocenosi meiobentonica è costituita da sette major taxa, con una densità media totale tra le più elevate tra quelle registrate ($180,2 \pm 155,9$ ind./10 cm²; **Tabella 66**, **Tabella 67**). Dominano i Nematodi, con una densità di $143,2 \pm 137,8$ ind./10 cm², pari al 79,4% del popolamento. Seguono Policheti ($21,5 \pm 15,5$ ind./10 cm²; 11,9%), Copepodi ($8,0 \pm 3,7$ ind./10 cm²; 4,4%) e Nauplii ($5,9 \pm 7,3$ cm²; 3,3%; **Tabella 66**; **Figura 46**). I restanti tre taxa rappresentano solo lo 0,9% della biocenosi ("Altri": $8,0 \pm 9,3$ ind./10 cm² **Figura 40**). I valori degli indici di ricchezza di Margalef e di diversità di Shannon-Wiener risultano inferiori alla media calcolata per l'area oggetto di studio, mentre l'equitabilità di Pielou corrisponde ad essa (**Tabella 67**).

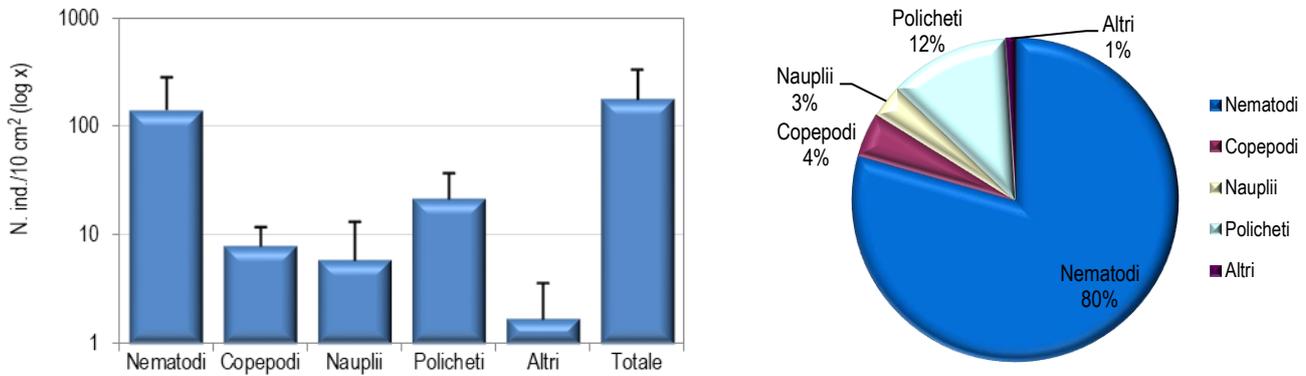


Figura 46 - Stazione I23 MG10. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il sedimento della stazione I23 MG11 è caratterizzato da sabbia fine con silt, detrito grossolano e detrito vegetale. Le analisi faunistiche hanno portato al rinvenimento di una biocenosi meiobentonica costituita da sette major taxa, per una densità media complessiva pari a $59,4 \pm 97,5$ ind./10 cm², la più bassa riscontrata nell'area nel corso della presente indagine. I principali taxa rilevati sono i Nematodi, che rappresentano il 83,7% del popolamento, con una densità media di $49,7 \pm 84,9$ ind./10 cm² (**Tabella 66**), e i Policheti ($5,5 \pm 7,7$ cm²; 9,2%). Seguono Copepodi ($2,1 \pm 2,1$ ind./10 cm²; 3,5 %) e Nauplii ($0,8 \pm 1,0$ ind./10 cm²; 1,4%; **Tabella 66**; **Figura 47**). I restanti tre taxa, raggruppati nella categoria "Altri", costituiscono il 2,1% del totale ($1,3 \pm 2,5$ ind./10 cm²; **Tabella 66**; **Figura 45**). Nessuno di questi raggiunge l'1,0% della biocenosi. In questo sito i valori degli indici strutturali risultano inferiori alla media calcolata per l'area (**Tabella 67**).

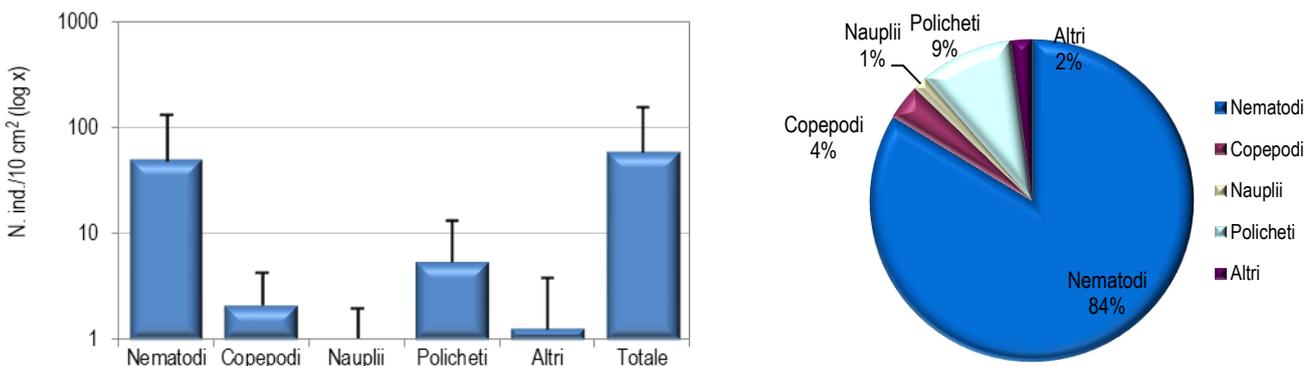


Figura 47 - Stazione I23 MG11. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

La stazione I23 MG12 è caratterizzata da un sedimento sabbioso fine con silt, detrito grossolano e vegetale. La comunità meiobentonica presenta dieci taxa, per un'abbondanza media complessiva di $121,7 \pm 66,9$ ind./10 cm². I Nematodi costituiscono il taxon dominante, con una densità media di $99,0 \pm 50,6$ ind./10 cm², pari all'81,3% del popolamento complessivo. Seguono Policheti ($12,2 \pm 12,5$ ind./10 cm²; 10,0%), Copepodi ($6,3 \pm 6,1$ ind./10 cm²; 5,2%), il raggruppamento "Altri" ($3,4 \pm 1,4$ ind./10 cm²; 2,8%) e, infine, i Nauplii ($0,8 \pm 1,0$ ind./10 cm²; 0,7%; **Tabella 66**; **Figura 48**). Il valore dell'indice di ricchezza di Margalef è superiore alla media riscontrata per l'intera area, mentre la diversità di Shannon-Wiener e l'equitabilità di Pielou risultano inferiori ad essa (**Tabella 67**).

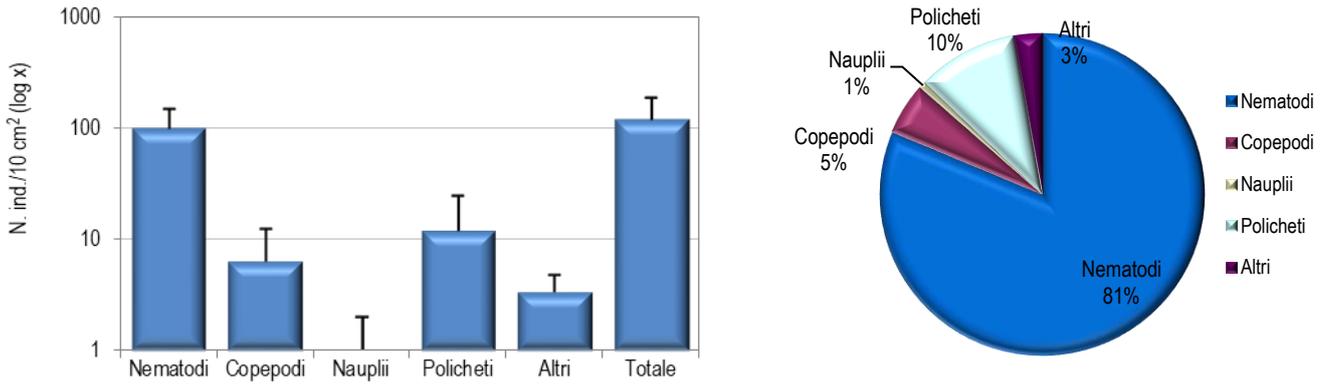


Figura 48 - Stazione I23 MG12. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il sedimento della stazione I23 MG13 è costituito da sabbia fine mista a silt e detrito vegetale. Le analisi faunistiche hanno rilevato la presenza di ben undici major taxa, per una densità complessiva che risulta la più elevata tra quelle rilevate nell'area (252,3 \pm 136,5 ind./10 cm²; **Tabella 66**). I principali gruppi tassonomici rilevati sono i Nematodi, con una densità pari a 192,0 \pm 109,3 ind./10 cm², corrispondente all'76,1% del popolamento, i Policheti (25,3 \pm 5,7 ind./10 cm²; 10,0%), i Copepodi (21,5 \pm 16,1 ind./10 cm²; 8,5%) e i Nauplii (7,2 \pm 7,8 ind./10 cm²; 2,8%; **Tabella 66; Figura 49**). I restanti sette taxa rappresentano il 2,5% del totale ("Altri": 6,3 \pm 4,0 ind./10 cm²). In questo sito è stata registrata la presenza del raro taxon dei Priapulidi. Il valore dell'indice di ricchezza di Margalef risulta superiore alla media calcolata per l'area, mentre la diversità di Shannon-Wiener e l'equitabilità di Pielou corrispondono ad essa (**Tabella 67**).

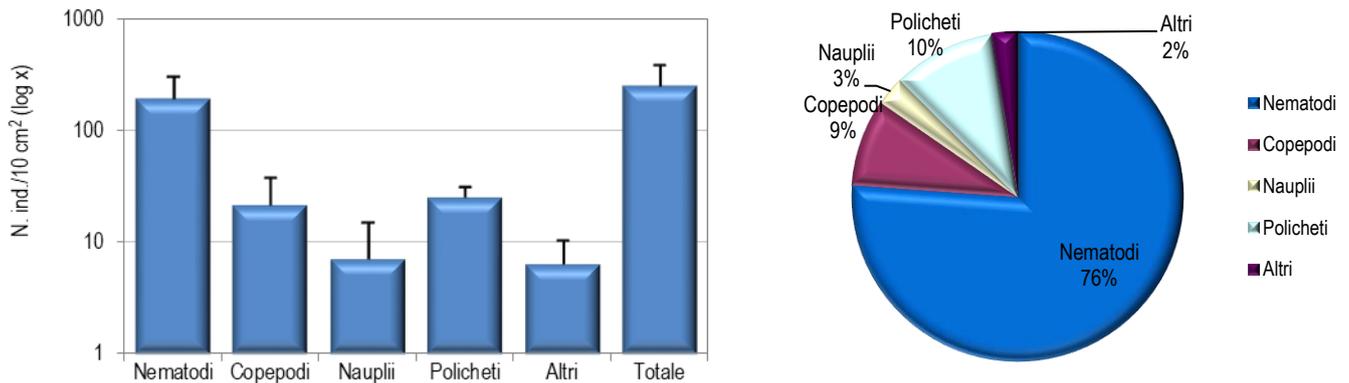


Figura 49 - Stazione I23 MG13. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

La stazione I23 MG14 presenta un sedimento sabbioso fine con silt e detrito vegetale. La comunità meiobentonica è costituita da dieci taxa principali, per una densità pari a 171,0 \pm 170,3 cm², una delle più alte registrate nell'area di studio (**Tabella 66**). I Nematodi sono il taxon più abbondante, raggiungendo il 65,3% del popolamento (densità: 111,6 \pm 98,8 ind./10 cm²). Sono seguiti dai Copepodi (24,0 \pm 37,0 ind./10 cm²; 14,0%), dai Policheti (18,1 \pm 9,5 ind./10 cm²; 10,6%) e dai Nauplii (11,8 \pm 20,2 ind./10 cm²; 6,9%; **Tabella 66; Figura 50**). I taxa numericamente meno abbondanti costituiscono il 3,2% della biocenosi (5,5 \pm 6,5 ind./10 cm²). Di questi solo Chinorinchi e Bivalvi raggiungono l'1,0% del totale. In questo sito i valori degli indici strutturali risultano superiori alla media calcolata per l'intera area di studio (**Tabella 67**).

