

## PIANO DI MONITORAGGIO DELL'AMBIENTE MARINO

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



## FASE DI ESERCIZIO VII REPORT ANNUALE VOL. 1

Rev. 3	20.07.21	Emissione definitiva	AMDB / FF	GB	CP
Rev. 2	16.06.21	Emissione per revisione Misura del rumore	AMDB / FF	GB	CP
Rev. 1	13.05.21	Emissione per integrazioni	AMDB	GB	CP
Rev. 0	02.01.21	Emissione per commenti committente	AMDB	GB	CP
Rev	Data	Descrizione della revisione	Preparato da	Verificato da	Approvato da

VOLUME I	10
1 INTRODUZIONE	11
1.1 Breve descrizione dell'impianto di rigassificazione	11
1.2 Breve cronistoria relativa al progetto di monitoraggio	11
1.3 Obiettivi fase di esercizio	11
2 MATERIALI E METODI	12
2.1 Attività e tempistiche	12
2.2 Area di indagine	13
2.3 Colonna d'acqua	15
2.3.1 Profili idrologici	15
2.3.2 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	15
2.3.3 Plancton	17
2.3.4 Saggi ecotossicologici	18
<i>Vibrio fischeri</i> (sistema Microtox®) - fase liquida	18
<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	19
<i>Dicentrarchus labrax</i>	19
<i>Paracentrotus lividus</i>	19
2.4 Sedimenti	19
2.4.1 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	20
Analisi granulometriche	20
Analisi chimiche	20
Analisi microbiologiche	21
2.4.2 Saggi ecotossicologici	21
<i>Paracentrotus lividus</i>	21
<i>Corophium orientale</i>	21
<i>Vibrio fischeri</i> (sistema Microtox®) - fase solida	22
2.5 Biota	22
2.5.1 Macrozoobenthos	22
2.5.2 Meiobenthos	22
2.5.3 Bioaccumulo	23
2.5.4 Biomarkers	26
2.5.5 Fauna ittica bentonectonica	27
2.5.6 Fauna ittica pelagica	29
2.5.7 Cetacei e tartarughe marine	29
2.6 Indagini generali	30
2.6.1 Bioacustica	37
3 RISULTATI SURVEY AUTUNNO 2019	38
3.1 Colonna d'acqua	38
3.1.1 Profili idrologici	38
3.1.2 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	41
3.1.3 Plancton	50
3.2 Biota	60
3.2.1 Macrozoobenthos	60
3.2.2 Bioaccumulo	64

3.2.3	Biomarkers.....	67
3.2.4	Cetacei e tartarughe marine .....	68
3.3	Indagini generali .....	69
3.3.1	Misura del rumore .....	72
3.3.2	Bioacustica .....	78
4	RISULTATI SURVEY INVERNO 2020.....	78
4.1	Colonna d'acqua .....	78
4.1.1	Profili idrologici .....	78
4.1.2	Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche.....	80
4.1.3	Saggi ecotossicologici.....	83
	<i>Vibrio fischeri</i> .....	83
	<i>Pheodactylum tricorutum</i> .....	83
	<i>Dicentrarchus labrax</i> .....	84
	<i>Paracentrotus lividus</i> .....	84
4.2	Biota .....	86
4.2.1	Macrozoobenthos.....	86
4.2.2	Meiobenthos .....	90
4.2.3	Bioaccumulo .....	98
4.2.4	Biomarkers.....	100
4.2.5	Fauna ittica bentonectonica.....	100
4.2.6	Cetacei e tartarughe marine .....	109
4.3	Indagini generali .....	110
4.3.1	Misura del rumore .....	113
4.3.2	Bioacustica .....	118
VOLUME II	.....	119
5	RISULTATI SURVEY PRIMAVERA 2020.....	119
5.1	Colonna d'acqua .....	119
5.1.1	Profili idrologici .....	119
5.1.2	Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche.....	119
5.1.3	Plancton .....	119
5.2	Biota .....	119
5.2.1	Macrozoobenthos.....	119
5.2.2	Bioaccumulo .....	119
5.2.3	Biomarkers.....	119
5.2.4	Cetacei e tartarughe marine .....	119
5.3	Indagini generali .....	119
5.3.1	Misura del rumore .....	119
5.3.2	Bioacustica .....	119
6	RISULTATI SURVEY ESTATE 2020 .....	119
6.1	Colonna d'acqua .....	119
6.1.1	Profili idrologici .....	119
6.1.2	Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche.....	119
6.1.3	Saggi eco tossicologici su campioni di acqua.....	119
6.1.4	Plancton .....	119
6.2	Sedimenti.....	119
6.2.1	Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche.....	119

6.2.2	Saggi eco tossicologici su campioni di sedimento .....	119
6.3	Biota .....	119
6.3.1	Macrozoobenthos.....	119
6.3.2	Meiobenthos .....	119
6.3.3	Bioaccumulo.....	119
6.3.4	Biomarkers.....	119
6.3.5	Fauna ittica bentonectonica.....	119
6.3.6	Fauna ittica pelagica .....	119
6.3.7	Cetacei e tartarughe marine .....	119
6.4	Indagini generali .....	119
6.4.1	Misura del rumore .....	119
6.4.2	Bioacustica .....	119
7	CONFRONTO INTERSTAGIONALE E CON LA CAMPAGNA DI BIANCO .....	119
7.1	Colonna d'acqua .....	119
7.1.1	Profili idrologici.....	119
7.1.2	Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche.....	119
7.1.3	Saggi eco tossicologici su campioni di acqua.....	119
7.1.4	Plancton .....	119
7.2	Sedimenti.....	120
7.2.1	Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche.....	120
7.2.2	Saggi eco tossicologici su campioni di sedimento .....	120
7.3	Biota .....	120
7.3.1	Macrozoobenthos.....	120
7.3.2	Meiobenthos .....	120
7.3.3	Bioaccumulo .....	120
7.3.4	Biomarkers.....	120
7.3.5	Fauna ittica bentonectonica.....	120
7.3.6	Fauna ittica pelagica .....	120
7.3.7	Cetacei e tartarughe marine .....	120
7.4	Indagini generali .....	120
7.4.1	Misura del rumore .....	120
7.4.2	Bioacustica .....	120
8	CONCLUSIONI.....	120

#### 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. ....	14
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. ....	30
Figura 3 - Posizione delle stazioni di campionamento acustico. ....	31
Figura 4 - Esempio di restituzione dati AIS durante l'avvicinamento alla stazione Est1K. ....	32
Figura 5 - Schema dei tre tipi fondamentali di andamento che i raggi/coni acustici possono assumere nel piano range-depth al variare del profilo della velocità del suono con la profondità.....	36
Figura 6 - Survey acustico effettuato su transetti ortogonali posizionati nei settori NE, SE, SW, NW ad una distanza tra 5 e 10km dal Terminale FSRU.....	37
Figura 7 – Profili di temperatura (°C), salinità (ppt), pH e torbidità (NTU); survey autunno 2019. ....	38
Figura 8 – Profili di ossigeno disciolto (% saturazione), clorofilla (µg/l) e potenziale di ossidoriduzione (mV); survey autunno 2019. ....	39
Figura 9 - 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 A19 MG7 e A19 MG10. ....	40

Figura 10 - Irradianza spettrale discendente superficiale e subacquea alle profondità indicate. E' inoltre riportata la irradianza spettrale ascendente a 5 m (5m up). Ogni spettro è stato normalizzato per il proprio massimo ( $E_{max}(\lambda)$ ) riportato nella legenda insieme con la lunghezza d'onda dove si colloca ( $\lambda_{max}$ ).....	40
Figura 11 - Profili delle concentrazioni ( $\mu\text{M}$ ) dei nutrienti inorganici disciolti: $\text{NO}_2$ (nitriti), $\text{NO}_3$ (nitrati), $\text{PO}_4$ (fosfati), $\text{SiO}_2$ (silicati).....	42
Figura 12 - Profili delle concentrazioni (mg/l) dei solidi sospesi (TSM) e delle concentrazioni di particolato organico (POM).....	43
Figura 13 - Profili degli assorbimenti ( $\text{m}^{-1}$ ) della CDOM a 325 nm ( $a_{CDOM}(325)$ ).....	44
Figura 14 - Profili delle concentrazioni (mg/ $\text{m}^3$ ) di clorofilla <i>a</i> tot. ....	45
Figura 15 - Concentrazione relativa dei singoli pigmenti diagnostici in rapporto al totale delle concentrazioni dei nove Pigmenti Diagnostici (PD= Fuco+Perid+Hex-Fuco+But-Fuco+Allo+Prasino+Chl <i>b</i> +DVA+Zea).....	47
Figura 16 - Profili delle densità fitoplanctoniche totali (cell/ml).....	51
Figura 17 - Abbondanza relativa delle classi fitoplanctoniche indicate in legenda in rapporto all'abbondanza totale.....	52
Figura 18 - Ripartizione dell'abbondanza totale e del numero di specie tra i principali taxa rinvenuti nell'autunno 2019. Altro= nemertini, emicordati, caudofoveati, actinari, ascidiacei e picnogonidi.....	62
Figura 19 - Abbondanza totale e contributo percentuale cumulativo delle specie dominanti (A19).....	63
Figura 20 - 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.....	64
Figura 21 - 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.....	67
Figura 22 - Valutazione del grado di integrità del DNA mediante Comet assay. Valori elevati della percentuale di DNA migrato corrispondono ad una maggiore entità del danno.....	67
Figura 23 - Analisi istologica delle branchie di mitilo. Il parametro rappresentato nel grafico è il punteggio medio ( <i>score</i> ) 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.....	68
Figura 24 - Rotte effettuate per il monitoraggio visivo, acustico e bioacustico condotto in autunno 2019 (A19).....	69
Figura 25 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N100 a 55 m di profondità.....	72
Figura 26 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato.....	72
Figura 27 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S100 a 55 m di profondità. In tutte le curve a 100m sono presenti le stesse tonali a bassa frequenza.....	73
Figura 28 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto W100 a 55 m di profondità.....	73
Figura 29 - Confronto dei livelli in terzi d'ottava misurati a distanza di 100 m a 55m di profondità.....	74
Figura 30 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N1K a 55m di profondità.....	74
Figura 31 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N10K a 45m di profondità.....	75
Figura 32 - Confronto dei livelli in terzi d'ottava misurati a 55m di profondità lungo la direzione Nord.....	75
Figura 33 - Profili di velocità del suono misurati con CTD a differenti stazioni durante la campagna A19.....	76
Figura 34 - Simulazione della Transmission Loss TL alla frequenza di 12 kHz in direzione Nord.....	77
Figura 35 - Transmission Loss prevista dal modello in funzione della distanza alla profondità di 15 metri.....	77
Figura 36 - Profili di temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), salinità (ppt), pH e torbidità (NTU); survey inverno 2020.....	79
Figura 37 - Profili di ossigeno disciolto (% saturazione), clorofilla ( $\mu\text{g/l}$ ), e potenziale di ossidoriduzione (mV); survey inverno 2020.....	79
Figura 38 - Profili delle concentrazioni (mg/l) dei solidi sospesi (TSM).....	80
Figura 39 - Ripartizione dell'abbondanza totale e del numero di specie tra i principali taxa rinvenuti nell'inverno 2020. Altro= cnidari, nemertini, poriferi, plattelminti.....	88
Figura 40 - Abbondanza totale e contributo percentuale cumulativo delle specie dominanti (I20).....	89
Figura 41 - 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. Nel piano di ordinamento è stata rimossa la stazione I20 MG9 (vedi testo per la spiegazione).....	89
Figura 42 - Stazione I20 MG1. Densità media $\pm$ deviazione standard (ind./10 $\text{cm}^2$ ) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).....	90
Figura 43 - Stazione I20 MG2. Densità media $\pm$ deviazione standard (ind./10 $\text{cm}^2$ ) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).....	91
Figura 44 - Stazione I20 MG4. Densità media $\pm$ deviazione standard (ind./10 $\text{cm}^2$ ) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).....	92
Figura 45 - Stazione I20 MG6. Densità media $\pm$ deviazione standard (ind./10 $\text{cm}^2$ ) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).....	92
Figura 46 - Stazione I20 MG7. Densità media $\pm$ deviazione standard (ind./10 $\text{cm}^2$ ) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).....	93
Figura 47 - Stazione I20 MG8. Densità media $\pm$ deviazione standard (ind./10 $\text{cm}^2$ ) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).....	93
Figura 48 - Stazione I20 MG9. Densità media $\pm$ deviazione standard (ind./10 $\text{cm}^2$ ) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).....	94

Figura 49 - Stazione I20 MG10. Densità media $\pm$ deviazione standard (ind./10 cm <sup>2</sup> ) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx) .....	94
Figura 50 - Stazione I20 MG11. Densità media $\pm$ deviazione standard (ind./10 cm <sup>2</sup> ) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx) .....	95
Figura 51 - Stazione I20 MG12. Densità media $\pm$ deviazione standard (ind./10 cm <sup>2</sup> ) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx) .....	95
Figura 52 - Stazione I20 MG13. Densità media $\pm$ deviazione standard (ind./10 cm <sup>2</sup> ) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx) .....	96
Figura 53 - Stazione I20 MG14. Densità media $\pm$ deviazione standard (ind./10 cm <sup>2</sup> ) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx) .....	96
Figura 54 - 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 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 I20 P1-P4 e I20 PC. ....	102
Figura 56 - Rete a strascico: composizione percentuale delle catture, espressa come n° individui/km <sup>2</sup> e kg/km <sup>2</sup> , dei principali gruppi tassonomici campionati nelle stazioni I20 S1-S4 e I20 SC. ....	102
Figura 57 - Reti da posta: indici di densità e biomassa, stimati per le stazioni I20 P1-P4 e per la stazione I20 PC, per specie. Sono riportati i valori medi + la deviazione standard. In blu n° individui/1000m/24h, in azzurro kg/1000m/24h. ....	105
Figura 58 - Rete a strascico: indici di densità e biomassa, stimati per le stazioni I20 S1-S4 e per la stazione I20 SC, per specie. Sono riportati i valori medi + la deviazione standard. In blu n° individui/km <sup>2</sup> , in azzurro chiaro kg/km <sup>2</sup> . ....	106
Figura 59 - Rete da posta: distribuzione taglia-frequenza del gattuccio ( <i>Scylliorhinus canicula</i> ). N° individui: 78 (I20 P1-P4). ....	107
Figura 60 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza della triglia di fango ( <i>Mullus barbatus</i> ). N° individui: 594 (I20 S1-S4), 150 (I20 SC). ....	107
Figura 61 - Reti a strascico: distribuzione taglia-frequenza del nasello ( <i>Merluccius merluccius</i> ). N° individui: 83 (I20 S1-S4), 37 (I20 SC). ....	108
Figura 62 - Reti a strascico: distribuzione taglia-frequenza del pagello fragolino ( <i>Pagellus erythrinus</i> ). N° individui: 115 (I20 S1-S4), 48 (I20 SC). ....	108
Figura 63 - Reti a strascico: distribuzione taglia-frequenza del gattuccio ( <i>Scylliorhinus canicula</i> ). N° individui: 207 (I20 S1-S4), 44 (I20 SC). ....	109
Figura 64 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del gambero bianco ( <i>Parapenaeus longirostris</i> ). N° individui: 503 (I20 S1-S4). ....	109
Figura 65 - Rotte effettuate per il monitoraggio visivo, acustico e bioacustico condotto in inverno 2020 (I20). ....	110
Figura 66 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N100 a 55m di profondità. ....	113
Figura 67 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto E100 a 55m di profondità. ....	113
Figura 68 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S100 a 55m di profondità. ....	114
Figura 69 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto W100 a 55m di profondità. ....	114
Figura 70 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N1K a 55m di profondità. ....	115
Figura 71 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N10K a 45m di profondità. ....	115
Figura 72 - Confronto dei livelli in terzi d'ottava misurati a 55m di profondità lungo la direzione Nord. ....	116
Figura 73 - Profili di velocità del suono misurati con CTD a differenti stazioni durante la campagna I20. ....	116
Figura 74 - Simulazione della Transmission Loss TL alla frequenza di 12 kHz in direzione Nord. ....	117
Figura 75 - Trasmission Loss prevista dal modello in funzione della distanza alla profondità di 15 metri. ....	117

## INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 - Contenuti tecnici delle quattro campagne annuali relative alla fase di esercizio. In rosso si riportano le attività non espletate a causa dell'emergenza sanitaria connessa alla pandemia da Covid-19 <sup>1</sup> . ....	12
Tabella 2 - Calendario delle attività di campo svolte nelle campagne di esercizio A19, I20, P20, E20. ....	13
Tabella 3 - Coordinate teoriche (WGS 84) dei punti di campionamento. ....	13
Tabella 4 - Piano di campionamento delle analisi previste nelle stazioni MG1-MG14. Le stazioni in rosso sono quelle prossime al Terminale. ....	14
Tabella 5 - Specifiche dei sensori relativi alla sonda multiparametrica e date di taratura. IN = taratura svolta internamente. In grassetto le date delle tarature esterne, in corsivo le tarature interne. ....	15
Tabella 6 - Metodi relativi alle analisi effettuate sui campioni di acqua. ....	16
Tabella 7 - Elenco dei pigmenti determinati, sigla e raggruppamento tassonomico di appartenenza. ....	17
Tabella 8 - Scala di tossicità relativa al test condotto con <i>Paracentrotus lividus</i> , <i>Vibrio fischeri</i> , <i>Phaeodactylum tricorutum</i> e <i>Dicentrarchus labrax</i> . ....	18
Tabella 9 - Metodi relativi alla analisi chimiche effettuate sui campioni di sedimento. ....	20

Tabella 10 - Scala di tossicità relativa a test ecotossicologico con <i>Corophium orientale</i> e <i>Vibrio fischeri</i> (sedimenti).....	21
Tabella 11 – Siti di monitoraggio condotto tramite l'utilizzo del bivalve <i>Mytilus galloprovincialis</i> . 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> .....	25
Tabella 13 - Coordinate e profondità dei siti di studio. RP = Reti da Posta, S = Strascico.....	27
Tabella 14 - Nuova codifica delle stazioni adottata dalla campagna Inverno 2016 (I16). Ogni anno viene aggiornato il riferimento alla campagna.....	29
Tabella 15 - Coordinate e profondità dei siti di studio. RPP = Reti da Posta Pelagiche (E20).....	29
Tabella 16 - Concentrazioni ( $\mu\text{M}$ ) dei nutrienti inorganici disciolti.....	41
Tabella 17 - Concentrazioni (mg/l) dei solidi sospesi (TSM).....	43
Tabella 18 - Assorbimento ( $\text{m}^{-1}$ ) della CDOM alla lunghezza d'onda di 325 nm.....	44
Tabella 19 - Concentrazioni ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) della Clorofilla <i>a</i> totale ( $\text{Chl } a \text{ tot} = \text{Clorofilla } a + \text{Divinil Clorofilla } a + \text{Alloclorofilla } a$ , se presenti).....	45
Tabella 20 - Concentrazioni ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) dei principali pigmenti diagnostici fitoplanctonici (acronimi in Tabella 7).....	46
Tabella 21 - Concentrazione tensiotattivi anionici e tensioattivi non ionici presenti nei campioni di acqua di mare lungo il profilo batimetrico. Le profondità sono espresse in metri. I dati sono espressi in milligrammi/litro.....	48
Tabella 22 - Concentrazione dei cloroderivati nelle acque. I livelli indicano la profondità di prelievo del campione.....	48
Tabella 23 - 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.....	49
Tabella 24 - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di acqua superficiale. I dati sono espressi in ufc/100 ml. P = presenti ma non formanti colonie.....	50
Tabella 25 - Densità fitoplanctonica totale (cell/ml) e delle classi o gruppi identificati.....	50
Tabella 26 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni osservati (prelievo con Niskin).....	52
Tabella 27 - Lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative microscopiche.....	53
Tabella 28 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni osservati (prelievo con retino).....	54
Tabella 29 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni A19 MG6, A19 MG7, A19 MG10, A19 MG12 e A19 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13).....	54
Tabella 30 – 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> .....	57
Tabella 31- 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.....	58
Tabella 32 – 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.....	59
Tabella 33 – 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> .....	60
Tabella 34 - Lista delle specie macrobentoniche rinvenute nell'autunno 2019 (A19).....	60
Tabella 35 – 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).....	64
Tabella 36 - Concentrazione dei metalli nei mitili. Dati relativi alla campagna A19 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.....	65
Tabella 37 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna A19, sono espressi in mg/kg.....	65
Tabella 38 - Concentrazione degli IPA e dei composti organostannici presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna A19, sono espressi in mg/kg, salvo ove indicato.....	65
Tabella 39 - Concentrazione degli cloroderivati presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna A19, sono espressi in $\mu\text{g}/\text{kg}$ .....	66
Tabella 40 - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna A19, sono espressi in ufc/g.....	66
Tabella 41 - 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.....	68
Tabella 42 - Dati meteorologici, orari e dati di traffico marittimo (A19). Nell'ultima colonna sono riportate le attività in corso di svolgimento sul Terminale al momento di acquisizione delle misure.....	70
Tabella 43 - Concentrazioni (mg/l) dei solidi sospesi (TSM).....	80
Tabella 44 - Concentrazione tensiotattivi anionici e tensioattivi non ionici presenti nei campioni di acqua di mare lungo il profilo batimetrico. Le profondità sono espresse in metri. I dati sono espressi in milligrammi/litro.....	81
Tabella 45 - Concentrazione dei cloroderivati nelle acque. I livelli indicano la profondità di prelievo del campione.....	81

Tabella 46 - 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.....	82
Tabella 47 - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di acqua superficiale. I dati sono espressi in ufc/100 ml.....	82
Tabella 48 - Parametri registrati nei campioni d'acqua testati (Inverno 2020). .....	83
Tabella 49 - Risultati del test con il <i>V. fischeri</i> eseguito su campioni di acqua (incubazione 5', 15', 30') prelevati a diverse profondità. EC20/50, max. effetto 15', max. effetto 30', espressi in %.....	83
Tabella 50 - Risultati del test con <i>Phaeodactylum tricornutum</i> condotti su campioni di acqua (incubazione 72 h) prelevati a diverse profondità (esprese in metri). EC <sub>20/50</sub> (L.C. 95%) espressa in %.....	84
Tabella 51 - Risultati del test con giovanili di <i>Dicentrarchus labrax</i> esposte a campioni di colonna d'acqua (96 h). Screening test su campioni tal quale (senza diluizioni). Il controllo è costituito da acqua di stabulazione. Volume 5000 ml, aerazione, % saturazione ossigeno disciolto >90%, pH range 8,06-8,12, salinità 38 ‰, temperatura 20,5±1 °C.....	84
Tabella 51 - Risultati del test di embriotossicità (72 ore) con <i>P.lividus</i> e successiva stima della tossicità cronica.....	85
Tabella 53 - Lista delle specie macrobentoniche rinvenute nell'inverno 2020 (I20).....	86
Tabella 54 - Indici strutturali (±DS) relativi al popolamento macrobentonico. Numero di taxa (S), Numero di individui (N), Diversità specifica di Shannon-Weaver (H'), Ricchezza specifica di Margalef (d), Equitabilità di Pielou (J). .....	90
Tabella 55 - Struttura della comunità meiobentonica nelle stazioni I20 MG1, I20 MG2, I20 MG4, I20 MG6, I20 MG7, I20 MG8. Densità media (±DS) (ind./10 cm <sup>2</sup> ) dei taxa principali e del popolamento complessivo. L'abbondanza relativa (%) dei singoli taxa è stata calcolata in relazione alla densità totale.....	91
Tabella 56 - Struttura della comunità meiobentonica nelle stazioni I20 MG9, I20 MG10, I20 MG11, I20 MG12, I20 MG13, I20 MG14. Densità media (±DS) (ind./10 cm <sup>2</sup> ) dei taxa principali e del popolamento complessivo. L'abbondanza relativa (%) dei singoli taxa è stata calcolata in relazione alla densità totale.....	94
Tabella 57 - 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 58 - Struttura della comunità meiobentonica dell'area interessata dal posizionamento del terminale rigassificatore, incluse le stazioni di controllo. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm <sup>2</sup> ) dei taxa principali e del popolamento complessivo rinvenuto. L'abbondanza relativa (%) dei singoli taxa è stata calcolata in relazione alla densità totale.....	98
Tabella 59 - Concentrazione dei metalli nei mitili. Dati relativi alla campagna I20 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.....	98
Tabella 60 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di mitili. Dati relativi alla campagna I20.....	99
Tabella 61 - Concentrazione degli IPA e dei composti organostannici presenti nei mitili. I dati relativi alla campagna I20 sono espressi in mg/kg.....	99
Tabella 62 - Concentrazione degli cloroderivati presenti nei campioni di mitili. I dati relativi alla campagna I20 sono espressi in µg/kg. Per il calcolo delle medie, nel caso di valori al di sotto del limite di quantificazione, è stata usata una concentrazione pari alla metà di quest'ultimo.....	99
Tabella 63 - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di mitili. I dati relativi alla campagna I20 sono espressi in ufc/g.....	100
Tabella 64 - Lista delle specie catturate con la rete a strascico e le reti da posta. Strascico: I20 S1-S4 = stazioni campionate in prossimità del terminale; I20 SC = stazione di controllo. Reti da posta: I20 P1-P4 = stazioni campionate in prossimità del terminale; I20 PC = stazione di controllo.....	101
Tabella 65 - Reti da posta: indici di densità e biomassa (± DS), espressi in n° individui/1000m/24h e kg/1000m/24h, stimati per le specie catturate nelle stazioni I20 P1-P4 e nella stazione di controllo I20 PC. * = DS<0,05.....	103
Tabella 66 - Rete a strascico: indici di densità e biomassa (± DS), espressi in n° individui/km <sup>2</sup> e kg/km <sup>2</sup> , stimati per le specie catturate nelle stazioni I20 S1-S4 e nella stazione di controllo I20 SC. * = DS<0,05.....	104
Tabella 67 - Dati meteorologici, orari e dati di traffico marittimo (I20). Nell'ultima colonna sono riportate le attività in corso di svolgimento sul Terminale al momento di acquisizione delle misure.....	111

## 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	Butanoilofucoxantina
CDOM	Chromophoric Dissolved Organic Matter o sostanza organica disciolta cromoforica
Chl b	Clorofilla b + Divinilclorofilla b
DIN	Azoto Inorganico Disciolto (nitriti + nitrati)
DO %	Percentuale di Ossigeno Disciolto



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

### ELENCO ALLEGATI

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

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

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

**Allegato 4:** Matrice macrobenthos di abbondanza specie x stazioni.

**Allegato 5:** Matrice popolamento ittico reti da posta.

**Allegato 6:** Matrice popolamento ittico reti da fondo.

**Allegato 7:** Condizioni meteo-marine.

**Allegato 8:** Dati grezzi profili CTD.

**Allegato 9:** Idrofono digitale omnidirezionale Aguatech Smid Technology e sonda CTD.

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

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



**VOLUME I**

## 1 INTRODUZIONE

### 1.1 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  $-160^{\circ}\text{C}$ , rigassificato e inviato al gasdotto a terra mediante la condotta sottomarina.

Grazie all'avvio delle procedure di allocazione ad asta introdotte dalla regolazione, a partire dal 2018 il terminale "FSRU Toscana" ha lavorato per un 85-97% del proprio potenziale, ricevendo carichi dal Nord e Sud America, dall'Africa e dal Medioriente oltre che dall'Europa; il potenziale ricettivo del Terminale raggiunge circa il 90% della flotta mondiale. 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 bentonectionica. 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".*

Inoltre, sono stati recepiti nel seguente documento, ovvero nel report annuale del 7° anno di monitoraggio, anche le note ISPRA ed ARPAT (rif. VIP\_5267) ricevute a corredo dell'ottemperanza al VI anno di monitoraggio.

### 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 durante il settimo anno di esercizio nell'ambito di 4 campagne di indagine svolte dall'autunno 2019 all'estate 2020 in conformità al Piano di monitoraggio dell'ambiente marino e alle prescrizioni contenute nelle Determine sopracitate. Il presente documento (nel Volume 2) riporta, altresì, il confronto con i dati acquisiti 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 2019 (A-19) con cadenza trimestrale ossia nell'inverno 2020 (I-20), primavera 2020 (P-20), estate 2020 (E-20) 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 Determinazioni 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 quattro differenti imbarcazioni di seguito descritte.

Le indagini ambientali (caratterizzazione delle acque e/o dei sedimenti) sono state condotte con Phalesia, mentre per le misurazioni del rumore, la sorveglianza acustica (bioacustica) e l'avvistamento dei cetacei e delle tartarughe marine è stato utilizzato un catamarano a vela modello Nautitech 40' attrezzato per ricerche sui cetacei.

**Tabella 1** - Contenuti tecnici delle quattro campagne annuali relative alla fase di esercizio. In rosso si riportano le attività non eseguite a causa dell'emergenza sanitaria connessa alla pandemia da Covid-19<sup>1</sup>.

	Campagna minima (Autunno)	Campagna intermedia (Inverno)	Campagna minima (Primavera)	Campagna completa (Estate)
<b>COLONNA D'ACQUA</b>				
<b>Caratteristiche fisico-chimiche</b>				
Analisi microbiologiche, solidi sospesi, idrocarburi totali, tensioattivi, cloro derivati.	*	*	*	*
Nutrienti, d. pigmentaria, clorofilla a, sostanza organica particellata.	*	□	*	*
<b>Profili idrologici</b>				
Temperatura, conducibilità, pH, , ossigeno disciolto, potenziale di ossidoriduzione.	*	*	*	*
Irradianza, irradianza spettrale, trasparenza fluorescenza della clorofilla a.	*	□	*	*
<b>Fitoplancton</b>	*	□		*
<b>Oloplanton</b>	*	□	*	*
<b>Meroplancton</b>	*	□	*	*
<b>Ittioplancton</b>	*	□	*	*
<b>Saggi ecotossicologici</b>				
<i>Vibrio fischeri</i> , <i>Phaeodactylum tricornutum</i> , <i>Dicentrarchus labrax</i> , <i>Paracentrotus lividus</i> .		*		*
<b>SEDIMENTI</b>				
<b>Caratteristiche fisico-chimiche-microbiologiche</b>				
Metalli pesanti, IPA, Cloroderivati, C. organo stannici, TOC, Idrocarburi totali, analisi microbiologiche				*
<b>Saggi ecotossicologici</b>				
<i>Vibrio fischeri</i> , <i>Corophium orientale</i> , <i>Paracentrotus lividus</i>				*
<b>BIOTA</b>				
<b>Meiobenthos</b>		*		*
<b>Macrozoobenthos</b>	*	*	*	*
<b>Bioaccumulo</b>				
Metalli ed elementi in tracce, Idrocarburi Policiclici Aromatici, Cloroderivati, Composti organo stannici, Idrocarburi totali, analisi microbiologiche	*	*	*	*
<b>Biomarkers</b>				
Alterazione strutturale e funzionale della membrana lisosomiale, Comet test, biologia delle branchie	*	□	*	*
<b>Fauna ittica bentonectonica (reti da posta, reti a traino di fondo)</b>		*		*
<b>Fauna ittica pelagica</b>				*
<b>Cetacei e tartarughe marine</b>	*	*	*	*
<b>INDAGINI GENERALI</b>				
<b>Bioacustica</b>	*	*	*	*
<b>Misura del rumore</b>	*	*	*	*

□ : attività di campionamento o analisi non è stata effettuata causa COVID – 19.

<sup>1</sup> Comunicazione OLT del 4 Maggio 2020 (Prot. 2020/OUT/GENER/B/0122) ad oggetto "Controlli sull'esercizio di AIA nazionale durante la pandemia da Corona virus. Risposta alla lettera ISPRA prot. 2020/16071 del 14/04/2020".

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 2020 (relativo al settimo anno di monitoraggio) sono state effettuate tra il 10 marzo e il 16 aprile; causa dell'emergenza coronavirus i tempi sono stati posticipati e dilatati per consentire alle società di mettere in atto tutte le misure di protezione straordinarie, richieste dal Governo, affinché i lavoratori fossero nelle condizioni di svolgere le attività in massima sicurezza.

Il Piano prevede la collaborazione con alcune delle Università consorziate che in questo periodo di emergenza non sono autorizzate a svolgere attività lavorativa e non sono state in grado di organizzarsi per effettuare il campionamento e per fare alcune analisi previste dal Piano. Tali attività, pertanto, non sono state effettuate.

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 Determinazioni 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 2019 – A19 (Campagna minima)	Inverno 2020 – I20 (Campagna intermedia)	Primavera 2020-P20 (Campagna minima)	Estate 2020-E20 (Campagna completa)
Indagini ambientali	21-11-19 / 04-01-20	03-04-20 / 16-04-20	23-06-20 / 10-07-20	07-09-20 / 30-09-20
Emissioni acustiche e censimento visivo	06-12-19 / 03-01-20	15-03-20 / 22-03-20	23-06-20 / 14-07-20	12-09-20/21-09-20
Fauna ittica bentonectonica	-	10-03-20 / 11-03-20	-	07-09-20 / 08-09-20
Fauna pelagica	-	18-03-20 / 19-03-20	-	02-09-20 / 14-09-20

## 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 in **Tabella 6**. 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.

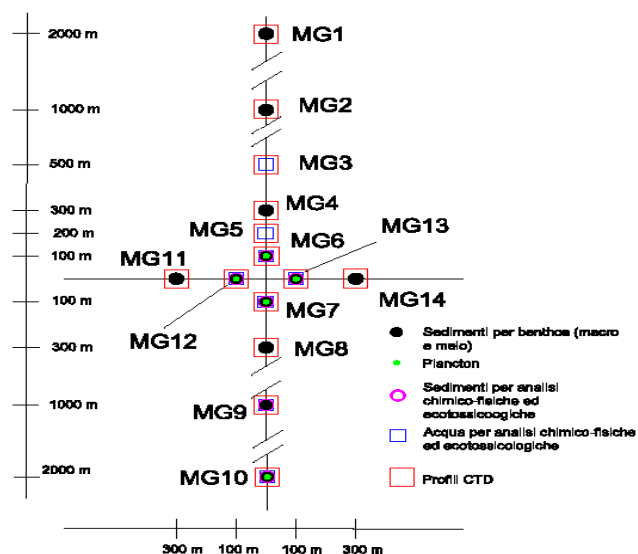


Tabella 4 – Piano di campionamento delle analisi previste nelle stazioni MG1-MG14. Le stazioni in rosso sono quelle prossime al Terminale.						
Indagine		Stazioni di campionamento	Autunno	Inverno	Primavera	Estate
Colonna d'acqua	Caratteristiche fisico-chimiche e microbiologiche	MG6, MG7, MG12, MG13, MG3, MG5, MG9, MG10	*	*	*	*
	Profili 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				*

\* indica la presenza dell'analisi prevista secondo il piano di campionamento stagionale.

## 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 Determinazioni 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 internamente attraverso l'uso di soluzioni standard.

Tabella 5 - Specifiche dei sensori relativi alla sonda multiparametrica e date di taratura. IN = taratura svolta internamente. In grassetto le date delle tarature esterne, in corsivo le tarature interne.		
Parametro	Specifiche tecniche	Date taratura
Pressione	tipo piezoresistivo, portata 0÷150 m, accuratezza 0,1 m	29/11/2019 – 01/07/2020
Temperatura	tipo Pt100, portata -2÷38 °C, accuratezza 0,01 °C	29/11/2019 – 22/06/2020
Conducibilità	tipo cella a 7 anelli, portata 0÷70 mS/cm, accuratezza 0,02 mS/cm	29/11/2019 – 22/06/2020
Ossigeno	tipo polarografico, portata 0÷300% di saturazione, accuratezza 1%	29/11/2019 – 22/06/2020
pH	tipo a cella di vetro, portata 2÷12, accuratezza 0,05	29/11/2019 – 22/06/2020
Redox	tipo a cella di vetro, portata -1000 ÷ +1000 mV, accuratezza 1 mV	29/11/2019 – 22/06/2020
Torbidità	portata 0÷100 NTU, accuratezza 0,05 NTU	29/11/2019 – 22/06/2020
Fluorescenza	portata 0÷50 mg/m <sup>3</sup> , accuratezza 0,05 mg/m <sup>3</sup>	29/11/2019

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 sonda Biospherical PUV 510. Le calate sono state eseguite fino a circa 80m e contemporaneamente sono state eseguite misure di riferimento in aria.

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,  $Z_{eu}$ ) costituisce una informazione fondamentale delle caratteristiche ottiche e biologiche delle acque. La maggior 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 e degli spettri 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 spettrometro Licor LI1900UW. Le misure sono state eseguite a diverse quote: spettro di riferimento in aria, radiazione discendente sottomarina a 5, 10, 25, 50, 70m e radiazione ascendente sottomarina a 5m. Congiuntamente a queste misure sono state eseguite misure quantiche contemporanee di riferimento della PAR (400-700nm) in aria con sensore coseno Licor LI192SA.

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  $\lambda_{max}$  che quindi rappresenta la radiazione meno attenuata e più penetrante. La  $\lambda_{max}$  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 (A19, I20, P20, E20).

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 particolato totale in sospensione (TSM o **solidi sospesi**) è stata effettuata raccogliendo il particolato 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 combustibili a 450 °C per la determinazione delle ceneri e, per differenza, della frazione organica del particolato (POM). La determinazione è avvenuta tramite metodo gravimetrico. Il materiale particolato 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 HgCl<sub>2</sub> 1% per le analisi dei **nutrienti inorganici disciolti** (nitriti, nitrati, ortofosfati, silicati) e un'altra quota (100 ml) è stata immediatamente analizzata per la determinazione della **sostanza organica disciolta cromoforica (CDOM)**. La CDOM, o sostanza organica disciolta cromoforica, è costituita da sostanze di varia provenienza (prodotti di degradazione e di escrezione, apporti terrigeni ecc.) ed 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) nell'UV o nel blu possono essere considerati come stime delle concentrazioni della CDOM espresse in m<sup>-1</sup>.

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

### 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 C Man 29 2003

Coliformi fecali: APAT CNR IRSA 7020 B Man 29 2003

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

Tabella 6 - Metodi relativi alle analisi effettuate sui campioni di acqua.			
Prova	Metodo	Unita Misura	Limite Rilevabilità
<b>Nutrienti inorganici</b>	Spettrofotometria	µM	0,03
<b>Sostanza organica disciolta</b>	Spettrofotometria	m <sup>-1</sup>	0,04
<b>Solidi sospesi</b>	Metodo gravimetrico	mg/l	0,00001
<b>Clorofilla a</b>	HPLC	mg m <sup>-3</sup>	0,05
<b>Idrocarburi totali</b>	UNI EN ISO 9377-2:2002	µg/l	10
<b>Tensioattivi anionici</b>	MP 287 REV 0 2019	mg/l	0,05
<b>Tensioattivi non ionici</b>	UNI 10511-2:1996+A1:2000	mg/l	0,03
<b>Acidi aloacetici</b>			
Dalapon	EPA 552.3 2003	µg/l	0,5
Acido Dibromoacetico	EPA 552.3 2003	µg/l	0,5
Acido Tribromoacetico	EPA 552.3 2003	µg/l	2
Acido Monobromoacetico	EPA 552.3 2003	µg/l	0,5
Acido Bromodichloroacetico	EPA 552.3 2003	µg/l	0,5
Acido Bromocloroacetico	EPA 552.3 2003	µg/l	0,5
Acido Dichloroacetico	EPA 552.3 2003	µg/l	2
Acido Tricloroacetico	EPA 552.3 2003	µg/l	0,5
Acido Monocloroacetico	EPA 552.3 2003	µg/l	2
Acido Clorodibromoacetico	EPA 552.3 2003	µg/l	2
<b>Aloacetoni-trili</b>			
Dibromoacetoni-trile	EPA 551 1990	µg/l	0,05
Dicloroacetoni-trile	EPA 551 1990	µg/l	0,05
Tricloroacetoni-trile	EPA 551 1990	µg/l	0,05
1,1,1-Tricloro-2-Propanone	EPA 551 1990	µg/l	0,2
1,1-Dicloro-2-Propanone	EPA 551 1990	µg/l	0,05
Cloropicrina	EPA 551 1990	µg/l	0,5
<b>Alometani e Composti Organici Volatili (VOC)</b>			
Cloroformio	EPA 5030C:2003+EPA 8260D2018	µg/l	0,01
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



Prova	Metodo	Unita Misura	Limite Rilevabilità
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
<b>Alofenoli</b>			
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

### 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. La **clorofilla a** è stata determinata tramite spettrofotometro e tramite HPLC. I dati di seguito mostrati provengono dall'analisi in HPLC.

La **diversità pigmentaria** è stata determinata in HPLC. 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, la sigla di abbreviazione con cui verranno citati e la principale classe o gruppo 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-like</i>
Peridininina	Perid	Dinoflagellati
Butanoiloxifucoxantina	But-Fuco	Dictyochophyceae, Chrysophyceae,
Fucoxantina	Fuco	Diatomee
Hesanoiloxifucoxantina	Hex-Fuco	Prymnesiophyceae Coccolitofori
Prasincoxantina	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 microfitoplancton, 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, 400x) per il conteggio e la determinazione tassonomica del fitoplancton. Per la determinazione tassonomica sono stati utilizzati i principali testi citati in Zingone et al. (2010) e Avancini et al. (2006a).

#### 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 pesche orizzontali e pesche 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 pescate, utilizzando contemporaneamente i retini da olo e meroplancton. Per escludere errori di campionamento dei diversi gruppi planctonici, soggetti ad importanti migrazioni nicitemerali, tutte le pescate orizzontali e le pescate 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 2020 e nell'estate 2020 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 livelli batimetrici (0,5 - 12,5 - 50m). Per le coordinate si rimanda alla Tabella 3. In assenza di una normativa ad hoc, per la valutazione della tossicità si fa riferimento alla Tabella 8 utilizzata per gli elutriati (fase acquosa) per i saggi condotti con *V. fischeri*, *P. lividus*, *P. tricornutum* e *D. labrax* ed indicata nel "Manuale per la movimentazione dei sedimenti marini" (ICRAM, 2007).

Tabella 8 - Scala di tossicità relativa al test condotto con <i>Paracentrotus lividus</i> , <i>Vibrio fischeri</i> , <i>Phaeodactylum tricornutum</i> e <i>Dicentrarchus labrax</i> .							
<i>Paracentrotus lividus</i>		<i>Vibrio fischeri</i>		<i>Phaeodactylum tricornutum</i>		<i>Dicentrarchus labrax</i>	
EC20/50	Tossicità	EC20/50	Tossicità	EC20/50	Tossicità	EC20/50	Tossicità
EC20 ≥ 90%	Assente	EC20 ≥ 90%	Assente	EC20 ≥ 90%	Assente	EC20 ≥ 90%	Assente
EC20 < 90%, EC50 > 100%	Bassa	EC20 < 90%, EC50 ≥ 90%	Bassa	EC20 < 90%, EC50 ≥ 100%	Bassa	EC20 < 90%, EC50 ≥ 100%	Bassa
40% ≤ EC50 < 100%	Media	20% ≤ EC50 < 90%	Media	40% ≤ EC50 < 100%	Media	40% ≤ EC50 < 100%	Media
EC50 < 40%	Alta	EC50 < 20%	Alta	EC50 < 40%	Alta	EC50 < 40%	Alta

#### *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 tricornutum*

*Phaeodactylum tricornutum* Bohlin è una diatomea appartenente al gruppo delle Bacillariofitie, 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 0,45µm.

Un'aliquota di sospensione algale proveniente da una coltura pura in fase di crescita esponenziale è stata conteggiata automaticamente tramite lo strumento camera di Burkner 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  $20 \pm 2$  °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.

### *Dicentrarchus labrax*

I saggi sono stati condotti in accordo con la metodica OCSE n. 203 (Fish Acute Toxicity Test), con le modificazioni relative alla specie indicate in "Applicazione di saggi biologici su acque e sedimenti marini utilizzando stadi larvali e giovanili di branzino (*Dicentrarchus labrax* L.)" (ARPA Ferrara, [http://www.arpa.emr.it/ferrara/sito\\_fad\\_web/intromod3.htm](http://www.arpa.emr.it/ferrara/sito_fad_web/intromod3.htm)) e le linee guida indicate nel D.D. 23/12/2002.

Sono stati utilizzati giovanili (dimensioni  $47 \pm 8$  mm in Inverno 2019 e dimensioni  $58 \pm 9$  mm in estate 2019) di *D. labrax*, provenienti da una avannotteria commerciale in un test di mortalità a 96h. I campioni di acqua sono stati utilizzati al 100% (senza diluizione, in triplicato). Il controllo, ugualmente in triplicato, è stato effettuato utilizzando acqua di mare naturale. In caso di mortalità superiore al 10 % (limite di mortalità accettabilità nel controllo) è prevista l'esecuzione di un test completo con diluizioni scalari alla ricerca dei parametri ecotossicologici LC20/50. Sebbene non siano disponibili indicazioni ufficiali e normative, come tossico di riferimento è stato utilizzato il sodio laurilsolfato (SLS), come indicato nella metodica ARPA Ferrara.

### *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  $16 \pm 2$  °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  $16 \pm 2$  °C. Il processo di sviluppo embrionale è stato bloccato con l'aggiunta di 1 ml di 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.

In assenza di una normativa ad hoc, per la valutazione della tossicità si fa riferimento a quella utilizzata per gli elutriati (fase acquosa) (Tabella 8).

## 2.4 Sedimenti

Il sedimento per le analisi fisiche, chimiche, eco tossicologiche e microbiologiche è stato campionato nell'estate 2020 mediante box corer, prelevando da ciascun campione i primi 2cm. 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 per densitometria viene effettuata secondo ASTM D 422-63 (Reapproved 2002). Le dimensioni delle particelle vengono determinate indirettamente, misurandone il tempo di sedimentazione all'interno di un cilindro da 1L, contenente una dispersione delle particelle stesse in acqua distillata. Per il calcolo del diametro del singolo granulo di limo e di argilla, si fa riferimento alla legge di Stokes (1880), la quale permette di determinare il diametro di una sfera avente peso specifico noto, della quale sia nota la velocità di caduta  $V$  (in cm/sec), all'interno di un liquido di peso specifico e viscosità conosciuti. Nel corso della prova viene misurata la velocità di caduta delle particelle, vale a dire del tempo che la singola particella impiega per percorrere una determinata distanza. Le letture di tale distanza vengono effettuate mediante un densimetro, che viene introdotto nel cilindro contenente le particelle in esame.

### Analisi chimiche

Per la determinazione dei **metalli** (escluso il mercurio) la mineralizzazione del sedimento è stata effettuata seguendo la metodica EPA 3051/A (edizione corrente del Febbraio 2007) su circa 0,45 grammi di sostanza secca (pesati allo 0,1mg), mediante un sistema di digestione a microonde opportunamente programmato, utilizzando una miscela acida composta da 9ml di  $\text{HNO}_3$  concentrato e 3ml di  $\text{HCl}$  concentrato. Al termine della mineralizzazione i campioni vengono filtrati e portati ad un volume finale di 25ml utilizzando acqua Millipore.

L'accuratezza delle procedure di digestione (ove effettuata) e di analisi dei campioni è stata verificata impiegando i materiali standard di riferimento (LGC 6137 o MESS-3); le tarature degli strumenti sono effettuate con soluzioni standard certificate e tracciabili NIST.

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 9**.

Tabella 9 - Metodi relativi alla analisi chimiche effettuate sui campioni di sedimento.			
	Metodo	Unita Misura	Limite Rilevabilità
<b>Idrocarburi C10 – C40</b>	UNI EN ISO 16703:2011	mg/kg	1,5
<b>Idrocarburi C&lt;10</b>	EPA 5021A 2014 + EPA 8015C 2007	mg/kg	0,5
<b>Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)</b>	EPA 3545A:2007 + EPA 3630C:1996 + EPA 8270E:2018	mg/kg	0,001
<b>Total Organic Carbon (TOC)</b>	UNI EN 15936:2012	mg/kg	100
<b>Composti organostannici</b>	UNI EN ISO 23161:2011	mg/kg	0,001
<b>Alluminio (Al)</b>	EPA 3051 A:2007 + EPA 6010D:2018	%	0,03
<b>Bario (Ba)</b>	EPA 3051 A:2007 + EPA 6010D:2018	mg/kg	1,0
<b>Cromo totale (Cr tot)</b>	EPA 3051 A:2007 + EPA 6010D:2018	mg/kg	1,0
<b>Ferro (Fe)</b>	EPA 3051 A:2007 + EPA 6010D:2018	%	0,03
<b>Manganese (Mn)</b>	EPA 3051 A:2007 + EPA 6010D:2018	mg/kg	5,0
<b>Nichel (Ni)</b>	EPA 3051 A:2007 + EPA 6010D:2018	mg/kg	1,0
<b>Rame (Cu)</b>	EPA 3051 A:2007 + EPA 6010D:2018	mg/kg	1,0
<b>Zinco (Zn)</b>	EPA 3051 A:2007 + EPA 6010D:2018	mg/kg	1,0
<b>Arsenico (As)</b>	EPA 3051 A:2007 + EPA 7010:2007	mg/kg	0,3
<b>Cadmio (Cd)</b>	EPA 3051 A:2007 + EPA 7010:2007	mg/kg	0,01
<b>Piombo (Pb)</b>	EPA 3051 A:2007 + EPA 7010:2007	mg/kg	0,3
<b>Mercurio (Hg)</b>	EPA 7473:2007	mg/kg	0,005
<b>Acidi aloacetici</b>			
Dalapon	MI/C/10	µg/kg	0,4
Acido Dibromoacetico	MI/C/10	µg/kg	0,2
Acido Tribromoacetico	MI/C/10	µg/kg	5
Acido Monobromoacetico	MI/C/10	µg/kg	0,4
Acido Bromodicloroacetico	MI/C/10	µg/kg	0,4
Acido Bromocloroacetico	MI/C/10	µg/kg	0,4
Acido Dicloroacetico	MI/C/10	µg/kg	1,6
Acido Tricloroacetico	MI/C/10	µg/kg	0,2
Acido Monocloroacetico	MI/C/10	µg/kg	3
Acido Clorodibromoacetico	MI/C/10	µg/kg	1,2
<b>Alometani, aloacetoniirili, composti organici volatili (VOC)</b>			
Cloroformio	EPA 5035A:2002 + EPA8260D:2018	µg/kg	0,05
1,1,1-Tricloroetano	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
Bromodiclorometano	EPA 5035A:2002 + EPA8260D:2018	µg/kg	0,05
1,1,2-Tricloroetano	EPA 5035A:2002 + EPA8260D:2018	µg/kg	0,05
Tetracloroetilene	EPA 5035A:2002 + EPA8260D:2018	µg/kg	0,05

Metodo	Unità Misura	Limite Rilevabilità	
Bromoformio	EPA 5035A:2002 + EPA8260D:2018	µg/kg	0,05
Dibromoclorometano	EPA 5035A:2002 + EPA8260D:2018	µg/kg	0,05
1,2-Dibromoetano	EPA 5035A:2002 + EPA8260D:2018	µg/kg	0,05
Tricloroacetoneitrile	MI/C/11	µg/kg	0,05
Dicloroacetoneitrile	MI/C/11	µg/kg	0,05
1,1-dicloro-2-propanone	MI/C/11	µg/kg	0,5
1,2,3-Tricloropropano	EPA 5035A:2002 + EPA8260D:2018	µg/kg	0,05
Dibromoacetoneitrile	MI/C/11	µg/kg	5
1,2-Dibromo-3-Cloro-propano	EPA 5035A:2002 + EPA8260D:2018	µg/kg	0,2
1,1,1-Tricloro-2-propanone	MI/C/11	µg/kg	1
<b>Alofenoli (SVOC)</b>			
2,4-Diclorofenolo	EPA 3545A:2007 + EPA 3630C:1996 + EPA 8270E:2018	µg/kg	0,5
2,4,6-Triclorofenolo	EPA 3545A:2007 + EPA 3630C:1996 + EPA 8270E:2018	µg/kg	0,5
4-Cloro-3-Metilfenolo	EPA 3545A:2007 + EPA 3630C:1996 + EPA 8270E:2018	µg/kg	0,5

### Analisi microbiologiche

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

Coliformi totali e fecali: CNR IRSA 2003 7010.

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

### 2.4.2 Saggi ecotossicologici

#### *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. Per la stima della tossicità vedi **Tabella 8**.

#### *Corophium orientale*

Il principio del saggio biologico con *C. orientale* consiste nell'esposizione di un numero stabilito di organismi per 28 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 acclimatati alle seguenti condizioni: Temperatura dell'acqua: 16 ± 2°C; Salinità: 36 ± 2 ‰; Illuminazione: continua; O<sub>2</sub> 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 28 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 CdCl<sub>2</sub> (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, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e ossigeno disciolto. Per la stima della tossicità vedi **Tabella 10**.

<i>Corophium orientale</i>		<i>Vibrio fischeri</i>	
EC20/50	Tossicità	Sediment Toxicity Index	Tossicità
M ≤ 15%	Assente	0 < S.T.I. ≤ 1	Assente
15% < M ≤ 30%	Bassa	1 < S.T.I. ≤ 3	Bassa
30% < M ≤ 60%	Media	3 < S.T.I. ≤ 6	Media
M > 60%	Alta	6 < S.T.I. ≤ 12	Alta

### ***Vibrio fischeri* (sistema Microtox®) - fase solida**

Il saggio biologico è stato applicato al sedimento tal quale, seguendo la metodica Microtox Solid Phase Test (SPT) indicata in "Metodologie analitiche di Riferimento, ICRAM, 2001 – APPENDICE 2 Valutazione della tossicità naturale nel saggio Microtox in fase solida: la normalizzazione pelitica, Onorati et al. 2001."

In sintesi i batteri sono stati esposti in 35ml di acqua di mare naturale per 20 minuti in agitazione (T 15 °C) a 7g di sedimento umido. N. 2 aliquote di 1,5ml sono state prelevate con una pipetta con un puntale del diametro di 1mm, passate in una colonna filtro: su tale frazione acquosa è stata condotto il test, attraverso l'applicazione di 13 diluzioni scalari e 3 controlli.

I valori di EC50 in mg/l sono stati normalizzati per il peso secco del sedimento. Successivamente il valore di EC50 è stato convertito da mg/l in percentuale; tale valore è stato poi trasformato in unità tossiche (TU=100/EC50). Ai fini del calcolo del Sediment Toxicity Index (STI) è stato necessario anche calcolare la tossicità naturale stimata attraverso l'algoritmo di correzione pelitica:  $y=0.28+2.728*\%pelite$  (sulla frazione < 1mm). Per le analisi è stato utilizzato il lotto batterico n. 14A4003 (scadenza 01/2016, ECOTOX s.r.l., Pregnana Milanese, MI). Per la stima della tossicità vedi **Tabella 10**.

Prima dell'analisi, la taratura dello strumento e la qualità dei batteri sono state controllate con il tossico di riferimento (fenolo); il valore di EC50 dopo 5 minuti è risultato 19,26mg/l (valori di riferimento EC50=13-26mg/l, metodica ISO 11248-3 2007).

I batteri sono stati inoltre testati con un'altra sostanza di riferimento (Cu++): i valori EC50 a 5 minuti di 0.86 mg/l e di 0.49 mg/l a 15 minuti sono rientrati all'interno del range di riferimento relativo al test Microtox® (0,42 – 1,16mg/l e 0,03 – 0,75mg/l rispettivamente per il test a 5 e 15 minuti) UNICHIM (Onorati et al. 2007).

## **2.5 Biota**

### **2.5.1 Macrozoobenthos**

Il campionamento dei sedimenti per la caratterizzazione di popolamenti macrobentonici è stato effettuato nelle quattro stagioni (A-19, I-20, P-20, E-20) tramite benna Van Veen (con volume pari a 25 litri e superficie di campionamento di 0,1m<sup>2</sup> in corrispondenza di 4 stazioni prossime al Terminale (MG13, MG12, MG6, MG7) e ulteriori 8 poste a distanze maggiori per verificare il raggio di influenza del Terminale stesso (MG4, MG8, MG9, MG10, MG11, MG14, MG1, MG2). Per la disposizione dei punti e relative coordinate si rimanda alla **Figura 1** e alla **Tabella 3** rispettivamente. Ciascun campione è stato setacciato su maglia 0,5mm e fissato in formalina al 8 % in acqua di mare per ridurre eventuali fenomeni di shock osmotico. In ciascuna stazione sono state prelevate 4 repliche. I campioni sono stati quindi esaminati in laboratorio. Prima di procedere al sorting, i campioni sono stati lavati, per eliminare la formalina. Il sorting è stato effettuato con l'ausilio di uno stereomicroscopio da dissezione. La determinazione tassonomica è stata fatta, quando possibile, fino al livello di specie. Gli individui sono stati conservati in alcool al 70%. Dopo la determinazione tassonomica è stata costruita una matrice specie x stazioni elaborata tramite Cluster Analysis e non-metric Multidimensional Scaling (n-MDS) dopo aver ottenuto la matrice triangolare tramite la similarità di Bray-Curtis. I dati non sono stati trasformati (Clarke & Warwick, 2001). La Cluster analysis è una tecnica di classificazione che raggruppa le stazioni sulla base della loro percentuale di similarità. L'MDS è una tecnica di ordinamento che restituisce un piano bi o tridimensionale dove le stazioni sono posizionate in base alla loro similarità reciproca. Nel caso dell'MDS non metrico l'ordinamento viene fatto basandosi sui ranghi di similarità tra le stazioni.

L'analisi strutturale del popolamento è stata condotta attraverso il calcolo dei 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).

Il calcolo degli indici ecologici, la Cluster Analysis e l'n-MDS sono stati effettuati utilizzando il software PRIMER 6.0 (PRIMER-E Ltd, Plymouth, U. K.; Clarke & Warwick, 2001; Clarke & Gorley, 2006).

### **2.5.2 Meiobenthos**

Il prelievo del sedimento per lo studio della meiofauna è stato effettuato nelle 2 stagioni (I-20, E-20) tramite box-corer o benna Van Veen, nelle medesime stazioni previste per la macrofauna (MG1, MG2, MG4, MG6, MG7, MG8, MG9, MG10, MG11, MG14, MG13, MG12). Per ciascuna stazione sono state prelevate 4 repliche.

Per lo studio della meiofauna ciascun campione è stato subcampionato inserendo manualmente nel sedimento per 3cm un carotatore cilindrico di Plexiglas di 2,75cm di diametro. Subito dopo il prelievo le carote di sedimento sono state trasferite in appositi barattoli, la fauna di ciascuna carota è stata narcotizzata con una soluzione di Cloruro di Magnesio (MgCl<sub>2</sub>) al 7% e dopo 10 minuti fissata e conservata in una soluzione di formalina al 10% neutralizzata con borax. In laboratorio a ciascun campione è stato aggiunto del Rosa Bengala per colorare la fauna al fine di facilitarne il riconoscimento nelle successive analisi.

La separazione degli animali dal sedimento, nota come fase di estrazione, è stata fatta attraverso il metodo della centrifugazione in gradiente di Ludox AM-30 (Pfannkuche & Thiel, 1988), preceduto dalla vagliatura di ciascun campione mediante due setacci sovrapposti con maglie rispettivamente di 1mm e 63µm. Il setaccio a maglie più grandi consente di eliminare il detrito grossolano e il macrobenthos, quello a maglie inferiori invece permette l'eliminazione della frazione più fine del sedimento e della microfauna, trattenendo la frazione costituita da sabbia e meiofauna. Successivamente il materiale di quest'ultima frazione (sabbia + meiofauna) è stato distribuito in diverse provette da 50ml, dosando al massimo 20ml di materiale per provetta, addizionato con Ludox, e sottoposto a centrifugazione (5 minuti a 2000rpm) per estrarre la meiofauna (Todaro et al. 2001). Il Ludox AM-30 è un gel di silice con densità simile a quella degli organismi della meiofauna (d=1,210); pertanto, se utilizzato come fase liquida durante la centrifugazione facilita il trasferimento degli organismi dal sedimento al surnatante. Dopo la centrifugazione il surnatante di ciascuna provetta è stato filtrato attraverso un setaccio con maglie di 63 µm per raccogliere e concentrare la meiofauna.

Per ciascun campione il procedimento di centrifugazione-concentrazione è stato ripetuto almeno tre volte, al termine delle quali gli animali sono stati lavati con acqua corrente, per eliminare i residui di Ludox, trasferiti in appositi contenitori e conservati in formalina al 5%. La centrifugazione in gradiente di Ludox è un metodo di estrazione della meiofauna generalmente molto efficace, infatti l'ispezione al microscopio nel sedimento così defaunato (pellet), ha consentito di accertare che nel nostro caso l'efficienza è stata praticamente pari al 100% per quanto riguarda la totalità dei taxa multicellulari e protozoi ciliati.

Successivamente all'estrazione, gli organismi di ciascun campione, suddivisi in due-tre aliquote, sono stati trasferiti in piastre Petri con fondo retinato, e, con l'ausilio di uno stereomicroscopio (Wild M8), sono stati identificati per principale gruppo tassonomico di appartenenza (ordine-phylum) e contati (Todaro *et al.* 2002); per il riconoscimento di individui particolarmente problematici, si è ricorso al microscopio a contrasto interferenziale secondo Nomarski (Leitz Dialux 20). Conformemente ad altri studi di meiobentologia i nauplii sono stati considerati come costituenti un gruppo sistematico distinto, mentre ai fini dei confronti statistici, soprattutto futuri, è risultato utile istituire già in questa sede la categoria "altri" dove sono state fatte confluire le abbondanze dei taxa numericamente secondari (cf. Warwick *et al.*, 1990; Carman *et al.*, 1995).

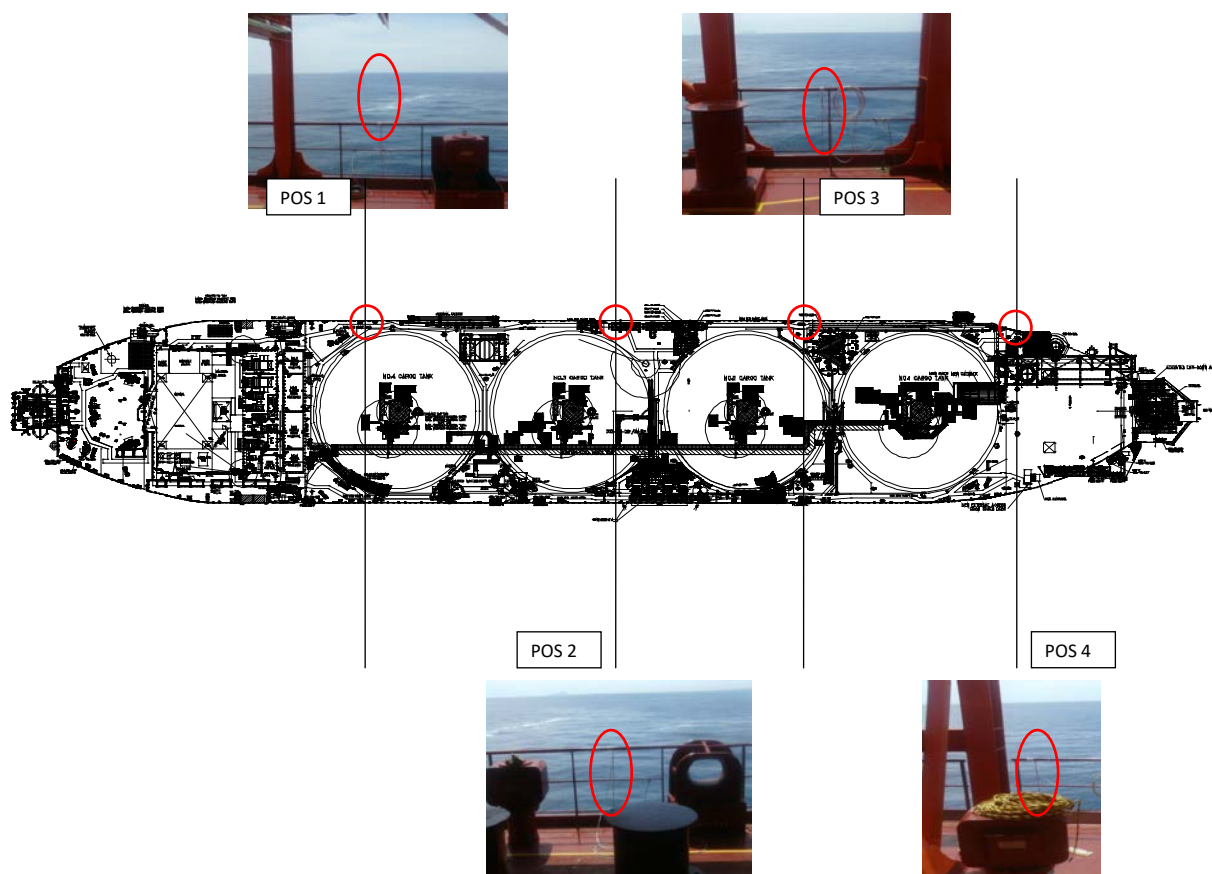
I dati raccolti sono stati utilizzati per creare una matrice delle abbondanze utilizzata come base nelle analisi univariate e multivariate. Per le analisi univariate sono stati calcolati i principali indici ecologici: numero di taxa rinvenuti (S), diversità di Shannon-Wiener (H'), equitabilità di Pielou (J'), dominanza di Simpson ( $\lambda'$ ). Le significatività di eventuali differenze nei valori medi sono state valutate per mezzo dell'analisi della varianza (ANOVA) o del t-test, valutando le differenze tra coppie di campioni mediante il test di Tukey. Prima di procedere con i confronti è stato accertato che i valori rispettassero gli assunti di distribuzione normale e di omogeneità della varianza. In caso negativo, prima di proseguire ulteriormente, si è provveduto alla trasformazione dei dati mediante l'equazione  $y = \log(x+1)$ . Nei casi in cui le trasformazioni apportate non hanno sortito gli effetti desiderati, si è fatto ricorso ad analisi statistiche non parametriche (ANOVA on Ranks, Mann-Whitney Rank Sum Test e Dunn's Method). Le analisi Statistiche multivariate (Cluster Analysis, MDS) sono state effettuate sulla matrice di similarità di Bray-Curtis, ottenuta dalla matrice delle abbondanze medie delle singole stazioni previa trasformazione logaritmica. L'Analisi della varianza (ANOVA) e i t-test, sono state condotte utilizzando il pacchetto applicativo SigmaStat-SigmaPlot 9.0 (Systat software, California, USA). Il calcolo degli indici ecologici, la Cluster Analysis e l'n-MDS sono stati effettuati utilizzando il software PRIMER 6.0 (PRIMER-E Ltd, Plymouth, U. K.; Clarke & Warwick, 2001; Clarke & Gorley, 2006).

### 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 FRSU, 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 11** 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 11** – 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 2019		Inverno 2020		Primavera 2020		Estate 2020	
		Data posa	Data ritiro	Data posa	Data ritiro	Data posa	Data ritiro	Data posa	Data ritiro
Mitili tempo zero	La Spezia		18-12-19*		03-03-20*		22-06-20*		07-09-20*
Stazione E	Gorgona	18-12-19	09-01-20	04-03-20	16-04-20	23-06-20	14-07-20	08-09-20	30-09-20
Stazione A	Pos 1 (poppa nave)	18-12-19	08-01-20	04-03-20	16-04-20	23-06-20	14-07-20	08-09-20	30-09-20
Stazione B	Pos 2	18-12-19	08-01-20	04-03-20	16-04-20	23-06-20	14-07-20	08-09-20	30-09-20
Stazione C	Pos 3	18-12-19	08-01-20	04-03-20	16-04-20	23-06-20	14-07-20	08-09-20	30-09-20
Stazione D	Pos 4 (prua nave)	18-12-19	08-01-20	04-03-20	16-04-20	23-06-20	14-07-20	08-09-20	30-09-20

\* riferito al ritiro dall'impianto di La Spezia

### Analisi chimiche

Per la determinazione dei **metalli** gli organismi sono stati essiccati a 40°C per almeno 48 ore, polverizzati ed omogeneizzati per procedere con la mineralizzazione (escluso il mercurio) che stata seguita la metodica EPA 3052 (edizione corrente del dicembre 1996) su circa 0,3-0,35 grammi di sostanza secca (pesati allo 0,1 mg), mediante un sistema di digestione a microonde (MILESTONE modello Ethos1) opportunamente programmato, utilizzando una miscela acida composta da 5ml di HNO<sub>3</sub> concentrato, 1 ml di H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (al 30%) e 2 ml acqua ultrapura Millipore. Al termine della mineralizzazione i campioni sono stati filtrati e portati ad un volume finale di 20 o 25 ml utilizzando acqua Millipore.



L'analisi del mercurio è stata effettuata sul campione tal quale pesando aliquote comprese tra 10mg e 100mg a seconda del contenuto di metallo. L'analisi è stata condotta mediante tecnica AAS previa decomposizione termica e amalgamazione impiegando un Analizzatore Diretto del Mercurio (DMA-80) prodotto da FKV seguendo metodica EPA 7473 (edizione corrente - Feb 2007).

L'accuratezza delle procedure di digestione e di analisi dei campioni è stata verificata impiegando materiali standard di riferimento. Le tarature degli strumenti sono state effettuate con soluzioni standard certificate e tracciabili NIST.

Per i metodi di analisi e i limiti di rilevabilità si rimanda alla Tabella 12.

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 12 - Metodi relativi alla analisi chimiche effettuate su <i>M. galloprovincialis</i> .			
	Metodo	Unita Misura	Limite Rilevabilità
<b>Idrocarburi C&lt;10</b>	EPA 5021A 2014 + EPA 8015C 2007	mg/kg	0,5
<b>Idrocarburi C10-C40</b>	UNI EN ISO 16703:2011	mg/kg	5
<b>Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)</b>	EPA 3550C: 2007 + EPA 3630C:1996 + EPA 8270E:2018	mg/kg	0,001
<b>Composti organostannici</b>	UNI EN ISO 23161:2011	mg/kg	0,001
<b>Bario (Ba)</b>	EPA 3052:1996 + EPA 6010D:2018	mg/kg	1,0
<b>Cromo totale (Cr)</b>	EPA 3052:1996 + EPA 6010D:2018	mg/kg	1,0
<b>Ferro (Fe)</b>	EPA 3052:1996 + EPA 6010D:2018	%	0,03
<b>Manganese (Mn)</b>	EPA 3052:1996 + EPA 6010D:2018	mg/kg	5,0
<b>Nichel (Ni)</b>	EPA 3052:1996 + EPA 6010D:2018	mg/kg	1,0
<b>Rame (Cu)</b>	EPA 3052:1996 + EPA 6010D:2018	mg/kg	1,0
<b>Vanadio (V)</b>	EPA 3052:1996 + EPA 6010D:2018	mg/kg	1,0
<b>Zinco (Zn)</b>	EPA 3052:1996 + EPA 6010D:2018	mg/kg	1,0
<b>Arsenico (As)</b>	EPA 3052:1996 + EPA 7010:2007	mg/kg	0,3
<b>Cadmio (Cd)</b>	EPA 3052:1996 + EPA 7010:2007	mg/kg	0,01
<b>Piombo (Pb)</b>	EPA 3052:1996 + EPA 7010:2007	mg/kg	0,3
<b>Mercurio (Hg)</b>	EPA 7473:2007	mg/kg	0,005
<b>Acidi aloacetici</b>			
Dalapon	MI/C/10	µg/kg	2
Acido Dibromoacetico	MI/C/10	µg/kg	1
Acido Tribromoacetico	MI/C/10	µg/kg	10
Acido Monobromoacetico	MI/C/10	µg/kg	2
Acido Bromodichloroacetico	MI/C/10	µg/kg	5
Acido Bromocloroacetico	MI/C/10	µg/kg	2
Acido Dichloroacetico	MI/C/10	µg/kg	3
Acido Tricloroacetico	MI/C/10	µg/kg	2
Acido Monocloroacetico	MI/C/10	µg/kg	3
Acido Clorodibromoacetico	MI/C/10	µg/kg	5
<b>Alometani, composti organici volatili (VOC)</b>			
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 Dichloro 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
<b>Aloacetoniatri</b>			
Tricloroacetoniatrile	MI/C/11	µg/kg	0,5
Dibromoacetoniatrile	MI/C/11	µg/kg	0,8
<b>Alofenoli (SVOC)</b>			
2,4-Diclorofenolo	EPA 3550C: 2007 + EPA 3630C:1996 + EPA 8270E:2018	µg/kg	0,5
2,4,6-Triclorofenolo	EPA 3550C: 2007 + EPA 3630C:1996 + EPA 8270E:2018	µg/kg	0,5
4-Cloro-3-Metilfenolo	EPA 3550C: 2007 + EPA 3630C:1996 + EPA 8270E:2018	µg/kg	0,5
Pentaclorofenolo	EPA 3550C: 2007 + EPA 3630C:1996 + EPA 8270E:2018	µg/kg	0,5

## Analisi microbiologiche

È stata effettuata la conta di Coliformi totali (ISO4832:2006), 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 11**. 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<sup>+</sup> 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 più strettamente nectonica delle comunità demersali (o necto-bentoniche); si tratta di organismi con ampio raggio di azione e movimento, quindi meno legati alle caratteristiche bionomiche dell'area. Sono state effettuate calate sperimentali, in 4 siti in prossimità del Terminale (entro l'area interdotta alla navigazione, siti nominati I20 P1, I20 P2, I20 P3 e I20 P4 per la campagna invernale; E20 P1, E20 P2; E20 P3 e E20 P4 per la campagna estiva). La stessa tipologia di campionamento è stata ripetuta in un sito nominato I20 PC (campagna invernale) e E20 PC (campagna estiva), avente le stesse caratteristiche batimetriche. Tali siti (PC) sono stati posizionati all'esterno, ma nelle immediate vicinanze dell'area interdotta alla navigazione (2 miglia nautiche dal Terminale) per ridurre al minimo la probabilità di perdere segnali ed attrezzi a causa del transito di imbarcazioni.

Per il campionamento con reti da posta sono state utilizzate cinque reti da posta ad imbrocco, ciascuna lunga 1000 m, aventi maglie stirate di 40 mm ed una altezza di 3 m. Le caratteristiche tecniche sono state scelte in base alla necessità di campionare il gattuccio, *Scylliorhinus canicula*, un elasmobranco ottimo indicatore dello stato di sfruttamento e stress ambientale (Santos *et al.*, 2002). Le reti sono state calate nella tarda mattinata per essere poi salpate la mattina del giorno successivo, rimanendo in pesca tra le 12 e le 24 ore.

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 di 50 mm, utilizzata per la pesca professionale 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 in prossimità dell'area di installazione del Terminale (siti nominati I20 S1, I20 S2, I20 S3 e I20 S4 per la campagna invernale; E20 S1, E20 S2, E20 S3 e E20 S4 per la campagna estiva) e 1 cala localizzata a maggiore distanza (nominato I20 SC (campagna invernale); E20 SC (campagna estiva).

Per tutti i campionamenti con rete a strascico, si è cercato di mantenere tutte le stazioni, incluso il Controllo, all'interno dell'area interdotta alla pesca al fine di eliminare un "effetto parco". Visto che l'area interdotta è relativamente piccola e che al suo interno sono presenti 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 1,5MN (percorso in 30 minuti di pesca a 3 nodi di velocità) e che non sarebbe possibile effettuare cale di durata inferiore a 30 minuti in quanto ci sarebbe il rischio di catturare un campione non rappresentativo in termini di numero di individui e specie. In ogni caso, si è sempre mantenuto il Controllo come stazione più distante al terminale FSRU. La differenza di circa 1MN è ritenuta sufficiente, sempre tenendo in considerazione che una stazione a strascico copre un tratto di mare di circa 1,5MN.

Nella **Tabella 13** sono riportate le coordinate e le profondità dei siti di studio sia per le reti da posta che per le reti a traino di fondo.

Tabella 13 - Coordinate e profondità dei siti di studio. RP = Reti da Posta, S = Strascico.								
Inverno 2020								
Data	M/p	Attrezzo	Sigla	Latitudine iniz.	Longitudine iniz.	Latitudine fin.	Longitudine fin.	Prof. media (m)
10/03/2020	Donato Padre	S	I20 S3	43°35'680	09°58'202	43°37'363	09°58'043	135
10/03/2020	Donato Padre	S	I20 S4	43°38'027	09°57'332	43°39'448	09°58'077	130
10/03/2020	Donato Padre	S	I20 SC	43°41'289	09°59'846	43°42'584	09°58'811	99
11/03/2020	Donato Padre	S	I20 S2	43°36'167	10°01'164	43°37'597	10°00'474	98
11/03/2020	Donato Padre	S	I20 S1	43°38'913	10°00'897	43°40'477	10°00'342	97
18/03/2020	Evolution	RP (calo)	I20 P1	43°39'460	10°00'460	43°39'387	10°00'816	100
18/03/2020	Evolution	RP (calo)	I20 PC	43°37'289	10°00'992	43°36'638	10°01'004	101
18/03/2020	Evolution	RP (calo)	I20 P2	43°37'356	09°59'674	43°38'345	09°59'970	111
18/03/2020	Evolution	RP (calo)	I20 P3	43°37'995	09°58'393	43°38'503	09°58'768	122
18/03/2020	Evolution	RP (calo)	I20 P4	43°39'090	09°58'655	43°39'600	09°58'426	120
19/03/2020	Evolution	RP (salpamento)	I20 P1	43°39'460	10°00'460	43°39'387	10°00'816	100
19/03/2020	Evolution	RP (salpamento)	I20 PC	43°37'289	10°00'992	43°36'638	10°01'004	101
19/03/2020	Evolution	RP (salpamento)	I20 P2	43°37'356	09°59'674	43°38'345	09°59'970	111

Tabella 13 - Coordinate e profondità dei siti di studio. RP = Reti da Posta, S = Strascico.								
19/03/2020	Evolution	RP (salpamento)	I20 P3	43°37'995	09°58'393	43°38'503	09°58'768	122
19/03/2020	Evolution	RP (salpamento)	I20 P4	43°39'090	09°58'655	43°39'600	09°58'426	120
Estate 2020								
02/09/2020	Evolution	RP (calo)	E20 PC	43°36'261	10°01'229	43°35'759	10°01'678	100
02/09/2020	Evolution	RP (calo)	E20 P1	43°39'570	10°00'410	43°39'191	10°00'688	100
02/09/2020	Evolution	RP (calo)	E20 P2	43°37'412	09°59'570	43°37'306	09°58'858	114
02/09/2020	Evolution	RP (calo)	E20 P3	43°37'981	09°58'434	43°38'496	09°58'648	122
02/09/2020	Evolution	RP (calo)	E20 P4	43°39'164	09°58'400	43°39'735	09°58'426	121
03/09/2020	Evolution	RP (salpamento)	E20 PC	43°36'261	10°01'229	43°35'759	10°01'678	100
03/09/2020	Evolution	RP (salpamento)	E20 P1	43°39'570	10°00'410	43°39'191	10°00'688	100
03/09/2020	Evolution	RP (salpamento)	E20 P2	43°37'412	09°59'570	43°37'306	09°58'858	114
03/09/2020	Evolution	RP (salpamento)	E20 P3	43°37'981	09°58'434	43°38'496	09°58'648	122
03/09/2020	Evolution	RP (salpamento)	E20 P4	43°39'164	09°58'400	43°39'735	09°58'426	121
07/09/2020	Donato Padre	S	E20 S3	43°35'687	09°58'202	43°37'201	09°58'051	80
07/09/2020	Donato Padre	S	E20 S4	43°37'898	09°57'267	43°39'287	09°58'009	130
08/09/2020	Donato Padre	S	E20 S2	43°36'180	10°01'150	43°37'570	10°00'470	101
08/09/2020	Donato Padre	S	E20 S1	43°38'890	10°00'900	43°40'280	10°00'420	97
08/09/2020	Donato Padre	S	E20 SC	43°42'300	09°59'330	43°40'980	10°00'060	96

Gli organismi catturati sono stati classificati fino al livello di specie. Questo ha permesso di compilare una lista faunistica per ogni tipologia 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 Condroitti, mentre per i Molluschi Decapodi 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 rendere i dati raccolti confrontabili tra di loro è stato necessario utilizzare dei metodi di standardizzazione. Per quanto riguarda i dati di cattura delle reti da posta, sono stati elaborati indici in numero e peso standardizzati ai 1000m di lunghezza delle reti e alle 24 ore (Num/1000m/24h e kg/1000m/24h).

I dati di cattura realizzati con la rete a strascico vengono standardizzati alla superficie "strascicata" (cioè coperta durante una cala di pesca) utilizzando la formula proposta da Fiorentini et al. (1994) che è un algoritmo che permette di stimare l'apertura orizzontale della rete (AO) a partire dalle caratteristiche tecniche dell'imbarcazione (potenza motrice, lunghezza cavi e calamenti, ecc.), in quanto esiste una correlazione significativa tra queste variabili. Tale approccio è comunemente utilizzato per la stima della superficie strascicata.

Quindi, i dati sono stati restituiti usando indici di densità e biomassa (Num/km<sup>2</sup> e kg/km<sup>2</sup>) 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.

È stata studiata la variazione degli indici di biomassa e densità tra i siti trattamento e quelli controllo, sia dei principali gruppi tassonomici (Osteitti, Condroitti, Crostacei Decapodi e Molluschi Decapodi), sia delle specie più rappresentative delle catture.

Per quanto riguarda i confronti tra le campagne di indagine sono stati studiate le componenti della diversità specifica; dalla matrice specie/stazioni sono stati calcolati il numero totale di specie e di esemplari catturati, gli indici di ricchezza specifica di Margalef (d), di equità di Pielou (J') e di diversità specifica di Shannon-Weaver (H'). È stata studiata l'evoluzione di tali indici nel corso delle campagne.

La stessa matrice è stata utilizzata anche per effettuare un ordinamento tramite il Multi Dimensional Scaling (MDS) dopo aver calcolato l'indice di similarità di Bray-Curtis.

A partire dalla campagna invernale I16 è stata introdotta una nuova codifica delle stazioni campionate. Per quanto riguarda le stazioni fino ad ora codificate come T1-T4, sia per le reti da posta sia per le reti a strascico, sono state introdotte le sigle P1-P4 per le stazioni campionate con reti da posta e S1-S4 per quelle investigate con reti a strascico. Nel caso delle stazioni considerate come "controllo", precedentemente identificate con la sigla C, è stata introdotta la sigla PC per quella relativa alle reti da posta e la sigla SC per quella dello strascico. Pertanto, a partire dal campionamento I16 le stazioni saranno identificate con la sigla della campagna e dalla sigla della stazione come indicato nella seguente tabella.

Tabella 14 - Nuova codifica delle stazioni adottata dalla campagna Inverno 2016 (I16). Ogni anno viene aggiornato il riferimento alla campagna.			
Reti da posta		Rete a Strascico	
Periodo 2012-2015	Dal 2016	Periodo 2012-2015	Dal 2016
T1	I16 P1	T1	I16 S1
T2	I16 P2	T2	I16 S2
T3	I16 P3	T3	I16 S3
T4	I16 P4	T4	I16 S4
C	I16 PC	C	I16 SC

### 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 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 (controllo) e tenuta in pesca per circa 3 ore.

Le stazioni di campionamento erano state identificate con il codice campione nei precedenti survey. Dal terzo anno di monitoraggio, invece, vengono indicate con le sigle PD (stazione prossima al Terminale) e PDC (stazione assunta come "controllo" ossia distante dal Terminale in modo da non esserne influenzata).

Non è stato possibile definire a priori le coordinate per posizionare l'attrezzo in quanto, essendo una rete derivante, esso deve essere calato tenendo in considerazione le correnti presenti il giorno del campionamento al fine di evitare che sia trasportato verso il Terminale galleggiante. Gli organismi catturati sono stati classificati fino al livello di specie. Per ogni specie catturata viene rilevato il peso totale in Kg ed il numero di individui. Inoltre, per ogni individuo, viene rilevata la taglia, espressa come Lunghezza Totale (LT) al mezzo cm inferiore, per gli Osteitti e Cnidari, mentre per i Molluschi Decapodi viene rilevata la Lunghezza del Mantello (LM).

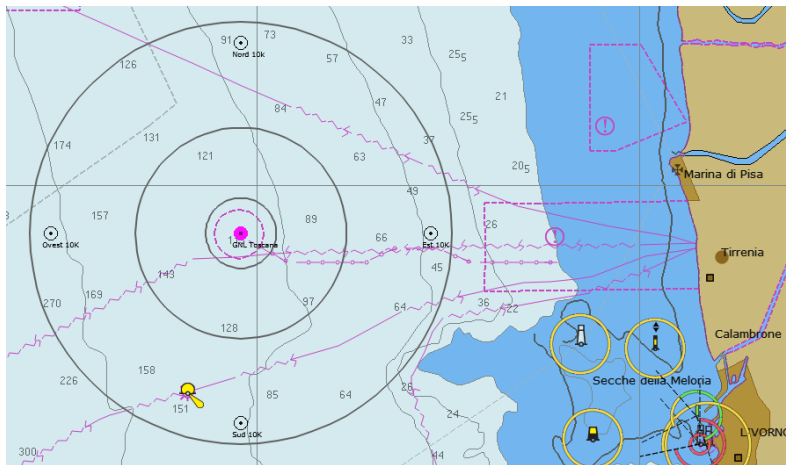
Per i Crostacei Decapodi la taglia, misurata al mm inferiore, viene espressa come Lunghezza del Carapace (LC).

Come nel caso delle reti da posta utilizzate per lo studio del popolamento bentonectonico, è stato necessario applicare dei metodi di standardizzazione. Anche per le reti pelagiche vengono 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 15 - Coordinate e profondità dei siti di studio. RPP = Reti da Posta Pelagiche (E20)								
Data	M/p	Attrezzo	N. campione	Latitudine N inizio	Longitudine E inizio	Latitudine N fine	Longitudine E fine	Prof. media (m)
11/09/2020	Evolution	RPP	PD	43°40'163	09°59'412	43°40'051	09°58'381	114
14/09/2020	Evolution	RPP	PDC	43°41'246	09°59'450	43°40'849	09°58'410	109

### 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 km<sup>2</sup>, con centro il punto di ancoraggio del rigassificatore **Figura 2**. La porzione di mare interessata dalle ricerche 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.

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 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 e nello spazio. Questa tecnica si basa sull'identificazione di parti o "marchi" che siano permanenti, facilmente identificabili e riconoscibili. La Photo-ID permette, inoltre, di non arrecare disturbo agli animali e quindi di evitare possibili azioni di risposta positive o negative. Nel tursiopo e nei cetacei in generale i marks 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 *Derموchelys 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 che prevede la possibilità di abbandonare la rotta per avvicinarsi agli animali per poterli studiare. L'avvicinamento sarà effettuato secondo le regole ACCOBAMS di rispetto, mentre il survey è stato svolto secondo la metodica del "design based", applicando in navigazione dei "traks" con rotte ad una distanza rispettivamente di 1, 3, 6 miglia nautiche dal Terminale.

Il survey visivo 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 rilevabilità varia tra 0 (lontano dal transetto) ed 1 (sul transetto). 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 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, raccogliendo informazioni permanenti e trasferibili nello spazio e nel tempo, offrendo la possibilità di seguire nel tempo i trend di distribuzione e abbondanza delle popolazioni.

## 2.6 Indagini generali

### Metodologia di campionamento

In accordo al piano di monitoraggio approvato, la misurazione dei livelli di rumore è stata effettuata stagionalmente in 12 stazioni a 100m, 1.000m e 10.000m dal punto di ancoraggio del Terminale sulle radiali dei 4 punti cardinali. Le stazioni sono state identificate come N100 - N1K - N10K - W100 - W1K - W10K - E100 - E1K - E10K - S100 - S1K - S10K (Figura 3).

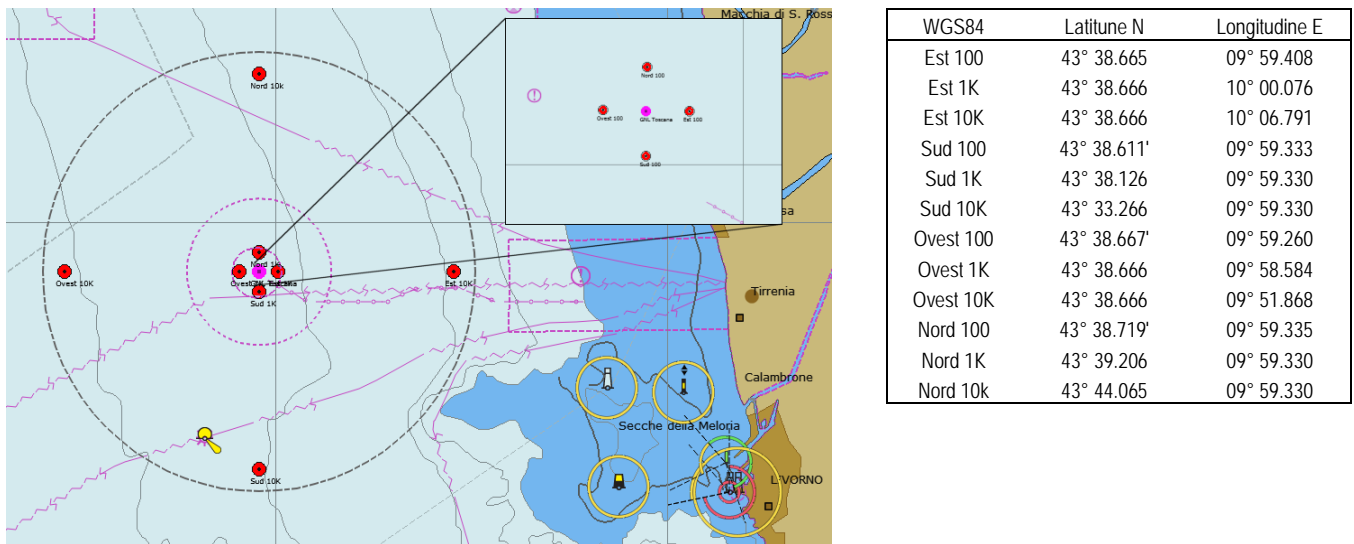


Figura 3 - Posizione delle stazioni di campionamento acustico.

In ciascuna stazione sono state effettuate 2 misure, rispettivamente alla profondità di 8 e di 55 metri. Le profondità sono state scelte per assicurare il campionamento acustico sopra e sotto il termocline, la cui presenza, che separa l'epilimnio dall'ipolimnio, è in grado di modificare la propagazione del suono, mascherando o modificando la ricezione di eventuali sorgenti sonore o fonti di disturbo. La raccolta dati è stata effettuata in accordo con quanto riportato nella Guida per la Buona Pratica delle misure del rumore sottomarino (Robinson et al., 2014)<sup>1</sup>.

In particolare, al fine di minimizzare il rumore dell'imbarcazione, una volta sulla stazione sono stati spenti i motori e le pompe, registrate le condizioni meteorologiche utilizzando dati reali presi a bordo del Terminale attraverso un anemometro ad ultrasuoni (vento) e misurati dalla boa ondometrica di proprietà OLT installata a 1,7 Nm dal Terminale (onde). Al fine di attenuare il rumore causato dal moto ondoso, è stata inoltre calata una boa con funzione di disaccoppiamento elastico della strumentazione dall'imbarcazione. Successivamente è stato calato il sistema composto da sonda e CTD ed idrofono. Al fine di escludere la presenza di interferenze elettriche dovute ad un uso simultaneo della strumentazione, durante la calata, la sonda CTD è stata mantenuta in funzione, mentre l'idrofono è stato mantenuto spento. Quando il sistema di acquisizione è arrivato alla profondità maggiore (-55 metri), è stata spenta la sonda CTD ed acceso l'idrofono per eseguire una prima acquisizione acustica della durata di 4'. Completata l'acquisizione, il sistema è stato issato sino alla profondità di -8 metri per la seconda registrazione, nuovamente di durata 4'.

Le registrazioni sono state effettuate registrando e georeferenziando la posizione del punto in coordinate geografiche WGS84 mantenendo l'idrofono disaccoppiato elasticamente rispetto al movimento indotto della superficie, ad almeno 5 metri dall'imbarcazione tenuta a motori e pompe ferme. La corretta acquisizione del segnale acustico è stata effettuata in tempo reale mediante un'uscita analogica su PC dedicato, dotato di un programma per la visualizzazione in tempo reale, l'acquisizione della forma d'onda e lo spettrogramma. Successivamente i dati sono stati salvati in 4 file .wav della durata di 1 minuto ciascuno per archiviazione e successiva fase di analisi.

### Strumentazione utilizzata

I dati di rumore acustico sono stati acquisiti mediante idrofono digitale omnidirezionale Aguatech Smid Technology Serie DH 200GP per la registrazione dei dati acustici nella banda 10 Hz - 90 kHz, con preamplificazione di sensibilità pari a -156dB re V/uPa. La frequenza utilizzata per il campionamento è stata di 192kHz. Ulteriori dettagli riguardanti le caratteristiche tecniche dello strumento, la scheda tecnica del costruttore, la calibrazione di fabbrica e quelle successivamente eseguite, sono disponibili nell'Allegato 9<sup>2</sup>.

Il rumore elettronico dello strumento, se valutato in termini di pressione acustica, a 30kHz ha un livello equivalente inferiore al livello del rumore del mare a forza "zero", che, secondo letteratura, è intorno a +22dB re 1uPa/√Hz, pertanto tutto il rumore registrato è relativo a suoni realmente presenti in acqua e non a interferenze introdotte dallo strumento di misura.

Le misure di Temperatura, Profondità, Conducibilità sono state eseguite con Sonda CTD Ageotec IMSV con calcolo diretto della velocità del suono. I dati sono stati registrati su file con PC dedicato mediante il software APWin, che permette anche la visualizzazione in tempo reale del profilo verticale di temperatura e di tutti i dati acquisiti. Ulteriori dettagli riguardanti le caratteristiche tecniche dello strumento, la calibrazione dei sensori, sono disponibili nell'Allegato 9.

In ogni stazione è stato effettuato un profilo continuo con la sonda CTD per registrare conducibilità (e indirettamente salinità), temperatura, e, attraverso l'idrofono, misure del rumore presente alle profondità di 8 e 55 m, ossia sopra e sotto il termocline. Lo scopo di tali registrazioni è conoscere le condizioni ambientali del punto di misura, in modo da poter correttamente modellizzare la propagazione del suono

<sup>1</sup> Robinson, S. P., Lepper, P. A. and Hazelwood, R. A. (2014). Good practice guide for underwater noise measurement. National Measurement Office, Marine Scotland, The Crown Estate, NPL guide No. 133, ISSN: 1368-6550

<sup>2</sup> Così come riportano le informazioni contenute nello stesso Allegato 9 e viste le caratteristiche in termini di frequenza delle specie di cetacei comunemente presenti nell'area o occasionalmente in transito, si ritiene l'attuale strumentazione in uso abbia una banda adeguata e pertanto la strumentazione sia appropriata allo scopo prefissato.

eventualmente proveniente dal Terminale e successivamente effettuare il confronto tra i valori virtuali (provenienti dal modello) e quelli realmente registrati.

L'idrofono e la sonda CTD, che dispongono di un cavo di 100m, sono accoppiati in una gabbia che li rende solidali fra loro e ne permette la discesa per gravità. Durante la misura acustica vengono acquisiti e registrati contemporaneamente e costantemente anche i dati della sonda CTD, permettendo in fase di analisi di verificare l'effettiva posizione dei sensori, soprattutto in relazione alla profondità.

Al fine di monitorare il traffico marittimo in prossimità della stazione campionata, sono stati visualizzati i dati di AIS (Automatic Identification System) al momento del raggiungimento della posizione di campionamento. L'AIS è un sistema di identificazione automatica delle navi che trasmette posizione, velocità e rotta, mediante ricevitore AIS Icom MA-500TR con antenna esterna. Il sistema AIS è obbligatorio sulle navi passeggeri e commerciali oltre 300 tonnellate, ma è presente anche su numerose unità da diporto. Tali dati possono essere ricevuti e visualizzati con l'ausilio di un sistema informatico e, una volta registrati, in fase di analisi dei dati permettono di visualizzare la presenza di traffico navale nell'intorno del punto di misura.

Il sistema, con una portata superiore a 14NM, è stato connesso ad un PC dedicato insieme ad un ricevitore GPS. Sul PC, attraverso il software OpenCPN, è stata visualizzata in tempo reale e registrata la posizione dei sensori, l'esatto orientamento del Terminale e la presenza di eventuali altre navi in transito.

La presenza di natanti non dotati di AIS è stata rilevata tramite survey visuale ed il dato è stato riportato nella scheda di raccolta dati di campo. Nella **Figura 4** un esempio della situazione ricostruita durante l'avvicinamento alla stazione Est 1K.

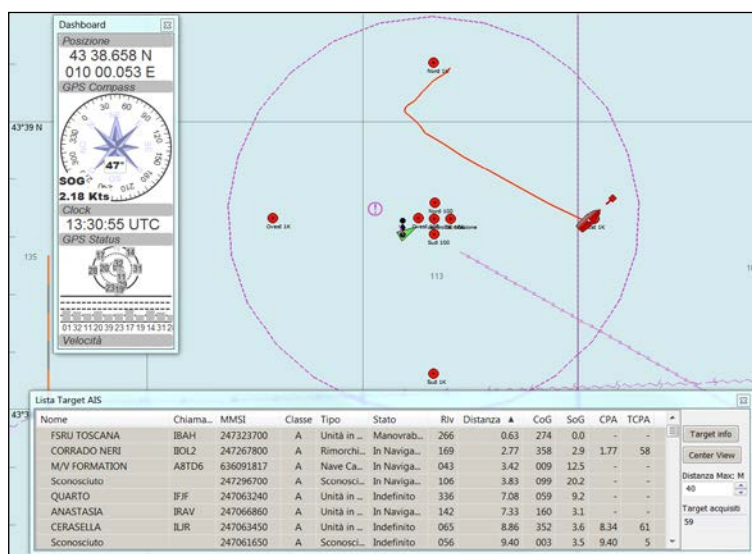


Figura 4 - Esempio di restituzione dati AIS durante l'avvicinamento alla stazione Est1K.

### Individuazione dei valori soglia di rumore

I dati raccolti con l'idrofono sono stati elaborati in modo da mettere in evidenza il rapporto fra il livello di pressione di rumore locale sound pressure level (SPL) realmente misurato ed i valori di soglia indicati dalle linee guida di ISPRA <sup>(1)</sup> (come da capitolo 1.2 "linee guida ISPRA" del documento "Piano di monitoraggio del rumore" per i diversi gruppi funzionali acustici dei Cetacei (Tabella 6 modificata da Borsani & Farchi, 2011). Per tale confronto, sono rilevanti due tipi di valori soglia:

- quello di prima risposta comportamentale First Behaviour Response (FBR) (Tabella 7), diverso per i tre gruppi funzionali acustici (Low Frequency Cetaceans (LFC), Mid Frequency Cetaceans (MFC) ed High Frequency Cetaceans (HFC))
- quelli di barotrauma acustico, suddiviso in Temporary noise-induced Threshold Shift (TTS) e Permanent noise-induced Threshold Shift (PTS), uguali per tutti i cetacei (Tabella 8 modificata da Borsani & Farchi, 2011).

Tabella 6 modificata da Borsani & Farchi, 2011, parte seconda. Sensibilità delle specie alle diverse bande di frequenza.

Functional hearing group	Estimated auditory bandwidth	Genera represented (Number species/subspecies)	Frequency-weighting network
Low-frequency cetaceans	7 Hz to 22 kHz	<i>Balaena, Caperea, Eschrichtius, Megaptera, Balaenoptera</i> (13 species/subspecies)	M <sub>l</sub> (lf: low-frequency cetaceans)
Mid-frequency cetaceans	150 Hz to 160 kHz	<i>Steno, Sousa, Sotalia, Tursiops, Stenella, Delphinus, Lagenodelphis, Lagenorhynchus, Lissodelphis, Grampus, Peponocephala, Feresa, Pseudorca, Orcinus, Globicephala, Orcaella, Physeter, Delphinapterus, Monodon, Ziphius, Berardius, Tasmacetus, Hyperoodon, Mesoplodon</i> (57 species/subspecies)	M <sub>mi</sub> (mf: mid-frequency cetaceans)



High-frequency cetaceans	200 Hz to 180 kHz	Phocena, Neophocena, Phocenoides, Platanista, Inia, Kogia, Lipotes, Pontoporia, Cephalorhynchus (20 species/subspecies)	M <sub>M</sub> (hf: high-frequency cetaceans)
--------------------------	-------------------	--	--

Tabella 7 modificata da Borsani & Farchi, 2011, parte seconda. Valori soglia per diversi tipi di rumore (impulsi singoli, multipli e non impulsivi) capaci di originare le prime significative risposte comportamentali in diverse specie di mammiferi marini.

**Valori soglia per Impulsi singoli (tipo battipali):**

Sound exposure levels SEL: 183 dB re: 1 μPa<sup>2</sup>-s

**Valori soglia per Impulsi multipli (tipo survey geosismici):**

Cetacei bassa frequenza: 120 dB re: 1 μPa RL (RMS/pulse duration)

Cetacei media frequenza: 90-180 dB re: 1 μPa RL (RMS/pulse duration)

Cetacei alta frequenza: non applicabile

**Valori soglia per rumori non impulsivi (tipo perforazione, navi etc):**

Cetacei bassa frequenza: 100-110 dB re: 1 μPa RMS SPL

Cetacei media frequenza: 110-120 dB re: 1 μPa RMS SPL

Cetacei alta frequenza: 140-150 dB re: 1 μPa RMS SPL

Tabella 8 modificata da Borsani & Farchi, 2011, parte seconda. Valori soglia di sensibilità e risposte comportamentali.

Marine mammal groups	Low, Mid, High -frequency cetaceans		Low, Mid, High -frequency cetaceans	
	Single pulses, Multiple pulses,	Non-pulses	Single pulses, Multiple pulses,	Non-pulses
Effetto	Perdita permanente (PTS) di sensibilità uditiva		Perdita temporanea (TTS) di sensibilità uditiva	
Sound pressure level	230 dB re: 1 μPa (peak) (flat)	230 dB re: 1 μPa (peak) (flat)	224 dB re: 1 μPa (peak) (flat)	224 dB re: 1 μPa (peak) (flat)
Sound exposure level	198 dB re: 1 μPa <sup>2</sup> -s	215 dB re: 1 μPa <sup>2</sup> -s	183 dB re: 1 μPa <sup>2</sup> -s	195 dB re: 1 μPa <sup>2</sup> -s

### Possibili misure di mitigazione

Qualora i risultati ottenuti indicassero un possibile avvicinamento alle soglie di sensibilità dell'intensità di rumore rilevato in relazione allo svolgimento di alcune specifiche attività sul Terminale, verranno adottate le misure di mitigazione previste nell'ambito dello studio di impatto ambientale per aumento del numero degli allibi dello Small scale LNG Carrier recentemente consegnato: Terminale FSRU TOSCANA – Aumento del Numero di Accosti per Servizio SSLNG (Doc. No. P0023983-1-H1 Rev. 0 - Aprile 2021). Si riporta di seguito un estratto delle conclusioni di tale documento inerente alle misure di mitigazione:

*"Al fine di ridurre ogni potenziale impatto sui cetacei e sulle tartarughe marine (in particolare legati a possibili eventi di collisioni o al disturbo da emissioni sonore sottomarine), si evidenzia che OLT propone di implementare un monitoraggio visivo dalla nave guardiana, da effettuarsi nelle ore diurne e in particolare preventivamente ad ogni accosto di navi metaniere o di navi SSLNGC.*

*In caso di avvistamenti dei cetacei, l'equipaggio dell'LNG Guardian effettuerà la compilazione della scheda cetacei dell'Istituto idrografico della Marina, comunicando allo stesso Istituto l'eventuale avvistamento e coordinandosi, attraverso il Terminale, con le navi in arrivo e partenza dal Terminale.*

*In caso di avvicinamento verso il Terminale, alle distanze rispettivamente di 300 m per i Tursiopi (e altri cetacei sensibili alle medie frequenze) e di circa 1 km per i cetacei sensibili alle basse frequenze (valori cautelativi di distanza, alle quali i cetacei mostrano le prime risposte comportamentali, stabiliti a partire dalle misure del rumore effettuate durante l'allibito del 2020 ed inviate all'autorità per l'ottemperanza alla prescrizione del quinto anno di monitoraggio del piano di monitoraggio dell'ambiente marino) ed in caso di disorientamento degli individui verranno posticipate le operazioni di allibito. Si evidenzia infatti l'importanza di fermare l'operazione di allibito prima dell'inizio delle operazioni in quanto l'aborto della manovra già iniziata porterebbe, oltre ad un aumento del rumore, anche a problematiche di sicurezza."*

### Metodologia di misura del rumore

In accordo alle Linee Guida ISPRA, per la rappresentazione dei livelli di rumore è stata scelta la PSDf (Power Spectral Density function). Quest'ultima, secondo la terminologia internazionale<sup>3</sup> è identificata con la *sound exposure spectral density*  $E_f(f)$ :

$$PSD(f) = 10 \log_{10} \left( \frac{E_f}{p_0^2} \right), \quad p_0 = 1 \mu Pa,$$

$$E_f(f) = 2|P(f)|^2, \quad f > 0, \quad E_f(0) = |P(0)|^2, \quad P(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} \exp(-2\pi i f t) p(t) dt$$

<sup>3</sup> International Standard ISO 18405:2017 (E) Underwater acoustics – Terminology

In virtù del teorema di Parseval, il Sound Exposure Level (SEL) totale risulta uguale all'integrale esteso a tutte le frequenze della PSD; pertanto per una determinata banda avente frequenza e larghezza note, il SEL coincide con il valore della PSD. Per ulteriori approfondimenti si rimanda alla definizione di "sound exposure spectral density" riportata nel documento "Underwater acoustics – Terminology" International Standard ISO 18405:2017.

Inoltre, la restituzione dei livelli di rumore "unweighted" è, nel nostro caso, coincidente con quelli "weighted", dato che alla forma funzionale di Shouthall si è sostituita, nella definizione degli SPL sensibili per le diverse categorie funzionali dei cetacei, con una finestra quadrata, più semplice e conservativa rispetto alla "weighting function" descritta nel lavoro citato (Southall *et al.*, 2007).

In pratica la PSDf è la versione in dB della "sound exposure spectral density" e rappresenta il modo in cui si distribuisce l'energia contenuta nel rumore sotto forma di pressione acustica nel campo di frequenze considerato, nel caso in studio, da 10Hz a 48kHz.

La PSDf di una sequenza temporale di rumore può essere stimata a partire dalla Trasformata di Fourier del rumore stesso, calcolata mediante il metodo numerico detto Fast Fourier Transform (FFT) su una sequenza di campioni frequenziali spazati uniformemente (spaziatura detta lineare) ottenuta mediante "zero-padding".

Si noti bene che le grandezze PSDf ed  $E_r$  verranno espresse in dB, per cui, se il segnale di pressione  $p(t)$  è espresso in Pa, le unità di misura saranno  $dB$  re  $1\mu P/\sqrt{Hz}$ .

Per quel che riguarda l'analisi spettrale, la produzione degli spettri del segnale procede nel modo seguente:

- 1) Vengono elaborati gli spettri di Fourier dei singoli N intervalli registrati in una data stazione: con la presente impostazione del software d'acquisizione, questi N intervalli registrati sono sempre dell'ordine del minuto, salvo quelli in cui ci sono stati evidentemente fattori tecnici che hanno interrotto la registrazione;
- 2) Lo spettro di ciascun intervallo viene adattato al vettore di frequenze in terze d'ottava (quelle riportate nella matrice del rumore), in modo che ciascuno degli N spettri sia rappresentato in terze d'ottava (gli spettri continui degli N intervalli di lunghezza diversa hanno di per sé diversa risoluzione in frequenza, evidentemente equalizzata nella conversione in terze d'ottava). Tutti gli spettri in terzi d'ottava per tutti i punti e tutte le quote di ciascuna campagna di monitoraggio eseguita nel corso del VII anno, sono riportati nell'Allegato 10;
- 3) Lo spettro complessivo in terze d'ottava, attribuito al campo acustico di una determinata stazione, è la media degli N spettri: questo nell'ipotesi che durante l'intera fase di campionamento nella stazione in esame, alla quota in esame, il campo acustico sia stazionario, e quindi sia lecito rappresentarne un unico spettro.

Per ciascuno degli N intervalli continui analizzati, la lunghezza della FFT impiegata coincide con quella della lunghezza dell'intervallo. Il fatto che si costruisca, alla fine, uno spettro unico da FFT di lunghezze diverse non inficia i risultati in corrispondenza delle frequenze in terze d'ottava, che vanno da un minimo di 20 Hz ad un massimo di 40,317 kHz; la frequenza minima corrisponde a un intervallo lungo 0,05 s, del quale tutti gli intervalli risultano più lunghi; la frequenza massima espressa da una FFT è teoricamente la metà della sampling frequency, che è lo stesso valore di 96 kHz per qualsiasi intervallo, dato che la sampling frequency sono quei 192 kHz a cui comunque campiona l'idrofono.

La finestra utilizzata è direttamente quella quadrata che per default applica la FFT di Matlab: gli eventuali problemi di "salto" ai bordi non sono, comunque, da considerare, vista la natura fortemente oscillante del segnale acustico, assimilabile a un rumore Gaussiano all'inizio e alla fine delle registrazioni.

Essendosi usata una funzione di periodogramma, non c'è overlap di finestra: infatti, facendo la FFT lunga quanto l'intero intervallo di dati, si scompone tutto il segnale su frequenze stazionarie e non si adottano finestre scorrevoli per un'analisi di Fourier locale, necessariamente da sovrapporre.

L'analisi in terzi d'ottava è appropriata per privilegiare la rilevazione/analisi di dettagli alle basse frequenze e in particolare per monitorare rumore ambiente a lungo-lunghissimo termine. L'analisi mediante FFT, con risoluzione frequenziale costante in tutta la banda, è invece utile per rilevare segnali particolari (specialmente linee spettrali molto strette) in qualunque range della banda; per questo motivo entrambe sono indicate in questo tipo di monitoraggio, nel quale si possono verificare fenomeni sia a larga banda sia a banda stretta con frequenze medio-alte.