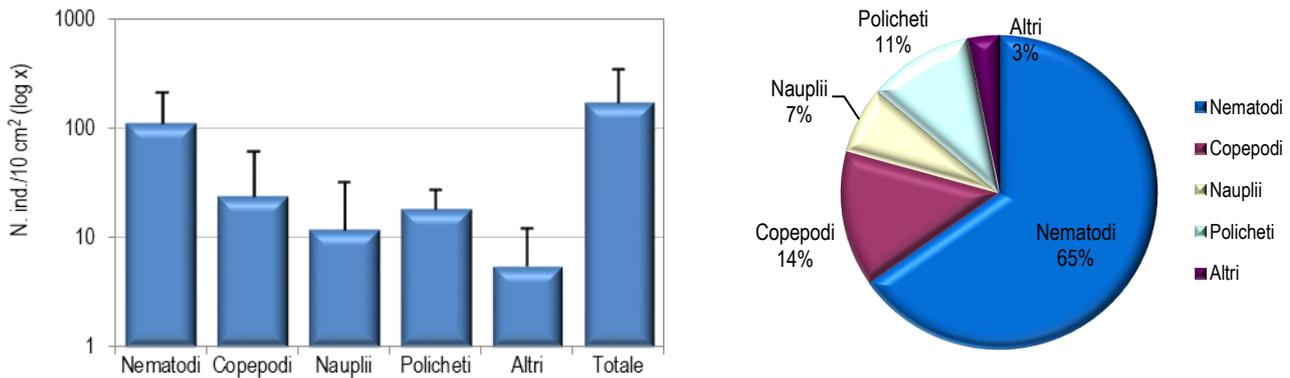


Figura 50 - Stazione I23 MG14. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Nell'area indagata sono stati rinvenuti complessivamente organismi appartenenti a sedici 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 in I23 MG9. Dei rimanenti taxa, alcuni come Idrozoi, Caudofoveati, Bivalvi, Chinorinchi, Ostracodi, Anfipodi, Tanaidacei, Isopodi e Acari sono stati rinvenuti con una frequenza medio-alta (presenza in quattro-dieci siti), mentre altri, quali Nemertini, Priapulidi e Cumacei 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 $135,7 \pm 117,3$ ind./10 cm². Dominano i Nematodi, con una densità media di $100,4 \pm 88,4$ ind./10 cm², pari al 74% del popolamento complessivo. Seguono i Policheti ($14,1 \pm 11,7$ ind./10 cm²; 10,4%), i Copepodi ($12,3 \pm 16,5$ ind./10 cm²; 9,1%) e, infine, i Nauplii ($4,8 \pm 8,1$ ind./10 cm²; 3,6%). I dodici taxa meno abbondanti ("Altri") costituiscono il 2,9% della comunità ($4,0 \pm 5,1$ 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 non ha evidenziato alcuna differenza statisticamente significativa tra i siti indagati.

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'		S	N	d	H'	J'
I23 MG1	8	158,3	1,4	0,7	0,4	I23 MG9	9	71,2	1,9	0,6	0,3
I23 MG2	9	105,3	1,7	1,3	0,6	I23 MG10	7	180,2	1,2	0,7	0,4
I23 MG4	7	75,4	1,4	0,6	0,3	I23 MG11	7	59,4	1,5	0,7	0,3
I23 MG6	8	144,9	1,4	1,0	0,5	I23 MG12	10	121,7	1,9	0,7	0,3
I23 MG7	9	124,2	1,7	1,0	0,4	I23 MG13	11	252,3	1,8	0,9	0,4
I23 MG8	10	164,2	1,8	1,2	0,5	I23 MG14	10	171,0	1,8	1,1	0,5
Media totale	9	135,7	1,6	0,9	0,4						

I parametri strutturali calcolati per ciascuna stazione sono riportati in **Tabella 67**. Numero di gruppi tassonomici (S) e densità media (N) variano nelle stazioni investigate, da 7 a 11 gruppi il primo, e da 59,4 a 252,3 ind./10 cm² la seconda. I siti I23 MG4, I23 MG10 e I23 MG11 presentano il numero più basso di taxa, mentre I23 MG13 esibisce il valore più elevato. Quest'ultimo sito presenta anche le densità più elevate, mentre I23 MG11, seguito da I23 MG9 e I23 MG4, è caratterizzato dai minimi valori di abbondanza. Anche gli indici di ricchezza di Margalef (d), diversità di Shannon-Wiener (H') ed equitabilità di Pielou (J') variano nei siti indagati. La ricchezza di Margalef (d) varia da un minimo di 1,2 nella stazione I23 MG10 a un massimo di 1,9 in I23 MG12 (**Tabella 67**). La diversità di Shannon-Wiener (H') presenta un valore minimo in I23 MG4 e I23 MG9 (0,6) e massimo in I23 MG2 (1,3). Infine, l'indice di equitabilità di Pielou (J') varia da un minimo di 0,3 nei siti I23 MG4, I23 MG9, I23 MG11 e I23 MG12 a un massimo di 0,6 in I23 MG2 (**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 ubicazione, in particolare rispetto al Terminale.

Le analisi multivariate hanno evidenziato una similarità faunistica medio-alta tra le stazioni investigate. Il dendrogramma scaturito dalla Cluster Analysis, tecnica di classificazione che raggruppa i campioni in gruppi gerarchici sulla base della matrice di similarità, mostra una prima dicotomia a un valore di similarità faunistica tra i siti pari a quasi 69% (**Figura 51**). In corrispondenza di questo valore, tre stazioni, I23 MG4, I23 MG9 e I23 MG11, risultano separate dalle restanti nove. La diversità tassonomica e le densità registrate in questi siti appaiono più basse rispetto a quelle rilevate altrove (**Tabella 67**). Quanto appena descritto è riflesso anche nel piano di ordinamento bidimensionale ottenuto mediante l'analisi nMDS, riportato in **Figura 51**. Similmente a quanto rilevato 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 I23 MG4, I23 MG9 e I23 MG11 risultano separati dagli altri nella parte sinistra del grafico, mentre le restanti stazioni sono posizionate prevalentemente alla destra del piano. Pertanto, le analisi multivariate non evidenziano alcuna chiara relazione tra raggruppamento e posizione geografica delle stazioni rispetto al Terminale rigassificatore. Complessivamente, dall'indagine non emergono quindi effetti del rigassificatore sulla meiofauna dell'area nella campagna analizzata.

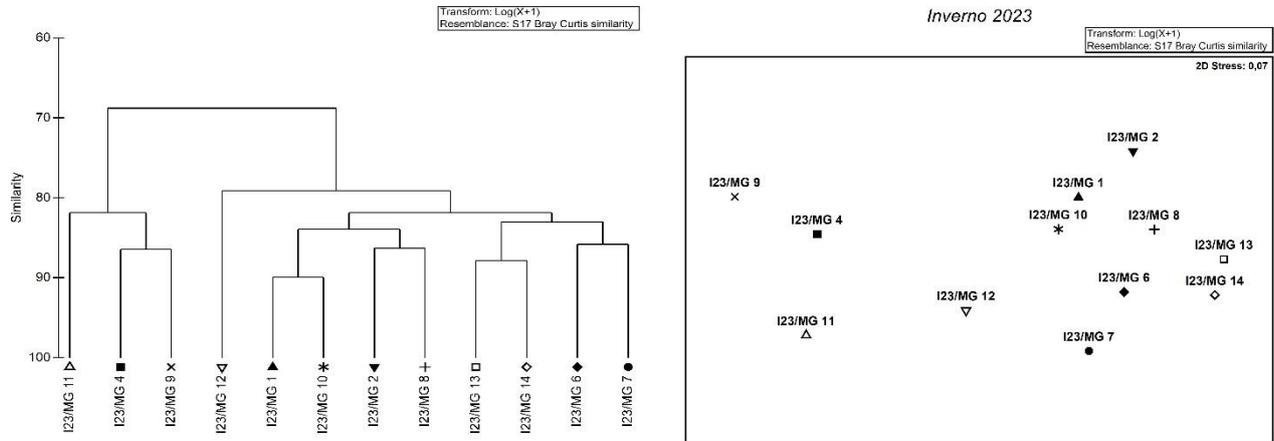


Figura 51 - A sinistra: dendrogramma per il raggruppamento gerarchico delle stazioni basato sul valore delle abbondanze medie dei taxa principali e similarità di Bray-Curtis, previa trasformazione logaritmica dei dati. A destra: piano di ordinamento ottenuto dal non-metric Multi Dimensional Scaling (nMDS), 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 \pm DS	%	Taxon	Media \pm DS	%
Nematodi	100,4 \pm 88,4	74,0	Isopodi	100,4 \pm 88,4	74,0
Copepodi	12,3 \pm 16,5	9,1	Bivalvi	0,4 \pm 0,9	0,3
Nauplii	4,8 \pm 8,1	3,6	Caudofoveati	0,3 \pm 0,8	0,2
Policheti	14,1 \pm 11,7	10,4	Nemertini	0,1 \pm 0,2	<0,1
Chinorinchi	1,0 \pm 2,1	0,7	Acari	0,2 \pm 0,5	0,1
Turbellari	1,1 \pm 1,9	0,8	Tanaidacei	0,3 \pm 0,7	0,2
Ostracodi	0,2 \pm 0,6	0,2	Cumacei	0,1 \pm 0,2	<0,1
Anfipodi	0,2 \pm 0,8	0,2	Priapulidi	0,1 \pm 0,4	0,1
Idrozoi	0,1 \pm 0,5	0,1			
Altri (SChino-Cili)	4,0 \pm 5,1	2,9			
Meiofauna totale	135,7 \pm 117,3	-			

4.2.3 Bioaccumulo

Metalli

I risultati della ricerca dei metalli in *Mytilus galloprovincialis* sono riportati nella **Tabella 69**. La concentrazione dei metalli nei mitili analizzati lungo il Terminale risulta nella maggior parte delle stazioni inferiori o comunque confrontabili con il Tempo 0, fatta eccezione per Cadmio, Mercurio e Zinco che incrementano leggermente in tutte le stazioni pur rimanendo confrontabili con la stazione di bianco. Il Nichel, non quantificato al tempo zero, dopo l'esposizione incrementa unicamente nelle stazioni nelle stazioni B, D e Gorgona (stazione E).

Tabella 69 - Concentrazione dei metalli nei mitili. Dati relativi alla campagna I23 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	12,03	1,80	11,80	1,77	9,65	1,45	9,88	1,48	9,21	1,38	9,97	1,50
Bario	1,41	0,21	< 1		< 1		< 1		< 1		< 1	

Tabella 69 - Concentrazione dei metalli nei mitili. Dati relativi alla campagna I23 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		Stazione B		Stazione C		Stazione D		Stazione E	
			Pos. 1		Pos. 2		Pos. 3		Pos. 4		(Bianco Gorgona)	
Cadmio	0,80	0,12	0,97	0,15	0,90	0,14	0,94	0,14	0,94	0,14	1,08	0,16
Cromo totale	< 1		< 1		1,92	0,29	< 1		1,21	0,18	1,16	0,17
Ferro	130,90	19,63	125,77	18,87	226,67	34,00	130,20	19,53	146,46	21,97	155,08	23,26
Manganese	< 5		< 5		< 5		< 5		< 5		< 5	
Mercurio	0,18	0,03	0,24	0,04	0,23	0,03	0,22	0,03	0,25	0,04	0,25	0,04
Nichel	< 1		< 1		1,36	0,20	< 1		1,06	0,16	1,04	0,16
Piombo	3,29	0,49	3,35	0,50	3,09	0,46	2,93	0,44	3,21	0,48	2,81	0,42
Rame	5,45	0,82	5,12	0,77	4,44	0,67	4,70	0,71	4,60	0,69	4,99	0,75
Vanadio	3,78	0,57	2,45	0,37	1,64	0,25	1,30	0,20	1,41	0,21	1,45	0,22
Zinco	254,90	38,23	266,14	39,92	329,36	49,40	345,07	51,76	394,18	59,13	345,66	51,85

Idrocarburi totali

Nella **Tabella 70** sono riportati i risultati ottenuti dalla ricerca degli idrocarburi (C<10 e C10-C40).

Gli idrocarburi C<10 sono risultati inferiori al limite di rilevabilità del metodo e laddove presenti risultano inferiori al tempo zero.

Gli idrocarburi C10-C40 sono presenti nei mitili trapiantati con concentrazioni basse e paragonabili al tempo zero. La stazione D e la stazione di bianco (Gorgona) presentano le concentrazioni maggiori.

Tabella 70 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di mitili. Dati relativi alla campagna I23.

	Tempo zero	Stazione A	Stazione B	Stazione C	Stazione D	Stazione E
		Pos. 1	Pos. 2	Pos. 3	Pos. 4	(Bianco Gorgona)
Idrocarburi C<10 (mg/kg)	4,98	0,65	< 0,5	< 0,5	0,65	0,59
Idrocarburi C10-C40 (mg/kg)	22,66	21,09	20,25	22,27	37,09	29,48

IPA ed composti organostannici

Dalla **Tabella 71** si osserva che la concentrazione di IPA e composti organostannici risulta bassa o nella maggior parte dei casi inferiore al limite di quantificazione.

Tabella 71 - Concentrazione degli IPA e dei composti organostannici presenti nei mitili. I dati relativi alla campagna I23 sono espressi in mg/kg.

	Tempo zero	Stazione A	Stazione B	Stazione C	Stazione D	Stazione E
		Pos. 1	Pos. 2	Pos. 3	Pos. 4	(Bianco Gorgona)
Acenafene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,001
Acenafilene	0,002	0,003	0,001	0,001	0,001	0,004
Antracene	0,002	0,001	< 0,001	< 0,001	0,001	0,008
Benzo (a) antracene	0,003	0,011	0,002	0,003	0,002	0,014
Benzo (a) pirene	0,001	0,013	0,001	0,002	0,001	0,018
Benzo (b) fluorantene	0,004	0,017	0,003	0,004	0,003	0,027
Benzo (g,h,i) perilene	0,002	0,011	0,002	0,003	0,001	0,020
Benzo (k) fluorantene	0,002	0,008	0,002	0,002	0,001	0,012
Crisene	0,006	0,012	0,003	0,004	0,003	0,015
Dibenzo (a,h) antracene	0,001	0,004	0,001	0,001	0,001	0,006
Fenantrene	0,009	0,008	0,006	0,007	0,006	0,009
Fluorantene	0,010	0,011	0,005	0,007	0,005	0,017
Fluorene	0,001	0,003	0,002	0,002	0,002	0,003
Indeno (1,2,3 - c,d) pirene	< 0,001	0,016	0,004	0,006	0,003	0,027
Naftalene	0,008	0,009	0,009	0,014	0,005	0,008
Pirene	0,006	0,008	0,004	0,005	0,003	0,017
Dibutilstagno	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Monobutilstagno	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Tributilstagno	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001

Cloroderivati

I risultati della ricerca dei cloroderivati sono riportati nella **Tabella 72**. Questi composti risultano al di sotto del limite di quantificazione.

Tabella 72 - Concentrazione degli cloroderivati presenti nei campioni di mitili. I dati relativi alla campagna I23 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-Tricloroetano	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
1,1,2-Tricloroetano	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
1,2,3-Tricloropropano	< 0,6	< 0,6	< 0,6	< 0,6	< 0,6	< 0,6
1,2-Dibromoetano	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25
Bromodichlorometano	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Bromoformio	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Cloroformio	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Dibromoclorometano	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Tetracloroetilene	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15
Tetracloruro di carbonio	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Tricloroetilene	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25
Dibromoacetoneitrile	< 0,8	< 0,8	< 0,8	< 0,8	< 0,8	< 0,8
Tricloroacetoneitrile	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5

Analisi microbiologiche

Dall'analisi microbiologica emerge l'assenza di contaminazione fecale nell'intorno dell'FSRU (Tabella 73).

Tabella 73 - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di mitili. I dati relativi alla campagna I23 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

4.2.4 Biomarkers

Neutral Red Retention Time (NRRT)

I risultati del test del Neutral Red Retention Time non hanno mostrato differenze statisticamente significative tra i mitili situati nella stazione di controllo (Stazione E – Gorgona) e quelli posizionati presso le stazioni di monitoraggio del Terminale FSRU. La stabilità lisosomale degli emociti dei mitili, correlata al tempo di ritenzione del colorante, è risultata mediamente maggiore di 160 minuti in ogni stazione, indicando un

buono stato di salute degli emociti (**Figura 52**). I mitili del Tempo zero hanno mostrato un tempo di ritenzione del colorante statisticamente inferiore rispetto ai campionamenti del Terminale e della stazione di controllo.

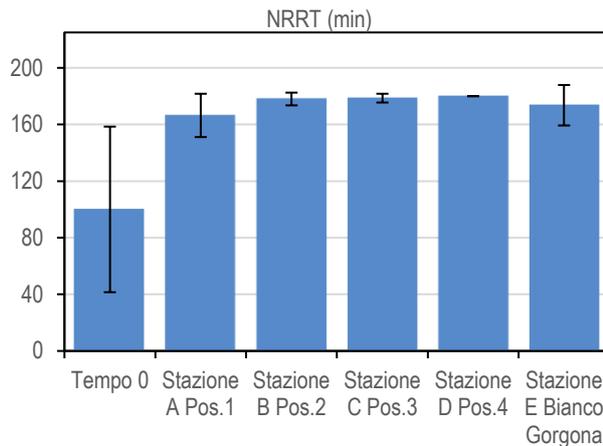


Figura 52 - Valutazione del danno cellulare mediante la misura del tempo di ritenzione del colorante vitale Rosso Neutro (NRRT) nei lisosomi degli emociti di mitilo. Valori alti corrispondono ad una maggiore integrità.

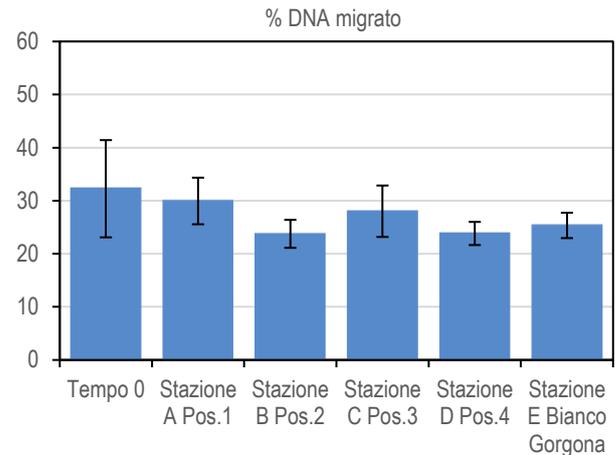


Figura 53- Valutazione del grado di integrità del DNA mediante Comet assay. Valori elevati della percentuale di DNA migrato corrispondono ad una maggiore entità del danno.

Comet Assay

Il grado di integrità delle molecole di DNA nelle cellule branchiali dei mitili nelle stazioni di monitoraggio non ha mostrato decrementi significativi rispetto ai valori del controllo (Stazione E-Gorgona) in tutte le stazioni, tranne che per la stazione A. Valori statisticamente superiori al controllo sono stati ottenuti anche nei mitili del Tempo zero. Tuttavia, trattandosi di valori non particolarmente elevati e riconducibile a soltanto una delle stazioni di monitoraggio, è possibile escludere un marcato impatto da parte delle attività del Terminale FSRU (**Figura 53**).

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 (**Figura 54; Tabella 74**).

*

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

I risultati relativi ai biomarker indagati per la campagna invernale 2023 (I23) non hanno mostrato particolari alterazioni a carico dei mitili trapiantati lungo il Terminale FSRU rispetto a quelli di controllo (Stazione E - Gorgona). In particolare, i risultati non hanno evidenziato evidenze di deterioramento delle condizioni di salute dei campioni analizzati rispetto ai controlli, sia per quanto riguarda il test Neutral Red Retention Time (NRRT), indicativo della stabilità lisosomiale, sia rispetto alla valutazione istologica del tessuto branchiale, sia relativamente al Comet assay, (indice del grado di integrità del DNA), tranne che per una singola stazione di monitoraggio.

Alla luce di questi esiti, non è stato rilevato un impatto significativo sul benessere dei mitili trapiantati presso il Terminale nel periodo di riferimento.

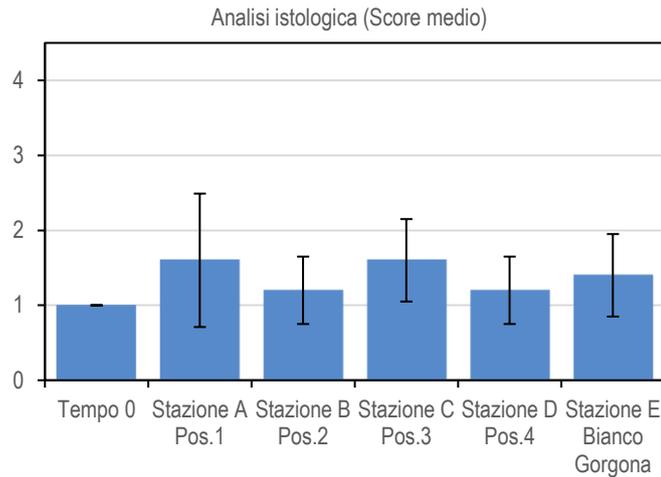


Figura 54- Analisi istologica delle branchie di mitilo. Il parametro rappresentato nel grafico è il punteggio medio (score) per ciascuna delle stazioni indagate. La scala va da 1 a 5; il punteggio 1 indica una condizione di integrità mentre il punteggio 5 indica una forte compromissione della struttura dei filamenti branchiali.

4.2.5 Fauna ittica bentonectonica

Reti da posta

Nella tabella seguente sono indicate le specie catturate durante i campionamenti effettuati le reti da posta nelle stazioni P1, P2, P3 e P4 e nel controllo PC.

Osteitti	I23 P1-P4	I23 PC	Crostacei Decapodi	I23 P1-P4	I23 PC
<i>Chelidonichthys lucerna</i> (Linnaeus, 1758)	*		<i>Palinurus elephas</i> (Fabricius, 1787)		*
<i>Citharus linguatula</i> (Linnaeus, 1758)		*	<i>Parapenaeus longirostris</i> (H. Lucas, 1846)	*	*
<i>Lepidorhombus boscii</i> (Risso, 1810)	*		Molluschi Cefalopodi		
<i>Lophius budegassa</i> Spinola, 1807	*	*	<i>Sepia officinalis</i> Linnaeus, 1758	*	
<i>Merluccius merluccius</i> (Linnaeus, 1758)	*		Altro		
<i>Pagellus bogaraveo</i> (Brünnich, 1768)	*	*	<i>Alcyonium palmatum</i> Pallas, 1766	*	
<i>Phycis blennoides</i> (Brünnich, 1768)	*		<i>Cidaris cidaris</i> (Linnaeus, 1758)	*	
<i>Scorpaena scrofa</i> Linnaeus, 1758	*	*	<i>Echinaster sepositus</i> (Retzius, 1783)	*	
<i>Spondyliosoma cantharus</i> (Linnaeus, 1758)	*		<i>Funiculina quadrangularis</i> (Pallas, 1776)	*	
Condroitti			<i>Microcosmus</i> sp.	*	
<i>Raja asterias</i> Delaroche, 1809			<i>Neopycnodonte cochlear</i> (Poli, 1795)	*	
<i>Raja clavata</i> Linnaeus, 1758	*		<i>Squilla mantis</i> (Linnaeus, 1758)		*
<i>Scyliorhinus canicula</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	<i>Stichopus regalis</i> (Cuvier, 1817)	*	

In totale sono state catturate 9 specie di Osteitti, 3 di Condroitti, 2 specie di Crostacei Decapodi ed 1 sola specie di Molluschi Cefalopodi. Nella **Figura 55** è rappresentata la composizione percentuale delle catture, espressa con indici di densità e biomassa, dei principali gruppi tassonomici campionati con le reti da posta.

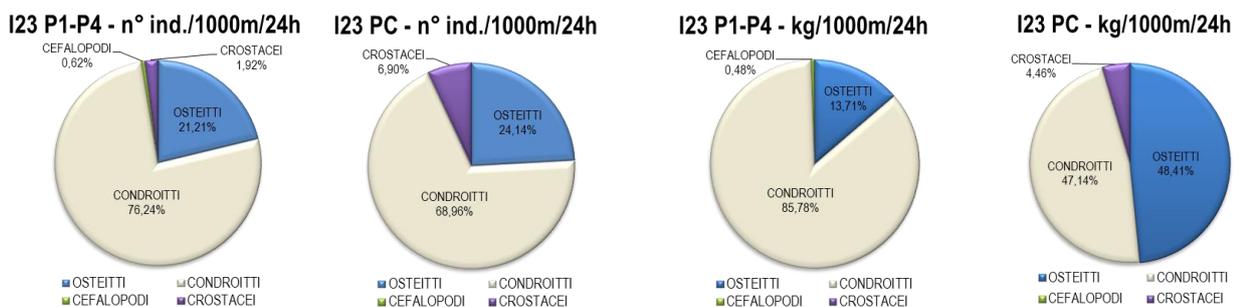


Figura 55 - Reti da posta: composizione percentuale delle catture, espressa come n° individui/1000m/24h e kg/1000m/24h, dei principali gruppi tassonomici campionati nelle stazioni I23 P1-P4 e I23 PC.

I Condroitti costituiscono il gruppo con gli indici di densità più alti sia nelle stazioni in prossimità del Terminale (I23 P1-P4: 76%) sia nella stazione di controllo (I23 PC: 69%). Per quanto riguarda l'indice di biomassa i valori per questo gruppo si attestano sull'86% nel gruppo di stazioni I23 P1-P4 e sul 47% nella stazione I23 PC.

Il gruppo degli Osteitti presenta un indice di densità pari al 21% nelle stazioni I23 P1-P4 e del 24% nella stazione I23 PC, mentre l'indice di biomassa si attesta sul 14% nelle stazioni in prossimità del Terminale (I23 P1-P4) e sul 48% nella stazione di controllo (I23 PC).

Il gruppo dei Crostacei Decapodi registra indici di densità molto bassi sia nelle stazioni I23 P1-P4 (2%) che nella stazione I23 PC (7%). Anche gli indici di biomassa per questo gruppo sono molto bassi: 0,03% nelle stazioni in prossimità del Terminale (dato non visibile nel grafico) e 4% nella stazione di controllo.

I Molluschi Cefalopodi sono stati campionati solo nel gruppo di stazioni I23 P1-P4 mostrando indici di densità e biomassa pari allo 0,6% e 0,5% rispettivamente.