### Metodologia di analisi delle componenti del rumore

Nell'analisi dei dati acquisiti è stato necessario come prima cosa individuare il probabile contributo di rumore da attribuire al Terminale. Tale compito non è semplice a causa della presenza di numerose sorgenti sovrapposte costituite prevalentemente dal traffico marittimo presente nella zona e, talvolta, dal rumore dovuto alle condizioni atmosferiche (vento, per esempio, o mare agitato).

È stato quindi necessario procedere ad alcune considerazioni.

Il rumore da traffico marittimo interessa prevalentemente la banda da pochi Hz fino ad 1kHz per le navi di grande tonnellaggio, ma può estendersi a vari kHz per navi piccole e barche medio-grandi, come i rimorchiatori. Barche di piccole dimensioni emettono rumore con Source Level più limitato, ma caratterizzato da una banda molto larga, anche fino a 100 kHz e oltre. Considerando che, tuttavia, in acqua i suoni ad alta frequenza (a partire da 15-20kHz) si attenuano rapidamente in ragione della distanza percorsa, il rumore emesso da piccoli natanti può essere percepito solo se il passaggio avviene a distanze molto ravvicinate (nel raggio di centinaia di metri fino ad un km circa, a seconda del profilo di velocità del suono nell'area). Disponendo di stazioni a distanza crescente dal Terminale, e confrontando gli spettri relativi, è stato possibile verificare se in qualche punto della banda si siano verificate attenuazioni del rumore compatibili con l'attenuazione provocata dall'allontanamento dal Terminale.

In questo caso sono risultate particolarmente utili le stazioni a 100 e a 1000m.

Una volta individuata la banda di frequenze interessata e la relativa attenuazione del livello di rumore, per verificare se effettivamente l'attenuazione sia da attribuirsi all'allontanamento dal Terminale è stato definito un modello di propagazione il suono che permettesse di trovare una corrispondenza fra i valori simulati e valori sperimentali. Tale modello, oltre a validare l'ipotesi di emissione da parte del Terminale, ha permesso di calcolare alcune caratteristiche della sorgente quali il Source Level (partendo da un singolo valore SPL di una delle 4 stazioni posizionate a 100m dal Terminale), che è stato quindi successivamente confrontato con i valori soglia individuati in letteratura per i gruppi funzionali di cetacei. A potenziamento dell'analisi dati adottata nelle campagne fino alla I20 compresa, è stato introdotto, a partire dalla P20, il metodo statistico (MS100) di calcolare la SL come risultato medio dei calcoli fatti sulle quattro stazioni a 100 metri (per ogni direttrice), il valore della SL così calcolato si correda di un intervallo di confidenza, che compendia la variabilità geografica e temporale del mezzo così come riscontrata durante la campagna di monitoraggio. I risultati a cui si perviene con questo nuovo metodo confermano comunque la valutazione sull'impatto acustico del Terminale.

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

### **Contestualizzazione del rumore con le operazioni in corso di svolgimento sul Terminale**

Al fine di ricondurre in modo chiaro e diretto i valori di rumore registrati con le attività in corso di svolgimento sul Terminale al momento di acquisizione delle misure, per ciascuna campagna è stata prodotta una tabella (presente nei capitoli delle campagne del rumore) che permetta di contestualizzare il momento di acquisizione del segnale acustico con le modalità operative in corso di svolgimento sul Terminale. Per la descrizione delle modalità operative, si prega di fare riferimento all'Allegato 1.

Per quanto riguarda le attività di manutenzione ordinaria che si svolge giornalmente a bordo del terminale, esse non prevedono attività impattanti dal punto di vista del rumore sottomarino, qualora fossero presenti particolari attività straordinarie saranno prontamente descritte nella tabella di cui sopra.

### **Definizione generale di un modello di propagazione del suono**

Si può predire come il suono si propaga in una guida d'onda applicando un modello di propagazione del suono nell'acqua. Tale modello ha necessità che vengano definiti una serie di parametri che descrivono le caratteristiche dell'ambiente e della sorgente sonora da modellare:

1. Definizione dei parametri geometrici con informazioni su batimetria, rugosità della superficie del mare, (superfici dei possibili substrati del fondale), posizione della sorgente e posizione dei ricevitori.
2. Definizione dei parametri oceanografici con informazioni sulle correnti marine e sul profilo della velocità di propagazione del suono nell'acqua al variare della profondità.
3. Definizione dei parametri geofisici del sedimento marino, considerato come strati omogenei e, per ogni strato, densità, velocità delle onde acustiche compressionali e relativa attenuazione (e possibilmente velocità delle onde acustiche di taglio e relativa attenuazione nel caso di strati solidi)
4. Definizione della sorgente acustica, imponendo la forma d'onda emessa, il Source Level per ogni frequenza e la direttività spaziale di emissione.

In mare il numero di informazioni disponibili è sempre limitato e parziale; d'altro canto la maggior parte dei modelli necessitano la semplificazione di alcuni modelli di input o per loro natura o per non rendere troppo oneroso il carico computazionale. Pertanto, non è possibile aspettarsi un'assoluta corrispondenza fra i risultati ottenuti da un modello di propagazione e i dati sperimentali. L'ambiente in cui il suono si propaga è senza dubbio tridimensionale, ma nessun modello tridimensionale di propagazione in una guida d'onda è disponibile nella comunità scientifica, a meno che non si sia dotati di supercalcolatori (che sfruttano calcolo parallelo). Viene quindi adottato un modello bidimensionale, ampiamente utilizzato nella comunità scientifica, che presuppone che la propagazione del suono abbia geometria cilindrica, in modo che il calcolo si limiti ad un dominio piano limitato, cioè il piano "range-depth".

### **Modello di propagazione del suono: il modello Bellhop**

Uno dei modelli che meglio risponde alle esigenze di lavorare a frequenze relativamente alte con buone prestazioni di velocità computazionale ed eventualmente di gestire geometrie "range-dependent" è Bellhop, largamente usato e estensivamente verificato e validato. Bellhop può lavorare in ipotesi sia di Gaussian Beam Tracing sia di Ray Tracing.

Il modello Bellhop assume:

- Superficie del mare completamente piatta, a cui viene applicata la condizione al contorno di Dirichlet (pressione identicamente nulla);
- Caratteristiche geofisiche del fondale omogenee (nessuna stratificazione: il sedimento è un unico semispazio) e indipendenti dal range;
- Parametri oceanografici indipendenti dal range e assenza di correnti marine;

- Ricevitori ideali (cioè omnidirezionali e totalmente privi di rumore elettronico, con banda e dinamica infinite, e risposta in frequenza (sensibilità) piatta e lineare ovunque). [Naturalmente le caratteristiche reali dei ricevitori possono essere sempre modellate e applicate al risultato ottenuto dalla simulazione].

I principali tipi di output restituiti dal modello sono:

- Il calcolo della Transmission Loss (TL) ad ogni punto di osservazione sul piano range-depth definito dal modello per ogni frequenza scelta.
- Tutti i percorsi che i raggi lanciati dalla sorgente seguono sul piano range-depth.

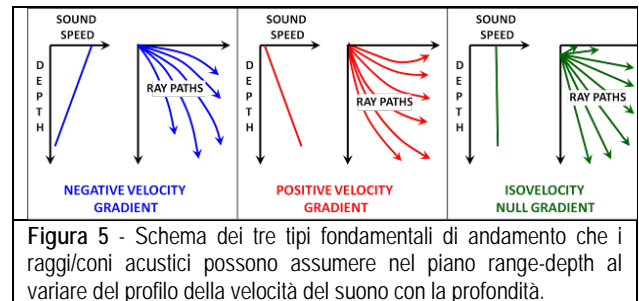
In questo lavoro sono stati scelti per il modello Bellhop la modalità di calcolo "Gaussian Beam", più accurata di quella "Ray Tracing", e il calcolo della Transmission Loss di tipo Incoerente. Quest'ultima scelta è dettata da due principali motivazioni:

1. le informazioni a priori del modello non sono sufficientemente accurate per permettere che il calcolo coerente possa essere realistico e, ancora più importante,
2. assumere la superficie del mare piatta non consente di introdurre quell'effetto di perdita di coerenza del segnale che invece caratterizza i multipath reali e che quindi viene in qualche maniera simulata con il calcolo incoerente del campo di pressione puntuale.

La base fisica fondamentale su cui è basato il modello è mostrata in **Figura 5** e descrive come le onde acustiche si propagano sul piano seguendo particolari percorsi nelle direzioni indicate dai raggi (o coni) in funzione di come la velocità del suono cambia con la profondità.

I casi di base prevedono una velocità del suono che abbia un gradiente negativo, positivo o costante rispetto alla variazione di profondità.

Ognuna di queste tre condizioni fa sì che i raggi lanciati da una sorgente abbiano percorsi totalmente differenti, come indicato nei disegni: rispettivamente essi tendono a curvare verso il basso, verso l'alto o ad seguire segmenti di retta. Dalla combinazione di queste tre situazioni fondamentali seguono tutti i casi possibili di profilo di velocità, poiché un profilo di velocità comunque complicato potrà sempre essere scomposto in segmenti appartenenti ad uno dei tre tipi base.



**Figura 5** - Schema dei tre tipi fondamentali di andamento che i raggi/coni acustici possono assumere nel piano range-depth al variare del profilo della velocità del suono con la profondità.

### Validazione del modello Bellhop per frequenze superiori a 10 kHz

Al fine di verificare la buona risposta del modello Bellhop nel range di frequenze superiori ai 10 kHz sono state condotte ulteriori verifiche delle previsioni del modello: con un primo dato D1 si è calcolato il SL applicando il modello Bellhop; poi, dall'SL così calcolato si è ricavato quello che dovrebbe essere un secondo dato D2 (diverso da D1, per esempio a una distanza differente dalla sorgente) e si è confrontato il risultato di questa simulazione con il dato reale. Tale check incrociato ha sempre fornito valori compatibili fra le misure vere e le previsioni del Bellhop.

Inoltre, date le discrepanze a priori della realtà rispetto alle ipotesi di validità del modello Bellhop, la TL calcolata con quest'ultimo viene sempre confrontata con la dipendenza delle misure effettuate dalla distanza dalla sorgente: il risultato di questo check è sempre la compatibilità fra le previsioni di Bellhop e l'andamento reale del rumore in mare.

### Definizione del modello di propagazione del suono sulla base delle informazioni e misure disponibili sull'ambiente da monitorare

#### Definizione delle condizioni meteomarine

Come anticipato in precedenza in questo stesso paragrafo, una delle assunzioni da verificare affinché il modello Bellhop rappresenti una buona approssimazione delle condizioni reali, consiste nella verifica che le condizioni meteomarine siano favorevoli (mare il più possibile piatto) al momento dell'acquisizione dei dati di campo. Affinchè questa condizione sia verificata per ogni punto e per ogni quota campionata al momento del campionamento, sono state registrate le condizioni meteomarine usando i dati reali presi a bordo del Terminale attraverso un anemometro ad ultrasuoni (vento) e misurati dalla boa ondometrica di proprietà OLT installata a 1,7 Nm dal Terminale (onde) e verificato che i dati presi fossero assimilabili a stato di mare calmo.

#### Definizione dei parametri geometrici

Considerando le stazioni di misura, poste lungo i 2 assi principali Nord-Sud e Est-Ovest, anche i nostri piani di propagazione verranno presi lungo tali assi. La descrizione geometrica della linea di fondale viene ricavata dall'analisi della batimetria della zona che nel caso di studio, variando (eccetto a 10km di distanza sia verso est sia verso ovest) tra 100m e 120m (quindi con una variabilità non significativa in un'area di vari km<sup>2</sup>) è stata approssimata a 115m costanti. Poiché il modello Bellhop non ammette superfici del mare rugose anche il confine superiore della guida d'onda è piatta. Per le frequenze di nostro interesse (fino a qualche decina di kHz) questa approssimazione è generalmente accettabile, almeno con buone condizioni del mare (sea-state 1-2).

### Definizione dei parametri geofisici

Avendo scarsissime informazioni a disposizione il sedimento marino viene modellato come un semi-spazio omogeneo di sabbia. Il sedimento è modellato come fluido, quindi non supporta onde di taglio. Parametri tipici di un fondale del genere sono:

velocità di propagazione delle onde compressionali:

$$c_{sed}=1680 \text{ m/s}$$

$$\text{attenuazione } \alpha_{sed}=0.5 \text{ dB/l},$$

$$\text{densità } \rho_{sed}=1900 \text{ kg/cm}^3.$$

Valutare almeno lo strato superficiale del sedimento come omogeneo nell'area di interesse è considerato sufficientemente realistico. Poiché il nostro maggiore interesse è sulle frequenze dell'ordine dei kHz, il fatto di trascurare la presenza di sottostrati più duri è una semplificazione accettabile.

### Definizione dei parametri oceanografici

Queste informazioni, basate su misure di CTD condotte insieme a quelle acustiche, sono range-independent per quel che riguarda il profilo di velocità e i parametri geofisici, quindi si dovrà scegliere un solo profilo per ogni piano range-depth che si vorrà considerare.

#### 2.6.1 Bioacustica

La sorveglianza bioacustica sulla presenza di cetacei è stata effettuata sulla piattaforma di ricerca dedicata catamarano KRILL attrezzato per il monitoraggio bioacustico sulla fauna marina, utilizzando un idrofono omnidirezionale a trascinamento marca CO.L.MAR. mod. GP1280 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 6).

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 comportamentali dei cetacei incontrati.

Per l'ascolto e le registrazioni è stato utilizzato il software Rainbow Clicks e 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.

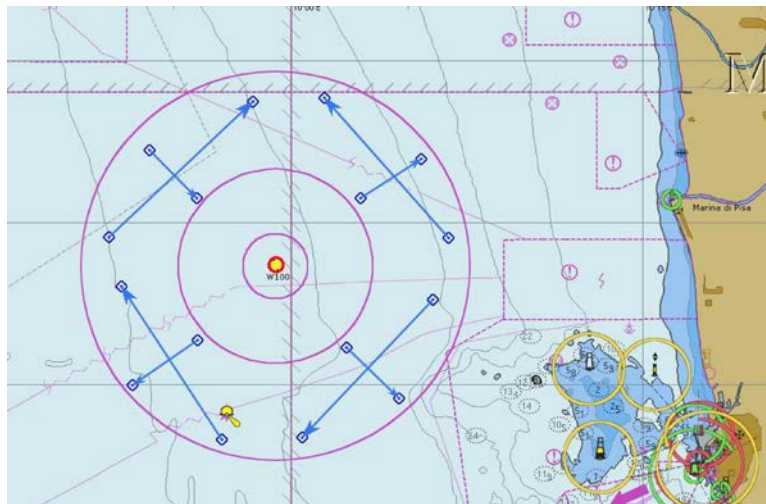


Figura 6 - Survey acustico effettuato su transetti ortogonali posizionati nei settori NE, SE, SW, NW ad una distanza tra 5 e 10km dal Terminale FSRU.

### 3 RISULTATI SURVEY AUTUNNO 2019

#### 3.1 Colonna d'acqua

##### 3.1.1 Profili idrologici

La **temperatura** varia, nel campionamento A19, in un range compreso tra 15,9°C e 17°C. Questi valori sono in linea con le temperature del periodo. E' presente un termoclino profondo (**Figura 7**) posizionato intorno a 60m caratterizzato da uno strato rimescolato dello spessore del termoclino con valori intorno a 17°C che tendono a diminuire fino ad arrivare a valori intorno a 15,9°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.

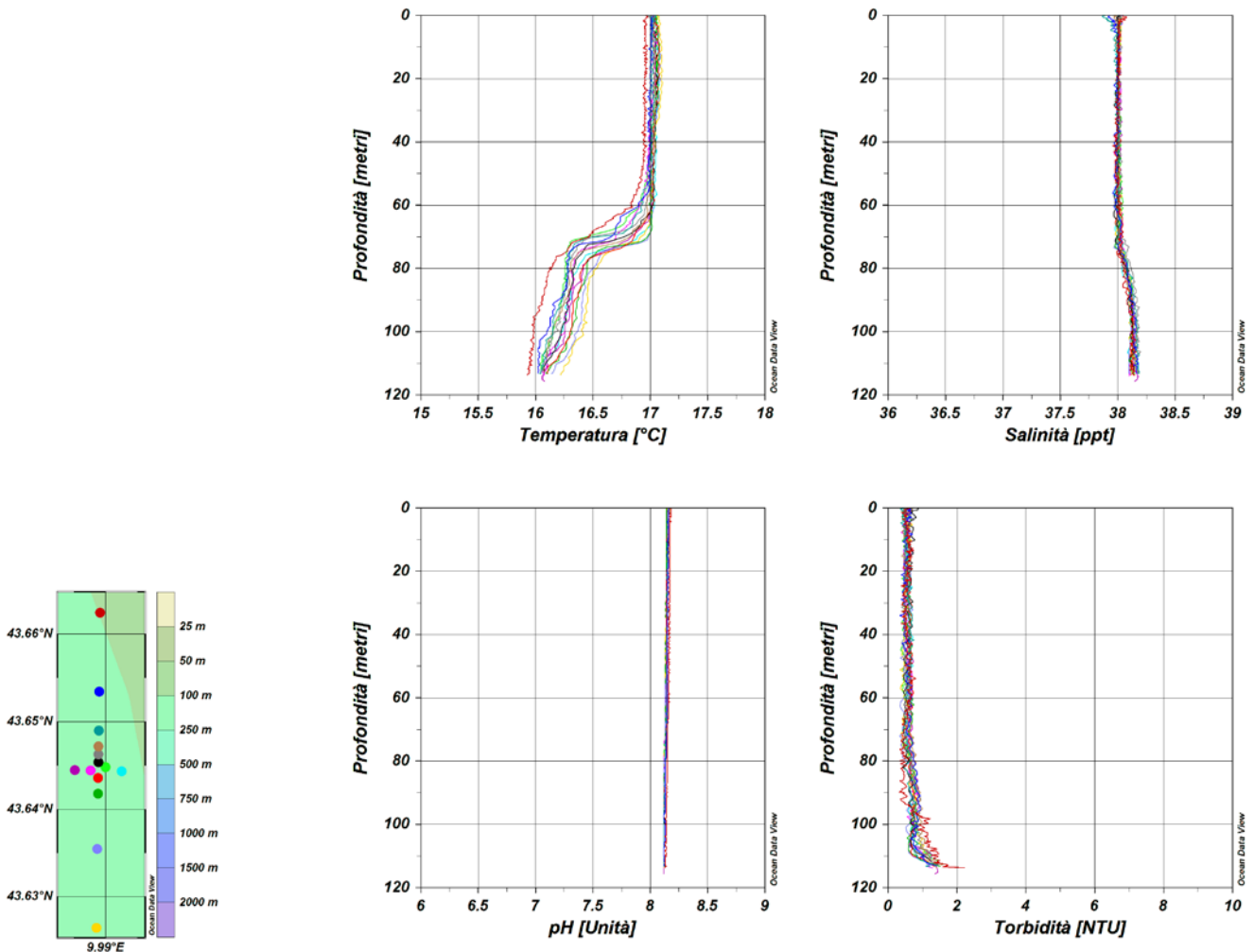


Figura 7 – Profili di temperatura (°C), salinità (ppt), pH e torbidità (NTU); survey autunno 2019.

I profili di **salinità** risultano costanti dalla superficie al fondo con valori compresi fra 38 e 38,1 ppt.

I profili di **pH** mostrano valori intorno a 8,1 su tutta la colonna d'acqua. I profili di **torbidità** mostrano valori intorno a 0.5 NTU dalla superficie fino a 90m che aumentano gradualmente negli ultimi 25m della colonna d'acqua fino ad arrivare a valori prossimi a 2 NTU sul fondo. I profili di **ossigeno disciolto** (**Figura 8**) mostrano valori intorno a 100% di saturazione in superficie che diminuiscono gradatamente fino ad arrivare a valori intorno a 95 % di saturazione sul fondo.

La **clorofilla** presenta valori compresi fra 0 µg/l e 0,4 µg/l nell'intera colonna d'acqua.

I valori di **ORP**, infine, sono costanti su tutto il profilo verticale con un range che va da 170 a 210 mV.

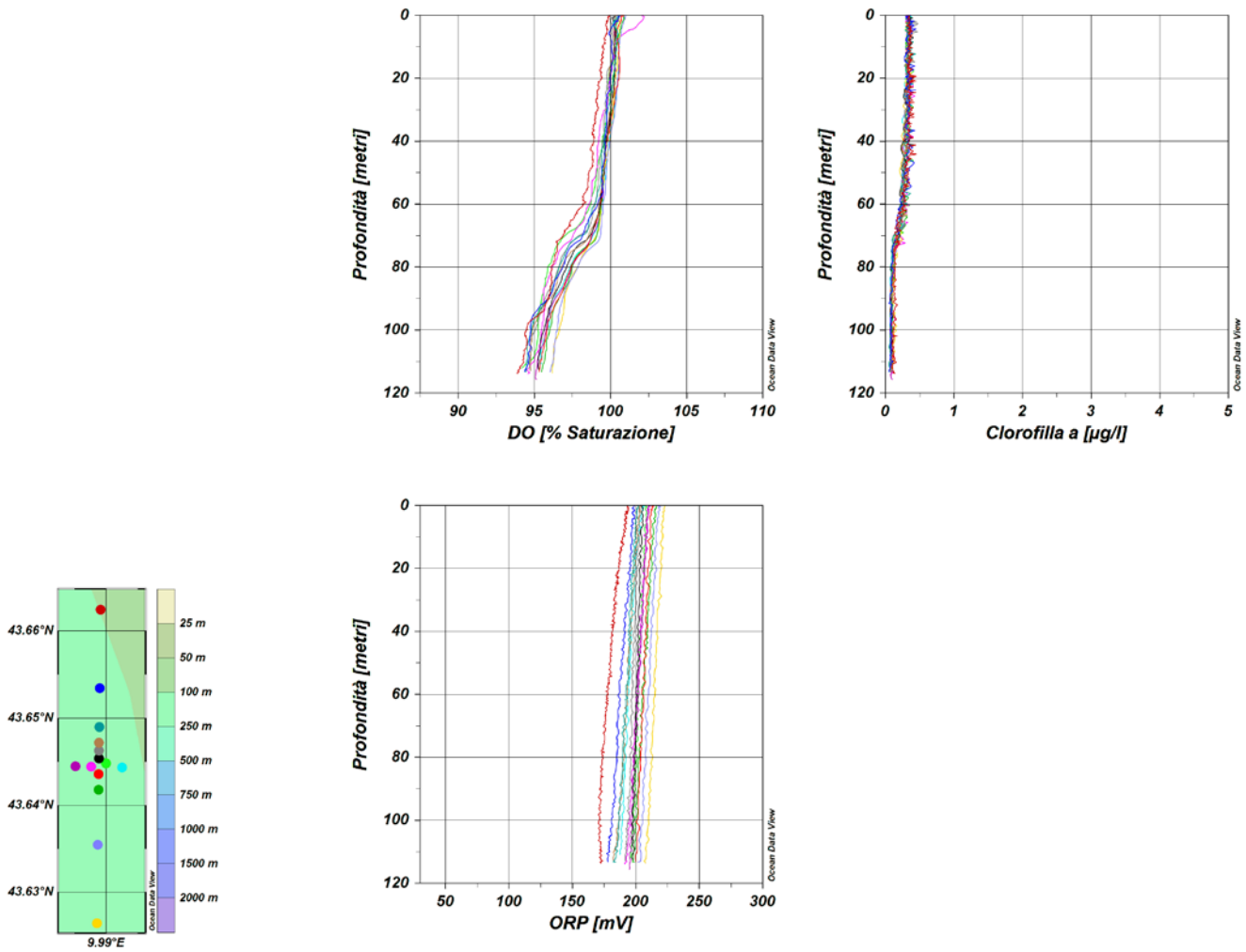
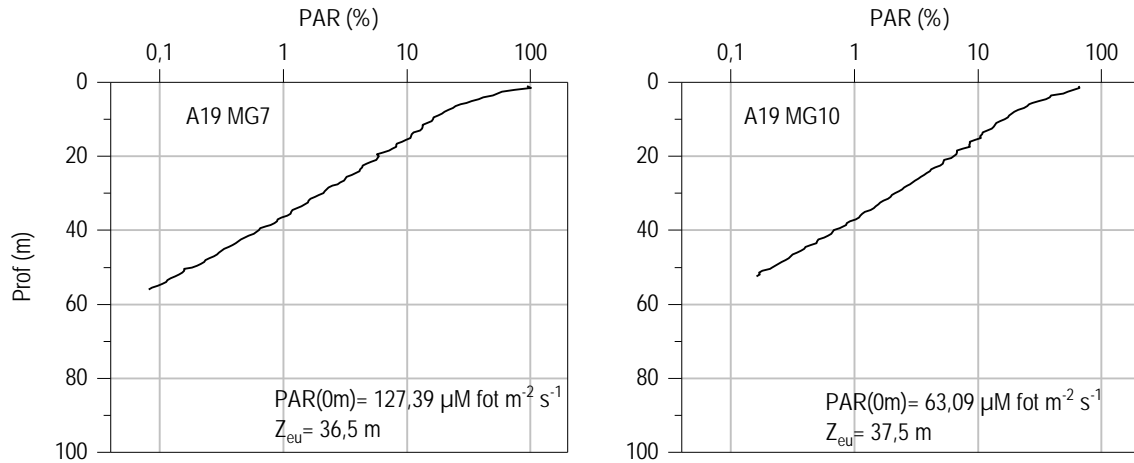


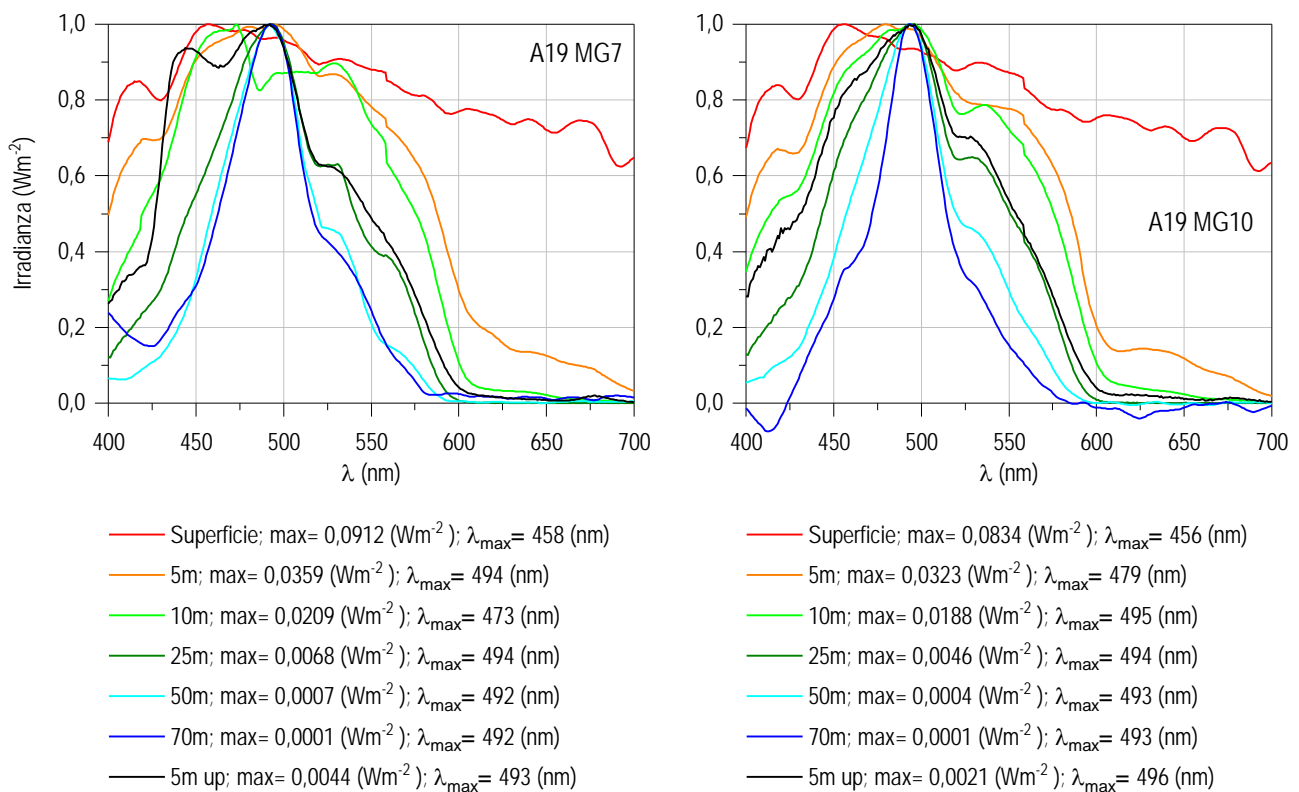
Figura 8 – Profili di ossigeno disciolto (% saturazione), clorofilla (µg/l) e potenziale di ossidoriduzione (mV); survey autunno 2019.

**Misure di irradianza e irradianza spettrale**

In **Figura 9** sono mostrati i profili di irradianza PAR (Photosynthetic Available Radiation) sottomarina normalizzati rispetto a quella contemporanea superficiale alle stazioni A19 MG7 e A19 MG10. La profondità della zona eufotica ( $Z_{eu}$ ) è rispettivamente 36,5 m e 37,5 m mentre, in generale, la  $Z_{eu}$  ha mostrato una ampia variazione compresa tra un minimo di 36,5 m (A19 MG7) ed un massimo di 60,5 m (A19 MG3) dovuta principalmente al diverso periodo in cui sono state effettuate le misure (per avverse condizioni meteo): i punti con  $Z_{eu}$  più profonda sono quelli campionati a dicembre mentre quelli campionati a gennaio hanno mostrato una  $Z_{eu}$  molto più superficiale.



**Figura 9** - 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 A19 MG7 e A19 MG10.



**Figura 10** - Irradianza spettrale discendente superficiale e subacquea alle profondità indicate. E' inoltre riportata la irradianza spettrale ascendente a 5 m (5m up). Ogni spettro è stato normalizzato per il proprio massimo ( $E_{max}(\lambda)$ ) riportato nella **legenda** insieme con la lunghezza d'onda dove si colloca ( $\lambda_{max}$ ).

In **Figura 10** 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 A19 MG7 e A19 MG10. I massimi ( $\lambda_{max}$ ) degli spettri dell'irradianza discendente si collocano nel range di lunghezze d'onda comprese fra 473 e 496 nm. La radiazione che raggiunge la maggior profondità,



ovvero quella più penetrante ( $\lambda_{max}$  a 70 m), si trova a 492 nm alla A19 MG7e a 493 nm alla A19 MG10. Non si sono evidenziate anomalie imputabili alla presenza del terminale.

### 3.1.2 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche

#### Nutrienti inorganici disciolti

In **Tabella 16** sono riportate le concentrazioni di nitriti ( $\text{NO}_2$ ), nitrati ( $\text{NO}_3$ ), ortofosfati ( $\text{PO}_4$ ), silicati ( $\text{SiO}_2$ ), rilevate nelle 8 stazioni campionate. Le concentrazioni medie (nitriti  $0,210\mu\text{M}$ , nitrati  $0,340\mu\text{M}$ , fosfati  $0,061\mu\text{M}$ , silicati  $1,013\mu\text{M}$ ) sono in linea con quanto rilevato nella stagione autunnale degli anni precedenti, a partire dal 2013. Da evidenziare concentrazioni leggermente più elevate a carico dei nitriti, più vicine alle concentrazioni medie invernali (**Tabella 16**). La distribuzione (**Figura 11**) è omogenea lungo la colonna d'acqua in tutte le 8 stazioni e la variazione avviene in un ambito di concentrazioni molto ristretto. Dato l'estendersi di questa campagna nell'arco di un mese, a causa delle condizioni meteorologiche avverse, per quanto riguarda nitrati e silicati si evidenzia una lieve diminuzione nelle concentrazioni tra le stazioni campionate agli inizi di dicembre (A19 MG9 e A19 MG12) e le altre, campionate circa un mese dopo (**Figura 11**).

Analizzando in dettaglio i diversi ioni, i nitriti variano dal minimo di  $0,150\mu\text{M}$  (A19 MG10 0,5m) al massimo di  $0,308\mu\text{M}$  (A19 MG3 50m) con una concentrazione media di  $0,210\mu\text{M}$ . Le stazioni con le concentrazioni minori sono invece alcune di quelle campionate il 3 gennaio, cioè A19 MG7 e A19 MG10 (**Figura 11**).

Per i nitrati è più evidente la differenza temporale del campionamento, infatti si distinguono le stazioni A19 MG9 e A19 MG12 che presentano le concentrazioni più alte, rispettivamente a 50 m e a 12,5 m, simili comunque a quelle delle precedenti stagioni autunnali. L'ambito di variazione è tra  $0,177\mu\text{M}$  (A19 MG3 12,5m) e  $0,690\mu\text{M}$  (A19 MG9 50m).

I silicati confermano la stessa differenza dovuta ai momenti di campionamento (**Figura 11**): in A19 MG9 e A19 MG12 (dicembre) presentano le concentrazioni maggiori su tutta la colonna d'acqua (massimo di  $1,304\mu\text{M}$  in A19 MG9 70m), in tutte le altre stazioni la variazione avviene in un ambito più ristretto, tra  $0,853$  e  $1,088\mu\text{M}$ , senza variazioni di rilievo lungo la colonna d'acqua.

I fosfati seguono lo stesso andamento omogeneo (**Figura 11**) e con variazioni in un range ristretto che va dal minimo di  $0,049\mu\text{M}$  (A19 MG7 0,5m) al massimo di  $0,095$  (A19 MG3 0,5m). La distribuzione verticale relativamente poco variabile appare coerente con le condizioni di mescolamento della colonna d'acqua.

**Tabella 16** - Concentrazioni ( $\mu\text{M}$ ) dei nutrienti inorganici disciolti.

Stazione	Prof. m	$\text{SiO}_2$	$\text{PO}_4$	$\text{NO}_2$	$\text{NO}_3$	Stazione	Prof. m	$\text{SiO}_2$	$\text{PO}_4$	$\text{NO}_2$	$\text{NO}_3$
A19 MG3	0,5	0,989	0,095	0,229	0,333	A19 MG9	0,5	1,132	0,067	0,208	0,387
	12,5	0,948	0,058	0,299	0,177		12,5	1,110	0,069	0,206	0,448
	50	0,985	0,057	0,308	0,276		50	1,242	0,060	0,204	0,690
	70	0,853	0,056	0,189	0,301		70	1,304	0,063	0,212	0,406
A19 MG5	0,5	0,909	0,070	0,229	0,475	A19 MG10	0,5	0,938	0,062	0,150	0,240
	12,5	0,932	0,058	0,285	0,200		12,5	0,958	0,059	0,190	0,301
	50	0,912	0,052	0,205	0,307		50	0,960	0,061	0,211	0,289
	70	0,925	0,069	0,213	0,333		70	0,910	0,065	0,164	0,658
A19 MG6	0,5	0,982	0,056	0,183	0,309	A19 MG12	0,5	1,133	0,061	0,231	0,323
	12,5	1,025	0,056	0,231	0,369		12,5	1,201	0,077	0,232	0,547
	50	1,001	0,054	0,192	0,265		50	1,219	0,054	0,195	0,299
	70	1,018	0,063	0,243	0,439		70	1,092	0,057	0,178	0,303
A19 MG7	0,5	0,938	0,049	0,168	0,240	A19 MG13	0,5	0,970	0,074	0,228	0,303
	12,5	0,955	0,057	0,163	0,276		12,5	1,004	0,061	0,232	0,308
	50	0,918	0,056	0,215	0,260		50	1,088	0,056	0,222	0,273
	70	1,008	0,057	0,191	0,414		70	0,919	0,053	0,171	0,253

#### Solidi sospesi (Total Suspended Matter)

Le concentrazioni di TSM in tutte le stazioni sono riportate in **Tabella 17**. Il valore medio generale è  $1,015\text{ mg/l}$  ( $\pm 0,213$ ), con minimo di  $0,607\text{ mg/l}$  in A19 MG5 50m e massimo di  $1,581\text{ mg/l}$  in A19 MG7 70m.

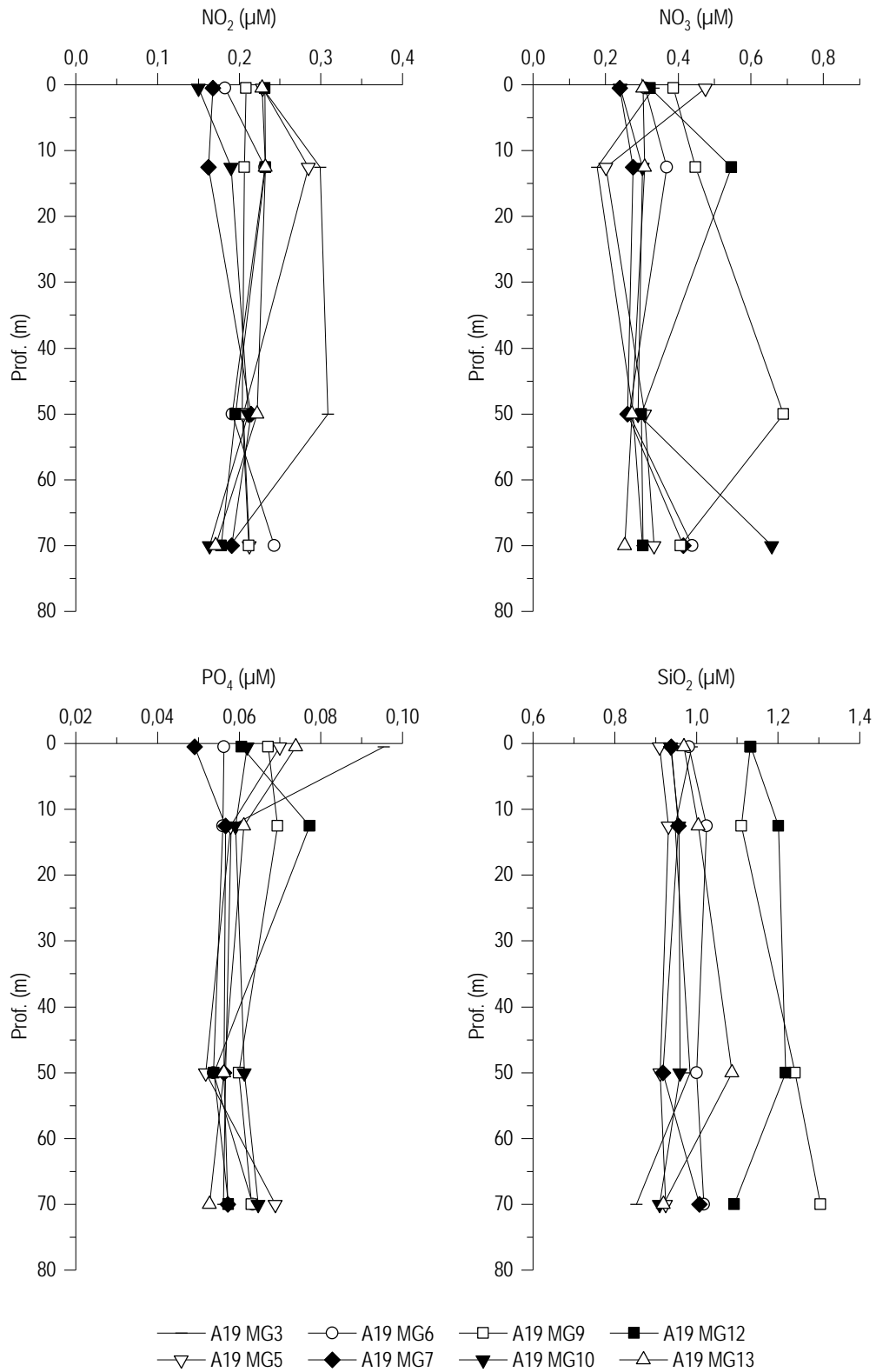


Figura 11 - Profili delle concentrazioni ( $\mu\text{M}$ ) dei nutrienti inorganici disciolti:  $\text{NO}_2$  (nitriti),  $\text{NO}_3$  (nitrati),  $\text{PO}_4$  (fosfati),  $\text{SiO}_2$  (silicati).

Tabella 17 - Concentrazioni (mg/l) dei solidi sospesi (TSM).				
Prof. m	Stazione	TSM (mg/l)	Stazione	TSM (mg/l)
0,5	A19 MG3	0,9925	A19 MG9	1,1165
12,5		0,7838		1,0305
50		0,9658		0,9740
70		0,8128		1,1015
0,5	A19 MG5	0,7710	A19 MG10	1,1553
12,5		0,7797		1,0720
50		0,6068		1,2080
70		0,8003		1,0100
0,5	A19 MG6	1,0610	A19 MG12	1,0848
12,5		1,1178		1,0110
50		1,0090		1,4920
70		1,2560		1,0233
0,5	A19 MG7	1,1338	A19 MG13	0,8940
12,5		1,1685		0,7753
50		1,1883		0,7078
70		1,5810		0,8030

I profili batimetrici di TSM (Figura 12) mostrano un primo gruppo di stazioni (A19 MG3, A19 MG5, A19 MG13) con minori concentrazioni rispetto a tutte le altre, differenza sempre attribuibile al diverso momento di campionamento. Non si osservano comunque valori anomali. La concentrazione della frazione organica del TSM (POM) è in media 0,344 mg/l ( $\pm 0,102$ ) con minimo di 0,192 mg/l in A19 MG5 50 m e massimo di 0,667 mg/l in A19 MG12 50m. I profili batimetrici del POM (Figura 12) presentano, per la maggior parte delle stazioni, concentrazioni massime tra 50 e 70m mentre A19 MG3 ed A19 MG5 presentano il massimo in superficie. La frazione organica particellata rappresenta in media il 32,70% del TSM con minimo di 10,2 % in A19 MG12 a 50m e massimo di 46,3% in A19 MG13 50m. I valori si collocano negli ambiti generalmente misurati.

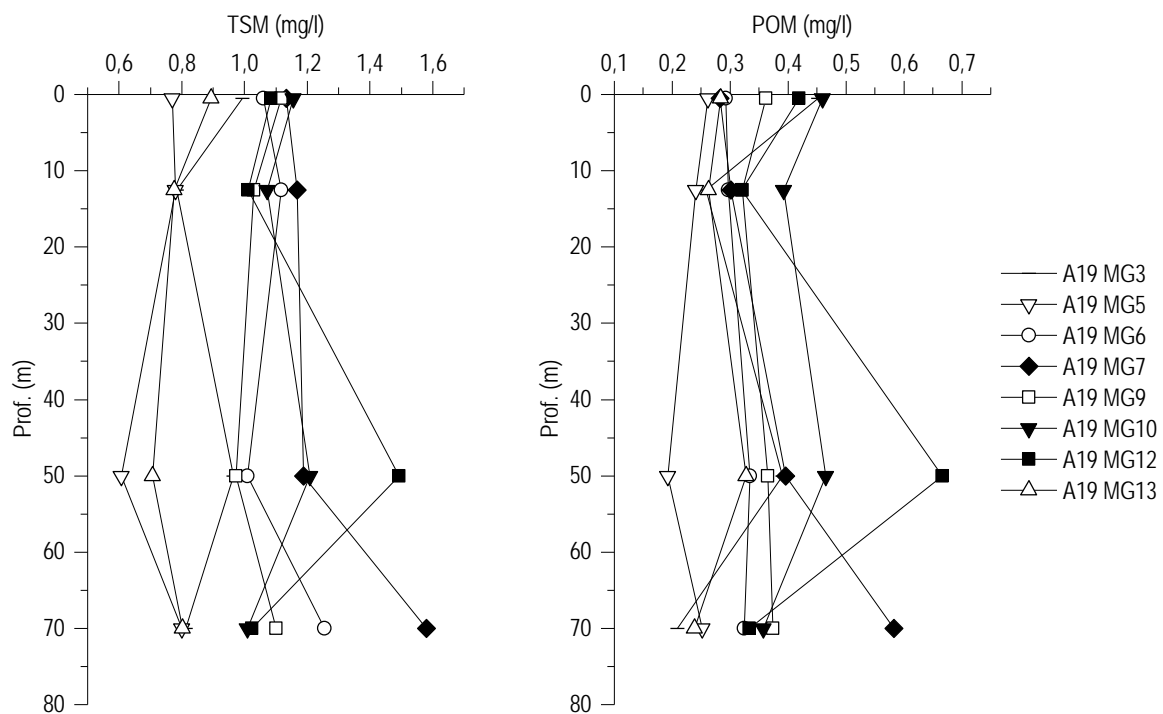


Figura 12 - Profili delle concentrazioni (mg/l) dei solidi sospesi (TSM) e delle concentrazioni di particolato organico (POM).

**Sostanza Organica Disciolta Cromoforica (CDOM)**

Gli assorbimenti della CDOM a 325 nm  $a_{CDOM}(325)$  sono in media  $0,28 \text{ m}^{-1}$  ( $\pm 0,018$ ) e variano da un minimo di  $0,229 \text{ m}^{-1}$  (A19 MG5 12,5m) ad un massimo di  $0,316 \text{ m}^{-1}$  (A19 MG9 70m) (Tabella 18). I profili batimetrici (Figura 13) presentano andamento sostanzialmente uniforme, tranne in A19 MG5 ed A19 MG13 che hanno una diminuzione maggiore a 12,5m. Le variazioni sono comunque in un ambito molto ristretto, da considerarsi quindi prive di particolare significato.

Tabella 18 - Assorbimento ( $\text{m}^{-1}$ ) della CDOM alla lunghezza d'onda di 325 nm				
Prof. m	Stazione	$a_{CDOM}(325) \text{ m}^{-1}$	Stazione	$a_{CDOM}(325) \text{ m}^{-1}$
0,5	A19 MG3	0,2823	A19 MG9	0,3041
12,5		0,2779		0,2869
50		0,2793		0,2808
70		0,2714		0,3163
0,5	A19 MG5	0,2782	A19 MG10	0,2736
12,5		0,2290		0,2916
50		0,2530		0,2731
70		0,2902		0,2580
0,5	A19 MG6	0,3101	A19 MG12	0,2746
12,5		0,3004		0,3032
50		0,2860		0,2932
70		0,2659		0,2996
0,5	A19 MG7	0,2862	A19 MG13	0,2797
12,5		0,2908		0,2588
50		0,2816		0,2708
70		0,2529		0,2748

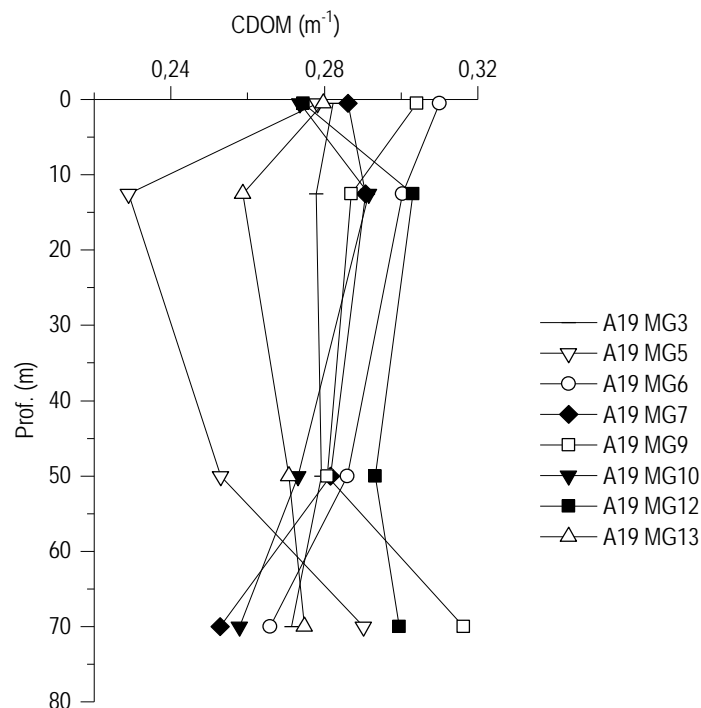


Figura 13 - Profili degli assorbimenti ( $\text{m}^{-1}$ ) della CDOM a 325 nm ( $a_{CDOM}(325)$ ).

**Clorofilla a e diversità pigmentaria**

La concentrazione di clorofilla a è in media  $0,362 \text{ mg/m}^3$  (dev. st. =  $\pm 0,143$ ) e mostra un range di variazione compreso tra un minimo di  $0,168 \text{ mg/m}^3$  in A19 MG3 70m ed un massimo di  $0,628 \text{ mg/m}^3$  in A19 MG7 50m (Tabella 19). I profili batimetrici (Figura 14) mostrano

uniformità delle concentrazioni lungo la colonna d'acqua per tutte le stazioni, con massimi prevalentemente tra la superficie e 12,5m. In questo caso è ancora più evidente la separazione tra le stazioni campionate a dicembre (A19 MG3, A19 MG5, A19 MG9, A19 MG12, A19 MG13) con più basse concentrazioni, e quelle campionate a gennaio (A19 MG6, A19 MG7, A19 MG10) che mostrano concentrazioni quasi raddoppiate. I valori rimangono comunque nell'ambito generalmente atteso.

Tabella 19 - Concentrazioni (mg/m <sup>3</sup> ) della Clorofilla <i>a</i> totale (Chl <i>a</i> tot = Clorofilla <i>a</i> + Divinil Clorofilla <i>a</i> + Alloclorofilla <i>a</i> , se presenti).				
Prof. m	Stazione	Chl <i>a</i> mg/m <sup>3</sup>	Stazione	Chl <i>a</i> mg/m <sup>3</sup>
0,5	A19 MG3	0,2573	A19 MG9	0,3103
12,5		0,2881		0,3392
50		0,1842		0,2978
70		0,1678		0,2683
0,5	A19 MG5	0,3345	A19 MG10	0,6049
12,5		0,2851		0,5412
50		0,2191		0,5426
70		0,2054		0,3328
0,5	A19 MG6	0,5048	A19 MG12	0,3061
12,5		0,5462		0,3231
50		0,5551		0,2890
70		0,4604		0,2700
0,5	A19 MG7	0,5649	A19 MG13	0,2650
12,5		0,5632		0,2658
50		0,6275		0,2002
70		0,4764		0,1851

Le concentrazioni dei nove pigmenti diagnostici principali sono riportate in **Tabella 20**. Il pigmento a maggiore concentrazione media (mg/m<sup>3</sup>) è Fuco (media 0,075, dev. st. = ± 0,042), seguono Chl *b*, (media 0,063, dev. st. = ± 0,016), Hex-Fuco (media 0,038, dev. st. = ± 0,009), But-Fuco (media 0,027, dev. st. = ± 0,006), Perid (media 0,016, dev. st. = ± 0,003), Prasino (media 0,012, dev. st. = ± 0,005), Zea (media 0,01, dev. st. = ± 0,005), DVA (media 0,008, dev. st. = ± 0,002), e Allo (media 0,008, dev. st. = ± 0,003).

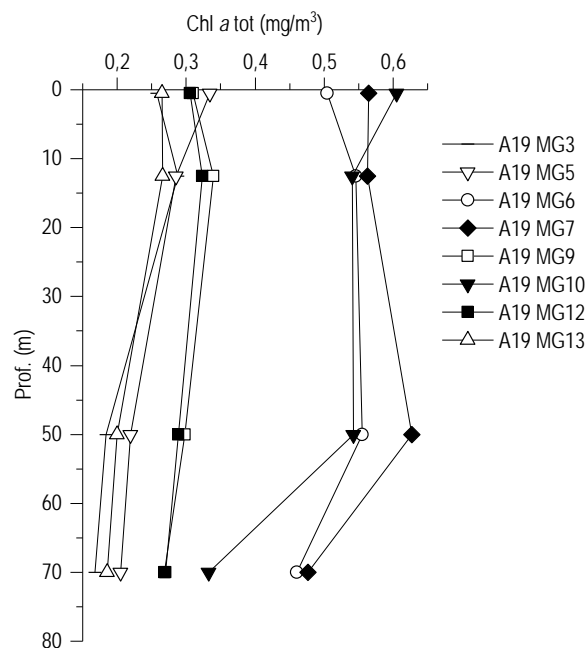


Figura 14 - Profili delle concentrazioni (mg/m<sup>3</sup>) di clorofilla *a* tot.

Tabella 20 - Concentrazioni (mg/m <sup>3</sup> ) dei principali pigmenti diagnostici fitoplanctonici (acronimi in Tabella 7).										
Stazione	Prof.m	Fuco	Perid	Hex-Fuco	But-Fuco	Prasino	Allo	Zea	DVA	Chl b
A19 MG3	0,5	0,0435	0,0168	0,0378	0,0263	0,0127	0,0068	0,0344	0,0067	0,0611
	12,5	0,0472	0,0167	0,0386	0,0318	0,0131	0,0075	0,0092	0,0080	0,0623
	50	0,0328	0,0122	0,0195	0,0185	0,0038	0,0032	0,0059	0,0056	0,0405
	70	0,0295	0,0141	0,0252	0,0197	0,0044	0,0026	0,0081	0,0090	0,0361
A19 MG5	0,5	0,0531	0,0152	0,0451	0,0282	0,0140	0,0076	0,0084	0,0110	0,0652
	12,5	0,0469	0,0148	0,0400	0,0285	0,0111	0,0066	0,0088	0,0079	0,0549
	50	0,0437	0,0143	0,0269	0,0226	0,0066	0,0035	0,0076	0,0070	0,0483
	70	0,0395	0,0139	0,0270	0,0201	0,0060	0,0034	0,0091	0,0096	0,0471
A19 MG6	0,5	0,1270	0,0163	0,0434	0,0335	0,0201	0,0104	0,0118	0,0060	0,0823
	12,5	0,1281	0,0161	0,0447	0,0348	0,0190	0,0101	0,0107	0,0086	0,0826
	50	0,1399	0,0156	0,0500	0,0343	0,0192	0,0098	0,0101	0,0075	0,0819
	70	0,1208	0,0152	0,0317	0,0225	0,0084	0,0050	0,0099	0,0075	0,0625
A19 MG7	0,5	0,1189	0,0178	0,0421	0,0325	0,0153	0,0096	0,0137	0,0089	0,0876
	12,5	0,1339	0,0195	0,0530	0,0359	0,0191	0,0104	0,0112	0,0067	0,0891
	50	0,1484	0,0215	0,0568	0,0379	0,0212	0,0114	0,0124	0,0101	0,0999
	70	0,1204	0,0261	0,0373	0,0244	0,0068	0,0057	0,0111	0,0114	0,0690
A19 MG9	0,5	0,0473	0,0177	0,0370	0,0226	0,0117	0,0105	0,0070	0,0049	0,0466
	12,5	0,0546	0,0173	0,0401	0,0281	0,0136	0,0114	0,0083	0,0046	0,0663
	50	0,0457	0,0154	0,0350	0,0250	0,0118	0,0098	0,0080	0,0045	0,0591
	70	0,0428	0,0153	0,0284	0,0163	0,0107	0,0105	0,0072	0,0039	0,0493
A19 MG10	0,5	0,1402	0,0179	0,0554	0,0363	0,0177	0,0101	0,0118	0,0109	0,0877
	12,5	0,1201	0,0186	0,0493	0,0305	0,0156	0,0083	0,0105	0,0086	0,0783
	50	0,1276	0,0185	0,0497	0,0332	0,0131	0,0075	0,0125	0,0124	0,0706
	70	0,0818	0,0178	0,0351	0,0224	0,0058	0,0044	0,0125	0,0077	0,0549
A19 MG12	0,5	0,0460	0,0152	0,0376	0,0223	0,0108	0,0107	0,0086	0,0050	0,0618
	12,5	0,0521	0,0145	0,0393	0,0266	0,0128	0,0116	0,0084	0,0047	0,0604
	50	0,0448	0,0160	0,0348	0,0248	0,0089	0,0101	0,0091	0,0068	0,0528
	70	0,0393	0,0170	0,0357	0,0226	0,0092	0,0101	0,0111	0,0075	0,0502
A19 MG13	0,5	0,0454	0,0138	0,0353	0,0247	0,0118	0,0065	0,0070	0,0075	0,0537
	12,5	0,0458	0,0149	0,0330	0,0281	0,0112	0,0060	0,0080	0,0092	0,0623
	50	0,0399	0,0131	0,0242	0,0197	0,0058	0,0029	0,0074	0,0100	0,0478
	70	0,0374	0,0141	0,0250	0,0179	0,0062	0,0032	0,0084	0,0113	0,0417

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 15).