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. Gli indici di densità e biomassa delle specie per singola cala sono riportati nell'Allegato 5. Il gattuccio, *Scylliorhinus canicula*, è risultata la specie più abbondante in assoluto, con valori in densità di 43 ind./1000m/24h nel gruppo di stazioni I23 P1-P4 e di 34 ind./1000m/24h nella stazione I23 PC. L'indice di biomassa di questa specie è pari a 8,6 kg/1000m/24h per il gruppo di stazioni in prossimità del Terminale e a 5,8 kg/1000m/24h per la stazione di controllo. Le specie appartenenti al gruppo degli Osteitti hanno mostrato indici di densità e biomassa molto bassi. Le specie con gli indici più elevati sono il rombo quattrocchi, *Lepidorhombus boscii*, campionata solamente nelle stazioni in prossimità del Terminale (indici di densità e biomassa pari a 5 ind./1000m/24h e 0,40 kg/1000m/24h rispettivamente) e la rana pescatrice, *Lophius budegassa* (indici di densità e biomassa pari a 3 ind./1000m/24h e 2,8 kg/1000m/24h nel gruppo di stazioni I23 P1-P4 e di 7 ind./1000m/24h e 8,4 kg/1000m/24h nella stazione I23 PC). Gli indici di densità e biomassa medi delle specie appartenenti agli altri gruppi sono risultati molto bassi.

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 I23 P1-P4 e nella stazione di controllo I23 PC: * = DS<0,05. Gli indici di densità e biomassa delle specie per singola cala sono riportati nell'Allegato 5.

	I23 P1-P4		I23 PC	
	n° ind./1000m/24h	kg/1000m/24h	n° ind./1000m/24h	kg/1000m/24h
OSTEITTI				
<i>Chelydonichthys lucerna</i>	2,2 \pm 7,5	0,23 \pm 0,8		
<i>Citharus linguatula</i>			1,8	0,12
<i>Lepidorhombus boscii</i>	4,7 \pm 3,7	0,40 \pm 0,4		
<i>Lophius budegassa</i>	2,6 \pm 3,9	2,76 \pm 6,7	7,1	8,36
<i>Merluccius merluccius</i>	0,4 \pm 1,5	0,23 \pm 0,8		
<i>Pagellus bogaraveo</i>	1,7 \pm 4,3	0,06 \pm 0,1	1,8	0,04
<i>Phycis blennoides</i>	0,8 \pm 1,7	0,08 \pm 0,2		
<i>Scorpaena scrofa</i>	0,9 \pm 3,0	0,22 \pm 0,8	1,8	0,71
<i>Spondyliosoma cantharus</i>	0,8 \pm 1,7	0,19 \pm 0,4		
CONDROITTI				
<i>Raja asterias</i>	0,4 \pm 1,5	0,50 \pm 1,7		
<i>Raja clavata</i>	7,7 \pm 3,9	16,97 \pm 12,7	1,8	3,20
<i>Scylliorhinus canicula</i>	42,9 \pm 28,7	8,59 \pm 6,8	33,8	5,78
CEFALOPODI				
<i>Sepia officinalis</i>	0,4 \pm 1,4	0,15 \pm 0,5		
CROSTACEI DECAPODI				
<i>Palinurus elephas</i>			1,8	0,84
<i>Parapenaeus longirostris</i>	1,3 \pm 1,5	0,01*	1,8	0,01
ALTRO				
<i>Alcyonium palmatum</i>	0,9 \pm 1,7	0,04 \pm 0,1		
<i>Cidaris cidaris</i>	1,3 \pm 4,4	0,03 \pm 0,1		
<i>Echinaster sepositus</i>	0,4 \pm 1,5	0,01*		
<i>Funiculina quadrangularis</i>	0,8 \pm 2,9	0,03 \pm 0,1		
<i>Microcosmus</i> sp.	0,4 \pm 1,5	0,04 \pm 0,2		
<i>Neopycnodonte cochlear</i>		1,31 \pm 4,5		
<i>Squilla mantis</i>			3,6	0,11
<i>Sticopus regalis</i>	0,4 \pm 1,4	0,29 \pm 1,0		

Indici di densità e biomassa delle specie più rappresentative

Nella fase di bianco, sono state scelte alcune specie più rappresentative delle catture totali, da analizzare dal punto di vista degli indici di densità e biomassa e delle distribuzioni di taglia frequenza durante tutti i campionamenti successivi. Alle specie indagate già a partire dalla fase di bianco, per le reti da posta, è stata aggiunta la razza chiodata, *Raja clavata*, vista la sua abbondanza nelle catture.

Nella figura seguente (Figura 56) sono riportati gli indici di densità e biomassa per le specie rappresentative catturate con le reti da posta. I grafici mostrano i valori medi e la deviazione standard degli indici, sia per specie, sia per sito (I23 P1-P4: stazioni in prossimità del Terminale; I23 PC: stazione di controllo).

Gli indici di densità e biomassa del gattuccio, *S. canicula*, sono sostanzialmente simili sia nel gruppo di stazioni I23 P1-P4 che nella stazione I23 PC. La razza chiodata, *Raja clavata*, mostra indici di densità e biomassa più elevati nel gruppo di stazioni in prossimità del Terminale (I23 P1-P4). Situazione opposta si registra invece per la rana pescatrice; *L. budegassa*, con indici di densità e biomassa più elevati nella stazione I23 PC. Gli indici della razza stellata, *Raja asterias*, e della linguattola, *Citharus linguatula*, campionate rispettivamente solo nelle stazioni in prossimità del Terminale e solo nella stazione di controllo, sono molto bassi.

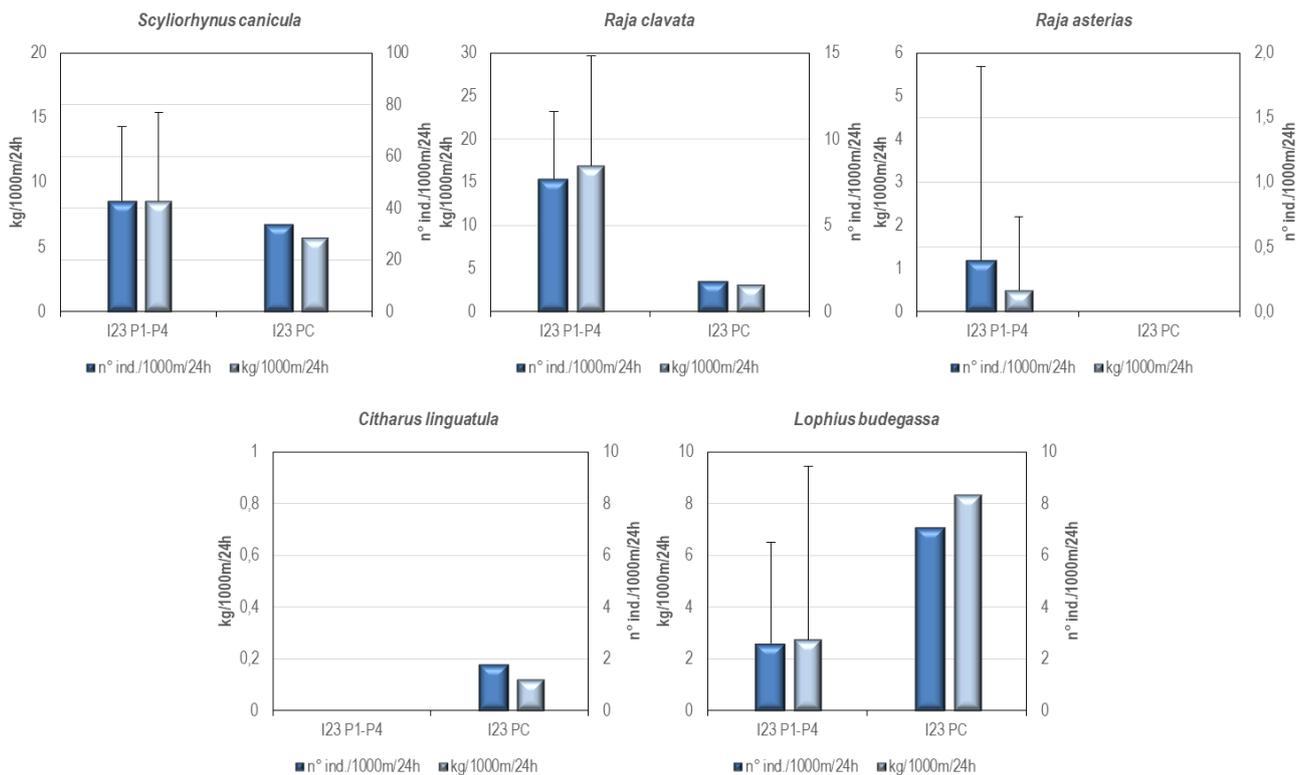


Figura 56 - Reti da posta: indici di densità e biomassa, stimati per le stazioni I23 P1-P4 e per la stazione I23 PC, per specie. Sono riportati i valori medi + la deviazione standard. In blu n° individui/1000m²/24h, in azzurro kg/1000m²/24h.

Distribuzioni taglia-frequenza per specie

Nella Figura 57 è illustrata la distribuzione di taglia-frequenza del gattuccio *S. canicula* catturato con le reti da posta. Nel gruppo di stazioni I23 P1-P4 sono stati campionati 100 individui con taglia tra 29 e 46 cm LT, mentre nella stazione di controllo I23 PC gli esemplari catturati sono stati 19, con taglia compresa tra 34 e 41 cm LT. La distribuzione di taglia-frequenza degli animali campionati nelle stazioni in prossimità del Terminale (I23 P1-P4) mostra due mode, una a 37 cm LT ed una a 40 cm LT. Nella distribuzione di taglia-frequenza degli esemplari campionati nella stazione di controllo (I23 PC) è possibile individuare una moda a 37 cm LT.

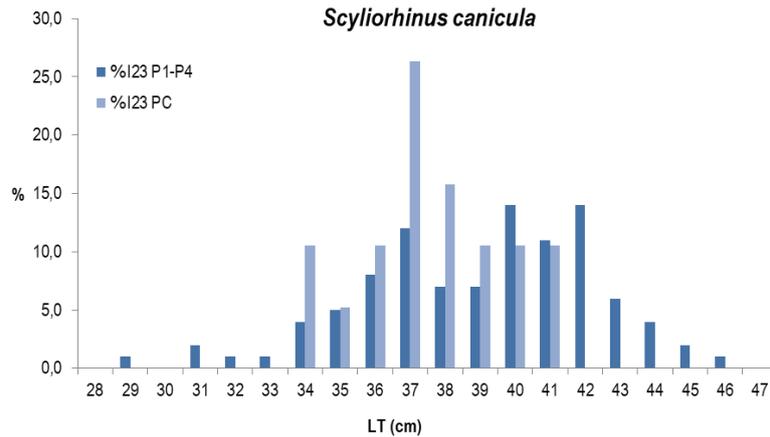


Figura 57 - Rete da posta: distribuzione taglia-frequenza del gattuccio (*Scyliorhinus canicula*). N° individui: 100 (I23 S1-S4), 19 (I23 SC).

Dato lo scarso numero di individui campionati non vengono presentate le distribuzioni taglia-frequenza delle altre specie scelte per le reti da posta. Nel dettaglio, sono stati campionati 20 esemplari di razza chiodata, *R. clavata*: 19, con taglia compresa tra 58 e 79 cm LT, nel gruppo di stazioni in prossimità del Terminale (I23 P1-P4) e 1 esemplare di 68 cm LT nella stazione di controllo (I23 PC). La rana pescatrice, *L. budegassa*, è stata campionata sia nelle stazioni in prossimità del Terminale (6 esemplari con taglia compresa tra 31 e 59 cm LT) che nella stazione di controllo (4 esemplari con taglia compresa tra 31 e 51 cm LT). La linguattola, *C. linguatula*, è stata campionata esclusivamente nella stazione I23 PC (1 esemplare di 20 cm LT), mentre la razza stellata, *R. asterias* è stata campionata solo nella stazione I23 P1 (1 esemplare di 60 cm LT).

Rete a strascico

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

In totale sono state catturate 34 specie di Osteitti, 3 di Condroitti, 2 di Crostacei Decapodi e 9 di Molluschi Cefalopodi.