Fuco, pigmento diagnostico delle diatomee, è il più abbondante, costituendo in media circa il 27,27%, della diversità pigmentaria. Il contributo è intorno al 20% nelle stazioni campionate a dicembre e si nota il suo aumento fino a circa il 40% nelle stazioni di gennaio (Figura 15). Gli altri pigmenti diagnostici mantengono più costante il loro contributo. I pigmenti Allo e Prasino mantengono contributi al di sotto del 6%. La somma dei due pigmenti Zea (Cyanobatteri *Synechococcus*-like) e DVA (Cyanobatteri *Prochlorococcus*-like) ci da una stima della componente picoplanctonica che rappresenta mediamente il 7,46 %, contributo atteso in relazione alla stagione.

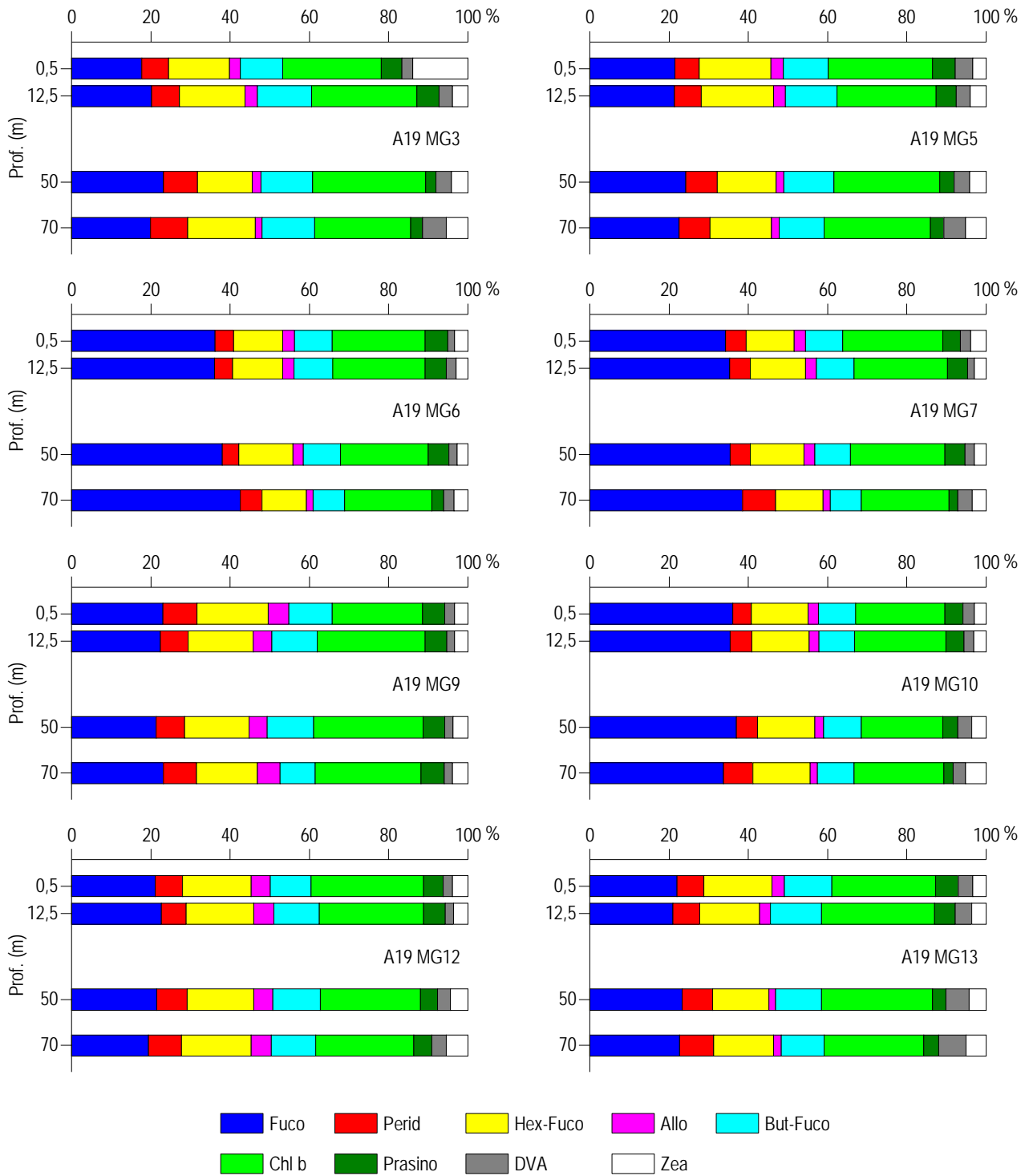


Figura 15 – Concentrazione relativa dei singoli pigmenti diagnostici in rapporto al totale delle concentrazioni dei nove Pigmenti Diagnostici (PD= Fuco+Perid+Hex-Fuco+But-Fuco+Allo+Prasino+Chl b+DVA+Zea).

**Tensioattivi**

Le concentrazioni dei tensioattivi (Tabella 21) risultano al di sotto del limite di quantificazione della metodica in tutti i campioni.

**Tabella 21** - 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	A19 MG3				A19 MG5				A19 MG6				A19 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	A19 MG9				A19 MG10				A19 MG12				A19 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 22. Questi composti sono generalmente bassi (Alometani e VOC) o inferiori al limite di quantificazione.

**Tabella 22** - Concentrazione dei cloroderivati nelle acque. I livelli indicano la profondità di prelievo del campione.

Profondità (m)	A19 MG3				A19 MG5				A19 MG6				A19 MG7			
	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70
<b>Acidi aloacetici (µg/l)</b>																
Dalapon	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Dibromoacetico	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Tribromoacetico	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
Acido Monobromoacetico	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Bromodichloroacetico	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Bromocloroacetico	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Dichloroacetico	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
Acido Tricloroacetico	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Monocloroacetico	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
Acido Clorodibromoacetico	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
<b>Aloacetoniitrili (µg/l)</b>																
Dibromoacetoniitrile	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Dicloroacetoniitrile	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Tricloroacetoniitrile	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
1,1,1-Tricloro-2-Propanone	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
1,1-Dicloro-2-Propanone	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Cloropicrina	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
<b>Alometani e VOC (µg/l)</b>																
Cloroformio	< 0,01	< 0,01	0,013	0,015	0,011	0,014	0,012	< 0,01	0,012	0,014	0,010	0,011	0,010	0,016	< 0,01	0,019
Carbonio Tetracloruro	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,010	0,010	< 0,01	0,010	0,011	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,010	< 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	0,024	0,027	0,029	0,0308	0,029	0,028	0,030	0,030	0,026	0,030	0,030	0,025	0,029	0,028	0,027	0,025
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	0,030	0,036	0,038	0,0389	0,033	0,034	0,036	0,039	0,033	0,035	0,035	0,034	0,040	0,032	0,036	0,031
Bromoformio	0,104	0,119	0,121	0,1215	0,120	0,168	0,124	0,138	0,135	0,135	0,132	0,138	0,535	0,146	0,139	0,131
1,2-Dibromo Etano	0,026	0,030	0,035	0,0318	0,033	0,034	0,032	0,035	0,031	0,036	0,031	0,030	0,035	0,033	0,034	0,029
1,1,1-Tricloro Etano	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01	< 0,01	< 0,01	0,010	< 0,01	< 0,01	0,011	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,1,2-Tricloro Etano	0,023	0,023	0,023	0,0223	0,023	0,022	0,023	0,022	0,021	0,019	0,021	0,013	0,019	0,016	0,019	0,017
<b>Alofenoli (µg/l)</b>																
2,4-Diclorofenolo	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
4-Cloro-3-Metilfenolo	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
2,4,6-Triclorofenolo	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Pentaclorofenolo	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2

Profondità (m)	A19 MG9				A19 MG10				A19 MG12				A19 MG13			
	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70
<b>Acidi aloacetici (µg/l)</b>																
Dalapon	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5



**Tabella 22 - Concentrazione dei cloroderivati nelle acque. I livelli indicano la profondità di prelievo del campione.**

Acido Dibromoacetico	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Tribromoacetico	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
Acido Monobromoacetico	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Bromodicloroacetico	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Bromocloroacetico	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Dicloroacetico	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
Acido Tricloroacetico	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Monocloroacetico	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
Acido Clorodibromoacetico	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
<b>Aloacetoni-trili (µg/l)</b>																
Dibromoacetoni-trile	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Dicloroacetoni-trile	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 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-trile	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
1,1,1-Tricloro-2-Propanone	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
1,1-Dicloro-2-Propanone	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Cloropirina	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
<b>Alometani e VOC (µg/l)</b>																
Cloroformio	0,019	0,019	0,013	0,015	0,015	0,014	0,017	0,017	0,016	0,017	0,018	0,019	0,019	0,013	0,018	0,019
Carbonio Tetracloruro	0,016	0,012	< 0,01	0,021	< 0,01	< 0,01	0,031	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,013	0,026	0,012	0,014	< 0,01	0,010
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	0,027	0,029	0,027	0,027	0,027	0,030	0,026	0,028	0,028	0,031	0,029	0,028	0,030	0,029	0,032	0,027
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	0,036	0,036	0,036	0,034	0,036	0,035	0,041	0,036	0,035	0,037	0,039	0,034	0,040	0,035	0,035	0,037
Bromoformio	0,129	0,125	0,142	0,125	0,136	0,151	0,138	0,146	0,163	0,138	0,150	0,151	0,150	0,152	0,144	0,146
1,2-Dibromo Etano	0,034	0,033	0,036	0,037	0,028	0,036	0,037	0,032	0,035	0,035	0,036	0,039	0,037	0,036	0,036	0,035
1,1,1-Tricloro Etano	0,012	< 0,01	0,011	0,021	0,011	0,012	0,019	< 0,01	0,013	0,014	0,014	0,015	0,015	< 0,01	0,014	0,015
1,1,2-Tricloro Etano	0,023	0,022	0,022	0,022	0,019	0,021	0,021	0,019	0,019	0,025	0,022	0,022	0,025	0,027	0,023	0,024
<b>Alofenoli (µg/l)</b>																
2,4-Diclorofenolo	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
4-Cloro-3-Metilfenolo	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
2,4,6-Triclorofenolo	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Pentaclorofenolo	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2

### Idrocarburi totali

Nella Tabella 23 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 23 - 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.**

A19 MG3				A19 MG5				A19 MG6				A19 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
275,1	270,7	231,5	325,2	286,0	279,2	297,4	269,7	287,9	288,2	244,3	313,5	280,1	278,7	257,5	305,7
A19 MG9				A19 MG10				A19 MG12				A19 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
270,6	291,9	270,7	318,9	311,6	305,9	265,6	288,0	302,1	319,1	257,8	278,5	315,3	332,3	271,0	291,7

### Analisi microbiologiche

Dall'analisi microbiologica (Tabella 24) emerge l'assenza di contaminazione fecale.

**Tabella 24** - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di acqua superficiale. I dati sono espressi in ufc/100 ml. P = presenti ma non formanti colonie.

	A19 MG3	A19 MG5	A19 MG6	A19 MG7	A19 MG9	A19 MG10	A19 MG12	A19 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 213 cell/ml variando da un minimo di 91 cell/ml (A19 MG13 50m) ad un massimo di 369 cell/ml (A19 MG10 12,5m) (Tabella 25). Le due stazioni campionate a dicembre (A19 MG12, A19 MG13) presentano le più basse abbondanze, poco variabili lungo la colonna d'acqua (Figura 16), le stazioni campionate a gennaio mostrano l'aumento evidenziato anche dalle concentrazioni di clorofilla a (Figura 14), particolarmente in superficie e dovuto ad un aumento generalizzato di tutte le componenti, in particolare delle diatomee che aumentano le loro abbondanze di un ordine di grandezza (Tabella 25). Anche i coccolitofori aumentano il loro contributo (Tabella 25), rappresentati quasi esclusivamente da *Emiliania huxleyi*. Il gruppo denominato "Altro plancton" (Cryptophyceae, Chrysophyceae, Dictyochophyceae, Chlorophyceae, Euglenoidea, Prasinophyceae, Prymnesiophyceae non Coccolitofori, Cyanophyceae più i flagellati non identificati) mantiene un alto contributo (Figura 14), variabile tra 32 cell/ml in A19 MG13 e 130 cell/ml in A19 MG10 entrambe a 0,5m. I dinoflagellati sono la classe meno abbondante variando da un minimo di 5 cell/ml in A19 MG12 12,5m ad un massimo di 12 cell/ml in A19 MG10 50m.

Il popolamento dell'autunno 2019 è dominato da una fioritura di diatomee (44,53% in media) rappresentate da *Chaetoceros socialis*, *Skeletonema menzeli*, *Cylindrotheca closterium* ed *Asterionellopsis glacialis*.

Il gruppo "Altro plancton" contribuisce mediamente per il 34,13 % prevalentemente con *Phaeocystis* sp. e secondariamente con *Cryptophyceae* n.i.. I dinoflagellati, in media il 3,7%, sono rappresentati prevalentemente da Gymnodiniaceae e le forme tectate *Heterocapsa minima* ed *Oxytoxum variabile*.

Tabella 25 - Densità fitoplanctonica totale (cell/ml) e delle classi o gruppi identificati.						
Stazione	prof. (m)	Diatomee	Dinoflagellati	Coccolitofori	Altro	Totale
A19 MG6	0,5	163,97	9,05	51,88	74,44	299,34
	12,5	137,82	8,91	62,66	98,15	307,53
	50	145,86	7,90	61,22	94,42	309,40
	70	127,53	6,39	38,35	51,30	223,58
A19 MG7	0,5	139,67	4,97	44,40	95,10	284,15
	12,5	146,15	10,44	46,09	85,28	287,95
	50	95,05	7,58	42,12	93,11	237,86
	70	93,76	8,23	38,73	51,32	192,03
A19 MG10	0,5	169,75	8,35	46,90	130,41	355,41
	12,5	183,48	11,46	50,67	123,45	369,06
	50	122,73	11,51	40,37	69,39	244,00
	70	77,78	7,58	47,12	38,41	170,89
A19 MG12	0,5	28,92	5,20	17,27	69,49	120,88
	12,5	25,79	4,91	17,81	70,69	119,20
	50	47,67	6,07	18,33	83,30	155,37
	70	47,90	7,74	22,94	78,15	156,73
A19 MG13	0,5	40,85	7,26	21,79	32,12	102,02
	12,5	45,02	7,69	34,32	47,48	134,51
	50	24,33	7,63	26,39	33,07	91,43
	70	30,17	7,12	22,26	32,76	92,30

Sono stati identificati in totale, a diverso livello tassonomico, 219 taxa (più la categoria Flagellati indeterminati) (Tabella 26) suddivisi tra le principali classi o raggruppamenti fitoplanctonici di cui si fornisce l'elenco completo in Tabella 27. La maggior parte dei taxa appartiene alla

classe delle diatomee che sono rappresentate da 98 specie e 11 forme identificate a livello di genere. La classe dei dinoflagellati è rappresentata da 48 specie e 4 forme identificate a livello di genere. I coccolitofori, infine, risultano meno diversificati con 25 specie insieme a 1 forma individuata a livello di genere. Il popolamento fitoplanctonico dell'autunno 2019 presenta valori di diversità specifica (Shannon) e valori di equitabilità (Pielou) che variano, rispettivamente tra 3,42 e 4,28 bit/cell e tra 0,556 e 0,690.

I valori di diversità sono generalmente piuttosto alti per la presenza di molte specie di diatomee, i valori più bassi sono dovuti in alcuni casi alla dominanza di *Phaeocystis* sp., in altri casi alla codominanza della stessa soprattutto con le diatomee *Chaetoceros socialis* e *Skeletonema menzeli*.

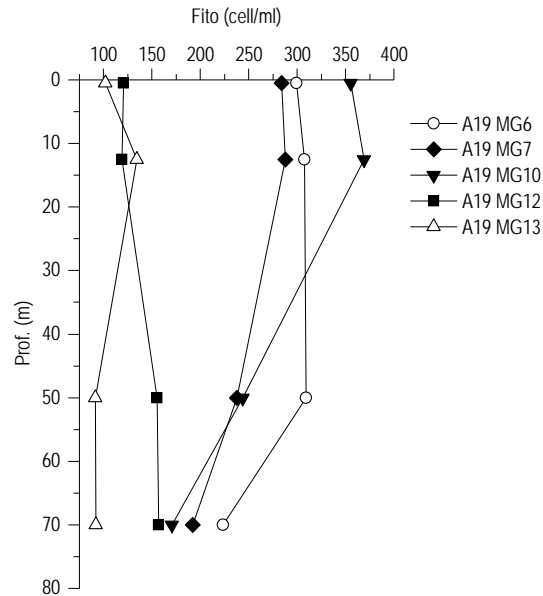


Figura 16 - Profili delle densità fitoplanctoniche totali (cell/ml).

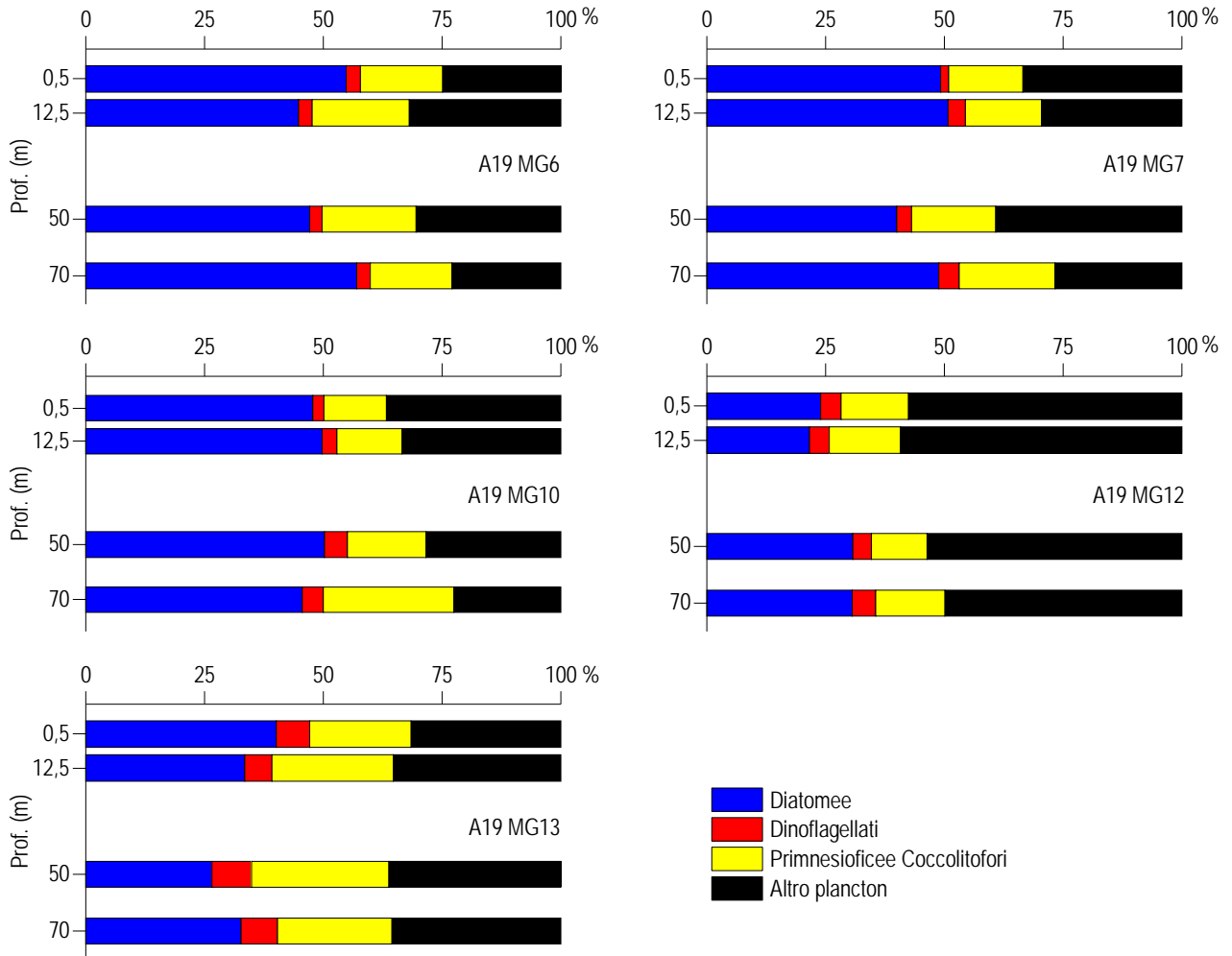


Figura 17 – Abbondanza relativa delle classi fitoplanctoniche indicate in legenda in rapporto all'abbondanza totale.

**Tabella 26** - 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	98	11	6
Dinoflagellati	48	4	4
Prymnesiophyceae coccolitofori	25	1	1
Cryptophyceae	1		1
Chrysophyceae/Dictyochophyceae	6		
Chlorophyta/Euglenoidea			
Prasinophyceae	4	2	
Prymnesiophyceae non coccolitofori		1	
Cyanophyceae			
Raphidophyceae	2		
Altro	3	1	
Totale	187	20	12

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

Tabella 27 - Lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative microscopiche.

DIATOMEE		
<i>Amphora</i> spp.	<i>Ctenophora pulchella</i> (Ralfs ex Kützing) Williams & Round 1986	<i>Nitzschia bicapitata</i> Cleve 1901
<i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castracane) Round 1990	<i>Cyclophora tenuis</i> Castracane 1878	<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs 1861
<i>Asteromphalus flabellatus</i> Ehrenberg 1844	<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & Lewin 1964	<i>Nitzschia lorenziana</i> Grunow 1879
<i>Asteromphalus heptactis</i> (Brébisson) Ralfs 1861	<i>Cymatosira lorenziana</i> Grunow 1862	<i>Nitzschia</i> spp.
<i>Bacteriastrum biconicum</i> Pavillard 1916	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i> (Bergon) Hasle 1996	<i>Odontella mobilis</i> (Bailey) Grunow 1884
<i>Bacteriastrum delicatulum</i> Cleve 1897	<i>Dactyliosolen phuketensis</i> (Sundstrom) Hasle 1996	<i>Plagiotropis antarctica</i> (Cleve) Kuntze 1898
<i>Bacteriastrum hyalinum</i> Lauder 1864	Diatomea pennata n.i. (forma p)	<i>Plagiotropis</i> sp.
<i>Bacteriastrum jadrantum</i> Godrijan, Maric & Pfannkuchen 2012	Diatomee centriche $\leq 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Pleurosigma intermedium</i> Smith 1853
<i>Bacteriastrum mediterraneum</i> Pavillard 1916	Diatomee centriche $> 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Pleurosigma majus</i> (Grunow) Cleve 1894
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey 1937	Diatomee pennate $\leq 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Pleurosigma naviculaceum</i> Brébisson 1854
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder 1864	Diatomee pennate $> 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Pleurosigma normanii</i> Ralfs 1861
<i>Chaetoceros anastomosans</i> Grunow 1882	<i>Dimiregramma nanum</i> (Gregory) Ralfs 1861	<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström 1986
<i>Chaetoceros atlanticus</i> Cleve 1873	<i>Diploneis bombus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1853	<i>Psammodictyon panduriforme</i> (Gregory) Mann 1990
<i>Chaetoceros brevis</i> Schütt 1895	<i>Diploneis crabro</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1854	<i>Pseudo-nitzschia americana</i> (Hasle) Fryxell 1993
<i>Chaetoceros cf. costatus</i> Pavillard 1911	<i>Diploneis</i> spp.	<i>Pseudo-nitzschia cf. fraudulenta</i> (Cleve) Hasle 1993
<i>Chaetoceros compressus</i> Lauder 1864	<i>Entomoneis cf. paludosa</i> (Smith) Reimer 1975	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cleve) Heiden 1928
<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve 1889	<i>Entomoneis</i> spp.	<i>Pseudo-nitzschia galaxiae</i> Lundholm & Moestrup 2002
<i>Chaetoceros dadayi</i> Pavillard 1913	<i>Eucampia cornuta</i> (Cleve) Grunow 1883	<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle 1993
<i>Chaetoceros danicus</i> Cleve 1889	<i>Fragilariopsis doliolus</i> (Wallich) Medlin & Sims 1993	<i>Pseudo-nitzschia seriata</i> (Cleve) Peragallo 1899
<i>Chaetoceros debilis</i> Cleve 1894	<i>Fragilariopsis</i> spp.	<i>Pseudo-nitzschia subfraudulenta</i> (Hasle) Hasle 1993
<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve 1873	<i>Guinardia flaccida</i> (Castracane) Peragallo 1892	<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultze) Sundström 1986
<i>Chaetoceros densus</i> (Cleve) Cleve 1899	<i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle 1996	<i>Rhizosolenia decipiens</i> Sundström 1986
<i>Chaetoceros didymus</i> Ehrenberg 1845	<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow 1880	<i>Rhizosolenia imbricata</i> Brightwell 1858
<i>Chaetoceros diversus</i> Cleve 1873	<i>Haslea wawrikiae</i> (Hustedt) Simonsen 1974	<i>Skeletonema menzeli</i> Guillard Carpenter & Reimann 1974
<i>Chaetoceros lacinosus</i> Schütt 1895	<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow ex Van Heurck 1882	<i>Stauroneis</i> sp.
<i>Chaetoceros lauderi</i> Ralfs 1864	<i>Hemiaulus sinensis</i> Greville	<i>Surirella fastuosa</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1843
<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow 1863	<i>Lauderia annulata</i> Cleve 1873	<i>Synedra cf. affinis</i> Kützing 1844
<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell 1856	<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve 1889	<i>Synedra</i> spp.
<i>Chaetoceros pseudocurvisetus</i> Mangin 1910	<i>Leptocylindrus mediterraneus</i> (Peragallo) Hasle 1975	<i>Thalassionema cf. bacillare</i> (Heiden) Kolbe 1955
<i>Chaetoceros rostratus</i> Lauder 1864	<i>Leptocylindrus minimus</i> Gran 1915	<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Hallegraeff 1986
<i>Chaetoceros simplex</i> Ostenfeld 1901	<i>Licmophora flabellata</i> (Grev.) Agardh 1831	<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky 1902
<i>Chaetoceros socialis</i> Lauder 1864	<i>Lioloma pacificum</i> (Cupp) Hasle 1996	<i>Thalassiosira angulata</i> (Gregory) Hasle 1978
<i>Chaetoceros</i> spp.	<i>Lithodesmium undulatum</i> Ehrenberg 1839	<i>Thalassiosira cf. nordenskiöldii</i> Cleve 1873
<i>Chaetoceros tetrastichon</i> Cleve 1897	<i>Minutocellus scriptus</i> Hasle, von Stosch & Syvertsen 1983	<i>Thalassiosira delicatula</i> Ostenfeld 1908
<i>Chaetoceros thronsenii</i> (Marino, Montresor & Zingone)	<i>Navicula cf. transiens</i> Heimdal 1970	<i>Thalassiosira</i> spp.
Marino, Montresor & Zingone 1991		
<i>Chaetoceros tortissimus</i> Gran 1900	<i>Navicula directa</i> (Smith) Ralfs 1861	<i>Thalassiothrix longissima</i> Cleve & Grunow 1880
<i>Chaetoceros wighamii</i> Brightwell 1856	<i>Navicula distans</i> (Smith) Ralfs 1861	<i>Toxarium undulatum</i> Bailey 1854
<i>Coscinodiscus granii</i> Gough 1905	<i>Navicula</i> spp.	
<i>Coscinodiscus marginatus</i> Ehrenberg 1844	<i>Nitzschia</i> (sez. sigmatae) sp.	
DINOFLAGELLATI		
<i>Achradina pulchra</i> Lohmann 1903	Gymnodiniaceae $> 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Oxytoxum mitra</i> Stein 1883
<i>Akashiwo sanguinea</i> (Hirasaka) Hansen & Moestrup 2000	<i>Gymnodinium multistriatum</i> Kofoid & Swezy 1921	<i>Oxytoxum sphaeroides</i> Stein 1883
<i>Alexandrium cf. minutum</i> Halim 1960	<i>Gyrodinium aciculatum</i> Hansen & Larsen 1992	<i>Oxytoxum variabile</i> Schiller 1937
<i>Alexandrium tamarense</i> (Lebour) Balech 1995	<i>Gyrodinium fusiforme</i> Kofoid & Swezy 1921	<i>Oxytoxum viride</i> Schiller 1937
<i>Amphidinium cf. globosum</i> Schröder 1911	<i>Gyrodinium</i> spp.	<i>Phalacroma rotundatum</i> (Claparède & Lachmann) Kofoid & Michener 1911
<i>Amphidinium cf. sphenoides</i> Wulff 1916	<i>Heterocapsa minima</i> Pomroy 1989	<i>Podolampas palmipes</i> Stein 1883
<i>Amphidinium</i> spp.	<i>Heterocapsa niei</i> (Loeblich III) Morrill & Loeblich III 1981	<i>Pronoctiluca pelagica</i> Fabre-Domergue 1889
<i>Azadinium caudatum</i> var. <i>margalefii</i> Nézan & Chomérat 2012	<i>Heterocapsa orientalis</i> Iwataki Botes & Fukuyo 2003	<i>Prorocentrum balticum</i> (Lohmann) Loeblich 1970
<i>Azadinium spinosum</i> Elbrächter & Tillmann 2009	<i>Heterocapsa rotundata</i> (Lohmann) Hansen 1995	<i>Prorocentrum emarginatum</i> Fukuyo 1981
<i>Cilharistes regius</i> Stein 1883	<i>Karenia brevis</i> (Davis) Hansen & Moestrup 2000	<i>Prorocentrum gracile</i> Schütt 1895
<i>Cochlodinium pulchellum</i> Lebour 1917	<i>Karenia papilionacea</i> Haywood & Steidinger 2004	<i>Prorocentrum minimum</i> (Pavillard) Schiller 1933
<i>Cochlodinium pupa</i> Lebour 1925	<i>Karenia</i> spp.	<i>Protoperidinium breve</i> Paulsen 1907
<i>Cochlodinium</i> sp.	<i>Lessardia elongata</i> Saldarriaga & Taylor 2003	<i>Protoperidinium brevipes</i> (Paulsen, 1908) Balech 1974
<i>Dicroerisma psilonereiei</i> Taylor & Cattell 1969	<i>Mesoporos adriaticus</i> (Schiller) Lillick	<i>Protoperidinium diabolum</i> (Cleve) Balech 1974
Dinoflagellati tecati $\leq 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Mesoporos perforatus</i> (Gran) Lillick 1937	<i>Protoperidinium diversgens</i> (Ehrenberg) Balech 1974
Dinoflagellati tecati $> 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Minuscula bipes</i> (Paulsen) Lebour 1925	<i>Protoperidinium solidicorne</i> (Mangin) Balech 1974
<i>Diplopsalis lenticula</i> Bergh 1881	<i>Neoceratium furca</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Scrippsiella spinifera</i> Honsell & Cabrini 1991
<i>Gonyaulax scrippsae</i> Kofoid 1911	<i>Neoceratium fusus</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Torodinium robustum</i> Kofoid & Swezy 1921
Gymnodiniaceae $\leq 20 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Oxytoxum mediterraneum</i> Schiller	
PRYMNESIOPHYCEAE COCCOLITOFORI		
<i>Acanthoica quatropsina</i> Lohmann 1903	<i>Daktylethra pirus</i> (Kamptner) Norris 1985	<i>Rhabdosphaera clavigera</i> Murray & Blackman 1898
<i>Algiosphaera robusta</i> (Lohmann) Norris 1984	<i>Discosphaera tubifer</i> (Murray & Blackman) Ostenfeld 1900	<i>Scyphosphaera apsteinii</i> Lohmann 1902
<i>Calcidiscus leptoporus</i> (Murray & Blackman) Loeblich & Tappan 1978	<i>Emiliania huxleyi</i> (Lohmann) Hay & Mohler 1967	<i>Sphaerocalyptra quadridentata</i> (Schiller) Deflandre 1952
<i>Calciosolenia brasiliensis</i> (Lohmann) Young 2003	<i>Florisphaera profunda</i> Okada & Honjo 1973	<i>Syracosphaera anthos</i> (Lohman) Janin 1987
<i>Calciosolenia murrayi</i> Gran 1912	<i>Helicosphaera carterii</i> (Wallich) Kamptner 1954	<i>Syracosphaera cf. molischii</i> Schiller 1925
<i>Calyptrosphaera oblonga</i> Lohmann 1902	<i>Helladosphaera cornifera</i> (Schiller) Kamptner 1937	<i>Syracosphaera histrica</i> Kamptner 1941
<i>Ceratolithus cristatus</i> Kamptner 1950	<i>Ophiaster hydroideus</i> (Lohmann) Lohmann 1913	<i>Syracosphaera pulchra</i> Lohmann 1902
Coccolitofori $\leq 10 \mu\text{m}$ n.i.	<i>Pontosphaera</i> sp.	<i>Umbilicosphaera sibogae</i> (Weber-van Bosse) Gaarder 1970
<i>Coronosphaera mediterranea</i> (Lohmann) Gaarder 1977	<i>Pontosphaera syracusana</i> Lohmann 1902	<i>Zygosphaera hellenica</i> Kamptner 1937
CRYPTOPHYCEAE		
Cryptophyceae n.i.	<i>Plagioselmis prolunga</i> Butcher ex Novarino, Lucas & Morrall 1994	

CHRYSPHYCEAE/DICTYOCOPHYCEAE		
<i>Dictyocha aculeata</i> Ehrenberg 1840	<i>Meringosphaera mediterranea</i> Lohmann 1902	<i>Octactis octonaria</i> (Ehrenberg) Hovasse 1946
<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg 1839	<i>Meringosphaera tenerima</i> Schiller 1925	<i>Ollicola vangoorii</i> (Conrad) Vørs 1992
PRASINOPHYCEAE		
<i>Halosphaera viridis</i> Schmitz 1878	<i>Pseudoscourfieldia marina</i> (Thronsdén) Manton 1975	<i>Pyramimonas</i> spp.
<i>Pachysphaera pelagica</i> Ostenfeld 1899		
PRYMNESIOPHYCEAE NON COCCOLITOFORI		
<i>Phaeocystis</i> sp.	<i>Phaeocystisforma</i> coloniale	
ALTRO		
Flagellati indeterminati < 10 µm	<i>Ebria tripartita</i> (Schumann) Lemmermann 1899	<i>Paulinella ovalis</i> (Wulff) Johnson, Hargraves & Sieburth 1988
<i>Commatum cryoporinum</i> Thomsen & Larsen 1993	<i>Leucocryptos marina</i> (Braarud) Butcher 1967	<i>Telonema</i> sp.
<i>Heterosigma akashiwo</i> (Hada) Hada ex Hara & Chihara 1987		

### 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 A19 MG6, A19 MG7, A19 MG10, A19 MG12 e A19 MG13.

Dall'analisi qualitativa dei campioni sono stati individuati 226 taxa, di cui 206 identificati a livello di specie, 15 come genere e 5 attribuibili a categorie soprageneriche (Tabella 28).

Dei taxa individuati, nell'insieme di tutte le stazioni, 113 appartengono alla classe delle diatomee, 89 ai dinoflagellati e 18 ai coccolitofori; sono stati, inoltre, individuati 3 taxa attribuibili alla classe delle Dictyochophyceae e 3 taxa inseriti nella categoria Altro plancton. L'elenco completo dei taxa presenti nelle diverse stazioni di campionamento è fornito in Tabella 29.

La numerosità dei taxa presenti nelle diverse stazioni va da un minimo di 103 in A19 MG12 ad un massimo di 142 in A19 MG13.

In tutte le stazioni il maggior numero di taxa appartiene alle diatomee, variabile tra 69 taxa in A19 MG12 e 77 in A19 MG13. I taxa dei dinoflagellati variano tra 50 (A19 MG13) e 20 (A19 MG12). Anche i coccolitofori presentano un elevato numero di taxa, fino a 15, in A19 MG7.

Sono stati, inoltre, identificati ed aggiunti 10 nuovi taxa, dei quali 6 dinoflagellati (*Alexandrium tamiyavanichii*, *Alexandrium tamarense*, *Azadinium caudatum* var. *caudatum*, *Heterocapsa circularisquama*, *Heterocapsa lanceolata* e *Protoperidinium curvipes*), 3 diatomee (*Detonula confervacea*, *Detonula pumila*, *Mastogloia smithii*) e 1 coccolitoforo (*Pontosphaera steueri*), che non erano stati rilevati nei campionamenti dei precedenti anni (Tabella 29).

Ad un confronto della lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative (Tabella 27) con l'elenco dei taxa ottenuti dalle analisi qualitative (Tabella 29), vediamo che il numero di taxa presenti non differisce di molto tra bottiglia e retino (rispettivamente con 219 e 226 taxa individuati). Inoltre, l'osservazione qualitativa del microfitorplancton ha permesso di rilevare la presenza di numerosi dinoflagellati solitamente più rari, principalmente attribuiti ai generi *Dinophysis*, *Neoceratium* (= *Ceratium*), *Gonyaulax*, *Oxytoxum*, *Prorocentrum* e *Protoperidinium* insieme a specie come *Actiniscus pentasterias*, *Azadinium caudatum* var. *caudatum*, *Ceratocorys horrida*, *Diplopsalis lenticula*, *Protoceratium* cf. *areolatum* e *Protoceratium reticulatum*.

**Tabella 28** - 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	99	11	3
Dinoflagellati	85	2	2
Prymnesiophyceae coccolitofori	18		
Dictyochophyceae	3		
Altro	1	2	
Totale	206	15	5

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

**Tabella 29** - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni A19 MG6, A19 MG7, A19 MG10, A19 MG12 e A19 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13)

Specie	6	7	10	12	13	Specie	6	7	10	12	13
<b>DIATOMEE</b>											
<i>Amphiprora gigantea</i> var. <i>sulcata</i> (O'Meara) Cleve 1894	x	x				<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow 1880	x	x	x	x	
<i>Amphora</i> cf. <i>laevis</i> Gregory 1857			x			<i>Haslea wawriakae</i> (Hustedt) Simonsen 1974	x	x	x	x	x
<i>Amphora</i> spp.	x				x	<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow ex Van Heurck 1882	x	x	x		
<i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castracane) Round 1990	x	x	x	x	x	<i>Hemiaulus sinensis</i> Greville 1865	x	x	x	x	x
<i>Asteromphalus flabellatus</i> Ehrenberg 1844				x	x	<i>Lauderia annulata</i> Cleve 1873	x	x	x		
<i>Bacteriastrium delicatulum</i> Cleve 1897	x	x	x		x	<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve 1889	x	x	x	x	x
<i>Bacteriastrium elongatum</i> Cleve 1897					x	<i>Leptocylindrus mediterraneus</i> (Peragallo) Hasle 1975		x	x	x	x
<i>Bacteriastrium furcatum</i> Shadbolt 1854	x	x	x		x	<i>Leptocylindrus minimus</i> Gran 1915			x	x	x
<i>Bacteriastrium hyalinum</i> Lauder 1864					x	<i>Lioloma pacificum</i> (Cupp) Hasle 1996	x	x	x	x	x
<i>Bacteriastrium hyalinum</i> var. <i>princeps</i> (Castracane) Ikar	x	x			x	<i>Lithodesmium undulatum</i> Ehrenberg 1839	x		x	x	x

**Tabella 29** - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni A19 MG6, A19 MG7, A19 MG10, A19 MG12 e A19 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13)

Specie	6	7	10	12	13	Specie	6	7	10	12	13
<i>Bacteriastrum jadrantum</i> Godrijan, Maric & Pfannkuchen 2012	x			x	x	<i>Mastogloia smithii</i> Thwaites ex Smith 1856					x
<i>Bacteriastrum mediterraneum</i> Pavillard 1916	x	x	x	x	x	<i>Navicula distans</i> (Smith) Ralfs 1861	x	x	x	x	x
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey 1937	x	x	x	x	x	<i>Navicula</i> spp.	x	x		x	x
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder 1864	x	x	x	x	x	<i>Navicula transitans</i> var. <i>delicatula</i> Heimdal 1970	x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros anastomosans</i> Grunow 1882	x	x	x	x	x	<i>Naviculaceae</i> spp.	x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros atlanticus</i> Cleve 1873	x		x			<i>Nitzschia</i> (sez. <i>sigmatae</i> ) sp.	x		x	x	x
<i>Chaetoceros brevis</i> Schütt 1895	x		x	x	x	<i>Nitzschia bicapitata</i> Cleve 1901		x	x	x	
<i>Chaetoceros cf. densus</i> (Cleve) Cleve 1899	x			x		<i>Nitzschia cf. recta</i> Hantzsch ex Rabenhorst 1862					x
<i>Chaetoceros cf. vixibilis</i> Schiller	x	x				<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs 1861	x	x	x	x	
<i>Chaetoceros compressus</i> Lauder 1864	x	x	x			<i>Nitzschia sigma</i> (Kützing) Smith 1853		x			
<i>Chaetoceros costatus</i> Pavillard 1911	x	x	x	x	x	<i>Nitzschia</i> spp.					x
<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve 1889	x	x	x	x	x	<i>Odontella mobiliensis</i> (Bailey) Grunow 1884	x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros danicus</i> Cleve 1889	x	x	x	x	x	<i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve 1873		x			
<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve 1873	x	x	x	x	x	<i>Plagiotropis cf. antarctica</i> (Cleve) Kuntze 1898					x
<i>Chaetoceros didymus</i> Ehrenberg 1845	x	x	x	x	x	<i>Plagiotropis</i> spp.	x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros diversus</i> Cleve 1873	x	x	x	x	x	<i>Pleurosigma cf. intermedium</i> Smith 1853					x
<i>Chaetoceros lacinosus</i> Schütt 1895					x	<i>Pleurosigma cf. nicobaricum</i> Grunow 1880	x		x		x
<i>Chaetoceros lauderii</i> Ralfs 1864		x	x		x	<i>Pleurosigma delicatulum</i> Smith 1852	x	x	x		x
<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow 1863	x	x	x	x	x	<i>Pleurosigma majus</i> (Grunow) Cleve 1894	x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell 1856	x	x	x	x	x	<i>Pleurosigma naviculaceum</i> Brébisson 1854					x
<i>Chaetoceros pseudocurvisetus</i> Mangin 1910	x	x	x	x	x	<i>Pleurosigma normanii</i> Ralfs 1861	x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros rostratus</i> Lauder 1864					x	<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström 1986	x	x	x	x	x
<i>Chaetoceros socialis</i> Lauder 1864	x	x	x	x	x	<i>Psammodictyon panduriforme</i> (Gregory) Mann 1990	x		x	x	
<i>Chaetoceros</i> spp.		x		x	x	<i>Pseudo-nitzschia americana</i> (Hasle) Fryxell 1993	x	x	x	x	
<i>Chaetoceros tetrastrichon</i> Cleve 1897					x	<i>Pseudo-nitzschia cf. galaxiae</i> Lundholm & Moestrup 2002		x	x	x	x
<i>Chaetoceros tortissimus</i> Gran 1900	x	x				<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cleve) Heiden 1928	x		x		x
<i>Chaetoceros wighamii</i> Brightwell 1856	x	x	x	x	x	<i>Pseudo-nitzschia fraudulentula</i> (Cleve) Hasle 1993		x			x
<i>Chaetoceros williei</i> Gran 1897		x				<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle 1993	x	x	x		x
<i>Coscinodiscus cf. curvatulus</i> Grunow ex Schmidt 1878					x	<i>Pseudo-nitzschia subfraudulenta</i> (Hasle) Hasle 1993	x	x	x	x	x
<i>Coscinodiscus cf. marginatus</i> Ehrenberg 1844					x	<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultze) Sundström 1986					x
<i>Coscinodiscus granii</i> Gough 1905	x	x		x		<i>Rhizosolenia cf. fallax</i> Sundström 1986		x			
<i>Coscinodiscus lineatus</i> Ehrenberg 1841		x		x		<i>Rhizosolenia cf. striata</i> Greville 1864	x				
<i>Coscinodiscus</i> spp.				x	x	<i>Rhizosolenia hebetata</i> f. <i>semispina</i> (Hensen) Gran 1908					x
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & Lewin 1964	x	x	x	x	x	<i>Rhizosolenia imbricata</i> Brightwell 1858	x	x	x	x	x
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i> (Bergon) Hasle 1996	x	x	x	x	x	<i>Suriella fastuosa</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1843	x		x	x	
<i>Dactyliosolen phuketensis</i> (Sundström) Hasle 1996					x	<i>Synedra cf. affinis</i> Kützing 1844					x
<i>Detonula confervacea</i> (Cleve) Gran 1896					x	<i>Synedra cf. pulchella</i> Kützing 1844	x				
<i>Detonula pumila</i> (Castracane) Gran 1900					x	<i>Synedra</i> spp.	x				
<i>Diatomee centriche &gt; 20 µm n.i.</i>	x	x	x		x	<i>Tabularia gailionii</i> (Bory de Saint-Vincent) Bukhtiyarova 1995	x	x	x	x	x
<i>Diatomee pennate &gt; 20 µm n.i.</i>	x	x	x	x	x	<i>Thalassionema bacillare</i> (Heiden) Kolbe 1955		x		x	
<i>Diploneis bombus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1853	x	x	x	x	x	<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Hallegraeff 1986	x	x	x	x	x
<i>Diploneis crabro</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1854				x	x	<i>Thalassionema nitzschoides</i> (Grunow) Mereschkowsky 1902	x	x	x	x	x
<i>Entomoneis</i> spp.	x	x	x	x	x	<i>Thalassiosira angulata</i> (Gregory) Hasle 1978	x	x		x	x
<i>Eucampia cornuta</i> (Cleve) Grunow 1883	x		x		x	<i>Thalassiosira nordenskiöldii</i> Cleve 1873		x	x	x	
<i>Fragilaria</i> sp.					x	<i>Thalassiosira rotula</i> Meunier 1910	x				x
<i>Guinardia flaccida</i> (Castracane) Peragallo 1892	x	x	x	x	x	<i>Thalassiosira</i> spp.					x
<i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle 1996	x	x	x	x	x						
<b>DINOFLAGELLATI</b>											
<i>Achradina pulchra</i> Lohmann 1903					x	<i>Neoceratium trichoceros</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010		x			x
<i>Actiniscus pentasterias</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1844					x	<i>Neoceratium tripos</i> (O.F.Müller) Gómez, Moreira & López-García 2010					x
<i>Alexandrium cf. minutum</i> Halim 1960	x	x	x	x	x	<i>Ornithocercus quadratus</i> Schütt 1900					x
<i>Alexandrium tamarense</i> (Lebour) Balech 1995		x				<i>Oxytoxum constrictum</i> (Stein) Bütschli 1885	x	x		x	x
<i>Alexandrium tamiyavanichii</i> Balech 1994	x					<i>Oxytoxum curvatum</i> (Kofoid) Kofoid 1911	x				x
<i>Azadinium caudatum</i> var. <i>caudatum</i> Nézan & Chomérat 2012	x	x			x	<i>Oxytoxum laticeps</i> Schiller 1937					x
<i>Azadinium caudatum</i> var. <i>margalefii</i> Nézan & Chomérat 2012	x	x	x		x	<i>Oxytoxum mediterraneum</i> Schiller	x	x	x	x	x
<i>Ceratocorys horrida</i> Stein 1883	x			x	x	<i>Oxytoxum milneri</i> Murray & Whitting 1899	x				x
<i>Dinoflagellati tecali &gt; 20 µm n.i.</i>	x	x	x	x	x	<i>Oxytoxum sceptrum</i> (Stein) Schröder 1906	x				
<i>Dinophysis caudata</i> Saville-Kent 1881				x		<i>Oxytoxum scolopax</i> Stein 1883	x	x	x	x	x
<i>Dinophysis hastata</i> Stein 1883		x				<i>Oxytoxum sphaeroideum</i> Stein 1883					x
<i>Dinophysis parva</i> Schiller 1928		x				<i>Oxytoxum viride</i> Schiller 1937				x	
<i>Dinophysis schroederii</i> Pavillard 1909		x				<i>Phalacroma rotundatum</i> (Claparède & Lachmann) Kofoid & Michener 1911	x		x		x
<i>Diplopsalis lenticula</i> Bergh 1881	x	x	x		x	<i>Podolampas bipes</i> Stein 1883	x				
<i>Gonyaulax cf. sphaeroidea</i> Kofoid 1911	x	x	x			<i>Podolampas palmipes</i> Stein 1883		x			
<i>Gonyaulax polygramma</i> Stein 1883	x					<i>Prorocentrum balticum</i> (Lohmann) Loeblich 1970		x			
<i>Gonyaulax spinifera</i> (Claparède & Lachmann) Diesing 1866	x					<i>Prorocentrum cf. rotundatum</i> Schiller 1928		x	x		x
<i>Gymnodiniaceae &gt; 20 µm n.i.</i>	x					<i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) Abé ex Dodge 1975	x			x	x
<i>Gymnodinium</i> spp.		x	x		x	<i>Prorocentrum dactylus</i> (Stein) Dodge 1975	x				
<i>Gyrodinium aciculatum</i> Hansen & Larsen 1992	x	x			x	<i>Prorocentrum dentatum</i> Stein 1883					x
<i>Gyrodinium</i> spp.		x			x	<i>Prorocentrum gracile</i> Schütt 1895					x
<i>Heterocapsa cf. ildefina</i> (Herman & Sweeney) Morrill & Loeblich III 1981					x	<i>Prorocentrum lima</i> (Ehrenberg) Stein 1878					x
<i>Heterocapsa circularisquama</i> Horiguchi 1995					x	<i>Prorocentrum maximum</i> (Gouret) Schiller 1937	x				
<i>Heterocapsa lanceolata</i> Iwataki & Fukuyo 2002					x	<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg 1833	x		x		
<i>Heterocapsa minima</i> Pomroy 1989	x					<i>Prorocentrum shikokuense</i> Hada 1975	x				

Tabella 29 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni A19 MG6, A19 MG7, A19 MG10, A19 MG12 e A19 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13)											
Specie	6	7	10	12	13	Specie	6	7	10	12	13
<i>Heterodinium cf. dispar</i> Kofoid & Adamson 1933					x	<i>Protoceratium cf. areolatum</i> Kofoid 1907					x
<i>Histioneis depressa</i> Schiller 1928					x	<i>Protoceratium reticulatum</i> (Claparède & Lachmann) Bütschli 1885			x		x
<i>Histioneis longicollis</i> Kofoid 1907				x		<i>Protoyperidinium breve</i> Paulsen 1907	x	x	x		x
<i>Histioneis variabilis</i> Schiller 1933					x	<i>Protoyperidinium cerasus</i> (Paulsen) Balech 1973		x			
<i>Karenia brevis</i> (Davis) Gert Hansen & Moestrup 2000		x				<i>Protoyperidinium cf. brevipes</i> (Paulsen) Balech 1974		x			x
<i>Karenia mikimotoi</i> (Miyake & Kominami ex Oda) Gert Hansen & Moestrup				x		<i>Protoyperidinium crassipes</i> (Kofoid) Balech 1974		x	x	x	
<i>Lessardia elongata</i> Saldarriaga & Taylor 2003	x	x				<i>Protoyperidinium curvipes</i> (Ostenfeld) Balech 1974		x			
<i>Lingulodinium polyedrum</i> (Stein) Dodge 1989			x	x	x	<i>Protoyperidinium diabolium</i> (Cleve) Balech 1974		x			
<i>Mesoporos adriaticus</i> (Schiller) Lillick				x	x	<i>Protoyperidinium granii</i> (Ostenfeld) Balech 1974			x		
<i>Mesoporos perforatus</i> (Gran) Lillick 1937		x	x	x	x	<i>Protoyperidinium leonis</i> (Pavillard) Balech 1974			x		
<i>Minuscula bipes</i> (Paulsen) Lebour 1925		x	x			<i>Protoyperidinium mediterraneum</i> (Kofoid) Balech 1974		x		x	x
<i>Neoceratium candelabrum</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	x					<i>Protoyperidinium ovum</i> (Schiller) Balech 1974		x			x
<i>Neoceratium declinatum</i> (Karsten) Gómez, Moreira & López-García 2010					x	<i>Protoyperidinium pyriforme</i> (Paulsen) Balech 1974					x
<i>Neoceratium extensum</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-García 2010	x					<i>Protoyperidinium quarnerense</i> (Schröder) Balech 1974			x	x	x
<i>Neoceratium furca</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x	x		x	<i>Protoyperidinium solidicome</i> (Mangin) Balech 1974		x			
<i>Neoceratium fusus</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x	x	x	x	<i>Protoyperidinium steinii</i> (Jørgensen) Balech 1974		x			x
<i>Neoceratium longirostrum</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-García 2010					x	<i>Protoyperidinium tuba</i> (Schiller) Balech 1974			x		x
<i>Neoceratium pentagonum</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-García 2010	x			x	x	<i>Protoyperidinium wiesneri</i> (Schiller) Balech 1974					x
<i>Neoceratium pulchellum</i> (Schröder) Gómez, Moreira & López-García 2010					x	<i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Balech ex Loeblich III 1965		x		x	x
<i>Neoceratium symmetricum</i> (Pavillard) Gómez, Moreira & López-García 2010					x						
<b>PRYMNESIOPHYCEAE COCCOLITOFORI</b>											
<i>Acanthoica quattrosipina</i> Lohmann 1903			x			<i>Pontosphaera discopora</i> Lohmann 1902			x		x
<i>Calciosolenia brasiliensis</i> (Lohmann) Young 2003	x	x	x		x	<i>Pontosphaera steueri</i> Kamptner			x		
<i>Calciosolenia murrayi</i> Gran 1912		x				<i>Pontosphaera syracusana</i> Lohmann 1902		x	x	x	x
<i>Coccolithus pelagicus</i> (Wallich) Schiller 1930	x	x	x	x	x	<i>Rhabdosphaera clavigera</i> Murray & Blackman 1898					x
<i>Coronosphaera binodata</i> (Kamptner) Gaarder 1977		x	x			<i>Rhabdosphaera stylifera</i> Lohmann		x	x	x	x
<i>Coronosphaera mediterranea</i> (Lohmann) Gaarder 1977	x	x	x	x	x	<i>Scyphosphaera apsteinii</i> Lohmann 1902		x	x	x	x
<i>Daktylethra pirus</i> (Kamptner) R.E. Norris 1985		x	x			<i>Syracosphaera histrica</i> Kamptner 1941		x	x		
<i>Discosphaera tubifer</i> (Murray & Blackman) Ostenfeld 1900	x				x	<i>Syracosphaera pulchra</i> Lohmann 1902		x	x	x	x
<i>Helicosphaera carterii</i> (Wallich) Kamptner 1954	x	x	x	x	x	<i>Umbilicosphaera sibogae</i> (Weber-van Bosse) Gaarder 1970		x	x	x	x
<b>CHRISOPHYCEAE/DICTYOCOPHYCEAE</b>											
<i>Dictyocha epidon</i> subsp. <i>subaculeata</i> (Bukry) Desikachary & Prema 1996	x	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						
<b>ALTRO</b>											
<i>Anabaena</i> sp.	x					<i>Phormidium</i> sp.					x
<i>Ebria tripartita</i> (Schumann) Lemmermann 1899		x		x	x						

### 3.1.3.2 Zooplankton

#### Oloplankton

A causa delle condizioni meteo-marine avverse, la raccolta dei campioni relativi all'A19 è avvenuta circa un mese oltre il consueto periodo degli anni precedenti. Inoltre, le attività non sono state continuative a causa di ripetute mareggiate.