Tabella 77 - Lista delle specie catturate con la rete a strascico I23 S1-S4 S= stazioni campionate in prossimità del Terminale; I23 SC = stazione di controllo.					
Osteitti	I23 S1-S4	I23 SC		I23 S1-S4	I23 SC
<i>Argentina sphyraena</i> Linnaeus, 1758	*	*	Crostacei Decapodi		
<i>Arnoglossus laterna</i> (Walbaum, 1792)	*		<i>Palinurus elephas</i> (Fabricius, 1787)	*	*
<i>Boops boops</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	<i>Parapenaeus longirostris</i> (H. Lucas, 1846)	*	*
<i>Capros aper</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	Molluschi Cefalopodi		
<i>Cepola macrophthalmia</i> Linnaeus, 1758	*		<i>Eledone cirrhosa</i> (Lamarck, 1798)	*	*
<i>Chelidonichthys lucerna</i> (Linnaeus, 1758)	*		<i>Illex coindetii</i> (Vérany, 1839)	*	*
<i>Citharus linguatula</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 boscii</i> (Risso, 1810)	*	*	<i>Pteroctopus tetracirrhus</i> (Delle Chiaje, 1830)	*	
<i>Lepidotrigla cavillone</i> (Lacépède, 1801)	*	*	<i>Rossia macrosoma</i> (Delle Chiaje, 1830)	*	
<i>Lophius budegassa</i> Spinola, 1807	*	*	<i>Sepia elegans</i> Blainville, 1827	*	*
<i>Macroramphosus scolopax</i> (Linnaeus, 1758)	*		<i>Sepia officinalis</i> Linnaeus, 1758	*	
<i>Merluccius merluccius</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	<i>Sepietta oweniana</i> (d'Orbigny, 1841)	*	
<i>Mullus barbatus</i> Linnaeus, 1758	*	*	Altro		
<i>Pagellus bogaraveo</i> (Brünnich, 1768)	*	*	<i>Acanthocardia aculeata</i> (Linnaeus, 1758)	*	
<i>Pagellus erythrinus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	<i>Alcyonium palmatum</i> Pallas, 1766	*	*
<i>Pegusa lascaris</i> (Risso, 1810)	*		<i>Aporrhais pespelecani</i> (Linnaeus, 1758)	*	
<i>Phycis blennoides</i> (Brünnich, 1768)	*		<i>Ascidia mentula</i> O.F. Müller, 1776	*	
<i>Scorpaena elongata</i> Cadenat, 1943	*		<i>Astropecten bispinosus</i> (Otto, 1823)		*
<i>Scorpaena notata</i> Rafinesque, 1810	*	*	<i>Astropecten aranciacus</i> (Linnaeus, 1758)	*	
<i>Scorpaena scrofa</i> Linnaeus, 1758	*		<i>Astropecten irregularis pentacanthus</i> (Delle Chiaje, 1825)	*	*
<i>Serranus cabrilla</i> (Linnaeus, 1758)	*		<i>Bolinus brandaris</i> (Linnaeus, 1758)	*	
<i>Serranus hepatus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	<i>Botryllus schlosseri</i> (Pallas, 1776)	*	*
<i>Spicara flexuosa</i> Rafinesque, 1810	*	*	<i>Calliostoma granulatum</i> (Von Born, 1778)	*	
<i>Spicara maena</i> (Linnaeus, 1758)	*		<i>Funiculina quadrangularis</i> (Pallas, 1776)	*	
<i>Spicara smaris</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	<i>Leptometra phalangium</i> (J. Müller, 1841)	*	

<i>Trachinus draco</i> Linnaeus, 1758	*		<i>Luidia ciliaris</i> (Philippi, 1837)	*	
<i>Trachurus m. mediterraneus</i> (Steindachner, 1868)	*	*	<i>Nudibranchia</i> indet.	*	*
<i>Trachurus trachurus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	<i>Ophiura texturata</i> Lamarck, 1816	*	
<i>Trigla lyra</i> Linnaeus, 1758	*		<i>Ostrea</i> sp.	*	
<i>Trisopterus capelanus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	<i>Pennatula phosphorea</i> Linnaeus, 1758	*	
<i>Uranoscopus scaber</i> Linnaeus, 1758	*	*	<i>Pennatula rubra</i> (Ellis, 1764)	*	*
<i>Zeus faber</i> Linnaeus, 1758	*		Porifera indet.	*	
Condroitti			<i>Squilla mantis</i> (Linnaeus, 1758)	*	
<i>Raja clavata</i> Linnaeus, 1758	*		<i>Stichopus regalis</i> (Cuvier, 1817)	*	*
<i>Scyliorhinus canicula</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	Thaliacea indet.	*	
<i>Torpedo torpedo</i> (Linnaeus, 1758)	*				

Nella **Figura 58** è riportata la composizione in percentuale delle catture dei principali gruppi tassonomici. Il gruppo degli Osteitti è risultato il più abbondante, sia nelle stazioni in prossimità del Terminale (I23 S1-S4), con un contributo in densità del 79% ed in biomassa dell'85%, che nella stazione di controllo (I23 SC: indice di densità pari al 77%, indice di biomassa pari al 69%).

I Condroitti mostrano valori di indici di densità molto bassi: 1,5% nel gruppo di stazioni I23 S1-S4 e 1,4% nella stazione I23 SC. L'indice di biomassa di questo gruppo rappresenta l'11% nelle stazioni in prossimità del Terminale ed il 7% nella stazione di controllo.

Il gruppo dei Molluschi Cefalopodi costituisce l'11% della densità media sia nel gruppo di stazioni I23 S1-S4 che nella stazione I23 SC. Il contributo percentuale dell'indice di biomassa medio per questo gruppo è pari al 10% nelle stazioni in prossimità del Terminale (I23 S1-S4) e all'8% nella stazione di controllo (I23 SC).

L'indice di densità media dei Crostacei Decapodi si attesta intorno all'8% nelle stazioni I23 S1-S4 e al 2% nella stazione I23 SC, mentre l'indice di biomassa medio è pari a circa il 3% nelle stazioni in prossimità del Terminale e si attesta sul 17% nella stazione di controllo.

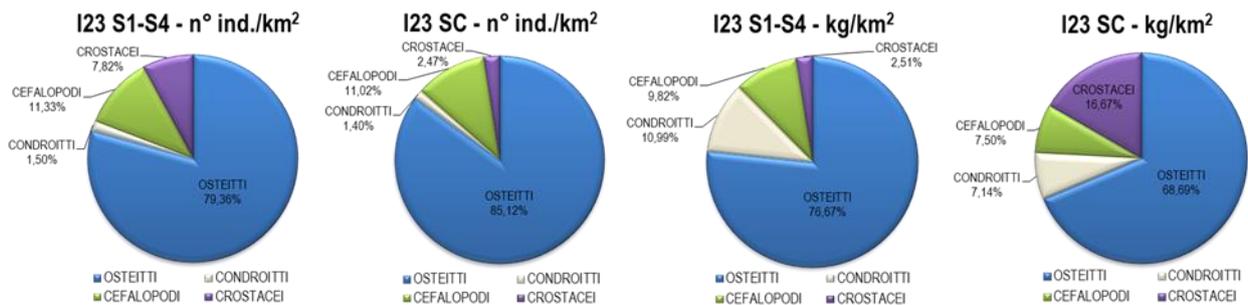


Figura 58 - Rete a strascico: composizione percentuale delle catture, espressa come n° individui/km² e kg/km², dei principali gruppi tassonomici campionati nelle stazioni I23 S1-S4 e I23 SC.

Indici di densità e biomassa per specie

Nella **Tabella 78** sono riportati gli indici di densità in n° individui/km² (di seguito n° ind./km²) e di biomassa in kg/km² per le specie catturate con la rete a strascico. I campi vuoti indicano che la specie non è stata catturata nel gruppo di stazioni poste in prossimità del Terminale o nella stazione di controllo. Gli indici di densità e biomassa delle specie per singola cala sono riportati nell'Allegato 6. Tra gli Osteitti campionati nelle stazioni in prossimità del Terminale (I23 S1-S4) la specie più abbondante è il sugarello, *Trachurus trachurus*, con un indice di densità di 7042 ind./km² ed un indice in biomassa di 134,4 kg/km². Sempre nel gruppo dei pesci Ossei, altre specie che mostrano indici elevati sono la triglia di fango, *Mullus barbatus*, con un indice di densità pari a 4648 ind./km² e un indice in biomassa di 122,2 kg/km², la boga, *Boops boops*, con indici di densità e biomassa di 2312 ind./km² e 87,7 kg/km² rispettivamente, il suro, *Trachurus mediterraneus*, (1227 ind./km² e 22,2 kg/km²) ed il caviglione, *Lepidotrigla cavillone*, con un indice di densità di 979 ind./km² ed un indice di biomassa di 6,7 kg/km². Nel gruppo dei Condroitti il gattuccio, *S. canicula*, è la specie più abbondante con indici di densità pari a 370 ind./km² e di biomassa pari a 59,1 kg/km². Il gruppo dei Crostacei Decapodi è rappresentato solamente da due specie: il gambero bianco, *Parapenaeus longirostris*, con indici di densità e biomassa pari a 202 ind./km² e 14,8 kg/km² rispettivamente, e l'aragosta, *Palinurus elephas*, con un indice di densità di 4 ind./km² e un indice di biomassa di 3,4 kg/km². Tra i Molluschi Cefalopodi la specie con gli indici di densità e biomassa più elevati è il totano, *Illex coindetii*, con valori di 2611 ind./km² e 46,2 kg/km², seguito dal moscardino, *Eledone cirrhosa*, con indici di densità e biomassa di 88 ind./km² e 8,1 kg/km² rispettivamente e dalla seppia elegante, *Sepia elegans*, (31 ind./km² e 0,3 kg/km²). Nel gruppo indicato come "Altro" la specie più abbondante è l'echinoderma *Leptometra phalangium* con un indice di densità pari a 719 ind./km² e un indice di biomassa pari a 14,7 kg/km², seguito dagli echinodermi *Astropecten irregularis pentacanthus*, con indici di densità e biomassa pari a 719 ind./km² e 1,1 kg/km² rispettivamente e *Stichopus regalis*, (200 ind./km² e 43,5 kg/km²).

Nella stazione di controllo I23 SC, la specie più abbondante in assoluto è la triglia di fango, *M. barbatus*, con un indice di densità di 6835 ind./km² e un indice in biomassa di 116,4 kg/km². Tra gli Osteitti altre specie particolarmente abbondanti sono la boga, *B. boops*, con indici di densità e biomassa pari a 4109 ind./km² e 130,8 kg/km² rispettivamente, il suro, *T. mediterraneus*, con una densità di 2782 ind./km² e una biomassa di 37,5 kg/km², ed il sugarello, *T. trachurus*, (1273 ind./km² e 13,3 kg/km²). Il gruppo dei Condroitti è rappresentato solamente dal

gattuccio, *S. canicula*, con un indice di densità di 309 ind./km² e un indice di biomassa di 52,5 kg/km². Come nel gruppo di stazioni I23 S1-S4 anche nella stazione I23 SC il gruppo dei Crostacei Decapodi è rappresentato dal gambero bianco, *P. longirostris*, con un indice in densità di 364 ind./km² e un indice in biomassa di 2,6 kg/km². Nel gruppo dei Molluschi Cefalopodi campionati nella stazione di controllo la specie più abbondante è, anche in questo caso, il totano *I. coindetii*, con indici di densità e biomassa pari 1818 ind./km² e di 25,7 kg/km² rispettivamente ed il moscardino, *E. cirrhosa*, con un indice di densità di 73 ind./km² e un indice di biomassa di 6,6 kg/km². Per quanto riguarda il gruppo indicato come "Altro" la specie più abbondante è l'echinoderma *A. irregularis pentacanthus*, con un indice di densità di 1091 ind./km² e un indice di biomassa di 1,6 kg/km², seguita dallo cnidario *Alcyonium palmatum* (indici di densità e biomassa pari a 182 ind./km² e 5,5 kg/km² rispettivamente) e dallo cnidario *Pennatula rubra* (indice di densità 55 ind./km² e indice di biomassa 1,8 kg/km²).

Tabella 78 - 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 I23 S1-S4 e nella stazione di controllo I23 SC. * = DS<0,05. Gli indici di densità e biomassa delle specie per singola cala sono riportati nell'Allegato 6.

	I23 S1-S4		I23 SC	
	n° ind./km ²	kg/km ²	n° ind./km ²	kg/km ²
OSTEITTI				
<i>Argentina sphyraena</i>	31,1 \pm 47,0	0,29 \pm 0,6		
<i>Arnoglossus laterna</i>	9,0 \pm 18,0	0,10 \pm 0,3		
<i>Boops boops</i>	2311,9 \pm 4287,2	87,71 \pm 148,4	4108,8	130,75
<i>Cepola macrophtalma</i>	13,0 \pm 28,2	0,11 \pm 0,2		
<i>Chelydonichthys lucerna</i>	13,6 \pm 30,2	1,48 \pm 3,2		
<i>Citharus linguatula</i>	13,0 \pm 28,2	0,53 \pm 1,1	72,7	0,93
<i>Capros aper</i>	39,8 \pm 80,6	0,25 \pm 0,5	18,2	0,16
<i>Eutrigla gurnardus</i>	4,4 \pm 15,3	0,09 \pm 0,3		
<i>Helicolenus dactylopterus</i>	4,4 \pm 15,3	0,06 \pm 0,2		
<i>Lepidorhombus boscii</i>	192,7 \pm 197,9	9,61 \pm 17,8	290,9	16,00
<i>Lepidotrigla cavillone</i>	979,3 \pm 1343,3	6,72 \pm 9,2	690,9	7,98
<i>Lophius budegassa</i>	62,5 \pm 107,8	34,13 \pm 60,2	54,5	82,41
<i>Macroramphosus scolopax</i>	323,1 \pm 647,4	2,00 \pm 4,2		
<i>Merluccius merluccius</i>	328,7 \pm 297,6	20,44 \pm 23,1	472,7	36,36
<i>Mullus barbatus</i>	4648,2 \pm 4524,6	122,16 \pm 56,5	6835,8	116,35
<i>Pagellus bogaraveo</i>	917,0 \pm 1256,2	32,13 \pm 50,1	563,6	16,18
<i>Pagellus erythrinus</i>	507,5 \pm 827,7	22,00 \pm 34,0	490,9	20,22
<i>Phycis blennoides</i>	18,1 \pm 44,6	3,50 \pm 10,4		
<i>Scorpaena elongata</i>	4,6 \pm 15,8	0,80 \pm 2,8		
<i>Scorpaena notata</i>			36,4	0,33
<i>Scorpaena scrofa</i>	8,6 \pm 17,3	3,83 \pm 10,1		
<i>Serranus cabrilla</i>	13,7 \pm 30,2	0,65 \pm 1,5		
<i>Serranus hepatus</i>	458,3 \pm 532,7	5,14 \pm 5,9	363,6	3,75
<i>Solea lascaris</i>	4,6 \pm 15,8	1,11 \pm 3,8		
<i>Spicara flexuosa</i>	174,0 \pm 520,5	3,24 \pm 7,8	54,5	2,16
<i>Spicara maena</i>	4,4 \pm 15,3	0,15 \pm 0,5		
<i>Spicara smaris</i>	498,3 \pm 862,6	7,26 \pm 12,8	72,7	0,89
<i>Trachinus draco</i>	13,0 \pm 28,2	0,71 \pm 1,9		
<i>Trachurus mediterraneus</i>	1226,8 \pm 2440,2	22,18 \pm 23,8	2781,6	37,52
<i>Trachurus trachurus</i>	7042,2 \pm 14306,5	134,42 \pm 254,4	1272,6	13,27
<i>Trigla lyra</i>	8,8 \pm 30,6	0,51 \pm 1,8		
<i>Trisopterus capelanus</i>	609,6 \pm 406,2	13,77 \pm 7,2	581,8	14,05
<i>Uranoscopus scaber</i>	18,1 \pm 44,8	3,61 \pm 7,7	18,2	3,84
<i>Zeus faber</i>	49,8 \pm 134,9	14,08 \pm 32,2		
CONDROITTI				
<i>Raja clavata</i>	13,7 \pm 30,2	20,24 \pm 40,7		
<i>Scyliorhinus canicula</i>	369,6 \pm 216,5	59,13 \pm 26,7	309,1	52,54
<i>Torpedo torpedo</i>	4,6 \pm 15,8	0,13 \pm 0,4		
CROSTACEI DECAPODI				
<i>Palinurus elephas</i>	4,2 \pm 14,6	3,37 \pm 11,7	181,8	119,99
<i>Parapenaeus longirostris</i>	202,4 \pm 3193,2	14,83 \pm 24,6	363,6	2,62
MOLLUSCHI CEFALOPODI				
<i>Eledone cirrhosa</i>	88,2 \pm 37,9	8,06 \pm 5,6	72,7	6,58
<i>Illex coindetii</i>	2611,1 \pm 1941,9	46,19 \pm 34,8	1818,0	25,71
<i>Loligo (Alloteuthis) spp.</i>	150,8 \pm 58,1	0,94 \pm 0,6	363,6	2,87
<i>Loligo vulgaris</i>	8,4 \pm 29,2	1,54 \pm 5,3	54,5	4,20
<i>Octopus vulgaris</i>	13,2 \pm 15,3	9,52 \pm 16,1	54,5	15,20
<i>Sepia elegans</i>	30,5 \pm 49,8	0,27 \pm 0,4	72,7	0,62
<i>Sepia officinalis</i>	4,2 \pm 14,6	0,63 \pm 2,2		
<i>Sepietta oweniana</i>	8,8 \pm 17,6	0,05 \pm 0,1		
<i>Pteroctopus tetracirrhus</i>	13,5 \pm 30,1	3,50 \pm 8,3		

Tabella 78 - 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 I23 S1-S4 e nella stazione di controllo I23 SC. * = DS<0,05. Gli indici di densità e biomassa delle specie per singola cala sono riportati nell'Allegato 6.

	I23 S1-S4		I23 SC	
	n° ind./km ²	kg/km ²	n° ind./km ²	kg/km ²
<i>Rossia macrosoma</i>	4,4±15,3	0,16±0,6		
ALTRO				
<i>Acanthocardia aculeata</i>	4,6±15,8	0,02±0,1		
<i>Alcyonium palmatum</i>	87,3±114,0	4,89±8,7	181,8	5,45
<i>Aporrhais pespelecani</i>	82,3±285,0	0,32±1,1		
<i>Ascidia mentula</i>	22,1±76,5	0,49±1,7		
<i>Astropecten aranciacus</i>	13,7±47,5	0,27±0,9		
<i>Astropecten bispinosus</i>			36,4	0,73
<i>Astropecten irregularis pentacanthus</i>	719,0±685,7	1,08±1,0	1090,8	1,64
<i>Bolinus brandaris</i>	9,1±31,7	0,23±0,8		
<i>Botryllus schlosseri</i>	4,6±15,8	0,68±2,4	18,2	3,64
<i>Calliostoma granulatum</i>	4,2±14,6	0,03±0,1		
<i>Funiculina quadrangularis</i>	18,2±63,1	0,14±0,5		
<i>Leptometra phalangium</i>	719,0±685,7	14,65±30,3		
<i>Luidia ciliaris</i>	9,1±31,6	1,00±3,5		
Nudibranchia indet.	13,7±47,5	0,34±1,2	36,4	0,91
<i>Ophiura texturata</i>	70,3±140,8	0,20±0,5		
<i>Ostrea</i> sp.			18,2	0,55
<i>Pennatula phosphorea</i>	9,1±18,2	0,41±0,9		
<i>Pennatula rubra</i>	8,8±30,6	0,18±0,6	54,5	1,82
Porifera indet.		6,86±23,7		
<i>Squilla mantis</i>	4,4±15,3	0,06±0,2		
<i>Stichopus regalis</i>	199,9±174,9	43,52±33,7	36,4	9,09
Thaliacea indet.	309,2±1071,0	0,88±3,1		

Indici di densità e biomassa delle specie più rappresentative

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

Nella **Figura 59** sono riportati gli indici di densità e biomassa per le specie caratteristiche catturate con la rete a strascico. I grafici mostrano i valori medi e la deviazione standard degli indici, sia per specie, sia per sito (I23 S1-S4: stazioni in prossimità del Terminale; I23 SC: stazione di controllo).

Gli indici di densità e biomassa del merluzzetto, *Trisopterus capelanus*, del pagello fragolino, *Pagellus erythrinus*, e del moscardino, *E. cirrhosa*, sono simili sia nelle stazioni in prossimità del Terminale (I23 S1-S4) che nella stazione di controllo (I23 SC). Il sacchetto, *Serranus hepatus*, il sugarello, *T. trachurus*, il gattuccio, *S. canicula*, ed il gambero bianco, *P. longirostris*, mostrano indici di densità e biomassa più elevati nel gruppo di stazioni I23 S1-S4, mentre il nasello, *Merluccius merluccius*, la triglia di fango, *M. barbatus*, ed il rombo quattrocchi, *L. boscii*, mostrano indici di densità e biomassa più elevati nella stazione I23 SC.

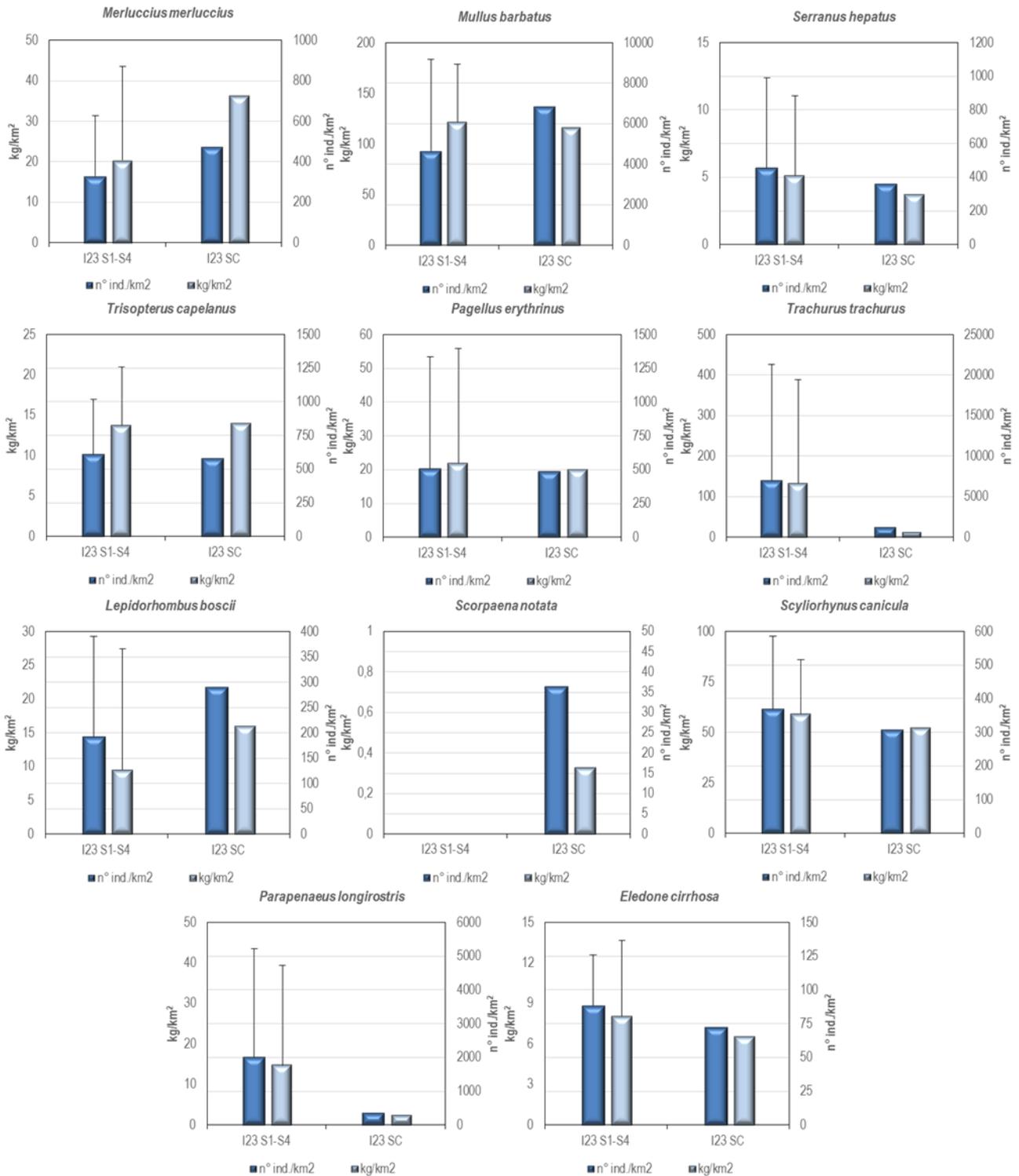


Figura 59 – Rete a strascico: indici di densità e biomassa, stimati per le stazioni I23 S1-S4 e per la stazione I23 SC, per specie. Sono riportati i valori medi + la deviazione standard. In blu n° individui/km², in azzurro chiaro kg/km².

Distribuzioni taglia-frequenza per specie

Nel gruppo degli Osteitti la specie con la maggiore cattura in numero assoluto è il sugarello, *T. trachurus*. Nel gruppo di stazioni I23 S1-S4 sono stati campionati 1579 esemplari con taglia compresa tra 8,5 e 22 cm LT, mentre nella stazione I23 SC gli individui catturati sono stati 70, con taglia tra 7,5 e 15 cm LT (**Figura 60**). La distribuzione di taglia-frequenza degli animali catturati nel gruppo di stazioni in prossimità del Terminale (I23 S1-S4) mostra 2 mode: una a 12 cm LT e una, più piccola, a 17 cm LT. Nel caso degli animali campionati nella stazione di controllo (I23 S1-S4) la distribuzione di taglia-frequenza mostra una moda a 10,5 cm LT.

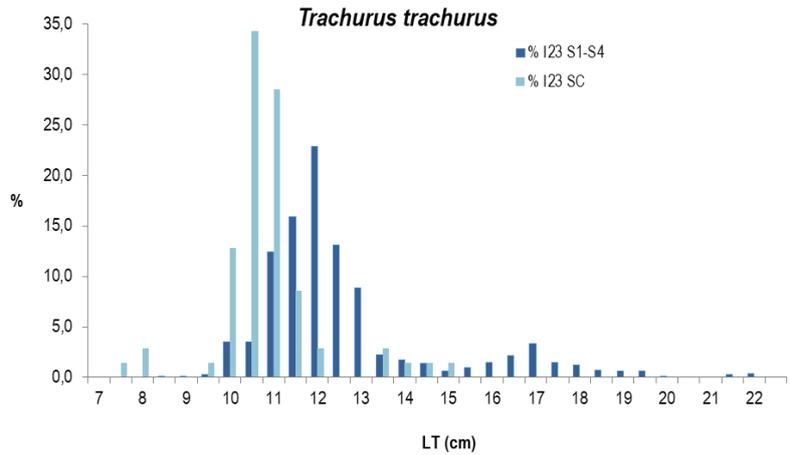


Figura 60 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del sugarello (*Trachurus trachurus*). N° individui: 1579 (I23 S1-S4), 70 (I23 SC).