Dall'analisi quali-quantitativa è emersa una elevata disomogeneità quantitativa tra le stazioni e una composizione/dominanza specifica che differisce dalle precedenti campagne autunnali.

Pur con valori di abbondanza significativamente inferiori rispetto alle precedenti campagne autunnali (dal 2014 al 2018) la comunità a copepodi insistente sull'area, risulta prevalentemente concentrata nella porzione intermedia della colonna. Il dato medio relativo ai campioni raccolti nella porzione compresa tra 0-50 m di profondità è di 435,95 ind. m<sup>-3</sup> (839,38 ind. m<sup>-3</sup> nella stagione A18) con il massimo (792,64 ind. m<sup>-3</sup>) nella stazione A19 MG12 e il minimo (215,15 ind. m<sup>-3</sup>) nella stazione A19 MG6. L'abbondanza media delle pescate verticali profonde (50 – 100 m) è di 288,29 ind. m<sup>-3</sup> (489,49 ind. m<sup>-3</sup> nella stagione A18) con un max di 361,22 ind. m<sup>-3</sup> in A19 MG13 e un min di 232,13 in A19 MG10. Nella porzione più superficiale della colonna d'acqua (campionamento orizzontale) si osserva un decremento numerico del gruppo investigato; il valore medio registrato scende a 318,19 ind. m<sup>-3</sup> (515,70 ind. m<sup>-3</sup> nella stagione A18) con il max pari a 842,50 ind. m<sup>-3</sup> (A19 MG12) e il min pari a 32,38 (A19 MG6).

Tenendo conto di quanto precedentemente precisato, il confronto della distribuzione orizzontale e verticale dei copepodi nel periodo A19 con le serie autunnali pregresse, permette di effettuare alcune considerazioni:

- i) la continuativa presenza di mareggiate nell'area investigata è da considerarsi la principale forzante riconducibile alla scarsa presenza di copepodi lungo la colonna d'acqua;
- ii) i dai di abbondanza ottenuti dai campionamenti superficiali, ove l'idrodinamismo è più intenso, risultano disomogenei tra le stazioni e confermano quanto ipotizzato al punto i;



- iii) le stazioni MG6, MG7 e MG10 esibiscono una scarsa presenza di crostacei copepodi, mentre le stazioni MG12 e MG13 mostrano abbondanze confrontabili con i precedenti monitoraggi autunnali;
- iv) non essendoci una distinta separazione della stazione di controllo MG10 dalle altre, si esclude che ogni tipo di perturbazione della colonna possa essere riconducibile alla presenza del rigassificatore, rafforzando quanto esplicitato al punto i.
- v) la biodiversità campionata è alta, sovrapponibile con le precedenti campagne;
- vi) il differente periodo dell'anno in cui è stata effettuata la campagna, ha portato all'identificazione di isolati esemplari appartenenti a specie campionate per la prima volta nell'area di studio.

I taxa di copepodi planctonici identificati sono in tutto 99 (Tabella 30) in rappresentanza di 28 famiglie.

In termini quantitativi, la componente che maggiormente contribuisce alla netta separazione tra le stazioni MG6, MG7, MG10 vs MG12, MG13 sono i copepodi calanoidi clausocalanidi (famiglia rappresentata dai generi *Clausocalanus* e *Ctenocalanus*, complessivamente 10 taxa). La famiglia Clausocalanidae esibisce un'abbondanza media calcolata (per ciascun livello di indagine) tra le stazioni A19 MG6, A19 MG7, A19 MG10, pari a 15,07 ind. m<sup>-3</sup> (0-5 m), 98,89 ind. m<sup>-3</sup> (0-50 m) e 75,87 ind. m<sup>-3</sup> (50-100 m), valori sensibilmente inferiori ai quelli calcolati per le stazioni A19 MG12- A19 MG13 pari a 686,97 ind. m<sup>-3</sup> (0-5 m), 528,80 ind. m<sup>-3</sup> (0-50 m) e 208,92 ind. m<sup>-3</sup> (50-100 m). Si precisa che nelle ultime due stazioni è elevata la presenza di individui allo stadio giovanile.

Tra i clausocalanidi le specie dominanti sono *Clausocalanus mastigophorus*, *Clausocalanus lividus* e *Ctenocalanus vanus*.

*C. mastigophorus* (30,71 ind. m<sup>-3</sup> 0 – 5 m; 74,51 ind. m<sup>-3</sup> 0 – 50 m; 19,93 ind. m<sup>-3</sup> 50 – 100 m) e *C. lividus* (25,45 ind. m<sup>-3</sup> 0 – 5 m; 75,87 ind. m<sup>-3</sup> 0 – 50 m; 26,95 ind. m<sup>-3</sup> 50 – 100 m) sono maggiormente concentrati nella porzione più superficiale della colonna mentre *C. vanus* (6,33 ind. m<sup>-3</sup> 0 – 5 m; 17,89 ind. m<sup>-3</sup> 0 – 50 m; 26,50 ind. m<sup>-3</sup> 50 – 100 m) predilige gli strati più profondi. Come già accennato, i dati dell'A19 evidenziano un comparto neritico "temporalmente diverso" dalle precedenti campagne A14-18, caratterizzato da una drastica contrazione numerica delle specie tipiche della stagione autunnale, solitamente molto abbondanti nell'area di studio nel periodo ottobre-novembre: *Temora stylifera* (5,18 ind. m<sup>-3</sup> 0 – 5 m; 6,11 ind. m<sup>-3</sup> 0 – 50 m; 2,72 ind. m<sup>-3</sup> 50 – 100 m) e *Isias clavipes* (campionati individui isolati esclusivamente nelle peschate orizzontali). La famiglia Paracalanidae, rappresentata in questa campagna da 7 taxa (generi *Calocalanus* e *Paracalanus*) raggiunge nel survey A19 valori di abbondanza inferiori agli anni precedenti; decresce nettamente anche l'abbondanza percentuale della famiglia all'interno della comunità. Il copepode Metridinidae *Pleuromamma gracilis* raggiunge abbondanze maggiori in prossimità del fondale (0,75 ind. m<sup>-3</sup> 0 – 5 m; 6,34 ind. m<sup>-3</sup> 0 – 50 m; 32,84 ind. m<sup>-3</sup> 50 – 100 m), così come, in parte, il Lucicutiidae *Lucicutia flavicornis* (0,45 ind. m<sup>-3</sup> 0 – 5 m; 6,11 ind. m<sup>-3</sup> 0 – 50 m; 7,25 ind. m<sup>-3</sup> 50 – 100 m). L'ordine Cyclopoida è principalmente rappresentato dalla famiglia Oithonidae (8 taxa), prevalentemente concentrata nello strato 0 – 50 m (7,30 ind. m<sup>-3</sup> 0 – 5 m; 36,23 ind. m<sup>-3</sup> 0 – 50 m; 18,57 ind. m<sup>-3</sup> 50 – 100 m) e con abbondanze minori rispetto alle precedenti campagne autunnali. La specie più abbondante della famiglia è *Oithona plumifera* (3,68 ind. m<sup>-3</sup> 0 – 5 m; 20,84 ind. m<sup>-3</sup> 0 – 50 m; 5,66 ind. m<sup>-3</sup> 50 – 100 m). La famiglia Corycaidae (10 taxa), è presente, nei diversi livelli, con valori medi pari a 2,72 ind. m<sup>-3</sup> 0 – 5 m; 18,34 ind. m<sup>-3</sup> 0 – 50 m; 13,59 ind. m<sup>-3</sup> 50 – 100 m.

Rispetto all'A18 è confermata l'identificazione di alcune specie non comuni come *Aetideus giesbrechti*, *Haloptilus longicornis*, *Haloptilus oxycephalus* e *Pachos punctatum*. Sono stati campionati per la prima volta nell'area esemplari di *Euchirella amoena*, *Euchaeta spinosa* e *Corycaeus speciosus*, oltre ai rari *Phaenna spinifera*, *Vetoria parva*, *Lubbockia squillimana* e *Pontoeciella abyssicola*. Sporadici gli Harpacticoida, tra cui il più abbondante è *Goniopsyllus rostratus*. Viene identificato un solo esemplare del Miracidae *Distiocolus minor*.

**Tabella 30** – Oloplancton. O.le=orizzontale, 50-0=campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100-50=campionamento verticale da 100 a 50 metri. \* presente in almeno un sub-campione, \*\* presente solo nell'osservazione *in toto*.

	O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50
<b>Famiglia Acartiidae</b>				<b>Famiglia Heterorhabdidae</b>				<i>Corycaeus typicus</i>	*	*	*
<i>Acartia negligens</i>	*	*	*	<i>Heterorhabdus papilliger</i>	*	*	*	<i>Corycaeus spp</i>	*	*	*
<i>Acartia sp</i>	*	*		<b>Famiglia Lucicutiidae</b>				<i>Farranula rostrata</i>	*	*	
<b>Famiglia Aetideidae</b>				<i>Lucicutia clausi</i>	*	*	*	<b>Famiglia Lubbockidae</b>			
<i>Aetideus giesbrechti</i>				<i>Lucicutia flavicornis</i>	*	*	*	<i>Lubbockia squillimana</i>			*
<i>Euchirella amoena</i>		*	*	<i>Lucicutia gausse</i>		*		<b>Famiglia Oithonidae</b>			
<b>Famiglia Augaptilidae</b>				<b>Famiglia Mecynoceridae</b>				<i>Oithona decipiens</i>	*	*	
<i>Haloptilus longicornis</i>	*	*	*	<i>Mecynocera clausi</i>	*	*	*	<i>Oithona longispina</i>	*	*	
<i>Haloptilus oxycephalus</i>	*	*	*	<b>Famiglia Metridinidae</b>				<i>Oithona nana</i>			*
<b>Famiglia Calanidae</b>				<i>Pleuromamma abdominalis</i>	*	*	*	<i>Oithona plumifera</i>	*	*	*
<i>Calanus helgolandicus</i>	*	*	*	<i>Pleuromamma gracilis</i>	*	*	*	<i>Oithona setigera</i>	*	*	
<i>Mesocalanus tenuicornis</i>	*	*	*	<b>Famiglia Paracalanidae</b>				<i>Oithona similis</i>	*	*	*
<i>Nannocalanus minor</i>	*	*	*	<i>Calocalanus longisetosus</i>			*	<i>Oithona tenuis</i>	*	*	
<i>Neocalanus gracilis</i>	*	*	*	<i>Calocalanus neptunus</i>		*	*	<i>Oithona spp</i>	*	*	*
<b>Famiglia Candaciidae</b>				<i>Calocalanus pavo</i>	*	*	*	<b>Famiglia Oncaecidae</b>			
<i>Candacia armata</i>			*	<i>Calocalanus plumulosus</i>	*	*		<i>Oncaea curta</i>	*		*
<i>Candacia ethiopica</i>	*	*	*	<i>Calocalanus sp</i>	*	*		<i>Oncaea media</i>	*	*	*
<i>Candacia giesbrechti</i>	*	*	*	<i>Paracalanus nanus</i>	*	*		<i>Oncaea mediterranea</i>	*		*
<i>Candacia simplex</i>	*	*	*	<i>Paracalanus parvus</i>	*	*	*	<i>Oncaea scottodiarloii</i>		*	*
<i>Candacia juv</i>	*	*	*	<i>Paracalanus spp</i>	*	*	*	<i>Oncaea venusta</i>	*	*	*
<b>Famiglia Centropagidae</b>				<b>Famiglia Phennidae</b>				<i>Oncaea spp</i>	*		
<i>Centropages ponticus</i>	*			<i>Phaenna spinifera</i>		*	*	<i>Triconia conifera</i>	*	*	*

**Tabella 30** – Oloplancton. O.le=orizzontale, 50-0=campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100-50=campionamento verticale da 100 a 50 metri. \* presente in almeno un sub-campione, \*\* presente solo nell'osservazione *in toto*.

<i>Centropages typicus</i>	*	*	*	<b>Famiglia Pontellidae</b>	<i>Triconia</i> sp	*	*
<i>Centropages violaceus</i>	*	*	*	<i>Labidocera wollastoni</i>	<b>Famiglia Ozmanidae</b>		
<i>Isias clavipes</i>	*			<i>Pontella juv</i>	<i>Pachos punctatum</i>		*
<b>Famiglia Clausocalanidae</b>				<i>Pontellina plumata</i>	<b>Famiglia Sapphirinidae</b>		
<i>Clausocalanus arcuicornis</i>	*	*	*	<i>Pontellopsis regalis</i>	<i>Copilia quadrata</i>	*	*
<i>Clausocalanus furcatus</i>	*	*	*	<i>Pontellopsis villosa</i>	<i>Copilia juv</i>	*	*
<i>Clausocalanus jobei</i>	*	*	*	<b>Famiglia Scolecitrichidae</b>	<i>Sapphirina intestinata</i>	*	
<i>Clausocalanus lividus</i>	*	*	*	<i>Scolecithricella dentata</i>	<i>Sapphirina juv</i>		*
<i>Clausocalanus mastigophorus</i>	*	*	*	<i>Scolecithricella ovata</i>	<i>Sapphirina</i> sp	*	*
<i>Clausocalanus parapergens</i>	*	*	*	<i>Scolecithrix danae</i>	<i>Vettoria granulosa</i>	*	*
<i>Clausocalanus paululus</i>	*	*	*	<b>Famiglia Temoridae</b>	<b>Famiglia Ectinosomatidae</b>		
<i>Clausocalanus pergens</i>	*	*	*	<i>Temora stylifera</i>	<i>Microsetella rosea</i>		*
<i>Clausocalanus spp</i>	*	*	*	<b>Famiglia Corycaeidae</b>	<b>Famiglia Miracidae</b>		
<i>Ctenocalanus vanus</i>	*	*	*	<i>Corycaeus brehmi</i>	<i>Distiocolus minor</i>	*	
<b>Famiglia Euchaetiidae</b>				<i>Corycaeus clausi</i>	<b>Famiglia Euterpinidae</b>		
<i>Euchaeta acuta</i>			*	<i>Corycaeus flaccus</i>	<i>Euterpina acutifrons</i>	*	*
<i>Euchaeta marina</i>	*	*	*	<i>Corucaeus furcifer</i>	<b>Famiglia Peltidiidae</b>		
<i>Euchaeta spinosa</i>			*	<i>Corycaeus giesbrechti</i>	<i>Goniopsyllus rostratus</i>	*	*
<i>Euchaeta juv</i>	*	*	*	<i>Corycaeus limbatus</i>	<b>Famiglia Pontoeciellidae</b>		
<i>Euchaeta</i> sp		**		<i>Corycaeus speciosus</i>	<i>Pontoeciella abyssicola</i>		*

Nella tabella seguente (**Tabella 31**) sono indicati i volumi di sedimentazione (dopo 24 h), espressi in ml, della componente oloplanctonica raccolta nella campagna A19. Le differenze apprezzabili nei volumi di sedimentazione, tra pescate orizzontali e verticali, possono essere generalmente ricondotte al differente volume di acqua filtrato dai retini, costantemente superiore nelle pescate orizzontali. Così come descritto nella precedente sezione Oloplancton relativa ai copepodi, le stazioni A19 MG12 e A19 MG13 si discostano dalle stazioni A19 MG6, A19 MG7 e A19 MG10 anche per quanto riguarda la biomassa umida. Tale discrepanza è principalmente dovuta alla forte presenza di individui giovanili appartenenti alla famiglia Clausocalanidae in A19 MG12 e A19 MG13. Non si osserva una discrepanza univoca tra la stazione di controllo A19 MG10 e le quattro stazioni poste in prossimità del rigassificatore, escludendo perturbazioni riconducibili al terminale. La biomassa zooplanctonica è sempre più elevata nei primi 50 m della colonna d'acqua.

<b>Tabella 31</b> - Biomassa: volumi di sedimentazione dell'oloplancton (espressi in ml). OR = campionamento orizzontale; 50-0 = campionamento verticale da 0 a 50 metri; 100-50: campionamento verticale da 100 a 50 metri.						
(ml)	A19 MG6	A19 MG7	A19 MG10	A19 MG12	A19 MG13	
OR	18	21	15,5	58	35	
0-50	8	7,5	6,5	7	4,5	
50-100	2,5	3	5	3,5	4	

### Meroplancton

Prima di procedere all'analisi quali-quantitativa della componente meroplanctonica del campione raccolto è necessario precisare che il presente survey è stato realizzato in un periodo significativamente differente rispetto agli anni precedenti. Si tratta di un campione di plancton riferito al periodo di fine dicembre 2019, inizio gennaio 2020, posticipato di circa un mese rispetto alle campagne autunnali del passato. Ciò comporta una difficoltà oggettiva nell'interpretazione dei risultati e nei possibili attuali e futuri confronti, in quanto la variabilità della componente zooplanctonica è fortemente influenzata da numerosi fattori biotici e abiotici che contribuiscono a modificare composizione e struttura del popolamento nel corso del tempo.

Nella campagna autunnale A19, (**Tabella 32**), sono stati determinati complessivamente 49 *taxa* meroplanctonici appartenenti a 8 *phyla* di invertebrati marini (Cnidaria, Mollusca, Annelida, Nemertea, Arthropoda, Echinodermata, Enteropneusta, Foronidea).

Le larve di crostacei decapodi, includendo complessivamente 20 *taxa* (40,8%) risultano il gruppo più rappresentato, seguito dal gruppo dei policheti con 11 *taxa* (22,4%) e degli echinodermi (10 *taxa* = 20,4%).

È interessante notare che, la distribuzione e la dispersione delle larve, a differenza di altri periodi dell'anno nei quali è maggiormente apprezzabile la concentrazione di esemplari negli strati più superficiali della colonna d'acqua, si presenta più omogenea e uniformemente distribuita tra il livello del mare e -100 m di profondità. Da questo aspetto si deduce che in questo periodo dell'anno la colonna d'acqua sia sostanzialmente omeoterma, ovvero abbia raggiunto l'equilibrio termico caratteristico del Mar Mediterraneo invernale quando la colonna d'acqua ha temperatura e densità uniformi fino a circa 200 m di profondità. Questo aspetto permette per esempio di giustificare la presenza di numerosi *taxa* di policheti ed echinodermi anche nel campione orizzontale, a differenza di periodi nei quali la colonna d'acqua si presenta eteroterma, relegando di fatto le larve dei due gruppi di invertebrati nelle fasce più profonde della colonna d'acqua tra - 50 e - 100 m. L'assenza di termoclini e picnoclino consente dunque migrazioni nictemerali complete con le larve che si spostano liberamente lungo tutto il profilo batimetrico.

Da un punto di vista quantitativo la stazione MG6 ha esibito il numero maggiore di larve per metro cubo di acqua filtrata in ciascuno dei settori investigati (orizzontale: 2,91 ind. m<sup>-3</sup>, verticale 50-0: 48,41 ind. m<sup>-3</sup> e verticale -100-50: 68,48 ind. m<sup>-3</sup>), mentre le stazioni A19 MG12 e A19 MG13 registrano il numero minimo di larve (A19 MG12: OR = 0,14 ind. m<sup>-3</sup>, 0-50 = 2,55 ind. m<sup>-3</sup>, -100-50: 3,40 ind. m<sup>-3</sup>, MG13: OR = 0,54 ind. m<sup>-3</sup>, 0-50 = 5,38 ind. m<sup>-3</sup>, -100-50 = 8,49 ind. m<sup>-3</sup>). Questa differenza è attribuibile a fattori ambientali. Le tre stazioni sono state investigate a distanza di tre giorni l'una dall'altra, prima A19 MG6, poi A19 MG12 e A19 MG13. Tra le due fasi di campionamento un'interruzione causa maltempo ha comportato la ripresa delle attività non appena il meteo lo ha consentito: in questo caso però, come ben noto, la distribuzione del plancton viene fortemente influenzata come evidenzia il basso numero di larve per m<sup>-3</sup> nettamente inferiore al totale raccolto in A19 MG6. Ciò si apprezza in particolar modo nel gruppo dei policheti assai rappresentato nelle stazioni A19 MG6, A19 MG7 e A19 MG10 e quasi del tutto assente nei siti A19 MG12 e A19 MG13; lo stesso vale per il gruppo degli echinodermi che scompaiono totalmente nei retinaggi orizzontali delle stazioni A19 MG12 e A19 MG13. Come esempi del fenomeno prendiamo le larve dei policheti meroplanctonici appartenenti alla famiglia Spionidae (A19 MG6 = 21,81 ind. m<sup>-3</sup>, A19 MG12 = 0,07 ind. m<sup>-3</sup>) e la larva dell'echinoderma *Brissopsis lyrifera* (A19 MG6 = 11,04 ind. m<sup>-3</sup>, A19 MG12 = 0,00).

Tra i crostacei decapodi due sono i *taxa* larvali dominanti: si tratta dei brachiuri *Goneplax rhomboides* (max in MG6 = 6,18 ind. m<sup>-3</sup>) e delle specie appartenenti al genere *Liocarcinus* sp (max in A19 MG6 = 4,00 ind. m<sup>-3</sup>), per il quale, come abbiamo avuto modo già di sottolineare in precedenti campagne, la determinazione specifica può essere effettuata esclusivamente attraverso la tecnica del barcoding. Nel passato questa tecnica ha consentito di individuare tre specie prevalenti, *L. vernalis*, *L. depurator* e *L. maculatus* non identificabili morfologicamente allo stereomicroscopio e che ragionevolmente si possono considerare, con quantitativi differenti, sempre presenti nei *survey*, in quanto il genere *Liocarcinus* risulta il *taxa* dominante tra le larve di crostacei decapodi dell'area investigata.

Nonostante il differente periodo di campionamento nel complesso il popolamento a crostacei decapodi risulta coerente con le precedenti campagne autunnali per la tipologia di specie, fatta eccezione per la comparsa di specie "rare" e la scomparsa di alcune altre specie che invece sono state sempre presenti fin dall'inizio delle campagne di raccolta. L'esempio è rappresentato dalla maggiore presenza di dendrobranchiati caridei (decapodi natanti) appartenenti alle famiglie Penaeidae e Aristeidae (*Parapaeneus longirostris*, gambero rosa e *Aristeus antennatus*, gambero viola) entrambe specie ittiche di notevole interesse commerciale e presenti sui mercati italiani. Al contrario si tratta della prima occasione nella quale non si registra la presenza di un gruppo di larve appartenenti al genere *Ebalia*, di solito rappresentati almeno da due, tre specie. Nel *survey* A19 nella sola stazione A19 MG10 sono stati rinvenuti nel campione tre esemplari larvali di *Ebalia tuberosa* (0,08 ind m<sup>3</sup> nel retinaggio orizzontale). Anche questo aspetto sembrerebbe confermare come la differenza di periodo di campionamento influenzi la struttura della comunità zooplanctonica dell'area oggetto di questo monitoraggio.

Infine, una precisazione su un *taxa* del quale attraverso l'adozione della tecnica del barcoding è stato possibile individuare con certezza la specie. Si tratta delle fasi larvali di crostacei appartenenti all'ordine Stomatopoda. Se non vi sono dubbi tassonomici nell'attribuzione dell'ordine, rimane assai complessa la determinazione specifica in quanto le somiglianze morfologiche delle larve e la mancanza di fonti bibliografiche non consentono il riconoscimento specifico delle larve. L'indagine genetica ha invece chiarito questo aspetto confermando al 99% che le larve di stomatopodi presenti nel campione appartengono alla specie *Rissoides desmaresti* una delle più diffuse specie di Squillidae presenti nel Mar Mediterraneo ed anch'essa specie ittica di interesse commerciale.

Nel complesso, anche per la stagione A19 è possibile affermare che per quanto riguarda la componente meroplanctonica dello zooplancton non risultano alterazioni nella composizione della comunità imputabili all'esercizio del rigassificatore FSRU Toscana, bensì confermare che le differenze potrebbero invece essere imputabili al differente periodo di campionamento.

**Tabella 32** – Meroplancton. O.le = orizzontale, 50-0 = campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100-50 = campionamento verticale da 100 a 50 metri. \* presente in almeno un sub-campione, \*\* presente solo nell'osservazione *in toto*. La lista include specie determinate a fresco.

	O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50
<b>CNIDARIA</b>				<b>CRUSTACEA</b>				<i>Processa edulis edulis</i>	*	*	*
Efira ind		*	*	Cirripedia larvae ind	*	*		<i>Sergia robusta</i>	*	*	*
<b>MOLLUSCA</b>				<b>Decapoda</b>				<i>Solenocera membranacea</i>	*		
Gastropoda larvae ind	*	*	*	<i>Alpheus glaber</i>		*		<b>Stomatopoda</b>			
Bivalvia larvae ind		*	*	<i>Anapagurus breviaculeatus</i>	*	*	*	<i>Rissoides desmaresti</i>	*		
<b>POLYCHAETA</b>				<i>Aristeus antennatus</i>		*		<b>ECHINODERMATA</b>			
<i>Chaetopterus variopedatus</i>				<i>Athanas nitescens</i>		*	*	<i>Brissopsis lyrifera</i>	*	*	*
Chrysopetalidae ind	*		*	<i>Chlorotocus crassicornis</i>	*	*		<i>Echinocardium</i> sp	*	*	*
Hesionidae ind			*	<i>Ebalia tuberosa</i>	*			<i>Echinus</i> sp	*		
<i>Glycera</i> sp		*		<i>Eusergestes arcticus</i>	*	*	*	<i>Ophiotrix fragilis</i>	*	*	*
<i>Lanice conchilega</i>	*	*	*	<i>Goneplax rhomboides</i>	*	*	*	<i>Ophiura</i> sp	*	*	*
<i>Myriochele oculata</i>	*	*		<i>Liocarcinus</i> sp	*	*	*	<i>Paracentrotus lividus</i>	*		
Phyllococidae ind			*	<i>Lucifer typus</i>	*	*	*	<i>Psammechinus microtuberculatus</i>	*	*	
Polynoidae ind	*	*	*	<i>Maja</i> sp	*			<i>Auricularia</i> larvae ind	*	*	*
Polychaeta larvae ind	*			Majidae ind		*		<i>Bipinnaria</i> larvae ind	*	*	*
Sabellidae ind		*	*	Pandalidae ind			*	<i>Doliolaria</i> larvae ind		*	
Spionidae ind	*	*	*	<i>Parapaeneus longirostris</i>	*	*	*	<b>FORONIDEA</b>			
Trocofora ind	*	*	*	<i>Philocheras sculptus</i>	*	*	*	<i>Actinotroca</i> larvae ind	*	*	
<b>NEMERTEA</b>				<i>Pirimela denticulata</i>	*	*	*	<b>ENTEROPNEUSTA</b>			
<i>Pilidium</i> larvae ind	*	*		<i>Plesionika</i> sp	*			<i>Tornaria</i> larvae ind	*	*	*

## Ittioplancton

Il survey dell'autunno 2019 (A19) condotto sulle fasi larvali dell'ittiofauna ha consentito di rilevare la presenza di 5 taxa (Tabella 33). Così come indicato nella trattazione per la componente meroplanctonica, anche il survey relativo all'ittiofancton è affetto dalla medesima criticità. Il periodo e le condizioni meteo hanno fortemente influenzato la raccolta e la presenza di larve di pesci nel campione complessivo. Già in condizioni di normalità la stagione tardo autunnale-invernale è quella durante la quale si raccoglie un quantitativo di larve inferiore alla media primaverile-estiva. L'unico elemento sovrapponibile alle precedenti campagne autunnali è la presenza delle larve e fasi giovanili del Clupeidae *Sardina pilchardus* (sardina) che come noto concentra il periodo riproduttivo tra autunno e inverno. Tuttavia, il dato quantitativo è modesto (max in MG10 = 1,75 ind m<sup>3</sup>, minimo in MG 13 = 0,87 ind m<sup>3</sup>), ma rimane in linea con le campagne precedenti.

Si segnala il rinvenimento di una specie nuova per la checklist OLT, si tratta dello Sparidae *Pagellus bogaraveo* (pezzogna) che si riproduce in inverno e predilige ambienti profondi fino a 800 m.

Tra le specie di pesci batiali presenti in A19 sono state catturate solo le larve del Gonostomatidae *Cyclotone braueri* e le tipiche uova di *Maurolicus muelleri*.

Così come espresso per la componente meroplanctonica, anche riguardo all'ittiofancton, per la stagione A19 è possibile affermare che non risultano alterazioni nella composizione della comunità imputabili all'esercizio del rigassificatore FSRU Toscana. Si conferma che eventuali differenze rispetto le altre campagne autunnali potrebbero essere imputabili al differente periodo di campionamento.

	O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50
<b>CLUPEIDAE</b>											
<i>Sardina pilchardus</i>	*	*	*	<b>SPARIDAE</b>				Larvae ittio ind	*	*	*
<b>GONOSTOMATIDAE</b>				<i>Pagellus bogaraveo</i>	*			Uova di <i>Maurolicus muelleri</i>	*	*	*
<i>Cyclotone braueri</i>		*		SPARIDAE ind	*			Uova ind	*	*	*
<b>MUGILIDAE</b>											
<i>Mugil cephalus</i>	*		*								

## 3.2 Biota

### 3.2.1 Macrozoobenthos

Lo studio ha portato alla raccolta e determinazione di 1732 individui appartenenti a 140 specie (Tabella 34) comprendenti anellidi (policheti), molluschi, artropodi (crostacei), sipunculidi, echinodermi, nemertini, emicordati, cnidari, tunicati e picnogonidi.

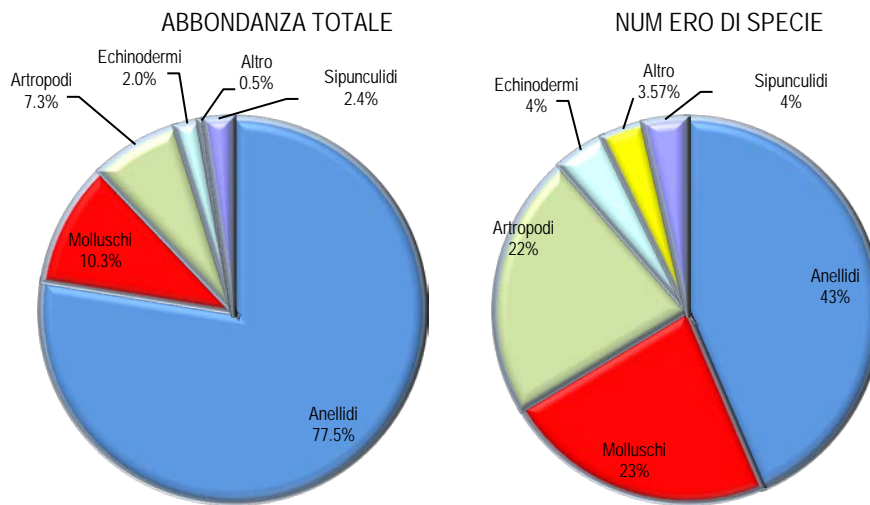
Anellidi		
<i>Abyssoninoe hibernica</i> (McIntosh, 1903)	<i>Harmothoe</i> sp	<i>Paradoneis lyra</i> (Southern, 1914)
<i>Ampharete acutifrons</i> (Grube, 1860)	<i>Heterospio mediterranea</i> Laubier, Picard & Ramos, 1972	<i>Paralacydonia paradoxa</i> Fauvel, 1913
<i>Amphicteis gunneri</i> (M. Sars, 1835)	<i>Hyalinoecia tubicola</i> (O. F. Müller, 1776)	<i>Phyllodoce lineata</i> (Claparède, 1870)
<i>Aonides oxycephala</i> (M. Sars, 1862)	<i>Laonice cirrata</i> (M. Sars, 1851)	<i>Pilargis verrucosa</i> (Saint-Joseph, 1899)
<i>Aricidea assimilis</i> Tebble, 1959	<i>Leiocapitella dollfusi</i> (Fauvel, 1936)	<i>Pista cristata</i> (O. F. Müller, 1776)
<i>Aricidea claudiae</i> Laubier, 1967	<i>Levinsenia demiri</i> Çinar, Dagli & Acik, 2011	<i>Poecilochaetus fauchaldi</i> Pilato & Cantone, 1976
<i>Aricidea suecica meridionalis</i> Laubier & Ramos, 1974	<i>Lumbrineris luciliae</i> Martins, Carrera-Parra, Quintino & Rodrigues, 2012	<i>Praxillella gracilis</i> (M. Sars, 1861)
<i>Chaetozone caputesocis</i> (Saint-Joseph, 1894)	<i>Lysidice unicornis</i> (Grube, 1840)	<i>Prionospio cirrifera</i> Wirén, 1883
<i>Chaetozone setosa</i> Malmgern, 1867	<i>Marphysa bellii</i> (Audouin & Milne-Edwards, 1833)	<i>Prionospio fallax</i> Soderstrom, 1920
<i>Chloea venusta</i> Quatrefages, 1865	<i>Melinna palmata</i> Grube, 1870	<i>Protomystides bidentata</i> (Langerhans, 1880)
<i>Chone</i> sp	<i>Micronephthys sphaerocirrata</i> (Wesenberg-Lund, 1949)	<i>Pseudopotamilla reniformis</i> (Bruguère, 1789)
<i>Cirrophorus branchiatus</i> Ehlers, 1908	<i>Monticellina dorsobranchialis</i> (Kirkegaard, 1959)	<i>Scoloplos armiger</i> (O.F. Müller, 1776)
<i>Drilonereis filum</i> (Claparède, 1868)	<i>Mystides borealis</i> Théel, 1879	<i>Spio multioculata</i> (Rioja, 1918)
<i>Eteone longa</i> (Fabricius, 1780)	<i>Nephtys hystrix</i> Mc Intosh, 1900	<i>Spiochaetopterus costarum</i> (Claparède, 1869)
<i>Euclymene oerstedii</i> (Claparède, 1863)	<i>Ninoe armoricana</i> Glémarec, 1968	<i>Spiophanes kroyeri</i> Grube, 1860
<i>Eunice vittata</i> (Delle Chiaje, 1828)	<i>Notomastus latericeus profundus</i> Eisig, 1887	<i>Syllis paraparai</i> San Martin & López, 2000
<i>Eupanthalis kinbergi</i> McIntosh, W.C. 1876	<i>Ophelina acuminata</i> Örsted, 1843	<i>Syllis profunda</i> Cognetti, 1955

<i>Gallardoneris iberica</i> Martins, Carrera-Parra, Quintino & Rodrigues, 2012	<i>Orbinia cuvieri</i> (Audouin & Milne-Edwards, 1833)	<i>Terebellides stroemi</i> M. Sars, 1835
<i>Glyceria tridactyla</i> Schmarida, 1861	<i>Orchomene similis</i> Chevreux, 1912	<i>Thelepus</i> sp
<i>Goniada</i> sp	<i>Paradiopatra lepta</i> Arvanitidis & Koukouras, 1997	<i>Therochaeta flabellata</i> (Sars in Sars, 1872).
<i>Gyptis</i> sp		
<b>Sipunculidi</b>		
<i>Aspidosiphon muelleri</i> Diesing, 1851	<i>Golfingia vulgaris</i> (Blainville, 1827)	<i>Phascolion strombus</i> (Montagu, 1804)
<i>Golfingia</i> sp	<i>Onchnesoma steenstrupii steenstrupii</i> Koren & Danilssen, 1875	
<b>Crostacei</b>		
<i>Alpheus glaber</i> (Olivi, 1792)	<i>Gnathia oxyurea</i> (Lilljeborg, 1855)	Ostracoda ind
<i>Ampelisca sarsi</i> Chevreux, 1888	<i>Goneplax rhomboides</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Paraphoxus oculatus</i> (G.O. Sars, 1879)
<i>Ampelisca</i> sp	<i>Haploops dellavallei</i> Stebbing, 1893	<i>Pasiphaea sivado</i> (Risso, 1816)
<i>Anapagurus</i> sp	<i>Haploops nirae</i> Kaim Malka, 1976	<i>Photis longicaudata</i> (Bate & Westwood, 1862)
<i>Anthura gracilis</i> (Montagu, 1808)	<i>Hippomedon bidentatus</i> Chevreux, 1903	<i>Phtisica marina</i> Slabber, 1769
<i>Aora spinicornis</i> Afonso, 1976	<i>Hippomedon massiliensis</i> Bellan-Santini, 1965	<i>Pilumnus hirtellus</i> (Linnaeus, 1761)
<i>Caprella</i> sp	<i>Iphinoe serrata</i> Norman, 1867	<i>Pilumnus spinifer</i> H. Milne-Edwards, 1834
<i>Carangoliopsis spinulosa</i> Ledoyer, 1970	<i>Leucon longirostris</i> Sars, 1871	<i>Siphonocetes dellavallei</i> Stebbing, 1899
<i>Cirolana borealis</i> Lilljeborg, 1852	<i>Maera grossimana</i> (Montagu, 1808)	<i>Stenothoe</i> sp
<i>Eudorella nana</i> Sars, 1879	<i>Metaphoxus simplex</i> Bate, 1857	<i>Tuberapseudes echinatus</i> (Sars, 1882)
Gammaridea ind		
<b>Echinodermi</b>		
<i>Trachythyone tergestina</i> (M. Sars)	<i>Labidoplax digitata</i> (Montagu, 1815).	<i>Ophiura texturata</i> Lamarck, 1816
<i>Amphiura filiformis</i> (O. F. Müller, 1776)	<i>Leptometra phalangium</i> (J. Müller, 1841)	<i>Thyone fusus</i> (O.F. Müller, 1788)
<b>Molluschi</b>		
<i>Abra longicallus</i> Scacchi, 1834)	<i>Hiatella arctica</i> (Linnaeus, 1767)	<i>Nucula sulcata</i> (Bronn, 1831)
<i>Alvania</i> sp	<i>Hyalia vitrea</i> (Montagu, 1803)	<i>Odostomia scalaris</i> MacGillivray, 1843
<i>Antalis dentalis</i> (L., 1758)	<i>Kellia suborbicularis</i> (Montagu, 1803)	<i>Parvicardium minimun</i> (Philippi, 1836)
<i>Antalis inaequicostata</i> (Dautzenberg, 1891)	<i>Mangelia costata</i> (Pennant, 1777)	<i>Pitar rudis</i> (Poli, 1795)
<i>Batharca pectunculoides</i> (Scacchi, 1834)	<i>Marshallora adversa</i> (Montagu, 1803)	<i>Poromya granulata</i> (Nyst & Westendorp, 1839)
<i>Cardiomya costellata</i> (Deshayes, 1835)	<i>Mathilda retusa</i> Philippi, 1844)	<i>Saccella commutata</i> (Philippi, 1844)
<i>Clathrella clathrata</i> (Philippi, 1844)	<i>Modiolula phaseolina</i> (Philippi, 1844)	<i>Sorgenfreispira brachystoma</i> (Philippi, 1844)
<i>Corbula gibba</i> (Olivi, 1792)	<i>Musculus subpictus</i> (Cantraine, 1835)	<i>Thyasira biplicata</i> (Philippi, 1836)
<i>Cuspidaria rostrata</i> (Olivi, 1792)	<i>Neopycnodonte cochlear</i> (Poli, 1795)	<i>Thyasira granulosa</i> (Monterosato, 1874)
<i>Ennucula aegeensis</i> (Forbes, 1844)	<i>Nucula nucleus</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Timoclea ovata</i> (Pennant, 1777)
<i>Prochaetoderma radulliferum</i> (Kowalevsky, 1901)	<i>Falciidens gutturosus</i> (Kowalevsky, 1901)	
<b>Nemertini</b>	<b>Cnidari</b>	<b>Tunicati</b>
<b>Picnogonidi</b>		
<i>Pycnogonum plumipes</i> Stock, 1960		
<b>Emicordati</b>		
<i>Saccoglossus kowalewski</i> (Agassiz, 1873)		

Gli anellidi, rappresentati unicamente da policheti, risultano essere il gruppo dominante che con 1343 individui rappresentano quasi il 80% dell'abbondanza totale. I molluschi, secondi in ordine di abbondanza, superano appena il 10% di contributo, mentre gli artropodi si fermano al 7,3%. Echinodermi (34 individui) e Sipunculidi (41 individui) rappresentano meno del 5% in totale (**Figura 18**).

Più equilibrata risulta essere la ripartizione delle specie tra i vari gruppi, sebbene anche da questo punto di vista gli anellidi policheti si confermino il taxon dominante fornendo più del 40% delle specie rinvenute (43%). Meno di un quarto del panorama faunistico è fornito dai molluschi che esibiscono un contributo del tutto analogo a quello degli artropodi (unicamente rappresentati dai crostacei).

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



**Figura 18** - Ripartizione dell'abbondanza totale e del numero di specie tra i principali taxa rinvenuti nell'autunno 2019. Altro= nemertini, emicordati, caudofoveati, actiniari, ascidiacei e picnogonidi.

Ai policheti appartengono le specie rinvenute col maggior numero di individui, tra le quali *Levinsenia demiri* (318) e *Paradiopatra lepta* (243 individui) che costituiscono, rispettivamente il 18,3% e il 14% dell'abbondanza totale (**Figura 19**).

Ad esse seguono *Glycera tridactyla* e *Monticellina dorsobranchialis* che rappresentano, complessivamente, poco più del 10% dell'abbondanza totale.

Le altre tre esibiscono un contributo che non arriva la 5%.

Queste quattro specie rappresentano da sole oltre il 40% dell'abbondanza totale. Questo risultato, che conferma quanto emerso dalla fase di "bianco", dimostra che l'area è caratterizzata da un panorama faunistico dominato da poche specie molto abbondanti affiancate da un elevato numero di specie presenti con pochi individui. Infatti 119 specie (ossia 85% del totale) contribuiscono per meno dell'1% all'abbondanza totale. Inoltre il 35,7% circa delle specie è presente con un solo individuo.

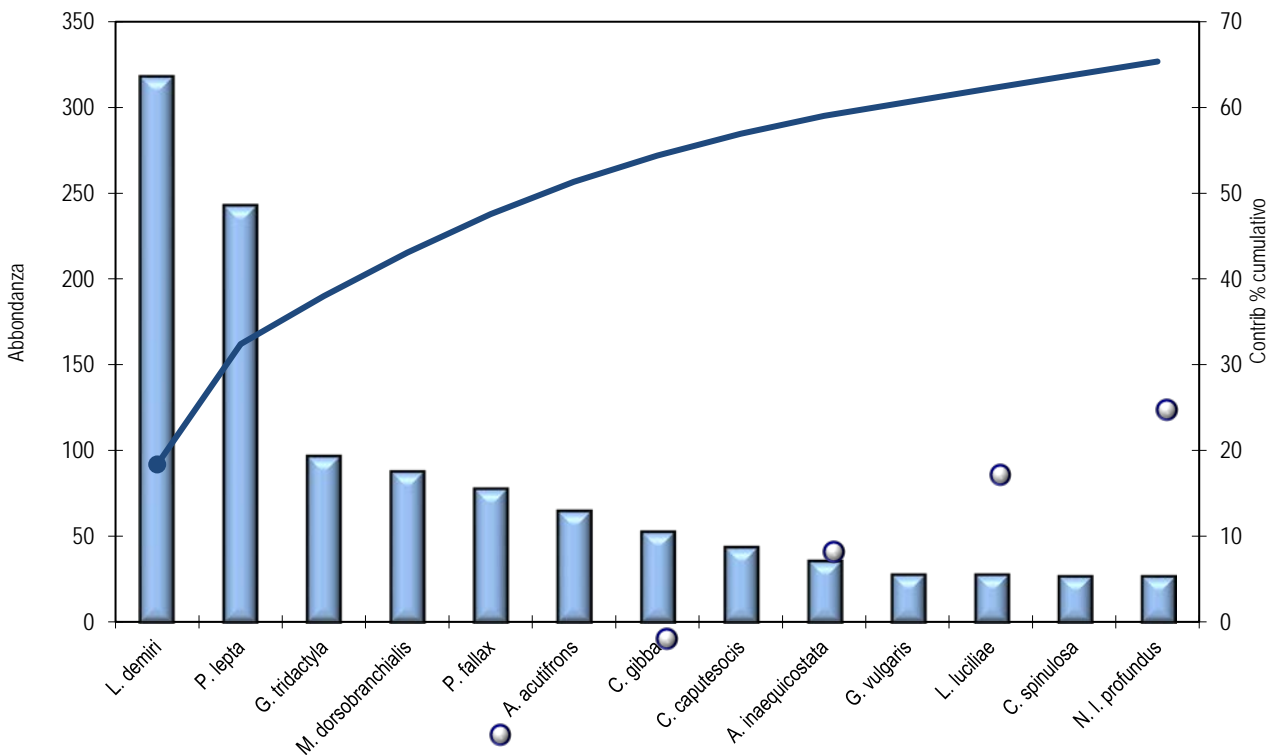


Figura 19 - Abbondanza totale e contributo percentuale cumulativo delle specie dominanti (A19).

Il dato più saliente di questa campagna è costituito dalla elevata variabilità osservata a piccola scala (repliche). Dalla Simper analysis si ottiene che la similarità tra repliche all'interno della stessa stazione supera, e di pochissimo, il 45% in un solo caso, ossia nella stazione A19 MG10. Il valore medio tra repliche, è pertanto poco rappresentativo.

Anche a livello di stazione le differenze sono molto elevate: la medesima Simper analysis mostra percentuali di similarità tra il 30 e il 45%. Nel piano di ordinamento (Figura 20) ottenuto dal non-Metric Multidimensional Scaling (n-MDS) si osserva che le stazioni non risultano distribuite nel plot in accordo alla loro posizione geografica o alla distanza dall'FSRU.

Esse risultano essere disperse nel piano senza formare cluster riconducibili alla loro reale distribuzione spaziale né alla presenza del rigassificatore. Da sinistra verso destra le stazioni sono ordinate secondo decrescenti valori di abbondanza di *P. lepta* e, in minor misura, di *L. demiri*. *Ninoe armoricana*, *Ophelina acuminata*, sebbene abbiano inferiori valori di abbondanza svolgono, anch'esse, un ruolo importante nel determinare questo pattern. Al contrario *Mathilda retusa*, *Mangelia costata*, *Therochaeta flabellata* e *Terebellides stroemi* mostrano abbondanze crescenti dalle stazioni più sinistra verso quelle più a destra del plot.

*Falciens gutturosus*, *Lumbrineris luciliae* e *Antalis inaequicostata* sono tra le specie che maggiormente spiegano la posizione oppositiva delle stazioni A19 MG13, A19 MG14, A19 MG7 rispetto a A19 MG2 dove queste specie sono assenti.

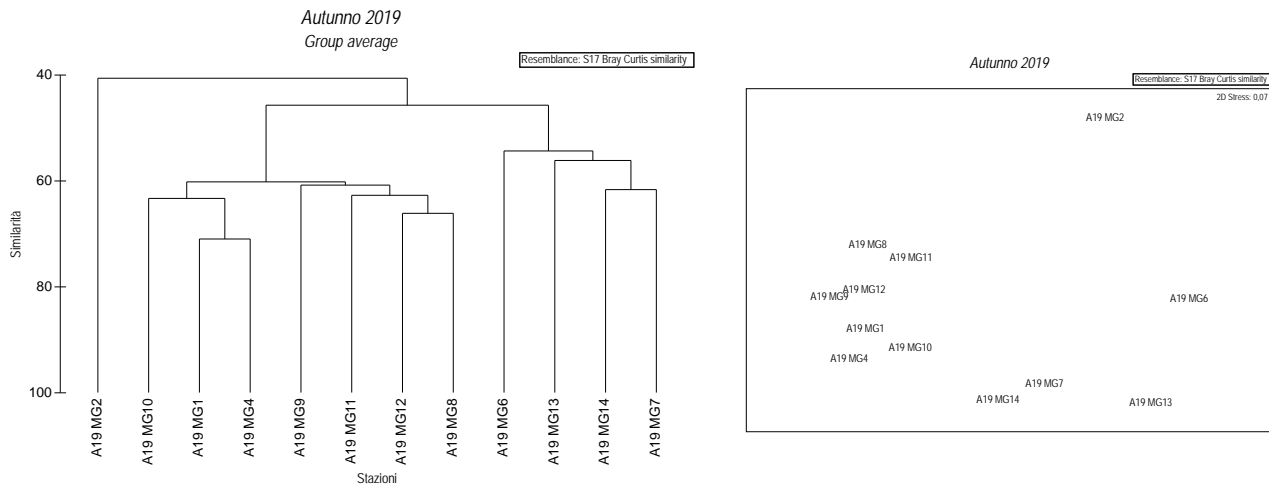


Figura 20 - Risultati della cluster analysis (group average) a sinistra, piano di ordinamento ottenuto dal n-MDS, a destra. La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Bray-Curtis.

Anche dal punto di vista strutturale (Tabella 35) 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 10, minimo rilevato in A19 MG9 e 21, massimo osservato presso il rigassificatore (A19 MG12 e A19 MG13) e presso A19 MG2 situata a 1000 metri da esso.

La stazione A19 MG6 è l'unica fra quelle più vicine al Terminale ad avere un valore più basso rispetto alla media totale, unitamente alle stazioni A19 MG11, A19 MG14, A19 MG4, A19 MG8 poste a maggiore distanza.

L'abbondanza totale media delle stazioni varia tra 50,5 (A19 MG13) e 16,5 (A19 MG9) esibendo una elevata variabilità tra stazioni che si osserva anche tra le stazioni presso l'FSRU dove varia tra 30,2 e 50,5. Ricchezza di Margalef e Diversità di Shannon-Weaver mostrano i picchi negativi in A19 MG9 e quelli positivi presso il Terminale, in A19 MG12 e A19 MG7.

L'indice di equità di Pielou è diffusamente elevato essendo sempre superiore a 0,80.

Nel complesso, i dati suggeriscono che l'andamento dei parametri non rispecchia la localizzazione delle stazioni e non risulta correlabile alla presenza del rigassificatore.

Tabella 35 – Indici strutturali ( $\pm$ DS) relativi al popolamento macrobentonico. Numero di taxa (S), Numero di individui (N), Diversità specifica di Shannon-Weaver (H'), Ricchezza specifica di Margalef (d), Equità di Pielou (J).

Stazioni	S	N	H'(log <sub>2</sub> )	d	J
A19 MG1	20,00 $\pm$ 4,69	43,75 $\pm$ 16,15	3,74 $\pm$ 0,24	5,05 $\pm$ 0,78	0,87 $\pm$ 0,03
A19 MG2	21,00 $\pm$ 6,16	42,50 $\pm$ 12,71	3,88 $\pm$ 0,47	5,31 $\pm$ 1,26	0,89 $\pm$ 0,03
A19 MG4	13,75 $\pm$ 4,57	31,75 $\pm$ 18,53	3,38 $\pm$ 0,28	3,82 $\pm$ 0,56	0,91 $\pm$ 0,06
A19 MG6	16,75 $\pm$ 6,40	43,25 $\pm$ 25,30	3,35 $\pm$ 0,21	4,20 $\pm$ 1,03	0,84 $\pm$ 0,05
A19 MG7	19,50 $\pm$ 4,20	30,25 $\pm$ 6,55	4,00 $\pm$ 0,35	5,43 $\pm$ 1,01	0,94 $\pm$ 0,02
A19 MG8	16,25 $\pm$ 6,50	29,50 $\pm$ 14,75	3,53 $\pm$ 0,62	4,50 $\pm$ 1,26	0,90 $\pm$ 0,07
A19 MG9	10,00 $\pm$ 5,10	16,50 $\pm$ 9,15	2,97 $\pm$ 0,69	3,20 $\pm$ 1,13	0,93 $\pm$ 0,03
A19 MG10	19,75 $\pm$ 5,06	45,00 $\pm$ 25,17	3,65 $\pm$ 0,23	5,00 $\pm$ 0,76	0,86 $\pm$ 0,05
A19 MG11	12,00 $\pm$ 6,98	17,75 $\pm$ 10,72	3,20 $\pm$ 0,89	3,81 $\pm$ 1,54	0,96 $\pm$ 0,03
A19 MG12	21,00 $\pm$ 12,57	37,00 $\pm$ 28,89	3,93 $\pm$ 0,79	5,50 $\pm$ 2,41	0,94 $\pm$ 0,04
A19 MG13	21,00 $\pm$ 6,83	50,50 $\pm$ 17,60	3,71 $\pm$ 0,49	5,09 $\pm$ 1,47	0,86 $\pm$ 0,03
A19 MG14	16,00 $\pm$ 3,16	45,25 $\pm$ 36,89	3,28 $\pm$ 0,45	4,24 $\pm$ 0,12	0,83 $\pm$ 0,16

### 3.2.2 Bioaccumulo

#### Metalli

Il Vanadio, non rilevato al Tempo zero, è stato quantificato nei mitili dopo l'esposizione in tutte le stazioni compresa Gorgona (Tabella 36). L'Arsenico e lo Zinco incrementano ovunque, in particolare nella stazione C il primo e nelle stazioni B e D il secondo. Il Manganese presenta concentrazioni simili sia al tempo zero sia nella stazione di Bianco Gorgona e decresce invece dopo la posa lungo il Terminale.



**Tabella 36** - Concentrazione dei metalli nei mitili. Dati relativi alla campagna A19 espressi in mg/kg. Sono riportati i dati riferiti sia alla sostanza secca (s.s.) sia al peso fresco (p.f.) in accordo alla prescrizione 13 delle Determinine 2990 DVA R.D.R 0000100.04-04-2017 e 3337 DVA R.D.R 0000277.28-09-2017.