Nel caso della triglia di fango, *M. barbatus*, nel gruppo di stazioni in prossimità del Terminale (I23 S1-S4) sono stati campionati 1061 esemplari con taglia compresa tra 6 e 23,5 cm LT, mentre nel controllo (I23 SC) sono stati catturati 376 esemplari, con un intervallo di taglia tra 7 e 20 cm LT (Figura 61). La distribuzione taglia-frequenza degli individui catturati nel gruppo di stazioni I23 S1-S4 mostra due mode: una moda a 9 cm LTe una a 17 cm LT, mentre per la distribuzione taglia-frequenza della stazione I23 SC è evidente una moda a 10 cm LT.

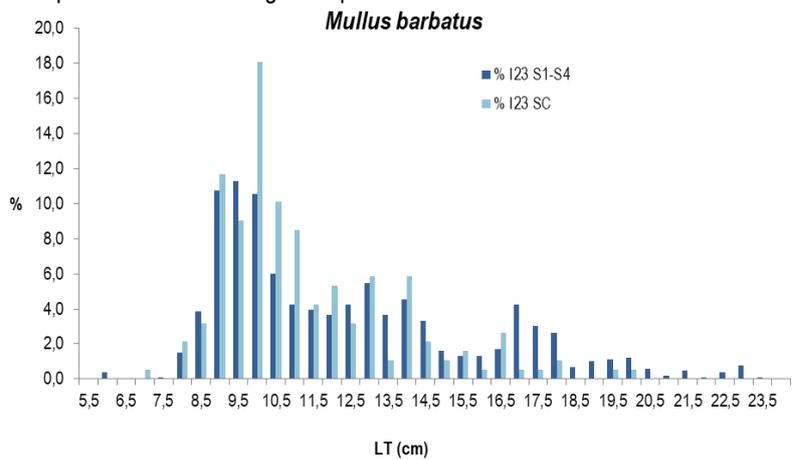


Figura 61 - Reti a strascico: distribuzione taglia-frequenza della triglia di fango (*Mullus barbatus*). N° individui: 1061 (I23 S1-S4), 376 (I23 SC).

Il sacchetto, *S. hepatus*, è stato campionato sia nelle stazioni in prossimità del Terminale (I23 S1-S4: 105 esemplari con taglia tra 5,5 e 10,5 cm LT) che nella stazione di controllo (I23 SC: 20 esemplari con taglia compresa tra 6,5 e 10 cm LT) (Figura 62). Le distribuzioni di taglia-frequenza degli animali catturati mostrano entrambe una moda a 9 cm LT.

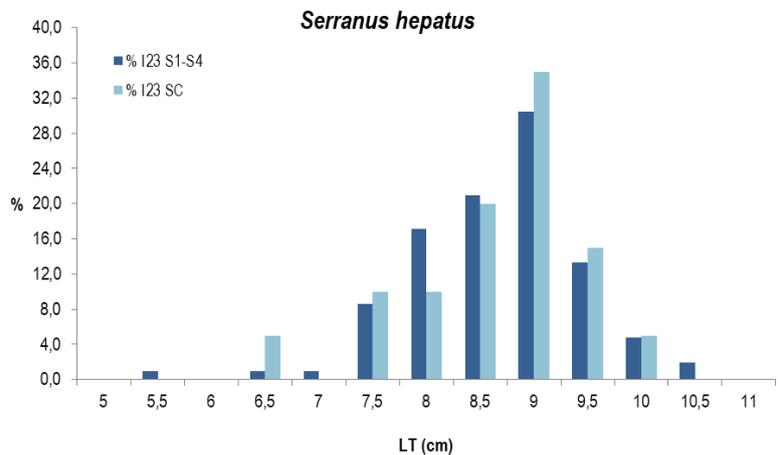


Figura 62 - Reti a strascico: distribuzione taglia-frequenza del sacchetto (*Serranus hepatus*). N° individui: 105 (I23 S1-S4), 20 (I23 SC).

Nelle stazioni in prossimità del Terminale (I23 S1-S4), sono stati campionati 74 esemplari di nasello, *M. merluccius*, con taglia compresa tra 5 e 44 cm LT (**Figura 63**), mentre nella stazione di controllo (I23 SC) sono stati catturati 26 individui, con un intervallo di taglia compreso tra 11 e 35 cm LT. Entrambe le distribuzioni di taglia-frequenza non sono ben definite.

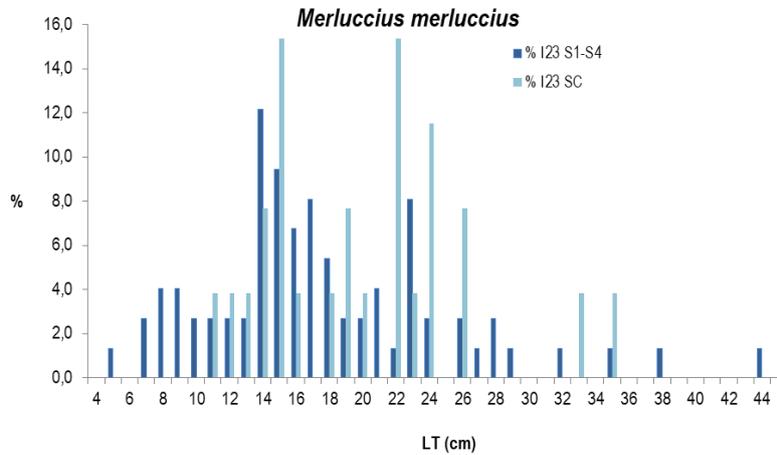


Figura 63 - Reti a strascico: distribuzione taglia-frequenza del nasello (*Merluccius merluccius*). N° individui: 74 (I23 S1-S4), 26 (I23 SC).

Per quanto riguarda il merluzzetto, *T. capelanus*, nel gruppo di stazioni I23 S1-S4 sono stati campionati 138 esemplari, con taglia compresa tra 9,5 e 20 cm LT (**Figura 64**). Nella distribuzione di taglia-frequenza si può individuare una moda a 11 cm LT. Nella stazione di controllo I23 SC sono stati catturati 32 individui con un intervallo di taglia tra 10,5 e 18 cm LT, ma in questo caso la distribuzione taglia-frequenza non è ben definita.

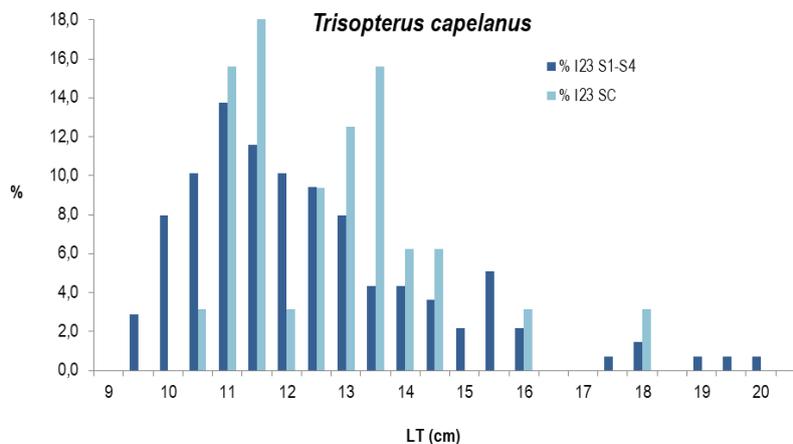


Figura 64 - Reti a strascico: distribuzione taglia-frequenza del merluzzetto (*Trisopterus capelanus*). N° individui: 138 (I23 S1-S4), 32 (I23 SC).

Passando al pagello fragolino, *P. erythrinus*, nel gruppo di stazioni in prossimità del Terminale (I23 S1-S4) sono stati campionati 116 esemplari, con taglia compresa tra 9 e 21 cm LT (**Figura 65**), mentre nella stazione di controllo (I23 SC) sono stati catturati 27 individui con un intervallo di taglia tra 8,5 e 20 cm LT. La distribuzione taglia-frequenza degli esemplari campionati in prossimità del Terminale mostra 2 mode: una a 11 cm LT ed una a 15 cm LT, mentre la distribuzione taglia-frequenza degli esemplari catturati nella stazione di controllo le mode sono meno evidenti.

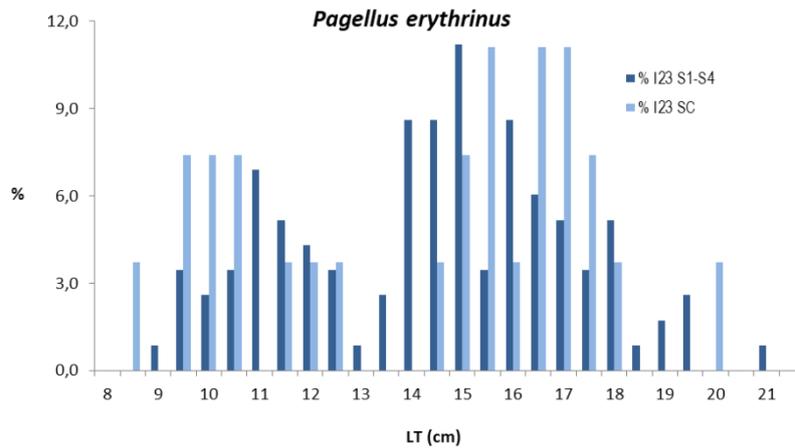


Figura 65 - Reti a strascico: distribuzione taglia-frequenza del pagello fragolino (*Pagellus erythrinus*). N° individui: 116 (I23 S1-S4), 27 (I23 SC).

Per il rombo quattrocchi, *L. boscii*, e lo scorfanotto, *S. notata*, visto il basso numero di esemplari campionati o la scarsa significatività, non vengono fornite le distribuzioni taglia-frequenza. Sono stati catturati, in totale, 60 esemplari di rombo quattrocchi, *L. boscii*: 44 esemplari, con taglia tra 10 e 25 cm LT, sono stati campionati nel gruppo di stazioni I23 S1-S4, mentre nella stazione I23 SC sono stati campionati 16 esemplari, con taglia compresa tra 12,5 e 28,5 cm LT. Lo scorfanotto, *S. notata*, è stato campionato solo nella stazione di controllo, con 2 esemplari di 8 cm LT.

Il gattuccio, *S. canicula*, è stato campionato sia nelle stazioni in prossimità del Terminale (I23 S1-S4) che nella stazione I23 SC con un numero di individui, rispettivamente, di 84 e 17. La distribuzione taglia-frequenza degli esemplari catturati in prossimità del Terminale, con taglia compresa tra 23 e 45 cm LT, non mostra un andamento ben definito (**Figura 66**). La distribuzione di taglia-frequenza degli esemplari campionati nella stazione di controllo (taglia compresa tra 32 e 42 cm LT) mostra una moda a 37 cm LT.

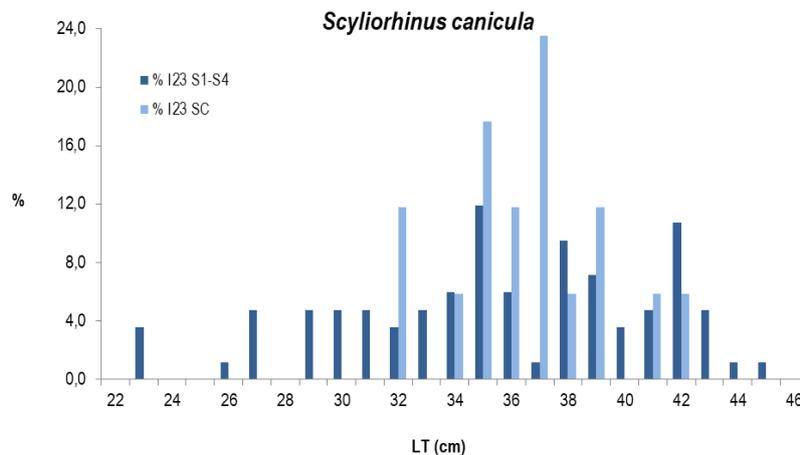


Figura 66 - Reti a strascico: distribuzione taglia-frequenza del gattuccio (*Scylliorhinus canicula*). N° individui: 84 (I23 S1-S4), 17 (I23 SC).

Passando al gambero bianco, *P. longirostris*, in totale sono stati campionati 471 esemplari, 451 nel gruppo di stazioni in prossimità del Terminale (intervallo di taglia: 12 – 33 mm LC) e 20 esemplari nella stazione I23 SC (intervallo di taglia: 19 – 30 mm LC) (**Figura 67**). Nella distribuzione taglia-frequenza degli esemplari campionati nelle stazioni in prossimità del Terminale (I23 S1-S4) sono presenti due mode, una a 20 mm LC ed una, un po' meno evidente, a 29 mm LC. La distribuzione taglia-frequenza degli individui catturati nella stazione di controllo (I23 SC) ha una struttura simile a quella osservata per le stazioni in prossimità del Terminale (I23 S1-S4).