	Tempo zero		Stazione A Pos. 1		Stazione B Pos. 2		Stazione C Pos. 3		Stazione D Pos. 4		Stazione E (Bianco Gorgona)	
	s.s.	p.f.	s.s.	p.f.	s.s.	p.f.	s.s.	p.f.	s.s.	p.f.	s.s.	p.f.
Arsenico	6,28	1,26	15,75	3,15	16,95	3,39	18,15	3,63	15,77	3,15	10,97	2,19
Bario	2,49	0,50	2,07	0,41	1,97	0,39	2,37	0,47	1,68	0,34	2,12	0,42
Cadmio	1,01	0,20	1,01	0,20	1,09	0,22	0,95	0,19	1,05	0,21	1,03	0,21
Cromo totale	2,62	0,52	1,76	0,35	2,05	0,41	5,57	1,11	1,46	0,29	2,41	0,48
Ferro	4,28	0,86	4,57	0,91	4,20	0,84	4,64	0,93	4,29	0,86	5,86	1,17
Manganese	206,88	41,38	121,98	24,40	126,67	25,33	151,78	30,36	133,79	26,76	261,92	52,38
Mercurio	< 12,5	-	< 12,5	-	< 12,5	-	< 12,5	-	< 12,5	-	< 12,5	-
Nichel	0,046	0,0091	0,054	0,0108	0,060	0,0120	0,056	0,0112	0,061	0,0122	0,058	0,0115
Piombo	1,72	0,34	1,29	0,26	1,53	0,31	3,93	0,79	< 1,2	-	1,74	0,35
Rame	1,64	0,33	1,23	0,25	< 1,2	-	< 1,2	-	1,24	0,25	< 1,2	-
Vanadio	< 1,20	-	5,38	1,08	4,85	0,97	4,86	0,97	5,12	1,02	2,65	0,53
Zinco	157,39	31,48	197,85	39,57	220,76	44,15	168,17	33,63	221,79	44,36	160,68	32,14

### Idrocarburi totali

Gli idrocarburi C<10 sono risultati tutti inferiori al limite di rilevabilità del metodo (**Tabella 37**).

Gli idrocarburi C10-C40 sono presenti nei mitili trapiantati ma con concentrazioni inferiori rispetto al tempo zero e, nel caso delle stazioni ce D inferiori al limite di quantificazione.

**Tabella 37** - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna A19, 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)	30,74	15,82	10,74	< 10	< 10	11,57

### IPA e composti organo stannici

Dalla **Tabella 38** 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 38** - Concentrazione degli IPA e dei composti organostannici presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna A19, 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)
Acenaftene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Acenaftilene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Antracene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Benzo (a) antracene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Benzo (a) pirene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Benzo (b) fluorantene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,001
Benzo (g,h,i) perilene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Benzo (k) fluorantene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Crisene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Dibenzo (a,h) antracene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Fenantrene	0,001	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,001
Fluorantene	0,001	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,003
Fluorene	< 0,001	0,001	< 0,001	0,001	< 0,001	< 0,001
Indeno (1,2,3 - c,d) pirene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Naftalene	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Pirene	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,004
Dibutilstagno	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001

**Tabella 38** - Concentrazione degli IPA e dei composti organostannici presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna A19, 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)
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 39**. Questi composti sono risultati in concentrazioni molto basse o addirittura assenti.

**Tabella 39** - Concentrazione degli cloroderivati presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna A19, sono espressi in µg/kg.

	Tempo zero	Stazione A Pos. 1	Stazione B Pos. 2	Stazione C Pos. 3	Stazione D Pos. 4	Stazione E (Bianco Gorgona)
<b>Acidi Aloacetici</b>						
Dalapon	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Acido Dibromoacetico	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Acido Tribromoacetico	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Acido Monobromoacetico	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Acido Bromodichloroacetico	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Acido Bromocloroacetico	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Acido Dichloroacetico	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Acido Tricloroacetico	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Acido Monocloroacetico	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Acido Clorodibromoacetico	<5	<5	<5	<5	<5	<5
<b>Fenoli</b>						
2,4,6-tricloro fenolo	1,3	1,6	1,8	1,0	1,0	2,1
2,4-dicloro fenolo	0,8	< 0,5	1,3	< 0,5	0,9	1,5
4-cloro-3-metil fenolo	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
pentacloro fenolo	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
<b>V.O.C.</b>						
1,1,1-Tricloro Etano	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
1,1,2-Tricloro Etano	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Bromo Dichloro Metano	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Bromoformio	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Carbonio Tetracloruro	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Cloroformio	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Dibromo Cloro Metano	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Tetracloro Etilene	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15
Tricloro Etilene	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25
1,2,3-Tricloro propano	< 0,6	< 0,6	< 0,6	< 0,6	< 0,6	< 0,6
1,2-Dibromo Etano	< 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 40**).

**Tabella 40** - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna A19, 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)

L'analisi del Neutral Red Retention Time, non ha evidenziato alcuna differenza significativa tra i mitili di controllo (Stazione E – Gorgona) e quelli posizionati lungo le 4 stazioni di monitoraggio del Terminale FSRU. Il tempo di ritenzione del colorante, indicatore del livello di stabilità lisosomale, è infatti superiore ai 100 minuti in ogni posizione attorno al terminale, comparabilmente a quanto osservato negli emociti dei mitili provenienti dalla stazione di controllo e quelli degli organismi prelevati dall'impianto di acquicoltura (Tempo zero) (Figura 21).

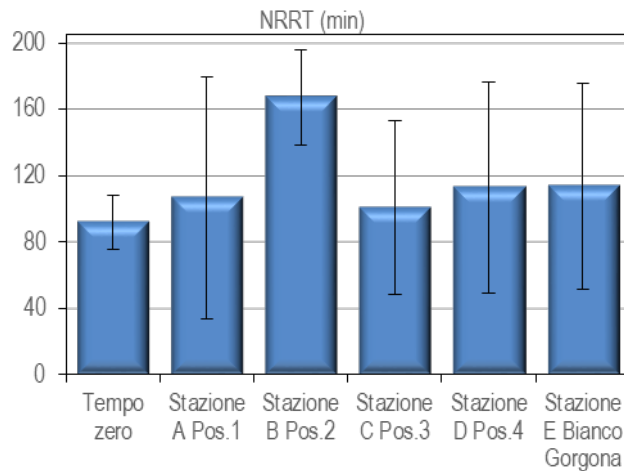


Figura 21 - Valutazione del danno cellulare mediante la misura del tempo di ritenzione del colorante vitale Rosso Neutro (NRRT) nei lisosomi degli emociti di mitilo. Valori alti del tempo di ritenzione corrispondono ad una maggiore integrità.

#### Comet Assay

I risultati relativi alla valutazione del grado di integrità della molecola di DNA nelle cellule branchiali di mitilo mostrano un decremento significativo rispetto ai valori del controllo (Stazione E-Gorgona) unicamente negli organismi trapiantati in corrispondenza della Stazione C (Pos 3) (\*p<0,05). Tuttavia, tali valori sono statisticamente confrontabili con quelli rilevati nelle cellule dei mitili prelevati dall'impianto di acquicoltura (Tempo zero), suggerendo quindi una compromissione iniziale (non recuperata) dovuta a fattori indipendenti dall'attività del Terminale FSRU (Figura 22).

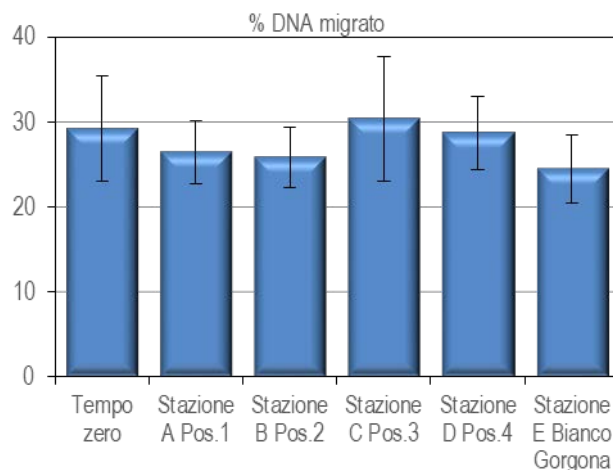


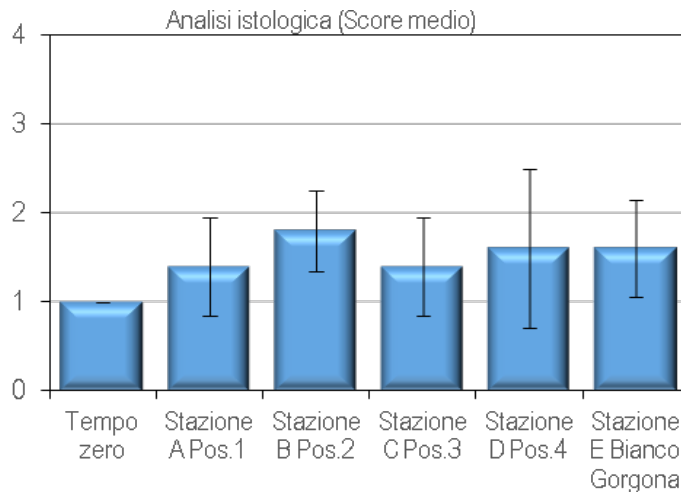
Figura 22 - Valutazione del grado di integrità del DNA mediante Comet assay. Valori elevati della percentuale di DNA migrato corrispondono ad una maggiore entità del danno.

#### Analisi istologica del tessuto branchiale

L'analisi istologica dell'epitelio branchiale dei mitili traslocati lungo il Terminale FSRU mostrano una normale morfologia, comparabilmente con quanto osservato nel tessuto prelevato dagli esemplari della stazione di controllo (Stazione E-Gorgona) e quelli provenienti dall'Impianto di Acquicoltura (Tempo Zero) (Tabella 41, Figura 23).

**Tabella 41** - 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	2	1
Stazione A (Pos. 1)	1	2	1	1	2
Stazione B (Pos. 2)	1	1	1	2	2
Stazione C (Pos. 3)	1	1	1	1	1
Stazione D (Pos. 4)	1	1	1	1	1
Stazione E (Bianco Gorgona)	1	2	1	1	1



**Figura 23** - Analisi istologica delle branchie di mitilo. Il parametro rappresentato nel grafico è il punteggio medio (score) per ciascuna delle stazioni indagate. La scala va da 1 a 5; il punteggio 1 indica una condizione di integrità mentre il punteggio 5 indica una forte compromissione della struttura dei filamenti branchiali.

Dai risultati complessivi relativi ai biomarker selezionati per la campagna autunnale 2019 (A-19), non sono emerse sostanziali alterazioni a carico dei mitili trapiantati lungo il Terminale FSRU rispetto sia a quelli di controllo che del tempo zero. Da questi dati si può dedurre una sostanziale assenza di impatto del Terminale FSRU nel periodo di riferimento, in termini di stabilità lisosomiale, integrità del DNA e analisi istologica.

### 3.2.4 Cetacei e tartarughe marine

Per questa indagine sono state percorse 277 nm per un totale di 51h di navigazione.

In (Figura 24) sono riportate le rotte percorse per il monitoraggio visivo condotto a partire da autunno 2019 (A19).

E' stato effettuato 1 avvistamento in data 31.12.2019 in posizione 43 50.321 N Lat e 010 12.847 E Long, in totale 7 delfini appartenenti alla specie *Tursiops truncatus* a 0,8 nm in posizione E dal terminale. Il gruppo era costituito da adulti e 2 giovani, tutti in caccia.

Nessun avvistamento di tartarughe.



Figura 24 – Rotte effettuate per il monitoraggio visivo, acustico e bioacustico condotto in autunno 2019 (A19).

### 3.3 Indagini generali

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

Tabella 42 - Dati meteorologici, orari e dati di traffico marittimo e Modalità operative del Terminale al momento dell'acquisizione delle misure (A19).

Data	Stazione	WS (knt)	W dir(°N)	Hs onda (m)	CTD start	CTD end	Depth	HYD start	HYD end	Note	Modalità operative del Terminale	Presenza TUG**	Presenza Guardian*
07/12/2019	N10K	12	225	0,51	11:00	11:01	55	11:06	11:10	2 Rimorchiatori a 6nm	Holding	NO	SI
07/12/2019	N10K	12	225	0,51	---	---	8	11:13	11:17	2 Rimorchiatori a 6nm	Holding	NO	SI
29/12/2019	S10K	1,0	65	0,45	15:06	15:07	55	15:08	15:12	3 Rimorchiatori a 6nm	Holding	NO	SI
29/12/2019	S10K	1,0	65	0,45	---	---	8	15:16	15:20	3 Rimorchiatori a 6nm	Holding	NO	SI
29/12/2019	E10K	6,5	77	0,63	11:13	11:14	55	11:15	11:19	3 Rimorchiatori a 6nm	Holding	NO	SI
29/12/2019	E10K	6,5	77	0,63	---	---	8	11:25	11:29	3 Rimorchiatori a 6nm	Holding	NO	SI
30/12/2019	W10K	7,2	94	0,23	17:06	17:07	55	17:08	17:12	3 Rimorchiatori a 6nm	Holding	13.00 / 15.30 Costante Neri	SI
30/12/2019	W10K	7,2	90	0,23	---	---	8	17:15	17:19	3 Rimorchiatori a 6nm	Holding	13.00 / 15.30 Costante Neri	SI
31/12/2019	N1K	3,5	278	0,24	16:37	16:38	55	16:38	16:42	---	Holding	NO	SI
31/12/2019	N1K	4	278	0,24	---	---	8	16:45	16:49	---	Holding	NO	SI
31/12/2019	W1K	2,3	283	0,24	16:03	16:04	55	16:06	16:11	---	Holding	NO	SI
31/12/2019	W1K	3,1	292	0,24	---	---	8	16:12	16:16	---	Holding	NO	SI
31/12/2019	S1K	2,1	202	0,25	15:29	15:31	55	15:32	15:36	---	Holding	NO	SI

Tabella 42 - Dati meteorologici, orari e dati di traffico marittimo e Modalità operative del Terminale al momento dell'acquisizione delle misure (A19).

Data	Stazione	WS (knt)	W dir(°N)	Hs onda (m)	CTD start	CTD end	Depth	HYD start	HYD end	Note	Modalità operative del Terminale	Presenza TUG**	Presenza Guardian*
31/12/2019	S1K	1,8	221	0,25	---	---	8	15:38	15:42	---	Holding	NO	SI
31/12/2019	E1K	1,7	315	0,23	13:54	13:57	55	13:48	13:52	---	Holding	NO	SI
31/12/2019	E1K	1,6	351	0,25	---	---	8	13:41	13:45	Avv 5+2 TT,dir TT N, caccia, ultima dir E	Holding	NO	SI
31/12/2019	N100	3,2	285	0,24	16:27	16:29	55	14:28	14:32	---	Holding	NO	SI
31/12/2019	N100	2,0	339	0,24	---	---	8	14:22	14:26	---	Holding	NO	SI
31/12/2019	W100	2,3	283	0,24	15:54	15:55	55	14:41	14:45	---	Holding	NO	SI
31/12/2019	W100	1,5	359	0,24	---	---	8	14:48	14:52	---	Holding	NO	SI
31/12/2019	S100	2,0	4	0,25	15:11	15:13	55	15:05	15:09	---	Holding	NO	SI
31/12/2019	S100	2,3	1	0,25	---	---	8	15:00	15:04	---	Holding	NO	SI
31/12/2019	E100	1,1	358	0,25	14:17	14:20	55	14:12	14:16	---	Holding	NO	SI
31/12/2019	E100	2,0	1	0,25	---	---	8	14:05	14:09	---	Holding	NO	SI

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

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

### 3.3.1 Misura del rumore

In questo paragrafo sono riportati i risultati delle misure di rumore acustico subacqueo effettuate nei punti più vicini (quelli a 100m di distanza dal Terminale) alla profondità di 55m, con rappresentazione della funzione di densità spettrale di potenza (PSDf – linea blu nelle Figure da Figura 25 a Figura 28) basata sul calcolo della FFT e analisi in terzi d'ottava sovrapposta (linea rossa nelle Figure da Figura 25 a Figura 28).

Sono inoltre riportati i risultati a 1.000m e 10.000m lungo la direttrice Nord (quella di maggior interesse per la presente campagna, per gli avvistamenti di Cetacei).

Le quattro figure seguenti (Figura 25; Figura 26; Figura 27; Figura 28) riportano i livelli PSDf misurati a 100m in tutte le stazioni con livelli inferiori ai 100 dB re  $\mu Pa/\sqrt{Hz}$  per frequenze sotto ai 250 Hz che scendono fino ai 40 dB re  $\mu Pa/\sqrt{Hz}$  alle alte frequenze. Da notare la presenza di picchi di livello alle frequenze di ~85Hz, ~280 Hz ~315 Hz, ~550 Hz, ~ 795 Hz, ~1100 Hz e ~1300 Hz in tutte le curve delle stazioni a 100m dovute presumibilmente alla sorgente e l'ambiente e righe spettrali alle altissime frequenze che rappresentano interferenze elettromagnetiche derivanti dalle strumentazioni dell'imbarcazione. Queste ultime non sono significative per l'analisi acustica.

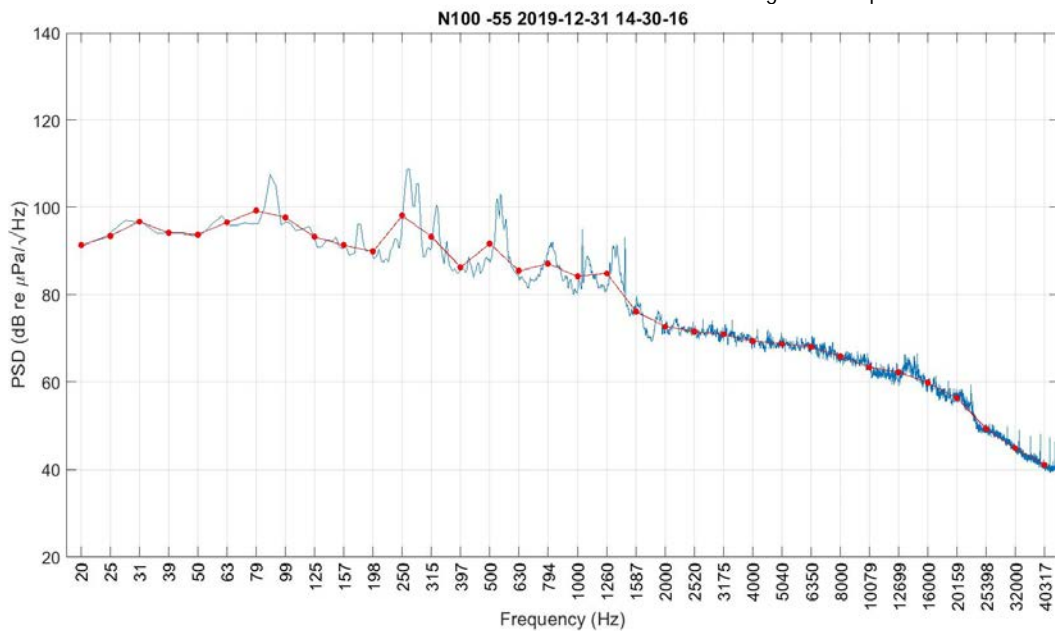


Figura 25 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N100 a 55 m di profondità.

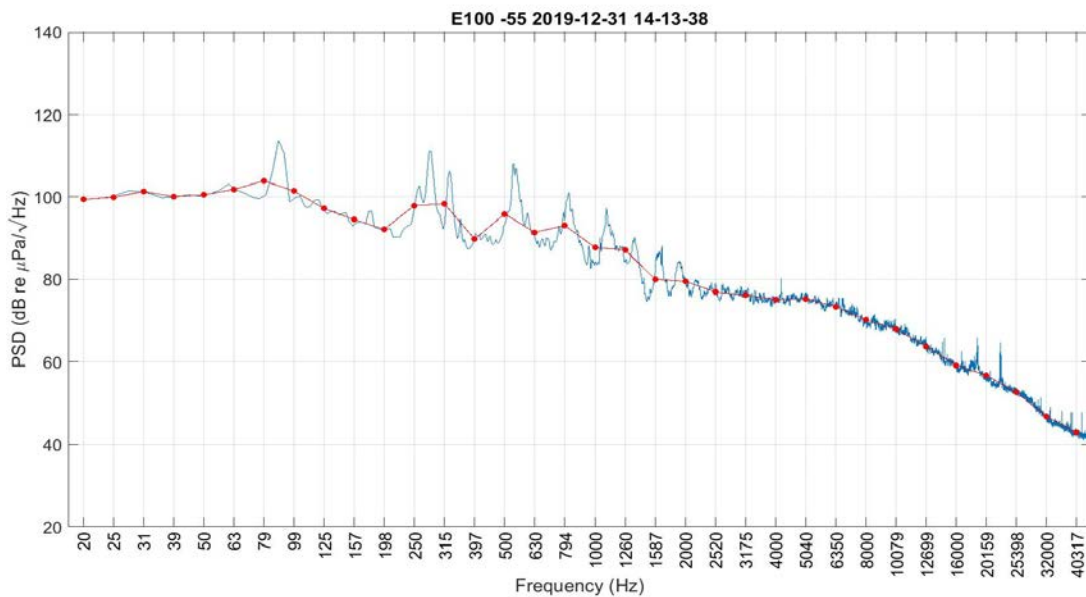


Figura 26 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato



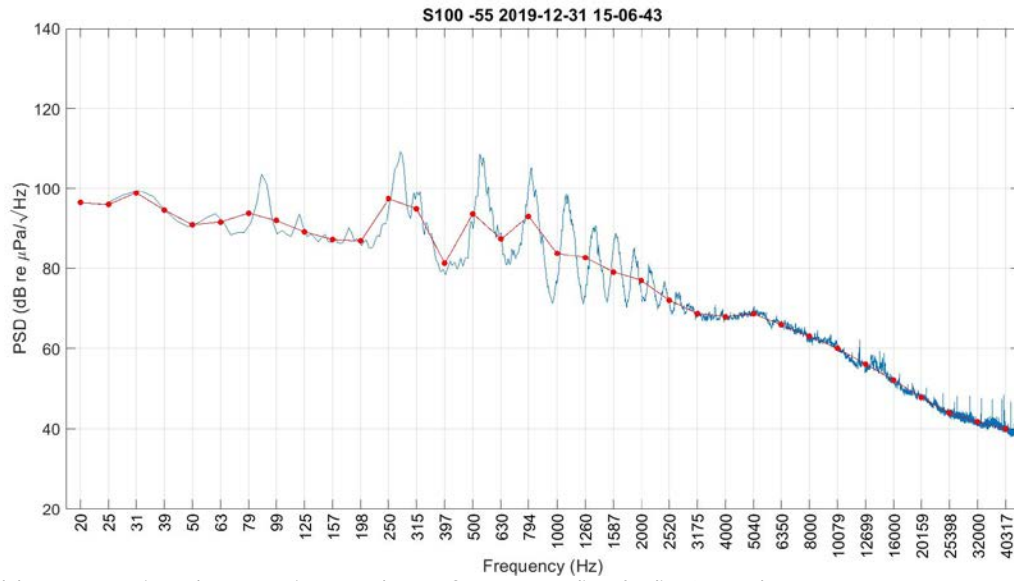


Figura 27- PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S100 a 55 m di profondità. In tutte le curve a 100m sono presenti le stesse tonali a bassa frequenza.

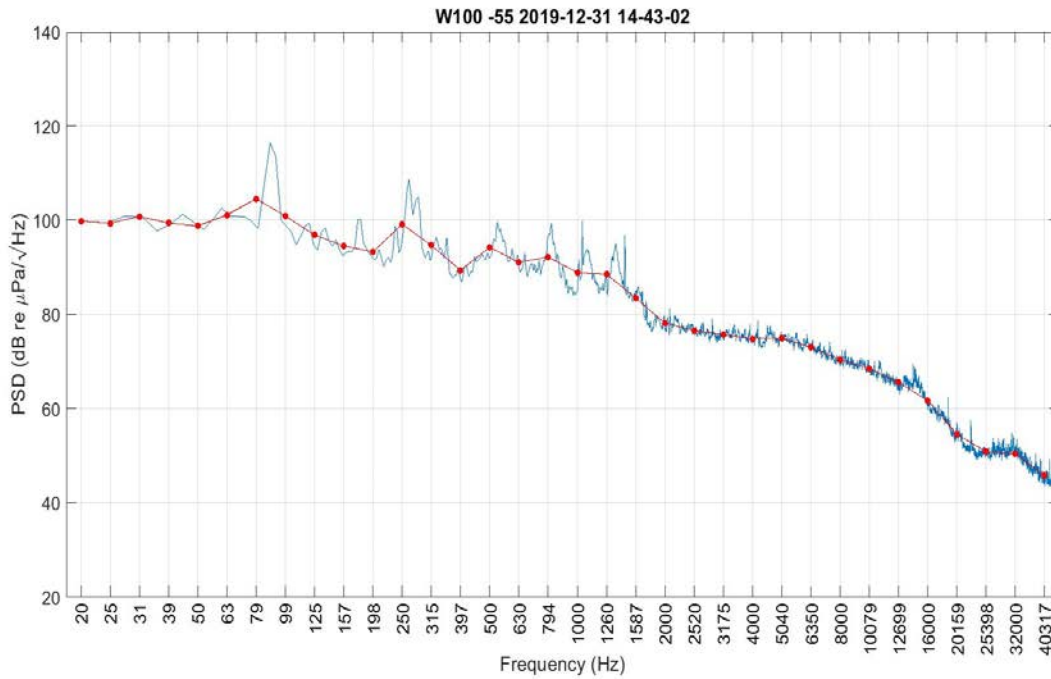


Figura 28 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto W100 a 55 m di profondità.

Nella **Figura 29** è rappresentato il confronto dei livelli in terzi d'ottava misurati a 100m per le quattro stazioni di riferimento. I valori sono molto simili, ma la stazione Sud presenta livelli più bassi tra i 50 e i 200 Hz e tra i 5.000 e i 40.000 Hz di frequenza.

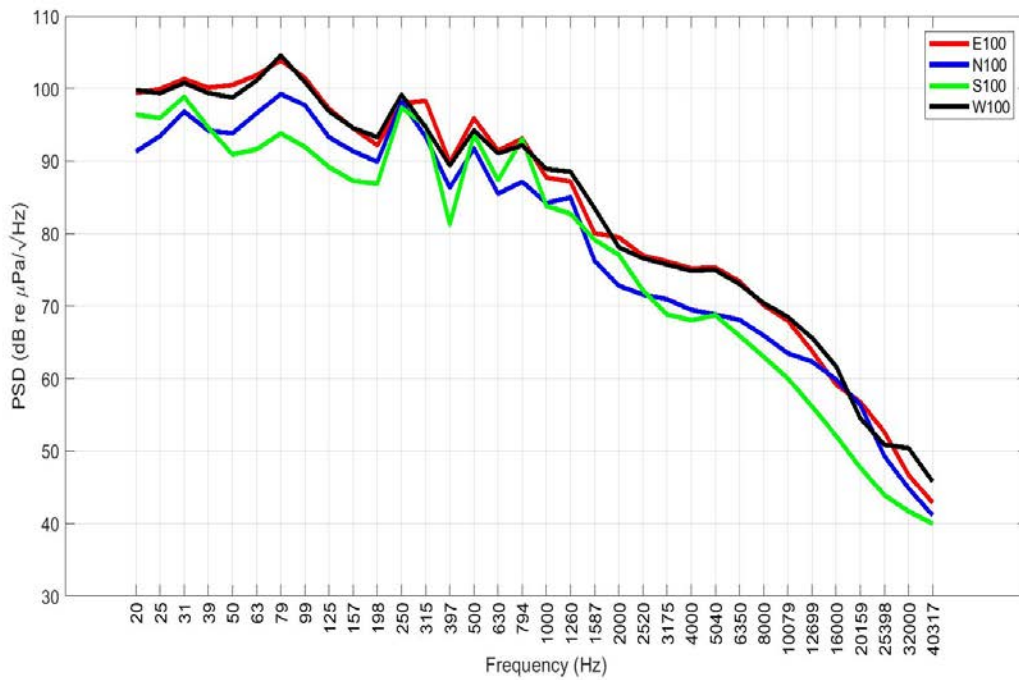


Figura 29 - Confronto dei livelli in terzi d'ottava misurati a distanza di 100 m a 55m di profondità.

Le seguenti figure (Figura 30, Figura 31) riportano i livelli PSDf misurati nelle stazioni N1K e N10K. I livelli a frequenze basse (da 20 a 200 Hz), scendono dai 118 dB re 1 $\mu$ Pa fino a circa 80 dB re 1 $\mu$ Pa, fino ai 40 dB re 1 $\mu$ Pa a quelle più alte. Sono ancora evidenti alcuni dei picchi come nelle stazioni come a 100m dal Terminale e righe spettrali alle altissime frequenze.

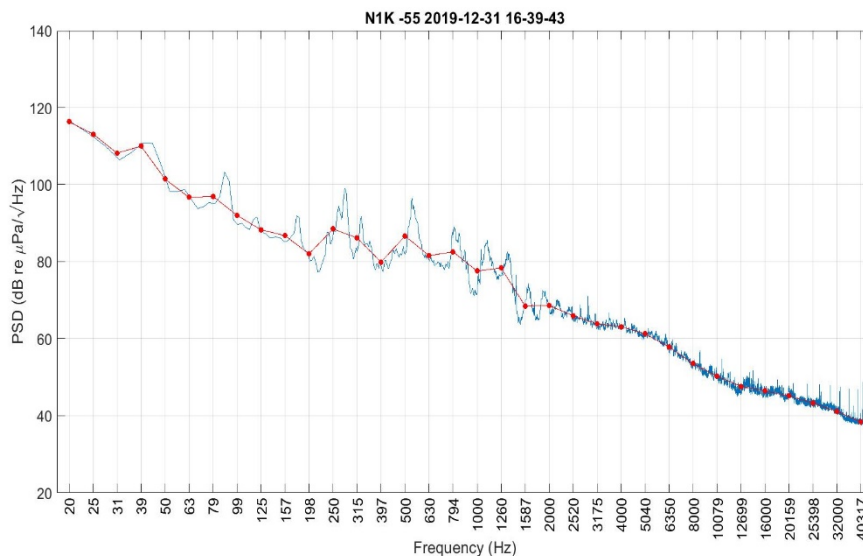


Figura 30 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N1K a 55m di profondità.

Nella Figura 31 i livelli alle frequenze basse (da 20 a 200 Hz) sono più alti, vale a dire 95 dB re 1 $\mu$ Pa che scendono fino ai 45 dB re 1 $\mu$ Pa a quelle più alte. Sono ancora evidenti i picchi come nelle stazioni a 100m dal Terminale e le righe spettrali alle altissime frequenze.

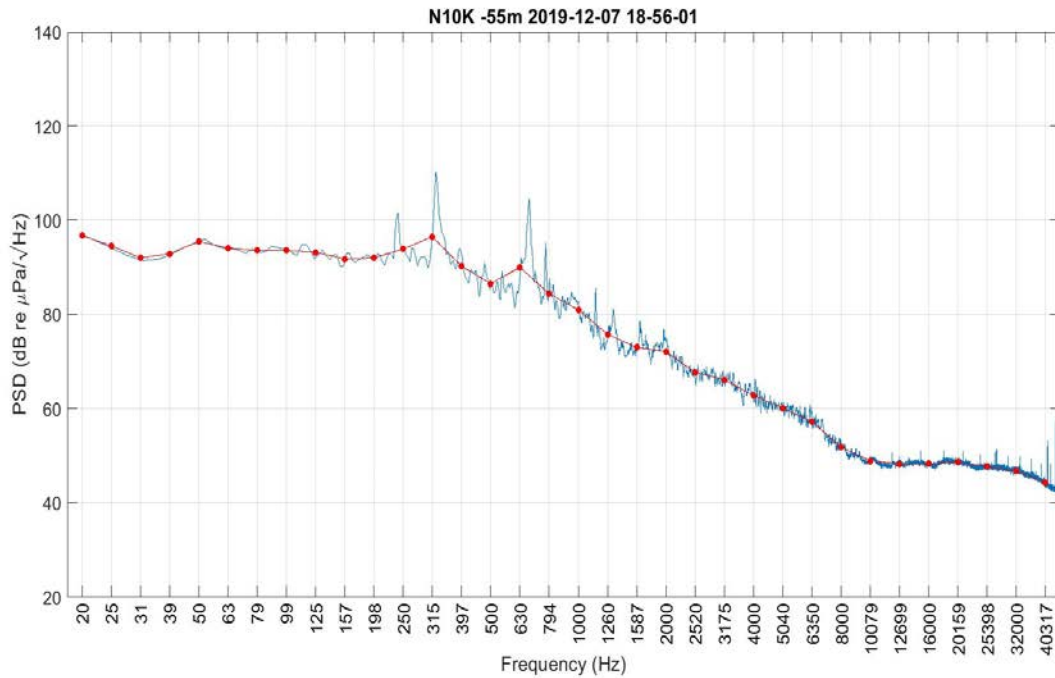


Figura 31 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N10K a 55 m di profondità.

Nella Figura 32 sono riportati i valori PDSf in terzi d'ottava lungo la direzione Nord. Si può notare che i livelli a frequenze < 60 Hz sono più alti a 1.000 m dal Terminale, mentre i livelli a frequenze > 800 Hz sono più alti a 100 m dal Terminale.

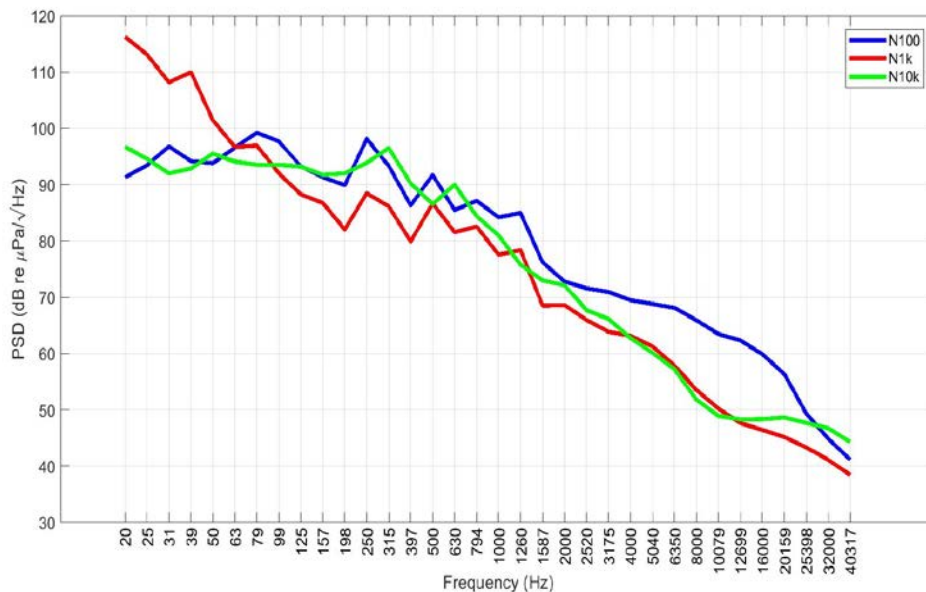


Figura 32 - Confronto dei livelli in terzi d'ottava misurati a 55m di profondità lungo la direzione Nord.

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

#### Verifica mediante simulazione

Tutte le ipotesi e assunzioni proposte nelle campagne precedenti rimangono valide, perciò i parametri geometrici e geofisici relativi alla sorgente rimangono inalterati. Anche in queste misure la banda in cui si rileva una maggiore differenza rispetto al Bianco (Piano di Monitoraggio dell'ambiente marino – Fase di Bianco, 2013) è centrata intorno a 10 - 12 kHz: quindi prenderemo a riferimento la frequenza di 12 kHz per il modello della sorgente a cui vengono calcolati i risultati di Transmission Loss (TL). Tale frequenza viene utilizzata anche per

uniformità con le precedenti relazioni, ed è in ritenuta rappresentativa della parte dello spettro in cui le emissioni acustiche del Terminale maggiormente si distinguono dal Bianco.

### Parametri oceanografici

I profili misurati durante questa campagna alle diverse distanze dal terminale (Figura 33) sono tutte abbastanza simili nella forma ma i livelli nelle stazioni ad Est del terminale presentano velocità del suono inferiori rispetto alle altre direttrici.

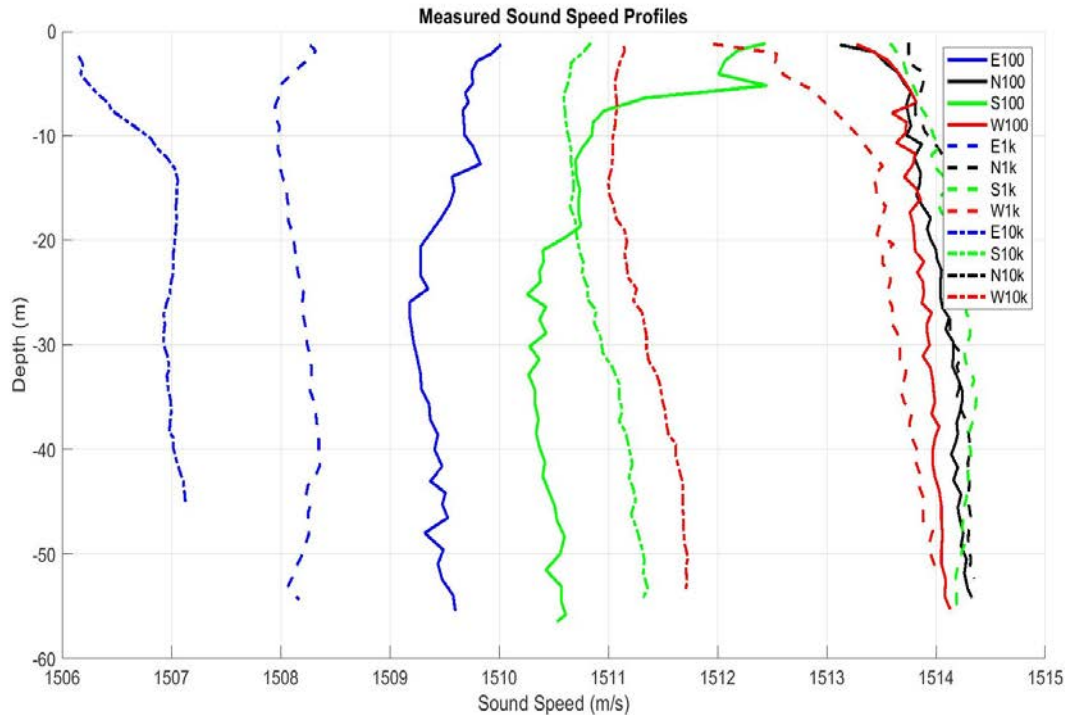


Figura 33 - Profili di velocità del suono misurati con CTD a differenti stazioni durante la campagna A19.

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

Sulla base delle considerazioni sui dati reali e delle assunzioni formulate per i parametri di input al modello di propagazione acustica ed utilizzando le misure di profilo di velocità del suono ottenuta dalla sonda multi-parametrica CTD, applichiamo lo strumento di simulazione della propagazione del suono Bellhop a 12 kHz di frequenza emesso da una sorgente isotropica sul piano orizzontale e con irradiazione  $\pm 80^\circ$  su piano verticale posta a -15m di profondità. Data la differenza fra lo spettro di emissione del terminale e la PSDf del Bianco (Piano di Monitoraggio dell'ambiente marino – Fase di Bianco, 2012) i risultati ottenuti a 12 kHz descrivono in modo sufficiente il rumore del Terminale entro la banda di interesse 7-20 kHz. Si nota la presenza di un canale di propagazione a -15m di profondità (profondità alla quale la propagazione del rumore è massima)<sup>4</sup> (Figura 34), mentre a 4.000m di distanza l'attenuazione del suono modellata è 70 dB (Figura 35).

<sup>4</sup> Il canale di propagazione a 15 m di profondità si apprezza per distanze di propagazione maggiori di 800-1000m, come si evince dal grafico (Figura 34), alla distanza di circa 100 m il valore TL non subisce variazioni elevate al variare della profondità.

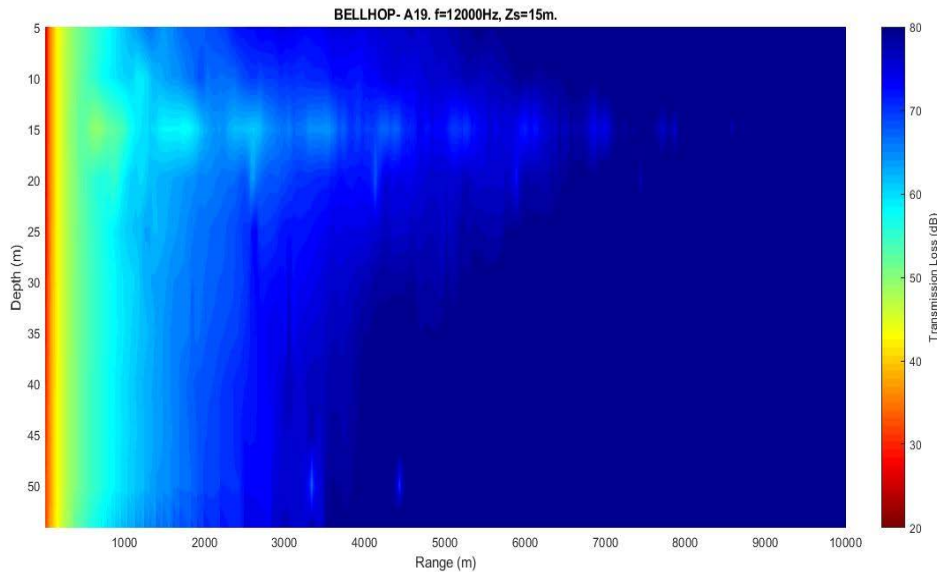


Figura 34 - Simulazione della Transmission Loss TL alla frequenza di 12 kHz in direzione Nord.

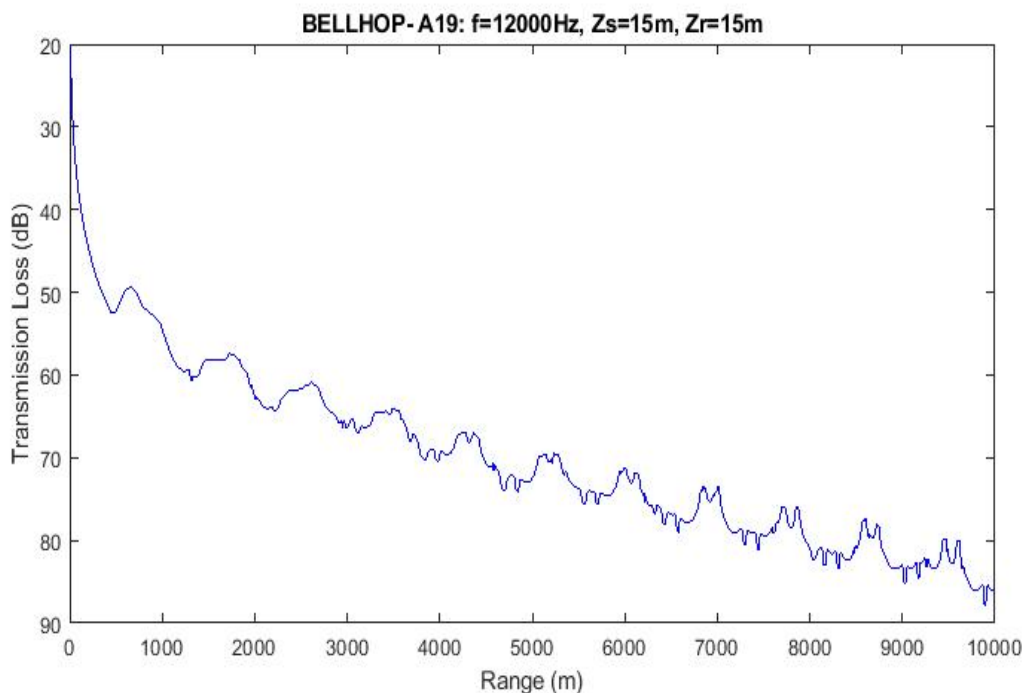


Figura 35 - Transmission Loss prevista dal modello in funzione della distanza alla profondità di 15 metri.

Alla frequenza di 12kHz la caduta di livello del rumore predetta dal modello tra le stazioni N100 e N1K a -15m di profondità è di 16 dB (transmission loss), e nel confronto con i livelli misurati abbiamo una differenza di 15 dB. C'è quindi un'ottima rispondenza del modello con i dati sperimentali considerando che le misure nelle due stazioni non sono contemporanee: questo mostra che la componente di rumore a 12kHz cala d'intensità con la distanza dal Terminale proprio come un suono emesso da quello.

Dalla matrice relativa ai grafici di TL per la frequenza di 12kHz la caduta di livello del rumore a 100m dalla sorgente e a -15m di profondità, è 39 dB (valore massimo prodotto dal modello<sup>5</sup>) (Figura 35): considerando quindi per tale stazione, il valore misurato sperimentalmente a -55m di 62,3 dB re 1 $\mu$ Pa, è possibile stimare un Source Level della sorgente (Terminale) pari a 101,3 dB re 1 $\mu$ Pa.

<sup>5</sup> Come evidenziato nella nota precedente, il canale di propagazione a 15 m di profondità si apprezza per distanze di propagazione maggiori di 800-1000m pertanto nelle campagne P20 ed E20, dato che utilizziamo la TL per calcolare SL partendo da SPL misurate a 100m di distanza dalla sorgente ed a -55 m di profondità, si utilizzerà il parametro TL preso a -55 m dal terminale e non a -15m come effettuato nella predetta campagna.

### 3.3.2 Bioacustica

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

## 4 RISULTATI SURVEY INVERNO 2020

### 4.1 Colonna d'acqua

#### 4.1.1 Profili idrologici

Nel survey condotto in inverno 2020 (

**Figura 36**) la colonna d'acqua non risulta ancora del tutto rimescolata e presenta valori compresi fra 15 e 16.6 °C in superficie che diminuiscono rapidamente fino a raggiungere intorno ai 50m un valore di circa 14.1 che si mantiene costante fino al fondo. I profili di **salinità** risultano costanti dalla superficie al fondo con valori compresi fra 38 ppt in superficie e 38.2 ppt sul fondo. I profili di **pH** mostrano andamenti costanti su tutta la colonna d'acqua (8.2). La **torbidità** presenta valori intorno a 0.3 NTU dalla superficie fino a 110 m per poi aumentare leggermente fino a 1 NTU sul fondo.

L'**ossigeno disciolto** presenta valori compresi fra 100% e 106% (

**Figura 37**) di saturazione in superficie che diminuiscono gradatamente fino ad arrivare a valori compresi fra 90 e 93 % di saturazione sul fondo. La **clorofilla** presenta un massimo sottosuperficiale alla profondità di 40 m con un valore pari a circa 1 µg/l mentre i valori più bassi prossimi allo 0 si trovano in superficie e sul fondo. I valori di **ORP** sono omogenei su tutta la colonna d'acqua con valori compresi fra 190 e 240 mV.

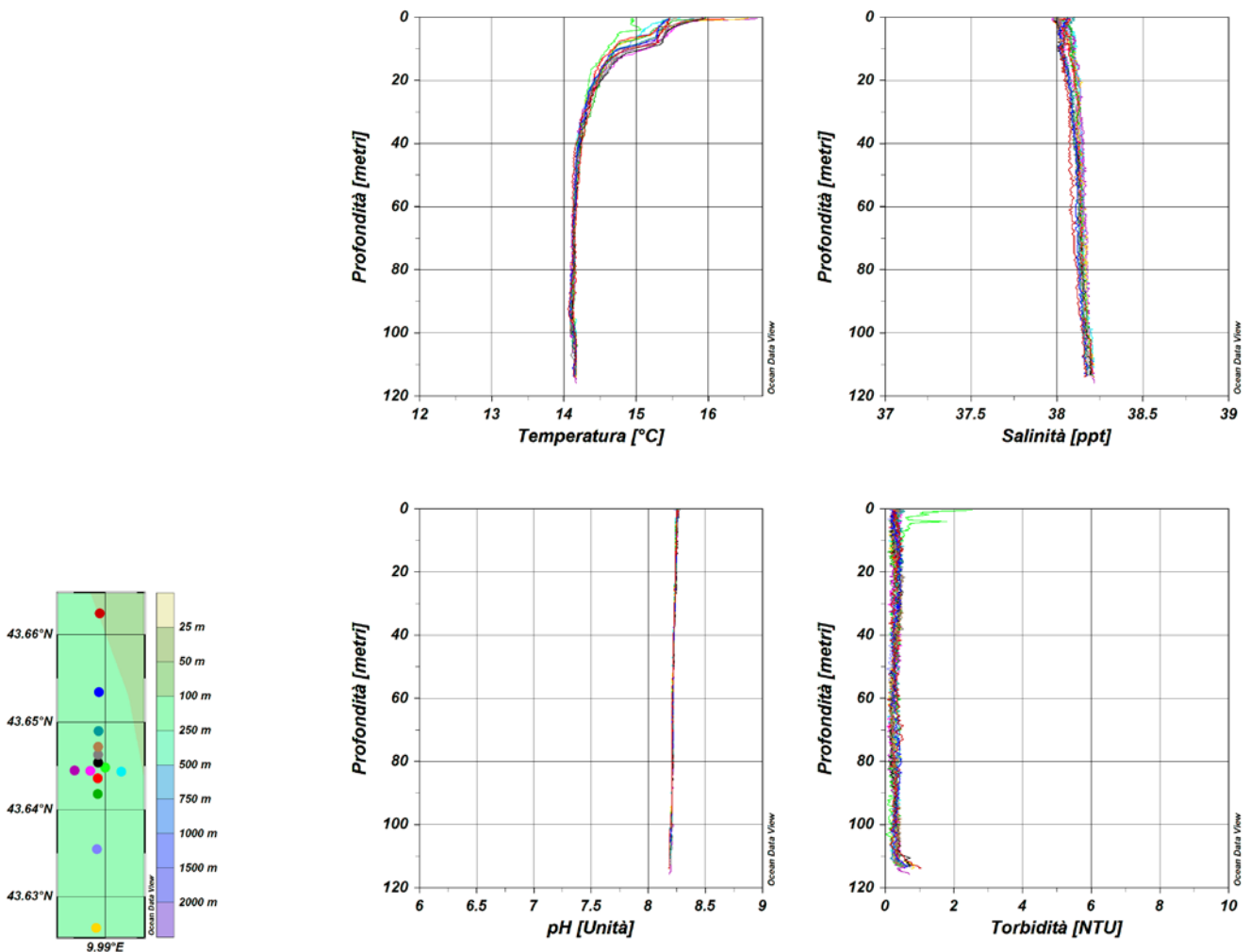


Figura 36 – Profili di temperatura (°C), salinità (ppt), pH e torbidità (NTU); survey inverno 2020.

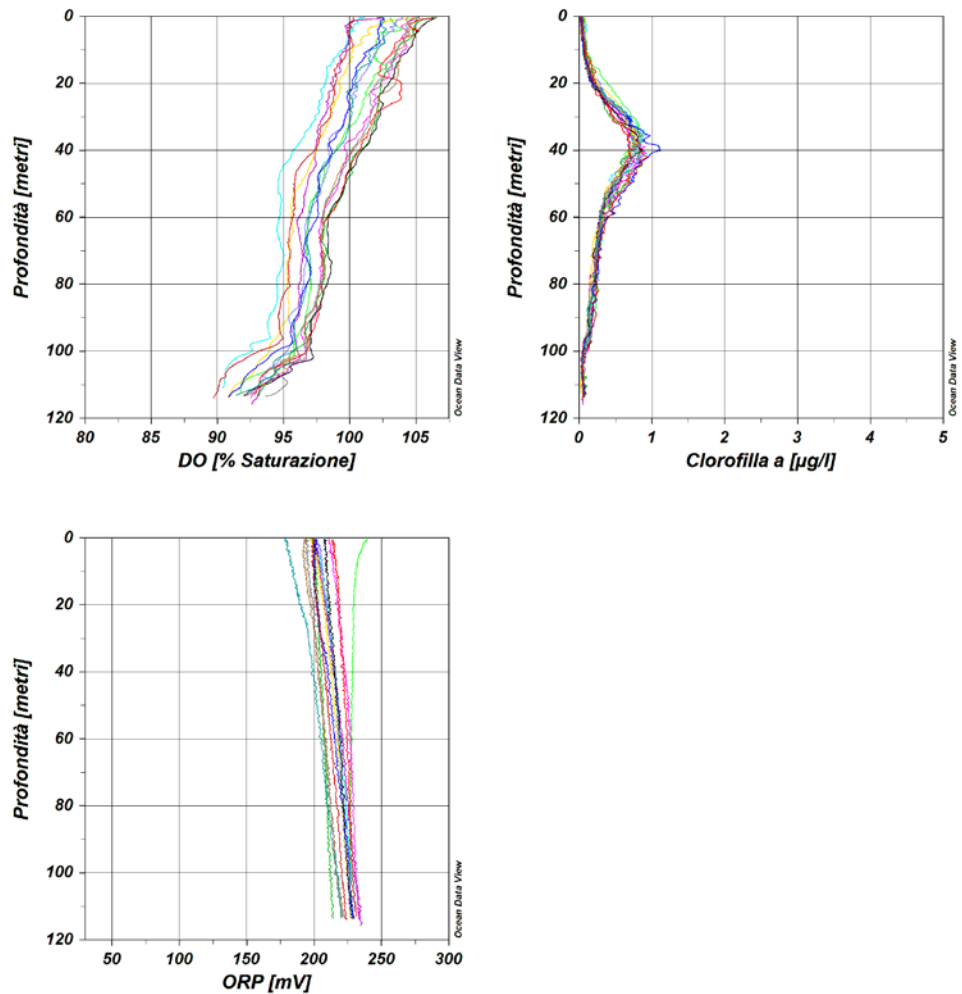


Figura 37 – Profili di ossigeno disciolto (% saturazione), clorofilla (µg/l), e potenziale di ossidoriduzione (mV); survey inverno 2020.

A causa dell'emergenza sanitaria in seguito alla pandemia da Covid-19 non è stata possibile la collaborazione con alcune delle Università consorziate perchè in questo periodo relativo alla Campagna OLT Inverno 2020 non sono state autorizzate a svolgere attività lavorativa e perciò in grado di organizzarsi per effettuare il campionamento e le analisi previste dal Piano. A tale proposito di seguito non sanno presenti i seguenti paragrafi:

- Misure di irradianza e irradianza spettrale.
- Nutrienti inorganici disciolti.
- Sostanza Organica Disciolta Cromoforica (CDOM).
- Clorofilla a e diversità pigmentaria

## 4.1.2 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche

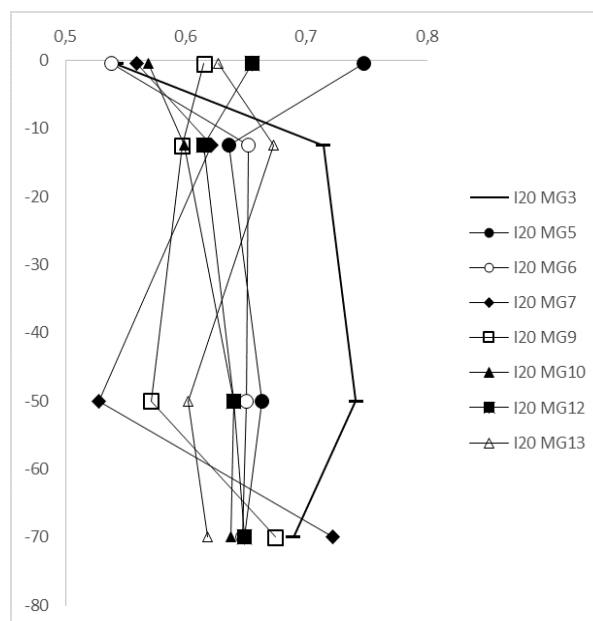
**Solidi sospesi (Total Suspended Matter)**

Le concentrazioni di TSM in tutte le stazioni sono riportate in **Tabella 43**. Il valore medio generale è 0,634 mg/l, il minimo è 0,528 mg/l in I20 MG7 a 50 m ed il massimo è 0,748 mg/l in I20 MG5 in superficie.

I profili verticali di TSM (

**Figura 38**) presentano generalmente minimi superficiali (con I20 MG3, MG6, MG7 e MG10 e minimi a 50 m (solo I20 MG7) mentre la concentrazione massima è stata rilevata nella stazione superficiale I20 MG5. Le concentrazioni sono poco variabili sia tra stazioni che lungo il profilo (dev. st. =  $\pm 0,06$ ) e sono le più basse misurate nelle campagne invernali.

Tabella 43 - Concentrazioni (mg/l) dei solidi sospesi (TSM).				
Prof. m	Stazione	TSM (mg/l)	Stazione	TSM (mg/l)
0,5	I20 MG3	0,542	I20 MG9	0,615
12,5		0,714		0,597
50		0,741		0,571
70		0,689		0,674
0,5	I20 MG5	0,748	I20MG10	0,569
12,5		0,636		0,599
50		0,663		0,640
70		0,649		0,637
0,5	I20 MG6	0,538	I20 MG12	0,655
12,5		0,652		0,615
50		0,650		0,640
70		0,647		0,649
0,5	I20 MG7	0,559	I20 MG13	0,627
12,5		0,621		0,673
50		0,528		0,602
70		0,722		0,618



**Figura 38** - Profili delle concentrazioni (mg/l) dei solidi sospesi (TSM)



**Tensioattivi**

Le concentrazioni dei **tensioattivi** (Tabella 44) risultano al di sotto del limite di quantificazione della metodica in tutti i campioni.

**Tabella 44** - 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	I20 MG3				I20 MG5				I20 MG6				I20 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	I20 MG9				I20 MG10				I20 MG12				I20 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 45**. Questi composti sono generalmente bassi (Alometani e VOC) o inferiori al limite di quantificazione.

**Tabella 45** - Concentrazione dei cloroderivati nelle acque. I livelli indicano la profondità di prelievo del campione.

Profondità (m)	I20 MG3				I20 MG5				I20 MG6				I20 MG7			
	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70
<b>Acidi aloacetici (µg/l)</b>																
Dalapon	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Dibromoacetico	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Tribromoacetico	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
Acido Monobromoacetico	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Bromodichloroacetico	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Bromocloroacetico	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Dichloroacetico	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
Acido Tricloroacetico	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Monocloroacetico	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
Acido Clorodibromoacetico	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
<b>Aloacetoniitrili (µg/l)</b>																
Dibromoacetoniitrile	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Dicloroacetoniitrile	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Tricloroacetoniitrile	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
1,1,1-Tricloro-2-Propanone	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
1,1-Dicloro-2-Propanone	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Cloropicrina	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
<b>Alometani e VOC (µg/l)</b>																
Cloroformio	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Carbonio Tetracloruro	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 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	0,010	0,010	0,010	0,010	< 0,01	0,011	0,011	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Bromoformio	0,029	0,031	0,035	0,035	0,031	0,035	0,039	0,038	0,036	0,036	0,043	0,039	0,041	0,040	0,043	0,042
1,2-Dibromo Etano	0,012	0,013	0,012	0,013	0,014	0,013	0,014	0,013	0,013	0,014	0,014	0,014	0,013	0,013	0,013	0,013
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	0,018	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,022	0,018	0,016	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
<b>Alofenoli (µg/l)</b>																
2,4-Diclorofenolo	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
4-Cloro-3-Metilfenolo	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
2,4,6-Triclorofenolo	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Pentaclorofenolo	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Profondità (m)	I20 MG9				I20 MG10				I20 MG12				I20 MG13			
	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70
<b>Acidi aloacetici (µg/l)</b>																

**Tabella 45** - Concentrazione dei cloroderivati nelle acque. I livelli indicano la profondità di prelievo del campione.

Dalapon	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Dibromoacetico	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Tribromoacetico	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
Acido Monobromoacetico	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Bromodichloroacetico	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Bromocloroacetico	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Dichloroacetico	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
Acido Tricloroacetico	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Acido Monocloroacetico	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
Acido Clorodibromoacetico	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
<b>Aloacetoni-trili (µg/l)</b>																
Dibromoacetoni-trile	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 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-trile	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 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-trile	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
1,1,1-Tricloro-2-Propanone	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
1,1-Dicloro-2-Propanone	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Cloropicrina	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
<b>Alometani e VOC (µg/l)</b>																
Clorofornio	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 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
Bromofornio	0,039	0,037	0,033	0,034	0,036	0,033	0,028	0,028	0,022	0,024	0,018	0,021	0,096	0,017	0,017	0,014
1,2-Dibromo Etano	0,013	0,013	0,012	0,010	0,010	< 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	0,014	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,021	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,021	0,018
<b>Alofenoli (µg/l)</b>																
2,4-Diclorofenolo	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
4-Cloro-3-Metilfenolo	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
2,4,6-Triclorofenolo	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Pentaclorofenolo	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2

### Idrocarburi totali

Nella **Tabella 46** 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 46** - 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.

I20 MG5				I20 MG6				I20 MG7				I20 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
208,3	200,5	221,6	221,6	207,9	151,2	196,5	180,4	207,6	199,5	262,4	283,9	199,0	210,8	220,4	179,5
I20 MG9				I20 MG10				I20 MG12				20 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
211,4	216,4	221,2	223,2	159,6	188,7	194,4	202,1	222,9	225,5	151,1	198,9	154,7	138,7	180,6	129,8

### Analisi microbiologiche

Dall'analisi microbiologica (**Tabella 47**) emerge l'assenza di contaminazione fecale.

**Tabella 47** - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di acqua superficiale. I dati sono espressi in ufc/100 ml.

	I20 MG3	I20 MG5	I20 MG6	I20 MG7	I20 MG9	I20 MG10	I20 MG13	I20 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

Come precedentemente spiegato, a causa dell'emergenza Covid-19 non è stata possibile la collaborazione con alcune delle Università consorziate perchè in questo periodo relativo alla Campagna OLT Inverno 2020 non sono state autorizzate a svolgere attività lavorativa, pertanto non saranno presenti i paragrafi relativi al plancton (Fitoplancton e Zooplancton).

#### 4.1.3 Saggi ecotossicologici

Nella Tabella 48 sono riportati i parametri registrati nei campioni d'acqua testati.

Stazione	prof. (m)	Salinità (‰)	pH	Ossigeno disciolto (mg/l)	Stazione	prof. (m)	Salinità (‰)	pH	Ossigeno disciolto (mg/l)
Controllo		36	8,13	5,78					
I20 MG3	0,5	38	8,06	5,70	I20 MG9	0,5	38	8,00	5,74
	12,5	38	8,09	5,67		12,5	38	8,01	5,71
	50	38	8,08	6,23		50	38	8,02	6,00
I20 MG5	0,5	38	8,04	5,45	I20 MG10	0,5	38	8,04	6,08
	12,5	38	8,00	5,74		12,5	38	8,07	6,07
	50	38	8,04	6,07		50	38	8,09	5,91
I20 MG6	0,5	38	8,08	5,73	I20 MG12	0,5	38	8,08	5,73
	12,5	38	8,08	6,15		12,5	38	8,10	6,02
	50	38	8,06	5,80		50	38	8,09	6,13
I20 MG7	0,5	38	8,05	5,79	I20 MG13	0,5	38	8,08	6,15
	12,5	38	8,07	6,01		12,5	38	8,07	5,99
	50	38	8,01	5,67		50	38	7,93	6,02

#### *Vibrio fischeri*

Nella Tabella 49 sono riportati i risultati relativi al test di inibizione della bioluminescenza batterica di *V. fischeri*.

QA-QC - Il test è stato effettuato con il lotto batterico n. 19°4002A (scadenza 01/21) Il valore della EC50(15') = 11,26mg/l (LC= 8,12mg/l e UC=15,62mg/l) conseguito con la sostanza di riferimento ZnSO4 · 7H2O rientra nei limiti della carta di controllo del laboratorio. I valori di EC20 dimostrano assenza di tossicità in tutti i campioni di acqua testati.

Campione	Prof. (m)	EC20	EC50	max. effetto 15'	max. effetto 30'	Tossicità	Campione	Prof. (m)	EC20	EC50	max. effetto 15'	max. effetto 30'	Tossicità
I20 MG3	0,5	≥90	>90	-10,92	-12,52	Assente	I20 MG9	0,5	≥90	>90	-2,22	-2,66	Assente
	12,5	≥90	>90	-2,30	-8,19			12,5	≥90	>90	-6,21	-4,35	
	50	≥90	>90	-2,78	-4,92			50	≥90	>90	-6,50	-6,97	
I20 MG5	0,5	≥90	>90	-2,95	-8,07		I20 MG10	0,5	≥90	>90	-12,87	-15,44	
	12,5	≥90	>90	-4,45	-6,89			12,5	≥90	>90	-1,80	-5,49	
	50	≥90	>90	-6,82	-4,82			50	≥90	>90	-1,14	-3,61	
I20 MG6	0,5	≥90	>90	-2,52	-9,38		I20 MG12	0,5	≥90	>90	-2,24	-3,84	
	12,5	≥90	>90	-3,99	-9,34			12,5	≥90	>90	-0,40	-0,05	
	50	≥90	>90	-8,78	-10,58			50	≥90	>90	-3,19	-2,85	
I20 MG7	0,5	≥90	>90	-5,90	-7,45		I20 MG13	0,5	≥90	>90	-1,53	-3,86	
	12,5	≥90	>90	-6,74	-13,86			12,5	≥90	>90	-3,18	-4,58	
	50	≥90	>90	-8,75	-11,62			50	≥90	>90	-4,18	-3,87	

#### *Phaeodactylum tricornutum*

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

QA-QC - Il test con il tossico di riferimento (dicromato di potassio-come ione cromo) ha fornito il valore dell'EC50 = 2,47 mg/l (L.C. 95%: 2,57-3,29), rientra all'interno della carta di controllo del laboratorio. Il test è stato ritenuto valido in quanto la crescita algale nei controlli negativi, rispetto all'inoculo iniziale, ha superato il fattore 17, come indicato nelle linee guida. In nessun campione è stata rilevata tossicità.

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

Campione	Prof.	EC <sub>20/50</sub> %	Media N. cell. ± DS x 10 <sup>5</sup> /ml		Tossicità	Campione	Prof.	EC <sub>20/50</sub> %	Media N. cell. ± DS x 10 <sup>5</sup> /ml		Tossicità
Controllo			4,50	± 0,20							
I20 MG3	0,5	≥90/>100	4,47	± 0,15	Assente	I20 MG9	0,5	≥90/>100	4,73	± 0,15	Assente
	12,5	≥90/>100	4,27	± 0,15			12,5	≥90/>100	4,87	± 0,21	
	50	≥90/>100	4,57	± 0,12			50	≥90/>100	4,97	± 0,15	
I20 MG5	0,5	≥90/>100	4,40	± 0,20		I20 MG10	0,5	≥90/>100	4,07	± 0,15	
	12,5	≥90/>100	5,47	± 0,35			12,5	≥90/>100	4,10	± 0,36	
	50	≥90/>100	4,63	± 0,15			50	≥90/>100	4,33	± 0,15	
I20 MG6	0,5	≥90/>100	4,30	± 0,20		I20 MG12	0,5	≥90/>100	4,27	± 0,32	
	12,5	≥90/>100	4,43	± 0,06			12,5	≥90/>100	4,23	± 0,35	
	50	≥90/>100	4,53	± 0,15			50	≥90/>100	4,97	± 0,15	
I20 MG7	0,5	≥90/>100	4,00	± 0,10		I20 MG13	0,5	≥90/>100	4,70	± 0,20	
	12,5	≥90/>100	4,77	± 0,21			12,5	≥90/>100	6,47	± 0,31	
	50	≥90/>100	5,13	± 0,06			50	≥90/>100	4,83	± 0,21	

### Dicentrarchus labrax

Nella **Tabella 51** sono riportati i risultati relativi al saggio di tossicità acuta condotto sui campioni di colonna d'acqua utilizzando giovanili di *D. labrax* (73±10 mm). Pur non essendo disponibile una scala di tossicità per questa tipologia di saggio biologico, tutti i campioni hanno mostrato una % di mortalità inferiore al 10%, limite indicato come mortalità accettabile nel controllo. Il saggio con tossico di riferimento ha mostrato valori di LC50 pari a 2,69 mg/l (L.C. 95%: 2,13 mg/l -3,01 mg/l), valore che rientra all'interno della carta di controllo del laboratorio (1,71-3,08 mg/l).

**Tabella 51** - Risultati del test con giovanili di *Dicentrarchus labrax* esposte a campioni di colonna d'acqua (96 h). Screening test su campioni tal quale (senza diluizioni). Il controllo è costituito da acqua di stabulazione. Volume 5000 ml, aerazione, % saturazione ossigeno disciolto >90%, pH range 8,06-8,12, salinità 38 ‰, temperatura 20,5±1 °C.

Campione	Prof. (m)	N. pesci esposti				% mortalità (media)	Tossicità acuta	Campione	Prof. (m)	N. pesci esposti				% mortalità (media)	Tossicità acuta
		repl. 1	repl. 2	repl. 3	repl. 1					repl. 2	repl. 3				
Controllo	-	10	10	10	0,0										
I20 MG3	0,5	10	10	10	0,0	Assente	I20 MG9	0,5	10	10	10	0,0	Assente		
	12,5	10	10	10	3,3			12,5	10	10	10	0,0			
	50	10	10	10	0,0			50	10	10	10	0,0			
I20 MG5	0,5	10	10	10	0,0		I20 MG10	0,5	10	10	10	0,0			
	12,5	10	10	10	3,3			12,5	10	10	10	0,0			
	50	10	10	10	0,0			50	10	10	10	0,0			
I20 MG6	0,5	10	10	10	3,3		I20 MG12	0,5	10	10	10	3,3			
	12,5	10	10	10	0,0			12,5	10	10	10	3,3			
	50	10	10	10	0,0			50	10	10	10	0,0			
I20 MG7	0,5	10	10	10	3,3		I20 MG13	0,5	10	10	10	3,3			
	12,5	10	10	10	0,0			12,5	10	10	10	3,3			
	50	10	10	10	0,0			50	10	10	10	0,0			

### Paracentrotus lividus

**QA-QC** – Il test eseguito con la sostanza di riferimento ha fornito una EC<sub>50</sub> di 18,14 µg l<sup>-1</sup> di Cu (LC=16,63 e UC=19,73), che rientra nei limiti della carta di controllo del laboratorio. La percentuale media di embrioni allo stadio di pluteo (85 ± 1,00%) è risultata conforme, in quanto superiore al limite del 75% e inferiore al limite del 95%.

Le percentuali degli embrioni che hanno raggiunto lo stadio di pluteo nel test di embriotossicità (72ore) con *P.lividus* e successiva stima della tossicità cronica (EC20/50) dei campioni della colonna d'acqua sono riportati nella tabella (**Tabella 52**).

Tabella 52 - Risultati del test di embriotossicità (72 ore) con <i>P.lividus</i> e successiva stima della tossicità cronica.							
	Concentrazione (%) del campione	% media di plutei ( $\pm$ dev,st %)	% media di embrioni non sviluppati	Correzione ABBOTT (Embrioni non sviluppati)	EC 20 (%)	EC 50 (%)	Tossicità
Controllo		85 $\pm$ 1,00	15	0	$\geq 90$	>100	Assente
I20 MG3/0,5	100	76 $\pm$ 1,00	24	11	$\geq 90$	>100	Assente
	50	81 $\pm$ 1,15	19	5			
	25	83 $\pm$ 1,53	17	3			
I20 MG3/12,5	100	59 $\pm$ 1,15	41	30	61,5	>100	Bassa
	50	70 $\pm$ 1,53	30	17			
	25	80 $\pm$ 1,53	20	5			
I20 MG3/50	100	60 $\pm$ 2,00	40	29	63,1	>100	Bassa
	50	70 $\pm$ 1,53	30	17			
	25	81 $\pm$ 2,52	19	5			
I20 MG5/0,5	100	34 $\pm$ 2,00	66	60	49,2	86,3	Media
	50	68 $\pm$ 2,00	32	20			
	25	79 $\pm$ 2,00	21	7			
I20 MG5/12,5	100	77 $\pm$ 1,15	23	10	$\geq 90$	>100	Assente
	50	79 $\pm$ 1,15	21	7			
	25	83 $\pm$ 1,73	17	2			
I20 MG5/50	100	50 $\pm$ 1,53	50	41	58,3	>100	Bassa
	50	72 $\pm$ 2,00	28	15			
	25	81 $\pm$ 1,15	19	4			
I20 MG6/0,5	100	77 $\pm$ 1,00	23	9	$\geq 90$	>100	Assente
	50	79 $\pm$ 1,53	21	7			
	25	84 $\pm$ 0,58	16	2			
I20 MG6/12,5	100	74 $\pm$ 2,00	26	13	$\geq 90$	>100	Assente
	50	80 $\pm$ 1,15	20	6			
	25	84 $\pm$ 1,53	16	2			
I20 MG6/50	100	62 $\pm$ 2,00	38	27	74,4	>100	Bassa
	50	74 $\pm$ 1,53	26	13			
	25	82 $\pm$ 0,58	18	4			
I20 MG7/0,5	100	67 $\pm$ 1,53	33	22	$\geq 90$	>100	Assente
	50	77 $\pm$ 2,00	23	9			
	25	82 $\pm$ 1,53	18	4			
I20 MG7/12,5	100	44 $\pm$ 2,08	56	49	44,4	99,7	Media
	50	63 $\pm$ 2,00	37	26			
	25	81 $\pm$ 1,73	19	5			
I20 MG7/50	100	75 $\pm$ 2,31	25	12	$\geq 90$	>100	Assente
	50	81 $\pm$ 2,08	19	5			
	25	84 $\pm$ 0,58	16	2			
I20 MG9/0,5	100	71 $\pm$ 2,08	29	17	$\geq 90$	>100	Assente
	50	78 $\pm$ 1,53	22	9			
	25	82 $\pm$ 2,00	18	4			
I20 MG9/12,5	100	40 $\pm$ 3,00	60	53	45,5	92,4	Media
	50	64 $\pm$ 2,08	36	24			
	25	81 $\pm$ 2,08	19	4			
I20 MG9/50	100	57 $\pm$ 2,89	43	33	62,2	>100	Bassa
	50	72 $\pm$ 2,00	28	15			
	25	81 $\pm$ 2,00	19	5			
I20 MG10/0,5	100	58 $\pm$ 1,53	42	31	75,8	>100	Bassa
	50	77 $\pm$ 1,53	23	9			
	25	81 $\pm$ 1,15	19	4			
I20 MG10/12,5	100	57 $\pm$ 1,00	43	33	60	>100	Bassa
	50	70 $\pm$ 1,53	30	17			
	25	81 $\pm$ 0,58	19	4			
I20 MG10/50	100	66 $\pm$ 2,08	34	22	$\geq 90$	>100	Assente
	50	78 $\pm$ 2,00	22	9			
	25	83 $\pm$ 1,00	17	2			
I20 MG12/0,5	100	77 $\pm$ 2,00	23	9	$\geq 90$	>100	Assente
	50	79 $\pm$ 1,00	21	7			
	25	83 $\pm$ 1,53	17	2			

Tabella 52 - Risultati del test di embriotossicità (72 ore) con <i>P.lividus</i> e successiva stima della tossicità cronica.							
	Concentrazione (%) del campione	% media di plutei ( $\pm$ dev,st %)	% media di embrioni non sviluppati	Correzione ABBOTT (Embrioni non sviluppati)	EC 20 (%)	EC 50 (%)	Tossicità
I20 MG12/12,5	100	74 $\pm$ 1,53	26	13	$\geq$ 90	>100	Assente
	50	79 $\pm$ 1,00	21	7			
	25	82 $\pm$ 1,00	18	4			
I20 MG 12/50	100	71 $\pm$ 1,53	29	17	$\geq$ 90	>100	Assente
	50	76 $\pm$ 1,53	24	10			
	25	81 $\pm$ 1,15	19	5			
I20 MG13/0,5	100	77 $\pm$ 2,08	23	9	$\geq$ 90	>100	Assente
	50	81 $\pm$ 1,00	19	5			
	25	83 $\pm$ 1,53	17	2			
I20 MG13/12,5	100	62 $\pm$ 2,08	38	27	70,1	>100	Bassa
	50	72 $\pm$ 1,53	28	16			
	25	82 $\pm$ 1,53	18	4			
I20 MG13/50	100	61 $\pm$ 1,15	39	28	69,2	>100	Bassa
	50	72 $\pm$ 2,08	28	15			
	25	81 $\pm$ 1,15	19	4			

Presenza di tossicità (bassa) presso IFSRU è stata rilevata sia nel livello 12,5 m delle stazioni MG3, MG10 ed MG13 sia nel livello 50 m delle stazioni MG3, MG5, MG6, MG9 ed MG13. Anche la stazione superficiale MG10 presenta tossicità bassa.

Gli unici casi in cui è presente tossicità media sono rispettivamente i livelli 12,5 m delle stazioni MG7 e MG9 ed il livello superficiale della stazione MG5. Le rimanenti stazioni mostrano assenza di tossicità.

## 4.2 Biota

### 4.2.1 Macrozoobenthos

Lo studio ha portato alla raccolta e determinazione di 7391 individui appartenenti a 211 specie (Tabella 53) comprendenti anellidi (policheti), molluschi, artropodi (crostacei), sipunculidi, echinodermi, cnidari, nemertini, poriferi, platelminti.

Tabella 53 - Lista delle specie macrobentoniche rinvenute nell'inverno 2020 (I20).		
<b>Anellidi</b>		
<i>Abyssoninoe hibernica</i> (McIntosh, 1903)	<i>Glycera tessellata</i> Grube, 1863	<i>Ophelina acuminata</i> Örsted, 1843
<i>Ampharete acutifrons</i> (Grube, 1860)	<i>Glycera tridactyla</i> Schmarida, 1861	<i>Ophiodromus flexuosus</i> (Delle Chiaje, 1825)
<i>Amphicteis gunneri</i> (M. Sars, 1835)	<i>Glycera unicornis</i> Lamarck, 1818	<i>Panthalis oerstedii</i> Kinberg, 1855
<i>Anobothrus gracilis</i> (Malmgren, 1866)	<i>Goniada</i> sp	<i>Paradiopatra lepta</i> (Chamberlin, 1919)
<i>Aphelochaeta marioni</i> (Saint-Joseph, 1894)	<i>Gyptis</i> sp	<i>Paradoneis lyra</i> (Southern, 1914)
<i>Apistobranthus tullbergi</i> (Théel, 1879)	<i>Harmothoe antilopes</i> Mc Intosh, 1876	<i>Paralacydonia paradoxa</i> Fauvel, 1913
<i>Aponuphis bilineata</i> (Baird, 1870)	<i>Harmothoe gilchristi</i> Day, 1960	<i>Paraprionospio pinnata</i> (Ehlers, 1901)
<i>Aponuphis brementi</i> (Fauvel, 1916)	<i>Harmothoe</i> sp	<i>Pectinaria auricoma</i> (O. F. Müller, 1776)
<i>Arabella iricolor</i> (Montagu, 1804)	<i>Heteromastus filiformis</i> (Claparède, 1864)	<i>Phyllodoce lineata</i> (Claparède, 1870)
<i>Aricidea (Acmira) assimilis</i> Tebble, 1959	<i>Heterospio mediterranea</i> Laubier, Picard & Ramos, 1972	<i>Phyllodoce</i> sp
<i>Aricidea (Strelzovia) claudiae</i> Laubier, 1967	<i>Hyalinoecia tubicola</i> (O. F. Müller, 1776)	<i>Pilargis verrucosa</i> (Saint-Joseph, 1899)
<i>Aricidea (Strelzovia) mariannae</i> Katzmann & Laubier, 1975	<i>Kirkegaardia heterochaeta</i> (Laubier, 1961)	<i>Pista cristata</i> (O. F. Müller, 1776)
<i>Aricidea (Strelzovia) monicae</i> Laubier, 1967	<i>Labioleannira yhleni</i> (Malmgren, 1867)	<i>Poecilochaetus fauchaldi</i> Pilato & Cantone, 1976
<i>Aricidea</i> sp	<i>Laonice cirrata</i> (M. Sars, 1851)	<i>Polycirrus</i> sp Grube, 1850
<i>Auchenoplax crinita</i> Ehlers, 1887	<i>Leiocapitella dollfusi</i> (Fauvel, 1936)	<i>Polygordius</i> sp
<i>Bispira</i> sp	<i>Levinsenia demiri</i> Çinar, Dagli & Acik, 2011	<i>Praxillella gracilis</i> (M. Sars, 1861)
<i>Chaetozone carpenteri</i> McIntosh, 1911	<i>Levinsenia gracilis</i> (Tauber, 1879)	<i>Prionospio cirrifera</i> Wirén, 1883
<i>Chaetozone setosa</i> Malmgren, 1867	<i>Levinsenia kosswigi</i> Çinar, Dagli & Acik, 2011	<i>Prionospio ehlersi</i> Fauvel, 1928
<i>Chloëia venusta</i> Quatrefages, 1865	<i>Lumbrineris latreilli</i> Audouin & Milne-Edwards, 1834	<i>Prionospio fallax</i> Soderstrom, 1920
<i>Chone</i> sp	<i>Lumbrineris lucillae</i> Martins, Carrera-Parra, Quintino & Rodrigues, 2012	<i>Prionospio</i> sp
<i>Cirrophorus branchiatus</i> Ehlers, 1908	<i>Lysidice unicornis</i> (Grube, 1840)	<i>Prionospio steenstrupi</i> Malmgren, 1867

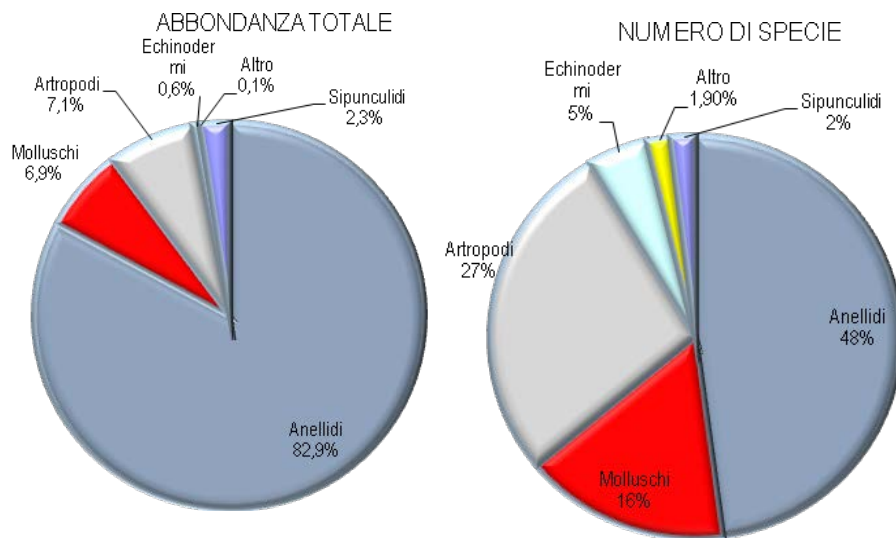
<i>Dasybranchus caducus</i> (Grube, 1846)	<i>Magelona allenii</i> Wilson, 1958	Sabellidae ind
<i>Diplocirrus glaucus</i> Haase, 1915	<i>Maldane glebiflex</i> Grube, 1860	<i>Scalibregma inflatum</i> Rathke, 1843
<i>Dorvillea rudolphii</i> (Delle Chiaje, 1828)	<i>Malmgreniella lunulata</i> (Delle Chiaje, 1841)	<i>Scolelepis</i> sp
<i>Drilonereis filum</i> (Claparède, 1868)	<i>Marphysa bellii</i> (Audouin & Milne-Edwards, 1833)	<i>Sigambra tentaculata</i> (Treadwell, 1941)
<i>Euchone</i> sp	<i>Melinna palmata</i> Grube, 1860	<i>Sphaerodoropsis</i> sp
<i>Euclymene lombricoides</i> (Quatrefages, 1866)	<i>Metasychis gotoi</i> (Izuka, 1902)	<i>Spio multioculata</i> (Rioja, 1918)
<i>Euclymene oerstedii</i> (Claparède, 1863)	<i>Monticellina dorsobranchialis</i> (Kirkegaard, 1959)	<i>Spiochaetopterus costarum</i> (Claparède, 1868)
<i>Euclymene palermitana</i> (Grube, 1840)	<i>Myriochele oculata</i> Zachs, 1923	<i>Spiophanes kroyeri</i> Grube, 1860
<i>Eumida</i> sp	<i>Nephtys hystricis</i> Mc Intosh, 1900	<i>Sternaspis scutata</i> (Renier, 1807)
<i>Eunice vittata</i> (Delle Chiaje, 1828)	<i>Nephtys incisa</i> Malmgren, 1865	<i>Syllis parapari</i> San Martín & López, 2000
<i>Eupanthalis kinbergi</i> McIntosh, 1876	<i>Ninoe armoricana</i> Glémarec, 1968	<i>Syllis profunda</i> Cognetti, 1955
<i>Exogone verugera</i> (Claparède, 1868)	<i>Notomastus latericeus profundus</i> Eisig, 1887	<i>Terebellides mediterranea</i> Parapar, Mikac & Fiege, 2013
<i>Gallardoneris iberica</i> Martins, Carrera-Parra, Quintino & Rodrigues, 2012	<i>Ophelina abranchiata</i> Støp-Bowitz, 1948	
<b>Arthropodi</b>		
<i>Achaeus gracilis</i> (Costa, 1839)	<i>Goneplax rhomboides</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Paranymphon spinosum</i> Caullery, 1896
<i>Akanthophoreus gracilis</i> (Krøyer, 1842)	<i>Haploops nirae</i> Kaim Malka, 1976	<i>Paraphoxus oculatus</i> (G.O. Sars, 1879)
<i>Alpheus glaber</i> (Olivi, 1792)	<i>Harpinia antennaria</i> Meinert, 1890	<i>Pardaliscella boeckii</i> (Malm, 1870)
<i>Ampelisca</i> sp	<i>Harpinia crenulata</i> (Boeck, 1871)	<i>Periocolodes longimanus</i> longimanus (Bate & Westwood, 1868)
<i>Anapagurus</i> sp	<i>Harpinia dellavallei</i> Chevreux, 1910	<i>Perrierella audouiniana</i> (Bate, 1857)
<i>Anthura gracilis</i> (Montagu, 1808)	<i>Hippomedon bidentatus</i> Chevreux, 1903	<i>Photis longicaudata</i> (Bate & Westwood, 1862)
<i>Araphura brevimanus</i> (Lilljeborg, 1864)	<i>Hippomedon massiliensis</i> bellan-Santini, 1965	<i>Photis longipes</i> (Della Valle, 1893)
<i>Callianassa subterranea</i> (Montagu, 1898)	<i>Jaxea nocturna</i> Nardo, 1847	<i>Phthisica marina</i> Slabber, 1769
<i>Calocaris macandreae</i> Bell, 1846	<i>Leptocheirus</i> sp	<i>Pilumnus hirtellus</i> (Linnaeus, 1761)
<i>Carangolopsis spinulosa</i> Ledoyer, 1970	<i>Leucon (Epileucon) longirostris</i> Sars, 1871	<i>Pilumnus spinifer</i> H. Milne-Edwards, 1834
<i>Cirolana borealis</i> Lilljeborg, 1852	<i>Leucon</i> sp 1	<i>Processa canaliculata</i> Leach, 1815
<i>Collettea cylindrata</i> (Sars, 1882)	<i>Leucon</i> sp 2	<i>Processa</i> sp
<i>Diastylis rugosa</i> Sars, 1865	<i>Leucothoe lilljeborgi</i> Boeck, 1861	<i>Pseudotanaïs</i> sp
<i>Diastylis</i> sp Say, 1818	<i>Liljeborgia dellavallei</i> Stebbing, 1906	<i>Scalpellum scalpellum</i> (Linnaeus, 1767)
<i>Ebalia cranchii</i> Leach, 1817	<i>Maera grossimana</i> (Montagu, 1808)	<i>Stenothoe</i> sp
<i>Eriopisa elongata</i> (Bruzellius, 1859)	<i>Medicorophium rotundirostre</i> (Stephensen, 1915)	<i>Tryphosella longidactyla</i> Ruffo, 1985
<i>Eudorella nana</i> Sars, 1879	<i>Melphidippella macra</i> (Norman, 1869)	<i>Tuberapseudes echinatus</i> (G.O. Sars, 1882)
<i>Eurydice spinigera</i> Hansen, 1890	<i>Monodaeus couchii</i> (Couch, 1851)	<i>Upogebia deltaura</i> (Leach, 1815)
<i>Gammaropsis maculata</i> (Johnston, 1827)	<i>Nebalia bipes</i> (Fabricius, 1780)	
<i>Gnathia oxyuraea</i> (Lilljeborg, 1855)	<i>Pagurus alatus</i> Fabricius, 1775	
<b>Echinodermi</b>		
<i>Amphipolis squamata</i> (Chiaje, 1829)	<i>Leptometra phalangium</i> (Müller, 1841)	<i>Ophiotrix quinquemaculata</i> Müller-Troschel, 1842
<i>Amphiura chiajei</i> Forbes, 1843	<i>Neocucumis marioni</i> (Marenzeller, 1878)	<i>Ophiura grubei</i> Heller, 1863
<i>Amphiura filiformis</i> (O. F. Müller, 1776)	<i>Ophiacantha setosa</i> (Bruzellius, 1805)	<i>Trachythyone elongata</i> (Düben Koren, 1844)
<i>Labidoplax digitata</i> (Montagu, 1815)		
<b>Molluschi</b>		
<i>Abra</i> sp	<i>Falcidens gutturosus</i> (Kowalevsky, 1901)	<i>Nucula sulcata</i> (Bronn, 1831)
<i>Anomia ephippium</i> Linnaeus, 1758	<i>Flexopecten flexuosus</i> (Poli, 1795)	<i>Parvicardium minimum</i> (Philippi, 1836)
<i>Antalis dentalis</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Hyala vitrea</i> (Montagu, 1803)	<i>Poromya granulata</i> (Nyst & Westendorp, 1839)
<i>Antalis inaequicostata</i> (Dautzenberg, 1891)	<i>Kelliella abyssicola</i> (Forbes, 1844)	<i>Prochaetoderma radulliferum</i> (Kowalevsky, 1901)
<i>Batharca pectunculoides</i> (Scacchi, 1834)	<i>Kurtiella bidentata</i> (Montagu, 1803)	<i>Saccella commutata</i> (Philippi, 1844)
<i>Capulus ungaricus</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Lembulus pella</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Theora lubrica</i> Gould, 1861
<i>Cardiomya costellata</i> (Deshayes, 1835)	<i>Mendicula ferruginosa</i> (Forbes, 1844)	<i>Thyasira allenii</i> Carozza, 1981
<i>Clathrella clathrata</i> (Philippi, 1844)	<i>Modiolus barbatus</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Thyasira biplicata</i> (Philippi, 1836)
<i>Cuspidaria cuspidata</i> (Olivi 1792)	<i>Musculus subpictus</i> (Contraîne, 1835)	<i>Thyasira granulosa</i> (Monterosato, 1874)
<i>Cuspidaria rostrata</i> (Olivi, 1792)	<i>Myrtea spinifera</i> Contraîne, 1835	<i>Timoclea ovata</i> (Pennant, 1777)

Ennucula aegeensis (Forbes, 1844)	<i>Neopycnodonte cochlear</i> (Poli, 1795)	
Euspira guilleminii (Payraudeau, 1826)	<i>Nucula nitidosa</i> Winckworth, 1930	
<b>Sipunculidi</b>		
<i>Golfingia (Golfingia) vulgaris vulgaris</i> (Blainville, 1827)	<i>Onchnesoma steenstrupii steenstrupii</i> Koren & Danilssen, 1875	<i>Phascolion (Phascolion) strombus strombus</i> (Montagu, 1804)
<i>Nephasoma</i> sp		
<b>Nemertini</b>		
<b>Platelminti</b>		
<b>Poriferi</b>	<i>Sycon raphanus</i> Schmidt, 1862	
<b>Actiniari</b>		

Gli anellidi, rappresentati unicamente da policheti, risultano essere il gruppo dominante che con 6125 individui rappresentano oltre l'80% dell'abbondanza totale. I molluschi, e i crostacei secondi in ordine di abbondanza, forniscono, ciascuno, appena il 7% circa di contributo, mentre i sipunculidi si fermano al 2,3%. Echinodermi (44 individui) rappresentano meno dell'1% in totale (Figura 39).

Più equilibrata risulta essere la ripartizione delle specie tra i vari gruppi, sebbene anche da questo punto di vista gli anellidi policheti si confermino il taxon dominante fornendo circa il 48% delle specie rinvenute (101 specie). Poco più di un quarto del panorama faunistico è fornito dai crostacei (58 specie), mentre i molluschi, con 34 specie, rappresentano il 16% delle specie totali.

Gli echinodermi e i sipunculidi forniscono, rispettivamente, il 5% e il 2% di specie al panorama faunistico.



**Figura 39** - Ripartizione dell'abbondanza totale e del numero di specie tra i principali taxa rinvenuti nell'inverno 2020. Altro= cnidari, nemertini, poriferi, platelminti.

Ai policheti appartengono le specie rinvenute col maggior numero di individui. Le prime sette specie dominanti, sono, infatti, policheti e rappresentano nell'insieme oltre il 60% dell'abbondanza totale.

*Levinsenia demiri* (2658 individui) è in assoluto il polichete più abbondante e da solo rappresenta il 35% dell'abbondanza totale.

*Paradiopatra leptota* (503 individui), seconda in ordine di abbondanza, rappresenta meno del 7%, apportando un contributo paragonabile a *Kirkegaardia heterochaeta* (Figura 40).

Ad esse seguono *Aphelochoeta marioni*, *Glycera tridactyla* e *Ophelina abrachiata* che rappresentano, complessivamente, poco più del 9% dell'abbondanza totale. Le altre specie successive hanno inferiore al 2%.

Queste sei specie rappresentano da sole quasi il 60% dell'abbondanza totale. Questo risultato, che conferma quanto emerso dalla fase di "bianco", dimostra che l'area è caratterizzata da un panorama faunistico dominato da poche specie molto abbondanti affiancate da un elevato numero di specie presenti con pochi individui. Infatti 198 specie (ossia 93,8% del totale) contribuiscono per meno dell'1% all'abbondanza totale. Inoltre il 19,43% circa delle specie è presente con un solo individuo.



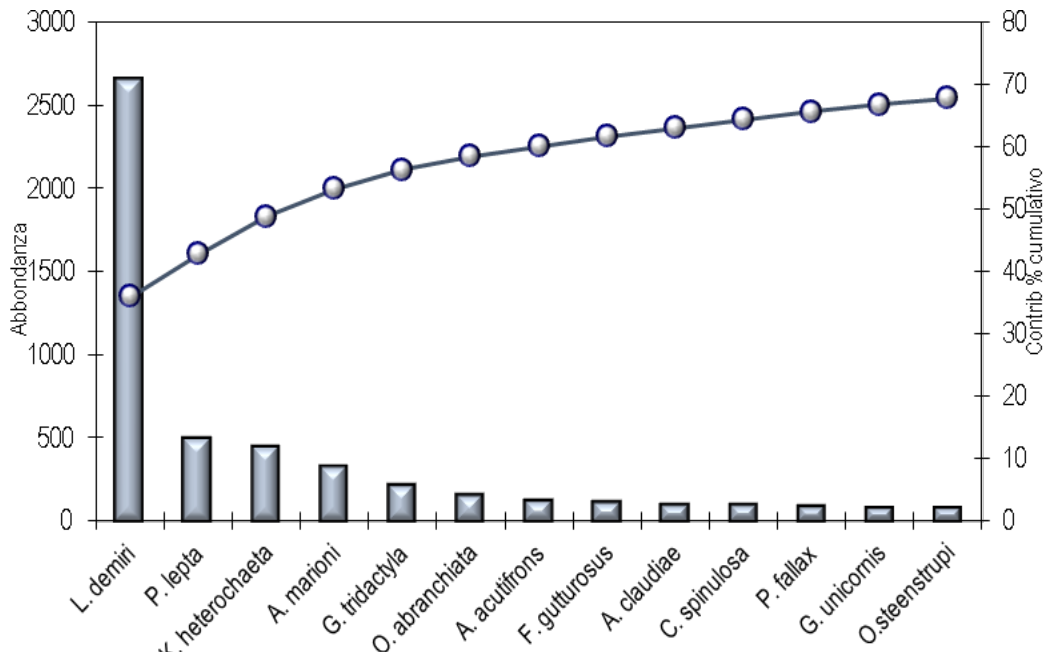


Figura 40 - Abbondanza totale e contributo percentuale cumulativo delle specie dominanti (I20).

Il dato più saliente di questa campagna è costituito dalla elevata differenza della stazione I20 MG9 rispetto alle altre, come ben evidente dai risultati della cluster analysis. Fatto comporta un ordinamento in cui tale stazione viene contrapposta alle altre che formano un unico indistinto gruppo. Per questo, l'n-MDS è stato rifatto rimuovendo tale stazione. Questa elevata differenza è dovuta alla presenza di un popolamento povero in termini sia di abbondanza sia di numero di specie.

Anche nell'inverno 2020 si registra una elevata variabilità a piccola scala (repliche). Dalla Simper analysis si ottiene che la similarità tra repliche all'interno della stessa stazione supera, e di pochissimo, il 50% in meno della metà dei casi.

Il valore medio tra repliche, è pertanto poco rappresentativo.

Nel piano di ordinamento (Figura 41) ottenuto dal non-Metric Multidimensional Scaling (n-MDS) si osserva che le stazioni non risultano distribuite nel plot in accordo alla loro posizione geografica o alla distanza dall'FSRU. Esse risultano essere disperse nel piano senza formare cluster riconducibili alla loro reale distribuzione spaziale né alla presenza del rigassificatore.

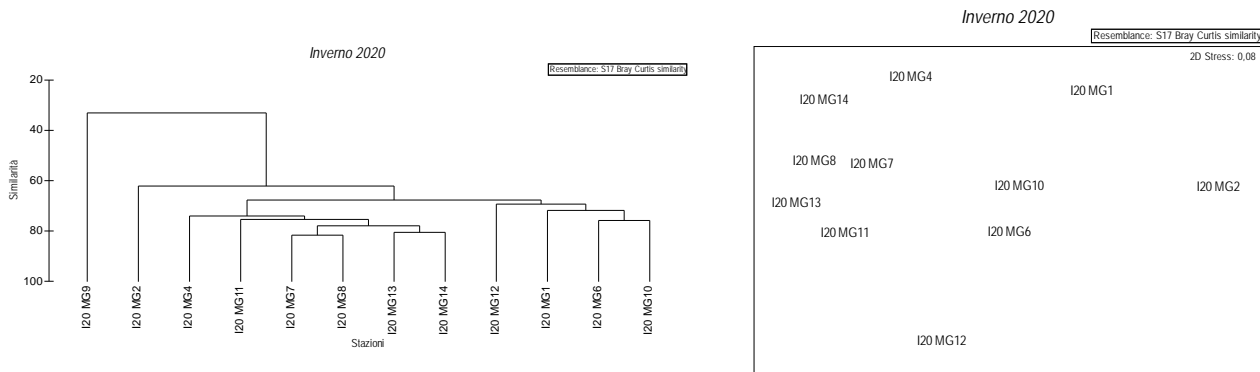


Figura 41 - Risultati della cluster analysis (group average) a sinistra, piano di ordinamento ottenuto dal n-MDS, a destra. La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Bray-Curtis. Nel piano di ordinamento è stata rimossa la stazione I20 MG9 (vedi testo per la spiegazione).

La posizione delle stazioni situate nella parte destra del plot (I20 MG1, I20 MG2) è dovuta al comportamento di *C. spinulosa*, *P. elhersi*, *P. raduliferum*, *P. longimanus*, *N. hystricis*. *G. tessellata* e *L. demiri* spiegano invece la posizione delle stazioni contrapposte situate nella parte sinistra del plot.

*P. lepta* spiega in parte la posizione di I20 MG4, mentre *P. lyra* e *H. tubicola* quella dei I20 MG12.

Anche dal punto di vista strutturale (Tabella 54) 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 20, minimo rilevato in I20 MG9 e 53, massimo osservato presso il rigassificatore (I20 MG12 e I20 MG13).

Le stazioni I20 MG1, I20 MG2, I20 MG4, I20 MG9 hanno un numero di specie un valore più basso rispetto alla media totale.

L'abbondanza totale media delle stazioni varia tra 41 (I20 MG9) e 208 (I20 MG14) esibendo una elevata variabilità tra stazioni. Nessuna stazione posta presso il Terminale ha una abbondanza inferiore alla media generale.

La Diversità di Shannon-Weaver mostra il suo minimo in I20 MG4, fatto dovuto essenzialmente ad un basso valore di equitabilità. All'opposto si colloca la stazione I20 MG12 che esibisce anche il picco di ricchezza specifica. In generale presso l'FSRU i valori di Ricchezza specifica sono alti essendo tutti maggiori di 8.

Analogamente al numero di specie, la ricchezza specifica nelle stazioni I20 MG1, I20 MG2, I20 MG4, I20 MG9 risulta inferiore alla media generale.

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

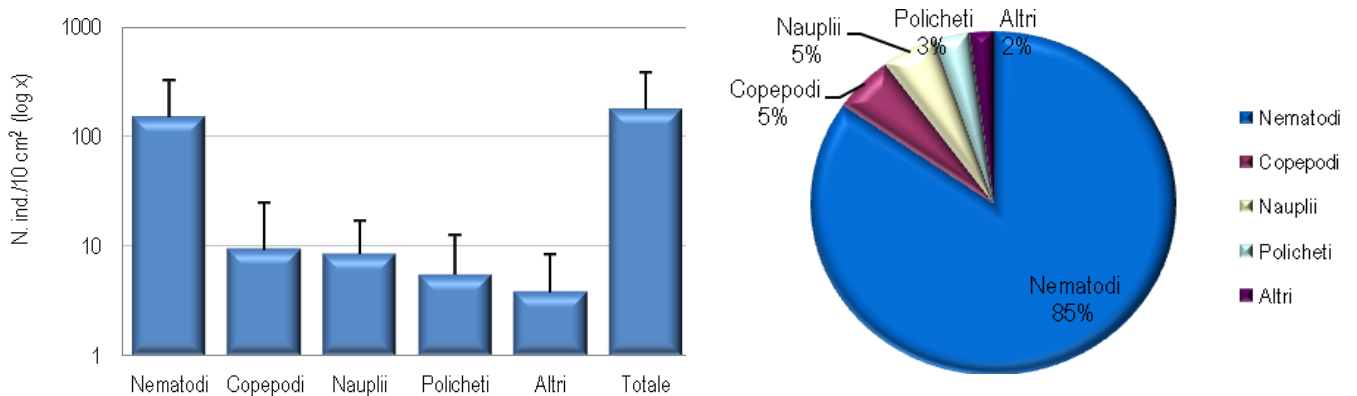
**Tabella 54** – Indici strutturali ( $\pm$ DS) relativi al popolamento macrobentonico. Numero di taxa (S), Numero di individui (N), Diversità specifica di Shannon-Weaver (H'), Ricchezza specifica di Margalef (d), Equitabilità di Pielou (J).

Stazioni	S	N	H'(log <sub>2</sub> )	d	J
I20 MG1	35,25 $\pm$ 6,85	138,25 $\pm$ 43,06	3,91 $\pm$ 0,40	6,97 $\pm$ 1,08	0,76 $\pm$ 0,07
I20 MG2	31,75 $\pm$ 5,62	103,25 $\pm$ 49,61	4,12 $\pm$ 0,40	6,77 $\pm$ 0,72	0,83 $\pm$ 0,09
I20 MG4	31,75 $\pm$ 11,24	145,25 $\pm$ 78,93	3,30 $\pm$ 0,59	6,22 $\pm$ 1,90	0,67 $\pm$ 0,07
I20 MG6	43,00 $\pm$ 12,70	161,75 $\pm$ 101,58	4,40 $\pm$ 0,16	8,40 $\pm$ 1,44	0,82 $\pm$ 0,04
I20 MG7	43,50 $\pm$ 9,57	180,75 $\pm$ 65,02	3,99 $\pm$ 0,52	8,21 $\pm$ 1,32	0,74 $\pm$ 0,10
I20 MG8	44,00 $\pm$ 4,69	174,50 $\pm$ 54,93	3,80 $\pm$ 0,53	8,42 $\pm$ 1,03	0,70 $\pm$ 0,09
I20 MG9	20,00 $\pm$ 2,16	41,00 $\pm$ 4,83	3,74 $\pm$ 0,11	5,12 $\pm$ 0,45	0,87 $\pm$ 0,05
I20 MG10	47,25 $\pm$ 13,23	144,25 $\pm$ 42,64	4,31 $\pm$ 0,44	9,29 $\pm$ 2,23	0,78 $\pm$ 0,04
I20 MG11	47,75 $\pm$ 5,74	181,00 $\pm$ 47,57	4,16 $\pm$ 0,14	9,02 $\pm$ 0,64	0,75 $\pm$ 0,03
I20 MG12	53,00 $\pm$ 14,49	162,75 $\pm$ 60,82	4,60 $\pm$ 0,74	10,23 $\pm$ 2,35	0,81 $\pm$ 0,07
I20 MG13	53,25 $\pm$ 8,96	207,00 $\pm$ 86,88	4,11 $\pm$ 0,28	9,86 $\pm$ 1,03	0,72 $\pm$ 0,07
I20 MG14	44,50 $\pm$ 5,80	208,00 $\pm$ 104,34	3,86 $\pm$ 0,62	8,32 $\pm$ 0,85	0,71 $\pm$ 0,13

#### 4.2.2 Meiobenthos

##### Dati delle singole stazioni

La stazione I20 MG1, caratterizzata da un sedimento sabbioso fine misto a silt e con detrito vegetale, presenta una comunità meiobentonica costituita da dieci gruppi tassonomici, con una densità complessiva di  $175,6 \pm 200,6$  ind./10 cm<sup>2</sup>, la più alta registrata nell'area. I Nematodi sono il taxon dominante ( $148,7 \pm 170,7$  ind./10 cm<sup>2</sup>), raggiungendo l'84,7% della meiofauna totale. Seguono i Copepodi ( $9,3 \pm 15,2$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 5,3%), i Nauplii ( $8,4 \pm 8,4$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 4,8%) e i Policheti ( $5,5 \pm 6,8$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 3,1%). I restanti sei taxa, raggruppati nella categoria "Altri" costituiscono nel complesso il 2,2% della biocenosi ( $3,8 \pm 4,4$  ind./10 cm<sup>2</sup>); nessuno di essi supera l'1% del popolamento complessivo (Tabella 55; Figura 42). Il valore dell'indice di ricchezza di Margalef è superiore alla media riscontrata nell'area, la diversità di Shannon-Wiener risulta pari ad essa, mentre l'equitabilità di Pielou è inferiore alla media calcolata per l'area (Tabella 57).

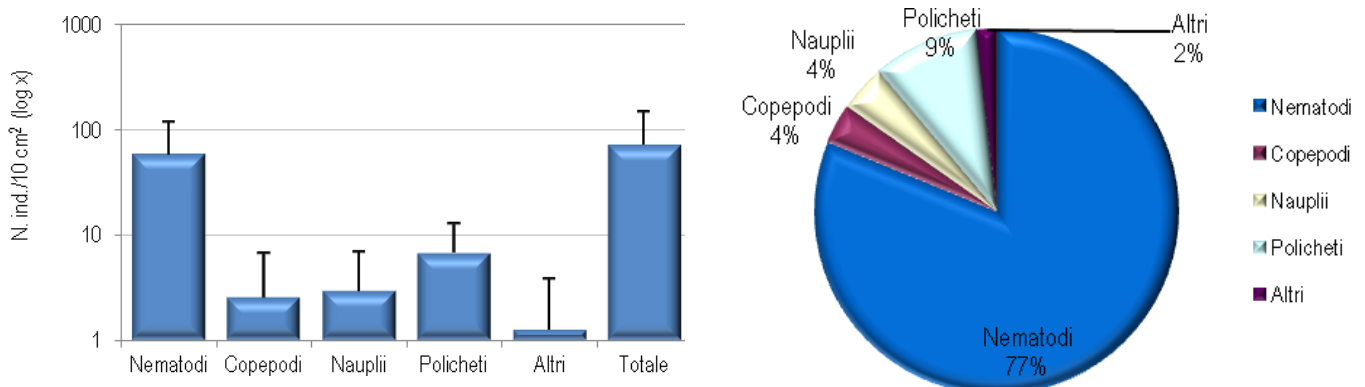


**Figura 42** - Staziona I20 MG1. Densità media  $\pm$  deviazione standard (ind./10 cm<sup>2</sup>) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

**Tabella 55** - Struttura della comunità meiobentonica nelle stazioni I20 MG1, I20 MG2, I20 MG4, I20 MG6, I20 MG7, I20 MG8. Densità media ( $\pm$ DS) (ind./10 cm<sup>2</sup>) dei taxa principali e del popolamento complessivo. L'abbondanza relativa (%) dei singoli taxa è stata calcolata in relazione alla densità totale.