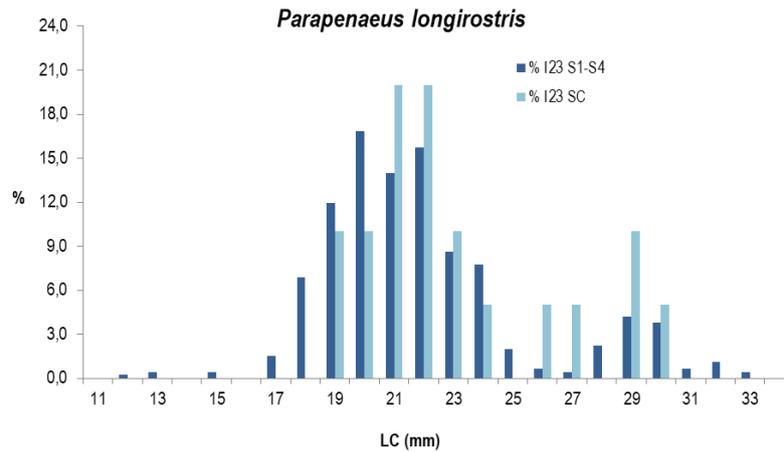


Figura 67 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del gambero bianco (*Parapenaeus longirostris*). N° individui: 451 (I23 S1-S4), 20 (I23 SC).

Per quanto riguarda il moscardino, *E. cirrhosa*, nelle stazioni in prossimità del Terminale (I23 S1-S4) sono stati campionati 20 esemplari con taglia compresa tra 5 e 8 cm LM, mentre nella stazione di controllo (I23 SC) sono stati catturati 4 individui con taglia compresa tra 6,5 e 8,5 cm LM.

Relazione taglia/peso delle principali specie campionate

Nel corso della campagna sono stati rilevati i pesi individuali delle principali specie campionate. Al momento vengono mostrate le prime elaborazioni delle relazioni taglia/peso relativamente a triglia di fango, *M. barbatus*, e sugarello, *T. trachurus*, le specie per le quali è stato campionato un numero consistente di esemplari per fare questa analisi. Nella **Figura 68** è illustrata la relazione taglia/peso degli esemplari di *M. barbatus* campionati nelle stazioni in prossimità del Terminale (I23 S1-S4) e nella stazione di controllo (I23 SC). Nelle stazioni I23 S1-S4 sono stati rilevati i pesi individuali di 474 esemplari, mentre 180 nella stazione di controllo I23 SC. L'intervallo di taglia coperto per questa specie è compreso tra 7 e 20 cm LT.

Una volta che saranno disponibili i dati della campagna estiva 2023, le elaborazioni saranno fatte su base annuale; questo consentirà anche di disporre di risultati di un numero maggiore di specie.

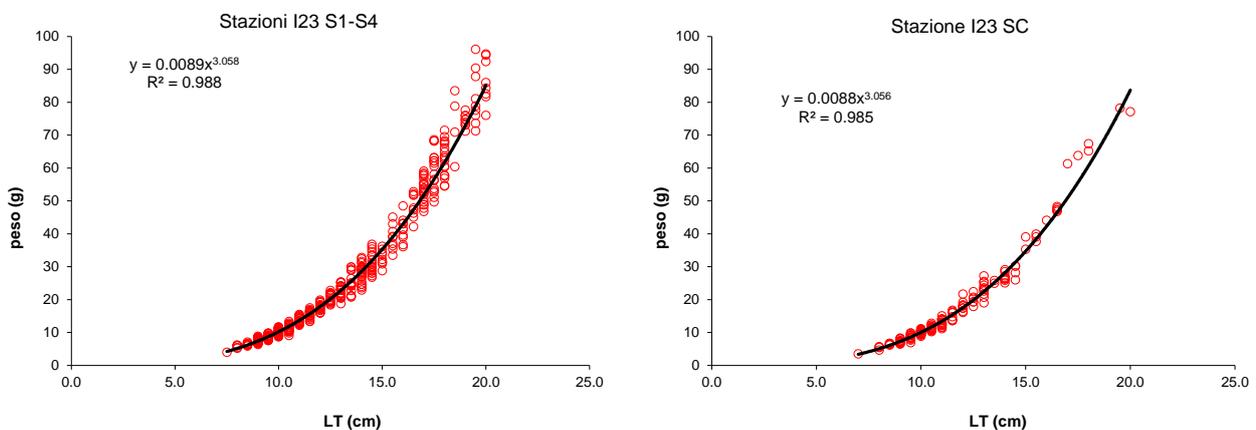


Figura 68 - Relazione taglia/peso della triglia di fango (*Mullus barbatus*). N° individui: 474 (I23 S1-S4), 180 (I23 SC).

Nella **Figura 69** è riportata la relazione taglia/peso degli esemplari di sugarello *T. trachurus* campionati nelle stazioni in prossimità del Terminale (I23 S1-S4) e nella stazione di controllo (I23 SC). Nelle stazioni I23 S1-S4 sono stati rilevati i pesi individuali di 334 esemplari, mentre nella stazione di controllo I23 SC sono stati pesati 66 esemplari. L'intervallo di taglia coperto per questa specie è compreso tra 9,5 e 15 cm LT.

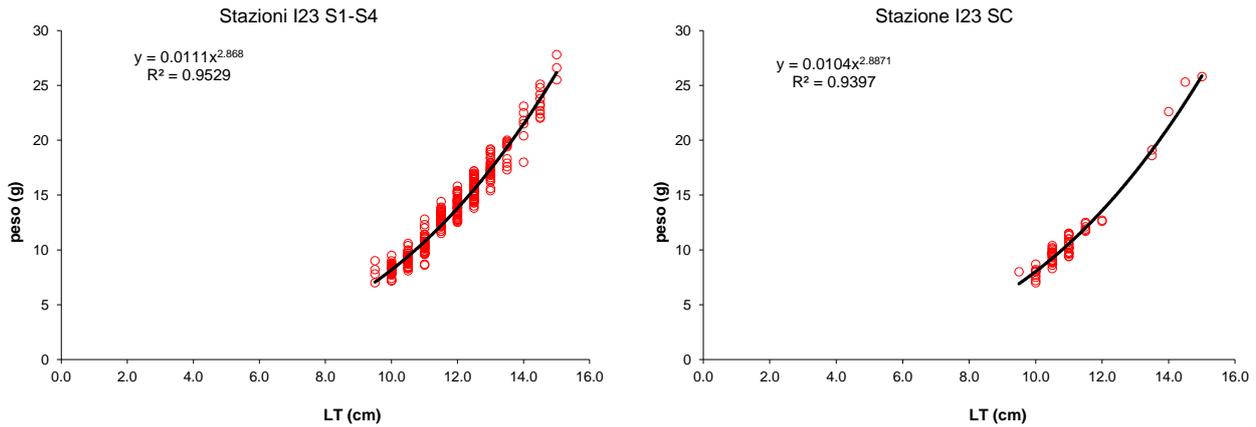


Figura 69 - Relazione taglia/peso del sugarello (*Trachurus trachurus*). N° individui: 334 (I23 S1-S4), 66 (I23 SC).

Nella **Tabella 79** sono riportati i parametri delle relazioni taglia/peso per le due specie analizzate ed il risultato dell' ANCOVA per valutare eventuali differenze nell'accrescimento ponderale tra gli esemplari catturati nelle stazioni in prossimità del Terminale (I23 S1-S4) e quelli della stazione controllo (I23 SC). Sia per la triglia di fango, *M. barbatus*, che per il sugarello, *T. trachurus*, non si riscontrano differenze statisticamente significative tra le stazioni più vicine al Terminale (I23 S1-S4) e la stazione controllo (I23 SC).

Tabella 79 - Coefficienti a e b e relativi errori standard della relazione taglia/peso e risultati del confronto statistico (ANCOVA) tra le stazioni I23 S1-S4 e la stazione I23 SC. R²: Coefficiente di regressione.

Specie	Stazione	N. individui	Coefficiente a	Errore Standard a	Coefficiente b	Errore Standard b	R ²	Risultati ANCOVA
<i>M. barbatus</i>	S1-S4	474	0,00895	0,03929	3,05786	0,01554	0,98796	Non significativo
<i>M. barbatus</i>	SC	180	0,00885	0,06857	3,05603	0,02842	0,98484	
<i>T. trachurus</i>	S1-S4	334	0,01108	0,08604	2,86810	0,03499	0,95291	Non significativo
<i>T. trachurus</i>	SC	66	0,01040	0,21876	2,88709	0,67140	0,93973	

4.2.6 Cetacei e tartarughe marine

Per questa indagine è stato effettuato uno sforzo pari a 147,6 km per un tempo totale di 1.188 min. (Fig.1) In **Figura 70** sono riportate le rotte percorse per il monitoraggio visivo condotto nell'inverno 2023 (I23). Durante l'I23 è stato effettuato N° 1 avvistamento di cetacei in data 17 marzo a 5nm NE dal Terminale in posizione Lat 43 42 195 e Long 10 04 849 per un totale di 7 individui adulti appartenenti alla specie *Tursiops truncatus*.

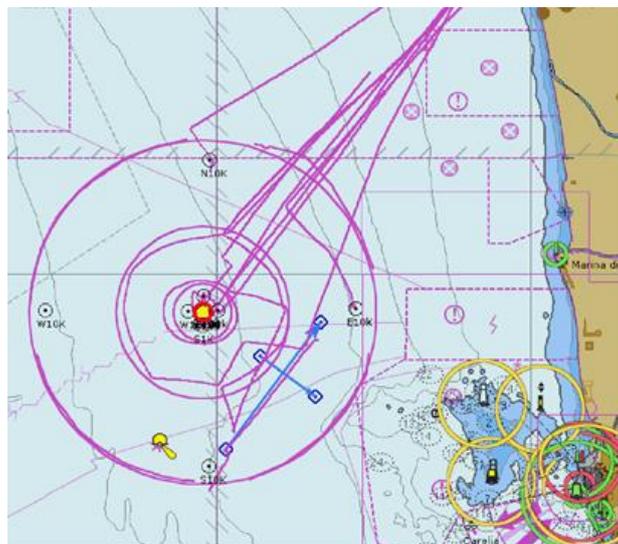


Figura 70 - Rotte percorse per il monitoraggio visivo, acustico e bioacustico condotte a partire da marzo 2023 (I23).

4.3 Indagini generali

4.3.1 Bioacustica

I transetti di bioacustica sono stati effettuati in data 6 aprile 2023. Seguendo tali transetti, su rotte prefissate, è stato effettuato l'ascolto in continuum attraverso uno specifico idrofono dedicato. Tale strumento è stato trainato ad una distanza di 35-40m dalla poppa dell'imbarcazione utilizzando entrambe le modalità da effettuare secondo gli standard riconosciuti: 1) **a motore**, alla velocità max di 2-4knt, in quanto in assenza di vento; 2) **a vela**, si procede a vel, sempre ad una velocità di 2-4knt, se in presenza di vento con direzione idonea ad effettuare i transetti. Entrambe le modalità garantiscono in ogni caso di rendere l'ascolto il più possibile non inquinato dai rumori dell'imbarcazione e ascoltare prevalentemente il rumore ambientale.

La fase di ascolto è stata effettuata da biologi/naturalisti esperti in bioacustica che si sono alternati ogni 30' alla postazione del computer e all'osservazione con binocolo. Durante questa fase l'operatore in postazione rimane in ascolto tramite cuffie e osserva contemporaneamente il computer dove attraverso un software dedicato, viene visualizzato il risultato dell'ascolto 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" 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 I23, della lunghezza totale di circa 16 km, sono stati percorsi in circa 180 minuti, che rappresentano anche il tempo totale di ascolto.

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

A titolo di esempio riportiamo uno spettro del 06.04 senza rilevazione di suoni biologici (**Figura 71**).

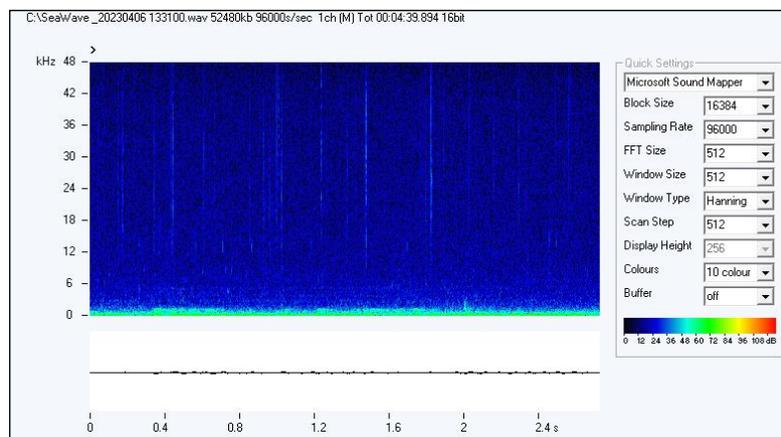


Figura 71 - Esempio di spettro senza segnali biologici