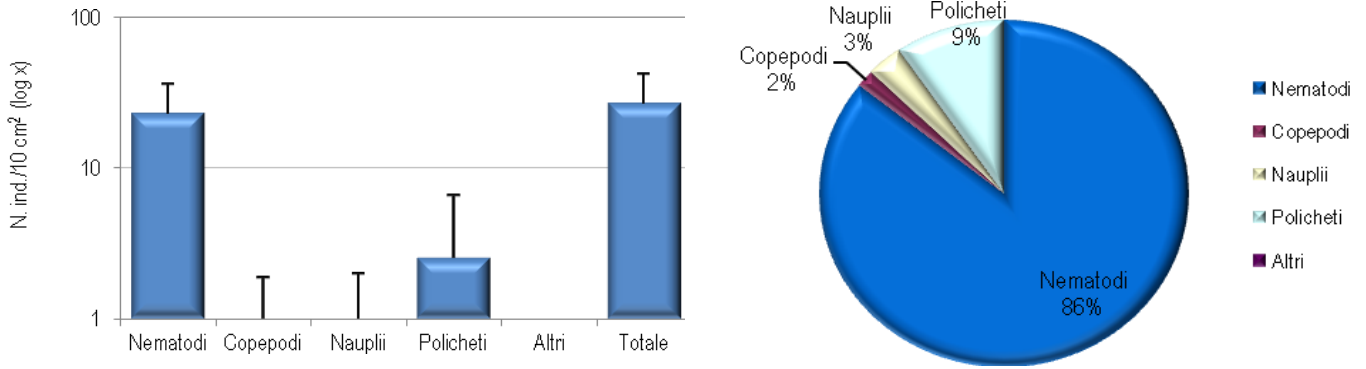
	I20 MG1		I20 MG2		I20 MG4		I20 MG6		I20 MG7		I20 MG8	
	Media $\pm$ DS	%	Media $\pm$ DS	%	Media $\pm$ DS	%	Media $\pm$ DS	%	Media $\pm$ DS	%	Media $\pm$ DS	%
Nematodi	148,7 $\pm$ 170,7	84,7	58,1 $\pm$ 59,9	81,2	22,7 $\pm$ 12,9	85,8	35,8 $\pm$ 48,3	85,0	59,4 $\pm$ 40,9	82,9	70,7 $\pm$ 75,0	76,7
Copepodi	9,3 $\pm$ 15,2	5,3	2,5 $\pm$ 4,0	3,5	0,4 $\pm$ 0,8	1,6	0,8 $\pm$ 1,0	2,0	2,1 $\pm$ 1,6	2,9	5,9 $\pm$ 6,8	6,4
Nauplii	8,4 $\pm$ 8,4	4,8	2,9 $\pm$ 3,7	4,1	0,8 $\pm$ 1,0	3,2	0,8 $\pm$ 1,0	2,0	3,8 $\pm$ 6,5	5,3	4,6 $\pm$ 6,1	5,0
Policheti	5,5 $\pm$ 6,8	3,1	6,7 $\pm$ 6,0	9,4	2,5 $\pm$ 4,0	9,5	4,2 $\pm$ 3,2	10,0	5,5 $\pm$ 6,1	7,6	8,4 $\pm$ 8,3	9,1
Chinorinchi	1,3 $\pm$ 1,6	0,7	0,8 $\pm$ 1,7	1,2	-	-	-	-	-	-	0,4 $\pm$ 0,8	0,5
Turbellari	0,4 $\pm$ 0,8	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ostracodi	0,8 $\pm$ 1,7	0,5	-	-	-	-	-	-	0,4 $\pm$ 0,8	0,6	1,3 $\pm$ 1,6	1,4
Anfipodi	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4 $\pm$ 0,8	0,6	-	-
Briozoi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Isopodi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bivalvi	0,4 $\pm$ 0,8	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Caudofoveati	0,4 $\pm$ 0,8	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nemertini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Acari	0,4 $\pm$ 0,8	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tanaidacei	-	-	0,4 $\pm$ 0,8	0,6	-	-	-	-	-	-	0,8 $\pm$ 1,7	0,9
Ciliati	-	-	-	-	-	-	0,4 $\pm$ 0,8	1,0	-	-	-	-
Altri ( $\Sigma$ Chino-Cili)	3,8 $\pm$ 4,4	2,2	1,3 $\pm$ 2,5	1,8	-	-	0,4 $\pm$ 0,8	1,0	0,8 $\pm$ 1,0	1,2	2,5 $\pm$ 4,0	2,7
Meiofauna totale	175,6 $\pm$ 200,6	-	71,6 $\pm$ 75,1	-	26,5 $\pm$ 14,7	-	42,1 $\pm$ 50,0	-	71,6 $\pm$ 46,8	-	92,2 $\pm$ 98,9	-

La stazione I20 MG2 presenta un sedimento di tipo sabbioso fine con con silt e detrito vegetale. La comunità meiobentonica è costituita da sei taxa principali, per una popolazione complessiva di  $71,6 \pm 75,1$  ind./10 cm<sup>2</sup>. Dominano i Nematodi con l'81,2% della biocenosi e una densità di  $58,1 \pm 59,9$  ind./10 cm<sup>2</sup>. Seguono i Policheti ( $6,7 \pm 6,0$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 9,4%), i Nauplii ( $2,9 \pm 3,7$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 4,1%) e, infine, i Copepodi ( $2,5 \pm 4,0$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 3,5%). I due taxa meno abbondanti, Chinorinchi e Tanaidacei, rappresentano l'1,8% della biocenosi ("Altri":  $1,3 \pm 2,5$  ind./10 cm<sup>2</sup>); di questi i Chinorinchi superano l'1% del totale (Tabella 55; Figura 43). I valori degli indici ecologici calcolati in questa stazione corrispondono ai rispettivi valori medi riscontrati nell'area (Tabella 57).



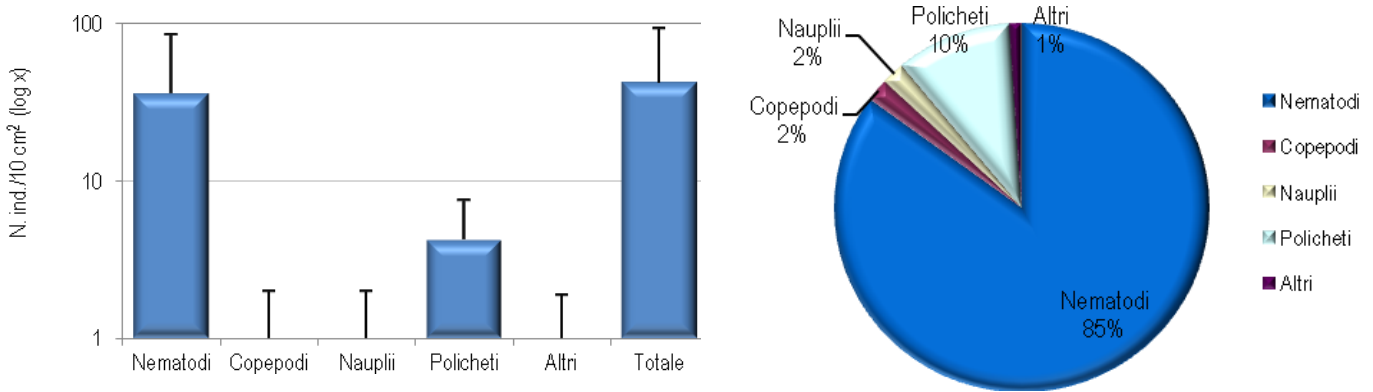
**Figura 43** - Stazione I20 MG2. Densità media  $\pm$  deviazione standard (ind./10 cm<sup>2</sup>) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il sedimento della stazione I20 MG4, costituito da sabbia fine mista a silt e detrito vegetale, presenta solo quattro gruppi meiobentonici, per una densità media complessiva di  $26,5 \pm 14,7$  ind./10 cm<sup>2</sup>, tra i valori più bassi riscontrati nell'area (Tabella 55). I Nematodi sono il taxon dominante, con una densità di  $22,7 \pm 12,9$  ind./10 cm<sup>2</sup>, corrispondente all'85,8% del popolamento. Seguono i Policheti ( $2,5 \pm 4,0$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 9,5%), i Nauplii ( $0,8 \pm 1,0$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 3,2%) e i Copepodi ( $0,4 \pm 0,8$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 1,6%). In questa stazione sono risultati assenti i taxa normalmente meno abbondanti altrove ("Altri") (Tabella 55; Figura 44). I valori degli indici di ricchezza di Margalef e di diversità di Shannon-Wiener risultano inferiori alla media calcolata per l'area, mentre l'equitabilità di Pielou è pari ad essa (Tabella 57).



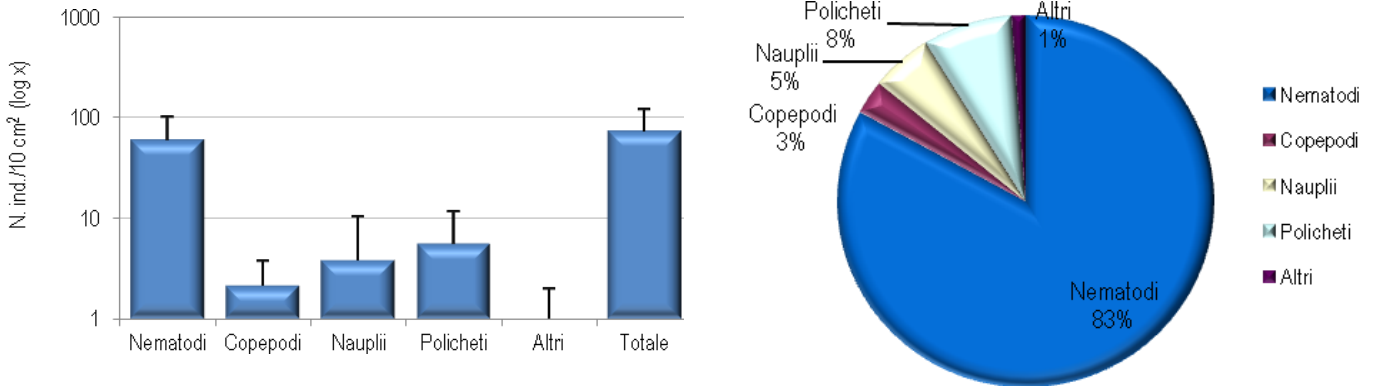
**Figura 44** - Stazione I20 MG4. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm<sup>2</sup>) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il sedimento della stazione I20 MG6 è costituito da sabbia fine con silt e detrito vegetale; in esso sono stati rinvenuti i rappresentanti di soli cinque gruppi tassonomici, per una densità complessiva di 42,1 ± 50,0 ind./10 cm<sup>2</sup> (Tabella 55). Dominano i Nematodi con una densità di 35,8 ± 48,3 ind./10 cm<sup>2</sup>, corrispondente all'85,0% del popolamento complessivo. I Policheti sono subdominanti (4,2 ± 3,2 ind./10 cm<sup>2</sup>; 10,0%), seguiti da Copepodi (0,8 ± 1,0 ind./10 cm<sup>2</sup>; 2,0%) e Nauplii (0,8 ± 1,0 ind./10 cm<sup>2</sup>; 2,0%). Ultimo taxon rinvenuto sono i Ciliati, che raggiungono l'1,0% del totale (0,4 ± 0,8 ind./10 cm<sup>2</sup>; Tabella 55; Figura 45). In questo sito, i valori degli indici di ricchezza di Margalef e di diversità di Shannon-Wiener risultano inferiori alla media calcolata per l'area, mentre l'equitabilità di Pielou corrisponde ad essa (Tabella 57).



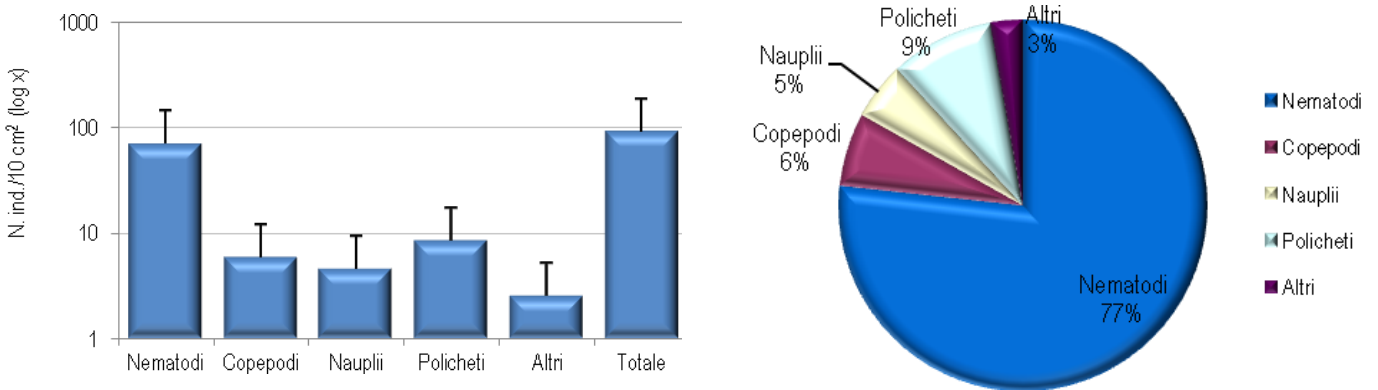
**Figura 45** - Stazione I20 MG6. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm<sup>2</sup>) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il sedimento della stazione I20 MG7, costituito da sabbia fine con silt e detrito vegetale, è caratterizzato dalla presenza di sei major taxa, con una densità media totale di 71,6 ± 46,8 ind./10 cm<sup>2</sup>. I Nematodi sono il taxon dominante, con una densità media di 59,4 ± 40,9 ind./10 cm<sup>2</sup>, pari all'82,9% del popolamento complessivo. Seguono i Policheti (5,5 ± 6,1 ind./10 cm<sup>2</sup>; 7,6%), i Nauplii (3,8 ± 6,5 ind./10 cm<sup>2</sup>; 5,3%) e, infine, i Copepodi (2,1 ± 1,6 ind./10 cm<sup>2</sup>; 2,9%). I restanti due taxa, Anfipodi e Ostracodi, rappresentano 1,2% della meiofauna totale; nessuno di questi supera l'1% della biocenosi (Tabella 55; Figura 46). I valori degli indici ecologici calcolati in questa stazione corrispondono ai rispettivi valori medi calcolati per l'area (Tabella 57).



**Figura 46** - Stazione I20 MG7. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm<sup>2</sup>) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

La stazione I20 MG8 è caratterizzata da sabbia fine con silt mista a detrito grossolano e vegetale. La biocenosi meiobentonica è costituita da sette gruppi tassonomici, per una densità complessiva pari a  $92,2 \pm 98,9$  ind./10 cm<sup>2</sup> (Tabella 55, Tabella 57). Analogamente ad altri siti, i Nematodi sono il gruppo dominante, con una densità di  $70,7 \pm 75,0$  ind./10 cm<sup>2</sup>, pari al 76,7% del popolamento. Seguono Policheti ( $8,4 \pm 8,3$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 9,1%), Copepodi ( $5,9 \pm 6,8$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 6,4%) e, infine, Nauplii ( $4,6 \pm 6,1$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 5,0%). I restanti tre taxa costituiscono il 2,7% del totale ( $78,8 \pm 52,0$  ind./10 cm<sup>2</sup>); di questi solo gli Ostracodi superano l'1% del popolamento complessivo (Tabella 55; Figura 47). In questa stazione i valori degli indici di ricchezza di Margalef e di diversità di Shannon-Wiener risultano superiori alla media calcolata per l'area, mentre l'equitabilità di Pielou corrisponde ad essa (Tabella 57).



**Figura 47** - Stazione I20 MG8. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm<sup>2</sup>) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il sedimento della stazione I20 MG9, costituito da sabbia fine mista a silt e con detrito vegetale, ospita una biocenosi caratterizzata da soli quattro gruppi tassonomici, con una densità media complessiva pari a  $35,0 \pm 36,3$  ind./10 cm<sup>2</sup> (Tabella 56, Tabella 57). I Nematodi risultano dominanti, costituendo il 90,2% della meiofauna totale (densità:  $31,6 \pm 30,8$  ind./10 cm<sup>2</sup>). Seguono i Nauplii ( $1,7 \pm 2,4$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 4,8%) e i Copepodi ( $1,3 \pm 2,5$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 3,6%), mentre risultano assenti in questa stazione i Policheti. Il restante taxon, i Tanaidacei, rappresenta l'1,2% del popolamento ( $0,4 \pm 0,8$  ind./10 cm<sup>2</sup>; Tabella 56; Figura 48). In questo sito i valori degli indici ecologici risultano inferiori ai valori medi rilevati nell'area a causa della relativa povertà faunistica registrata (Tabella 57).

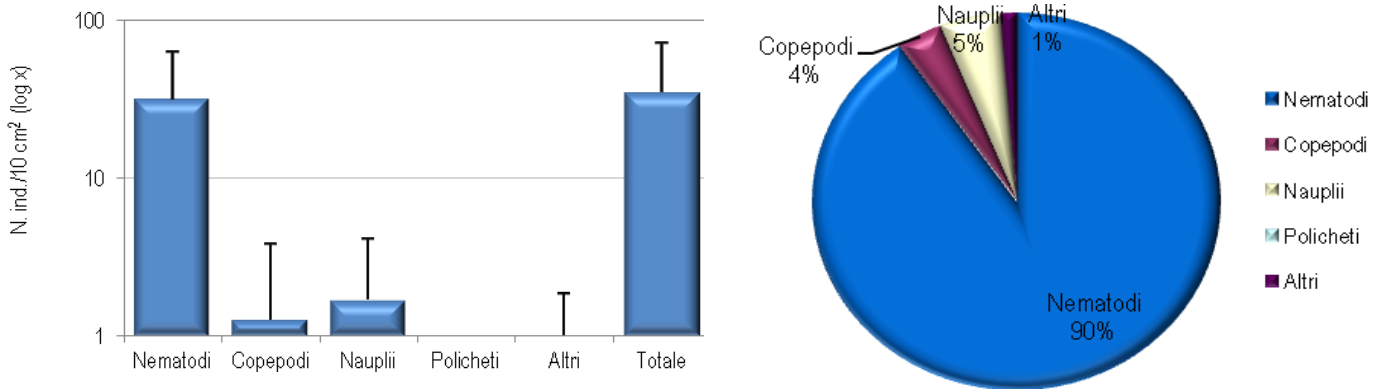


Figura 48 - Stazione I20 MG9. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm<sup>2</sup>) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Tabella 56 - Struttura della comunità meiobentonica nelle stazioni I20 MG9, I20 MG10, I20 MG11, I20 MG12, I20 MG13, I20 MG14. Densità media (±DS) (ind./10 cm<sup>2</sup>) dei taxa principali e del popolamento complessivo. L'abbondanza relativa (%) dei singoli taxa è stata calcolata in relazione alla densità totale.

	I20 MG9		I20 MG10		I20 MG11		I20 MG12		I20 MG13		I20 MG14	
	Media±DS	%	Media±DS	%	Media±DS	%	Media±DS	%	Media±DS	%	Media±DS	%
Nematodi	31,6±30,8	90,2	71,2±36,8	77,2	109,9±152,8	80,1	70,3±58,4	90,7	47,2±22,6	71,4	10,1±5,7	70,7
Copepodi	1,3±2,5	3,6	6,7±13,5	7,3	9,3±17,4	6,7	0,8±1,0	1,1	0,4±0,8	0,6	0,4±0,8	2,9
Nauplii	1,7±2,4	4,8	9,3±17,4	10,0	5,9±7,6	4,3	2,9±3,5	3,8	0,8±1,0	1,3	0,4±0,8	2,9
Policheti	-	-	4,6±2,9	5,0	9,3±12,1	6,7	2,5±4,0	3,3	8,0±7,2	12,1	2,9±2,5	20,6
Chinorinchi	-	-	-	-	0,4±0,8	0,3	-	-	-	-	-	-
Turbellari	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ostracodi	-	-	-	-	0,8±1,7	0,6	-	-	-	-	-	-
Anfipodi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Briozoi	-	-	-	-	-	-	-	-	8,4±16,8	12,7	-	-
Isopodi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4±0,8	2,9
Bivalvi	-	-	-	-	0,4±0,8	0,3	-	-	0,4±0,8	0,6	-	-
Caudofoveati	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nemertini	-	-	-	-	-	-	0,4±0,8	0,5	-	-	-	-
Acari	-	-	0,4±0,8	0,5	0,4±0,8	0,3	0,4±0,8	0,5	0,8±1,0	1,3	-	-
Tanaidacei	0,4±0,8	1,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ciliati	-	-	-	-	0,8±1,7	0,6	-	-	-	-	-	-
Altri (ΣChino-Cili)	0,4±0,8	1,2	0,4±0,8	0,5	2,9±4,8	2,1	0,8±1,0	1,1	9,7±17,1	14,7	0,4±0,8	2,9
Meiofauna totale	35,0±36,3	-	92,2±67,5	-	137,3±194,1	-	77,5±66,2	-	66,1±43,1	-	14,3±6,2	-

La stazione I20 MG10 presenta un sedimento costituito da sabbia fine mista a silt e con detrito vegetale. L'analisi faunistica ha portato al rinvenimento di esemplari appartenenti a soli cinque taxa meiobentonici maggiori, con una densità media totale pari a 92,2 ± 67,5 ind./10 cm<sup>2</sup> (Tabella 56, Tabella 57). Domina ancora una volta il taxon dei Nematodi, con una densità di 71,2 ± 36,8 ind./10 cm<sup>2</sup>, pari al 77,2% della biocenosi. Seguono i Nauplii (9,3 ± 17,4 ind./10 cm<sup>2</sup>; 10,0%), i Copepodi (6,7 ± 13,5 ind./10 cm<sup>2</sup>; 7,3%) e i Policheti (4,6 ± 2,9 ind./10 cm<sup>2</sup>; 5,0%) (Tabella 56; Figura 49). Il restante taxon, gli Acari, rappresenta solo lo 0,5% del popolamento complessivo (0,4 ± 0,8 ind./10 cm<sup>2</sup>; Tabella 56). Il valore dell'indice di ricchezza di Margalef risulta inferiore alla media calcolata per l'area, mentre la diversità di Shannon-Wiener e l'equitabilità di Pielou sono superiori ad essa (Tabella 57).

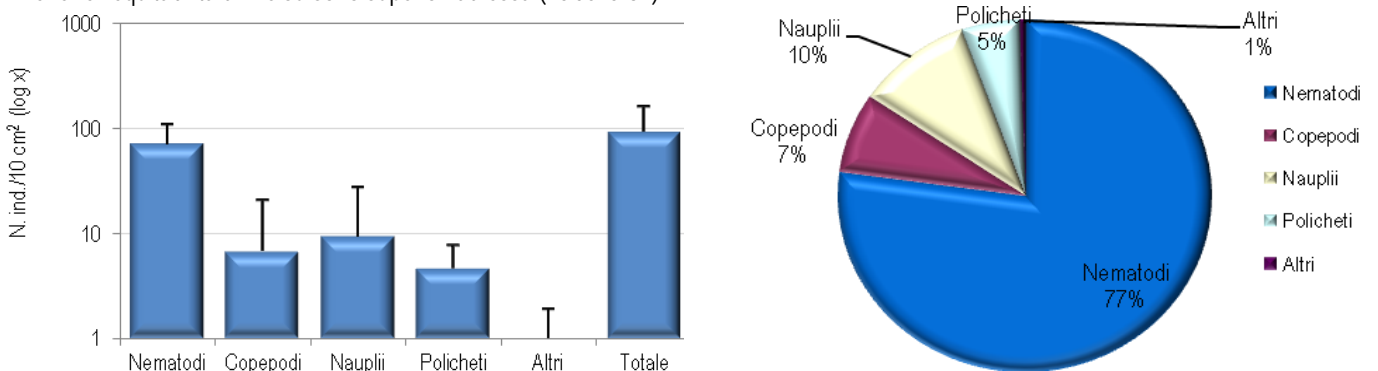


Figura 49 - Stazione I20 MG10. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm<sup>2</sup>) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il sedimento della stazione I20 MG11, caratterizzato da sabbia fine con silt e detrito vegetale, ospita una biocenosi meiobentonica costituita da nove gruppi meiobentonici, che raggiungono una densità media complessiva pari a  $137,3 \pm 194,1$  ind./10 cm<sup>2</sup>, tra le più elevate registrate nell'area. I Nematodi sono il taxon dominante, con una densità media di  $109,9 \pm 152,8$  ind./10 cm<sup>2</sup>, che corrisponde all'80,1% del popolamento complessivo (Tabella 56). Seguono i Copepodi ( $9,3 \pm 17,4$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 6,7%), i Policheti ( $9,3 \pm 12,1$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 6,7%) e i Nauplii ( $5,9 \pm 7,6$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 4,3%). I restanti cinque taxa costituiscono il 2,1% della biocenosi ("Altri":  $2,9 \pm 4,8$  ind./10 cm<sup>2</sup>); nessuno di questi supera l'1% del totale (Tabella 56; Figura 50). In questa stazione i valori degli indici di ricchezza di Margalef e di diversità di Shannon-Wiener sono superiori alla media calcolata per l'area, mentre l'equitabilità di Pielou è pari ad essa (Tabella 57).

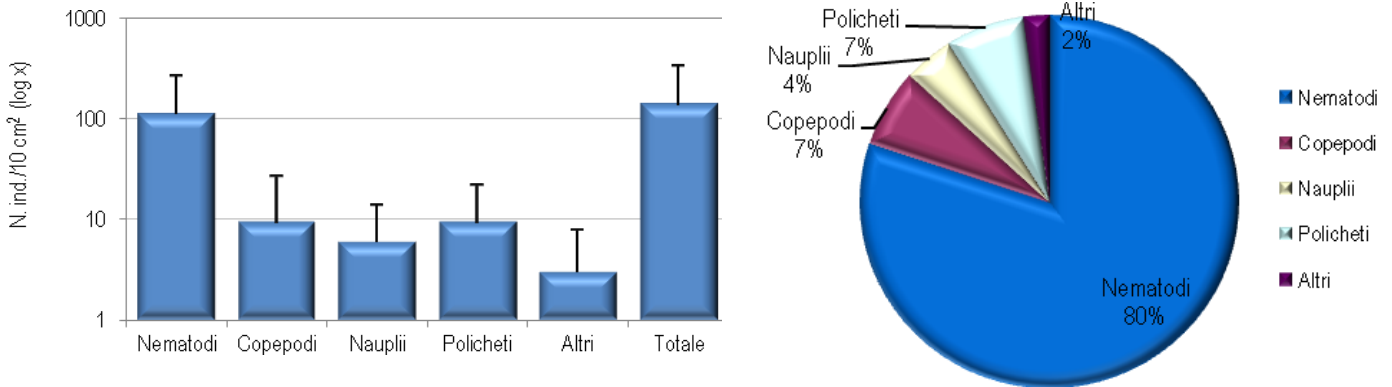


Figura 50 - Stazione I20 MG11. Densità media  $\pm$  deviazione standard (ind./10 cm<sup>2</sup>) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il sedimento della stazione I20 MG12 è costituito da sabbia medio-fine con silt, mista a detrito grossolano e vegetale. In questo sito sono stati rinvenuti esemplari appartenenti a nove taxa meiobentonici maggiori, per un'abbondanza media complessiva di  $77,5 \pm 66,2$  ind./10 cm<sup>2</sup>. I Nematodi sono il taxon dominante, con una densità di  $70,3 \pm 58,4$  ind./10 cm<sup>2</sup>, pari al 90,7% del popolamento complessivo. Seguono Nauplii ( $2,9 \pm 3,5$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 3,8%), Policheti ( $2,5 \pm 4,0$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 3,3%) e Copepodi ( $0,8 \pm 1,0$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 1,1%). I restanti due taxa, Nemertini e Acari, costituiscono l'1,1% della biocenosi ("Altri":  $0,8 \pm 1,0$  ind./10 cm<sup>2</sup>; Tabella 56; Figura 51). In questa stazione i valori degli indici ecologici risultano inferiori ai valori medi rilevati nell'area (Tabella 57).

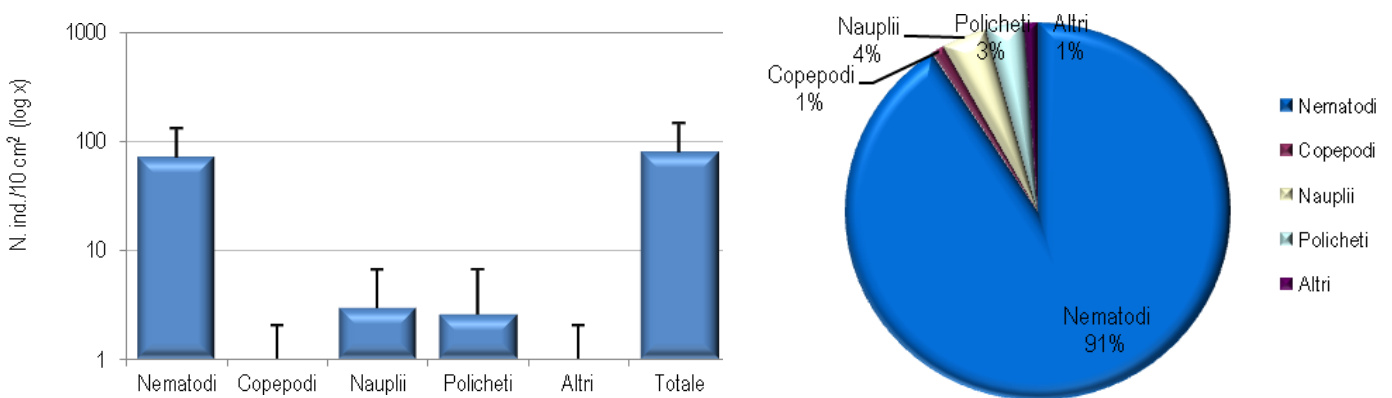


Figura 51 - Stazione I20 MG12. Densità media  $\pm$  deviazione standard (ind./10 cm<sup>2</sup>) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il sedimento della stazione I20 MG13, costituito da sabbia fine mista a silt e con detrito grossolano e vegetale, ospita una comunità meiobentonica che annovera rappresentanti di sette taxa principali, per una densità complessiva pari a  $66,1 \pm 43,1$  ind./10 cm<sup>2</sup> (Tabella 56). Come in altre stazioni, dominano i Nematodi, con densità di  $47,2 \pm 22,6$  ind./10 cm<sup>2</sup>, pari al 71,4% del popolamento totale. Seguono i taxa normalmente meno abbondanti ("Altri":  $9,7 \pm 17,1$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 14,7%), i Policheti ( $8,0 \pm 7,2$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 12,1%), i Nauplii ( $0,8 \pm 1,0$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 1,3%) e, infine, i Copepodi ( $0,4 \pm 0,8$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 0,6%). Questa stazione è caratterizzata dalla cospicua presenza di Briozoi, che costituiscono da soli il 12,7% della biocenosi. Tra i taxa meno abbondanti anche gli Acari superano l'1% del popolamento complessivo (Tabella 56; Figura 52). In questa stazione i valori degli indici ecologici risultano superiori ai valori medi rilevati nell'area (Tabella 57).

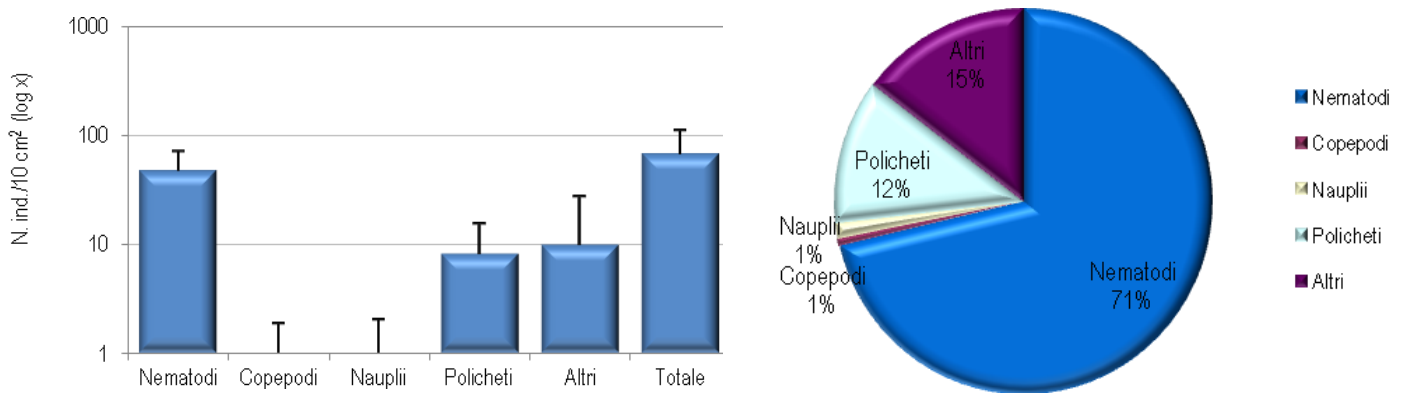


Figura 52 - Stazione I20 MG13. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm<sup>2</sup>) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

La stazione I20 MG14 è caratterizzata da sabbia medio-fine con silt e detrito vegetale. L'analisi faunistica dei campioni ha portato al rinvenimento di soli cinque taxa meiobentonici, con una densità media complessiva pari a  $14,3 \pm 6,2$  ind./10 cm<sup>2</sup>, la più bassa registrata nell'area (Tabella 56). I Nematodi risultano dominanti, analogamente ad altri siti, raggiungendo il 70,7% della biocenosi complessiva ( $10,1 \pm 5,7$  ind./10 cm<sup>2</sup>). Ad essi fanno seguito i Policheti, taxon subdominante ( $2,9 \pm 2,5$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 20,6%), i Copepodi ( $0,4 \pm 0,8$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 2,9%) e i Nauplii ( $0,4 \pm 0,8$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 2,9%). Il restante taxon, gli Isopodi, raggiunge il 2,9% del popolamento complessivo ( $0,4 \pm 0,8$  ind./10 cm<sup>2</sup>; Tabella 56; Figura 53). Nonostante le ridotte densità, i valori degli indici ecologici risultano superiori ai valori medi rilevati nell'area (Tabella 57).

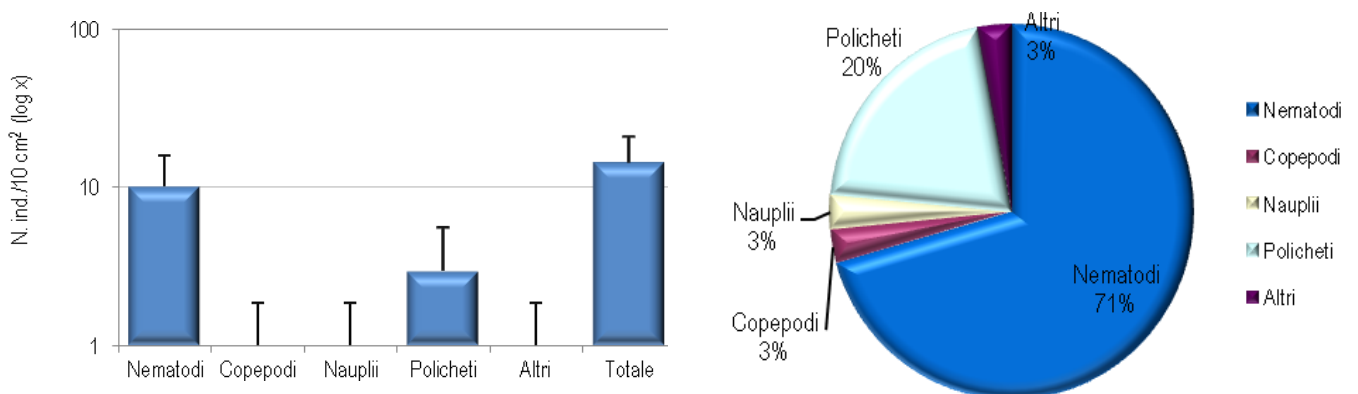


Figura 53 - Stazione I20 MG14. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm<sup>2</sup>) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

### Dati complessivi

Nell'area di studio sono stati rinvenuti complessivamente organismi appartenenti a sedici gruppi tassonomici. Nematodi, Copepodi e Nauplii sono risultati presenti in tutte e 12 le stazioni investigate, mentre i Policheti sono risultati assenti in un unico sito (I20 MG9). Dei rimanenti taxa, Acari, Ostracodi, Tanaidacei, Bivalvi e Chinorinchi risultano presenti in tre-cinque siti, mentre Anfipodi, Isopodi, Briozoi, Caudofoveati, Nemertini, Turbellari e Ciliati sono rinvenuti solamente in una-due stazioni. I popolamenti di questi taxa sono generalmente costituiti da pochi individui, anche se in alcune stazioni la densità di alcuni di essi e tutt'altro che trascurabile come nel caso dei Briozoi che raggiungono una densità di  $8,4 \pm 16,8$  ind./10 cm<sup>2</sup> nella stazione I20 MG13. In ogni caso, soltanto quattro dei taxa minori, giungono a rappresentare oltre l'1% dell'intero popolamento meiobentonico e solamente in tre stazioni: gli Ostracodi in I20 MG8, i Briozoi e gli Acari in I20 MG13 e, infine, gli Isopodi in I20 MG14.

La densità media totale della meiofauna nell'area investigata è pari a  $75,2 \pm 95,1$  ind./10 cm<sup>2</sup>. I Nematodi sono risultati dominanti, con una densità media di  $61,3 \pm 77,3$  ind./10 cm<sup>2</sup>, pari all'81,5% della biocenosi complessiva. Seguono i Policheti ( $5,0 \pm 6,0$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 6,7%), i Nauplii ( $3,5 \pm 6,6$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 4,7%) e i Copepodi ( $3,3 \pm 7,9$  ind./10 cm<sup>2</sup>; 4,4%). I dodici taxa meno abbondanti, raggruppati nella categoria "Altri", costituiscono il 2,6% della comunità ( $1,9 \pm 4,0$  ind./10 cm<sup>2</sup>); nessuno di questi supera l'1% dell'intero popolamento (Tabella 58).



L'analisi della varianza (ANOVA) condotta per verificare la significatività delle eventuali differenze nei valori medi delle abbondanze riscontrate nelle 12 stazioni non ha evidenziato differenze statisticamente significative. Si sottolinea l'assenza dei taxa meno abbondanti nella stazione I20 MG4.

**Tabella 57** - Indici strutturali relativi al popolamento meiobentonico calcolati sui valori medi di abbondanza. Numero di taxa (S), Numero medio di individui (N), Ricchezza di Margalef (d), Diversità di Shannon-Wiener (H'), Equitabilità di Pielou (J).

	S	N	d	H'	J
MG1	10	175,6	1,7	0,7	0,3
MG2	6	71,6	1,2	0,7	0,4
MG4	4	26,5	0,9	0,5	0,4
MG6	5	42,1	1,1	0,6	0,4
MG7	6	71,6	1,2	0,7	0,4
MG8	7	92,2	1,3	0,9	0,4
MG9	4	35,0	0,8	0,4	0,3
MG10	5	92,2	0,9	0,8	0,5
MG11	9	137,3	1,6	0,8	0,4
MG12	6	77,5	1,1	0,4	0,2
MG13	7	66,1	1,4	0,9	0,5
MG14	5	14,3	1,5	0,9	0,5
Media	6	75,2	1,2	0,7	0,4

In **Tabella 57** sono riportati i parametri strutturali calcolati per le singole stazioni. Numero di taxa (S) e abbondanza media (N) variano nelle stazioni investigate, da 4 a 10 taxa il primo, e da 14 a 175 ind./10 cm<sup>2</sup> il secondo. Il sito I20 MG4 presenta il numero più basso di taxa, insieme a I20 MG9, oltre al minimo valore di densità, mentre I20 MG1 presenta il più elevato numero di taxa unitamente al più alto valore di abbondanza. Anche gli indici di ricchezza di Margalef (d), diversità di Shannon-Wiener (H') ed equitabilità di Pielou (J) variano nei siti indagati. La ricchezza di Margalef (d) varia da un minimo di 0,8 nella stazione I20 MG9 a un massimo di 1,7 in I20 MG1 (**Tabella 57**). Il valore dell'indice di diversità di Shannon-Wiener (H') risulta minimo in I20 MG9 (0,4) e massimo nei siti I20 MG8, I20 MG13 e I20 MG14 (0,9). Infine, l'indice di equitabilità di Pielou (J) varia da un valore minimo di 0,2 in I20 MG12 a un massimo di 0,5, calcolato in tre stazioni (I20 MG10, I20 MG13 e I20 MG14; **Tabella 57**). Considerando la distanza reciproca tra questi siti e la loro distanza relativa rispetto al rigassificatore, non emergono relazioni evidenti tra le differenze osservate e la loro collocazione geografica, in particolare rispetto al terminale.

Le analisi multivariate hanno evidenziato una similarità faunistica intermedia tra le stazioni investigate. Il dendrogramma derivante dalla Cluster Analysis, tecnica di classificazione che raggruppa i campioni in gruppi gerarchici sulla base della matrice di similarità, mostra una prima dicotomia a un valore di similarità faunistica tra i siti prossimo al 65% (Figura 54). In corrispondenza di tale valore, quattro siti, I20 MG4, I20 MG6, I20 MG9 e I20 MG14, risultano separati dai restanti otto. La diversità tassonomica e le densità rilevate in queste quattro stazioni risultano inferiori rispetto a quelle registrate altrove (**Tabella 57**). Tra i restanti otto siti, I20 MG13 viene separato dagli altri sette. Anche in questo caso le densità faunistiche che caratterizzano questo sito sono più basse rispetto a quelle rilevate altrove. Al momento anche dall'analisi dei cluster non sembra emergere alcuna chiara relazione tra raggruppamento e posizione geografica delle stazioni rispetto al terminale rigassificatore.

Quanto appena indicato è riflesso anche nel piano di ordinamento bidimensionale ottenuto dall'analisi nMDS, riportato in **Figura 54**. Anche in questo caso, l'ordinamento dei punti-stazione nel piano prescinde dalla loro collocazione geografica e dalla distanza relativa rispetto al rigassificatore. Nel grafico nMDS le quattro stazioni I20 MG4, I20 MG6, I20 MG9, e I20 MG14 risultano separate rispetto alle altre sulla destra del grafico, mentre la stazione I20 MG13 più vicina alle rimanenti altre sette sull'asse orizzontale, se ne discosta però molto sull'asse verticale. Dall'indagine non emergono effetti del rigassificatore sulla meiofauna dell'area.

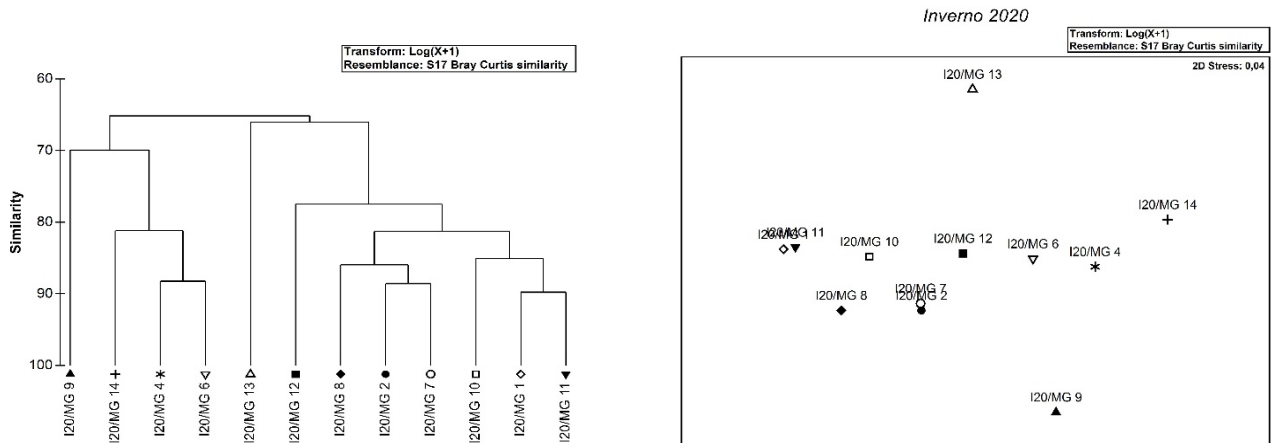


Figura 54 - A sinistra: dendrogramma per il raggruppamento gerarchico delle stazioni basato sul valore delle abbondanze medie dei taxa principali e similarità di Bray-Curtis, previa trasformazione logaritmica dei dati. A destra: piano di ordinamento ottenuto dal non-metric Multi Dimensional Scaling (nMDS), basato sul valore delle abbondanze medie dei taxa principali e similarità di Bray-Curtis, previa trasformazione logaritmica dei dati.

Tabella 58 - Struttura della comunità meiobentonica dell'area interessata dal posizionamento del terminale rigassificatore, incluse le stazioni di controllo. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm<sup>2</sup>) dei taxa principali e del popolamento complessivo rinvenuto. L'abbondanza relativa (%) dei singoli taxa è stata calcolata in relazione alla densità totale.

Taxon	Media±DS	%	Taxon	Media±DS	%
Nematodi	61,3±77,3	81,5	Briozoi	0,7±4,9	0,9
Copepodi	3,3±7,9	4,4	Isopodi	0,1±0,2	<0,1
Nauplii	3,5±6,6	4,7	Bivalvi	0,1±0,4	0,1
Policheti	5,0±6,0	6,7	Caudofoveati	0,1±0,2	<0,1
Chinorinchi	0,2±0,8	0,3	Nemertini	0,1±0,2	<0,1
Turbellari	0,1±0,2	<0,1	Acari	0,2±0,6	0,3
Ostracodi	0,3±0,9	0,4	Tanaidacei	0,1±0,6	0,2
Anfipodi	0,1±0,2	<0,1	Ciliati	0,1±0,5	0,1
Altri (ΣChino-Cili)	2,0±5,5	2,6			
Meiofauna totale	75,2±95,1	-			

#### 4.2.3 Bioaccumulo

##### Metalli

I risultati della ricerca dei metalli in *Mytilus galloprovincialis* sono riportati nella Tabella 59. Le concentrazioni dell maggior parte dei metalli rilevati nei mitili lungo il Terminale sono inferiori o confrontabili con il Tempo 0. L'Arsenico e lo Zinco incrementano ovunque, in particolare nella stazione D il primo e B il secondo. Si riscontra un incremento del Bario in particolar modo nella stazione A.

Tabella 59 - Concentrazione dei metalli nei mitili. Dati relativi alla campagna I20 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		Stazione B		Stazione C		Stazione D		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	6,34	1,27	7,19	1,44	9,05	1,81	9,46	1,89	9,98	2,00	9,22	1,84
Bario	3,00	0,60	9,16	1,83	3,26	0,65	2,77	0,55	4,06	0,81	3,91	0,78
Cadmio	1,41	0,28	1,39	0,28	1,13	0,23	1,33	0,27	1,31	0,26	1,47	0,29
Cromo totale	2,38	0,48	1,24	0,25	1,29	0,26	1,28	0,26	< 1,2		1,32	0,26
Ferro	5,09	1,02	4,91	0,98	5,52	1,10	5,14	1,03	5,92	1,18	5,33	1,07
Manganese	219,92	43,98	112,15	22,43	105,34	21,07	108,36	21,67	107,35	21,47	110,29	22,06
Mercurio	< 12		< 12		< 12		< 12		< 12		< 12	

**Tabella 59** - Concentrazione dei metalli nei mitili. Dati relativi alla campagna I20 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.

Nichel	0,09	0,02	0,088	0,02	0,085	0,02	0,081	0,02	0,090	0,02	0,084	0,02
Piombo	2,08	0,42	1,20	0,24	< 1,2		< 1,2		< 1,2		< 1,2	
Rame	1,03	0,21	1,28	0,26	1,27	0,25	1,33	0,27	1,28	0,26	1,08	0,22
Vanadio	1,20	0,24	< 1,2		< 1,2		< 1,2		< 1,2		< 1,2	
Zinco	278,40	55,68	332,58	66,52	339,30	67,86	327,65	65,53	323,55	64,71	221,31	44,26

### Idrocarburi totali

Nella **Tabella 60** 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.

Gli idrocarburi C10-C40 sono presenti nei mitili trapiantati con concentrazioni basse e confrontabili tra i mitili trapiantati e la stazione di bianco che in questo caso risulta oltretutto avere la concentrazione maggiore tra tutte le stazioni analizzate.

**Tabella 60** - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di mitili. Dati relativi alla campagna I20.

	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)	6,19	6,39	< 5	5,85	5,82	8,18

### IPA ed composti organo stannici

Dalla **Tabella 61** si osserva una sostanziale assenza di contaminazione da IPA e composti organostannici.

**Tabella 61** - Concentrazione degli IPA e dei composti organostannici presenti nei mitili. I dati relativi alla campagna I20 sono espressi in mg/kg.

	Tempo zero	Stazione A Pos. 1	Stazione B Pos. 2	Stazione C Pos. 3	Stazione D Pos. 4	Stazione E (Bianco Gorgona)
Acenafene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Acenaftilene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Antracene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Benzo (a) antracene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Benzo (a) pirene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Benzo (b) fluorantene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Benzo (g,h,i) perilene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Benzo (k) fluorantene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Crisene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Dibenzo (a,h) antracene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Fenantrene	0,0016	0,0017	0,0017	0,0018	< 0,001	0,0010
Fluorantene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Fluorene	0,0011	< 0,001	0,0013	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Indeno (1,2,3 - c,d) pirene	0,0001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Naftalene	0,0024	0,0034	0,0033	0,0031	0,0029	0,0019
Pirene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Dibutilstagno	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Monobutilstagno	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Tributilstagno	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001

### Cloroderivati

I risultati della ricerca dei cloroderivati sono riportati nella **Tabella 62**. Questi composti risultano al di sotto del limite di quantificazione.

**Tabella 62** - Concentrazione degli cloroderivati presenti nei campioni di mitili. I dati relativi alla campagna I20 sono espressi in µg/kg. Per il calcolo delle medie, nel caso di valori al di sotto del limite di quantificazione, è stato usata una concentrazione pari alla metà di quest'ultimo.

	Tempo zero	Stazione A Pos. 1	Stazione B Pos. 2	Stazione C Pos. 3	Stazione D Pos. 4	Stazione E (Bianco Gorgona)
<b>Acidi Aloacetici</b>						
Dalapon	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Acido Dibromoacetico	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Acido Tribromoacetico	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Acido Monobromoacetico	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Acido Bromodichloroacetico	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Acido Bromocloroacetico	<2	<2	<2	<2	<2	<2

**Tabella 62** - Concentrazione degli cloroderivati presenti nei campioni di mitili. I dati relativi alla campagna I20 sono espressi in µg/kg. Per il calcolo delle medie, nel caso di valori al di sotto del limite di quantificazione, è stato usata una concentrazione pari alla metà di quest'ultimo.

	Tempo zero	Stazione A Pos. 1	Stazione B Pos. 2	Stazione C Pos. 3	Stazione D Pos. 4	Stazione E (Bianco Gorgona)
Acido Dicloroacetico	<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
<b>Fenoli</b>						
2,4,6-tricloro fenolo	1,3	1,6	1,8	1,0	1,0	2,1
2,4-dicloro fenolo	0,8	< 0,5	1,3	< 0,5	0,9	1,5
4-cloro-3-metil fenolo	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
pentacloro fenolo	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
<b>V.O.C.</b>						
1,1,1-Tricloro Etano	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25
1,1,2-Tricloro Etano	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Bromo Dicloro Metano	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25
Bromoformio	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	1,104	< 0,2
Carbonio Tetracloruro	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Cloroformio	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,005	< 0,005
Dibromo Cloro Metano	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15
Tetracloro Etilene	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Tricloro Etilene	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
1,2,3-Tricloro propano	< 0,6	< 0,6	< 0,6	< 0,6	< 0,6	< 0,6
1,2-Dibromo Etano	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
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 63).

**Tabella 63** - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di mitili. I dati relativi alla campagna I20 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

A causa dell'emergenza sanitaria in seguito alla pandemia da Covid-19 non è stata possibile la collaborazione con alcune delle Università consorziate perchè in questo periodo relativo alla Campagna OLT Inverno 2020 non sono state autorizzate a svolgere attività lavorativa e perciò i Biomarkers sui mitili non sono stati eseguiti.

#### 4.2.5 Fauna ittica bentonectonica

Nella **Tabella 64** sono indicate le specie catturate durante i campionamenti effettuati con la rete a strascico e con le reti da posta in prossimità del terminale (per lo strascico: stazioni S1, S2, S3, e S4; per le reti da posta: stazioni P1, P2, P3 e P4) e nelle due stazioni scelte come controllo (SC per la rete a strascico; PC per le reti da posta) nel corso della campagna Inverno 2020 (di seguito I20).

In totale sono state catturate 71 specie.

Nel corso del campionamento effettuato con la rete a strascico sono state catturate 29 specie di Osteitti, 2 di Condroitti, 1 di Crostacei Decapodi e 11 di Molluschi Cefalopodi.

Nel campionamento condotto con le reti da posta sono state catturate in totale 14 specie di Osteitti, 2 di Condroitti, 1 di Crostacei Decapodi e 1 di Molluschi Cefalopodi.

**Tabella 64** - Lista delle specie catturate con la rete a strascico e le reti da posta. Strascico: I20 S1-S4 = stazioni campionate in prossimità del terminale; I20 SC = stazione di controllo. Reti da posta: I20 P1-P4 = stazioni campionate in prossimità del terminale; I20 PC = stazione di controllo.

	Strascico		Reti da posta			Strascico		Reti da posta	
	I20 S1-S4	I20 SC	I20 P1-P4	I20 PC		I20 S1-S4	I20 SC	I20 P1-P4	I20 PC
<b>Osteitti</b>					<b>Molluschi Cefalopodi</b>				
<i>Alosa fallax nilotica</i> (Lacépède, 1803)			*		<i>Illex coindetii</i> (Vérany, 1839)	*	*		
<i>Aspitrigla obscura</i> (Block & Schneider, 1801)			*		<i>Loligo (Alloteuthis) sp.</i>	*	*		
<i>Blennius ocellaris</i> Linnaeus, 1758	*				<i>Loligo vulgaris</i> Lamarck, 1798	*	*		
<i>Boops boops</i> (Linnaeus, 1758)	*	*			<i>Octopus vulgaris</i> Cuvier, 1797	*	*	*	
<i>Capros aper</i> (Linnaeus, 1758)	*				<i>Rossia macrosoma</i> (Delle Chiaje, 1830)	*			
<i>Chelidonichthys lucerna</i> (Linnaeus, 1758)	*	*			<i>Sepia elegans</i> Blainville, 1827	*	*		
<i>Citharus linguatula</i> (Linnaeus, 1758)			*		<i>Sepia officinalis</i> Linnaeus, 1758	*			
<i>Eutrigla gurnardus</i> (Linnaeus, 1758)		*		*	<i>Sepia orbignyana</i> Férussac, 1826	*	*		
<i>Lepidorhombus bosci</i> (Risso, 1810)	*	*	*	*	<i>Sepietta oweniana</i> (d'Orbigny, 1841)	*			
<i>Lepidotrigla cavillone</i> (Lacépède, 1801)	*	*			<i>Todaropsis eblanae</i> (Ball, 1841)	*	*		
<i>Lophius budegassa</i> Spinola, 1807	*	*	*	*	<b>Altro</b>				
<i>Macroramphosus scolopax</i> (Linnaeus, 1758)	*	*			<i>Alcyonium palmatum</i> Pallas, 1766	*			
<i>Merluccius merluccius</i> (Linnaeus, 1758)	*	*			<i>Antedon mediterranea</i> Lamarck, 1816	*			
<i>Mullus barbatus</i> Linnaeus, 1758	*	*	*		<i>Aporrhais pespelecani</i> (Linnaeus, 1758)	*			
<i>Mullus surmuletus</i> Linnaeus, 1758	*	*			<i>Ascidia mentula</i> O.F. Müller, 1776	*			
<i>Pagellus acarne</i> (Risso, 1826)	*				Ascidiaacea indet.	*			
<i>Pagellus bogaraveo</i> (Brünnich, 1768)	*	*	*		<i>Astropecten aranciacus</i> (Linnaeus, 1758)			*	
<i>Pagellus erythrinus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	*		<i>Astropecten i. pentacanthus</i> (Delle Chiaje, 1825)	*			
<i>Phycis blennoides</i> (Brünnich, 1768)	*		*		<i>Botryllus schlosseri</i> (Pallas, 1776)	*			
<i>Scorpaena elongata</i> Cadenat, 1943	*				<i>Cidaris cidaris</i> (Linnaeus, 1758)			*	*
<i>Scorpaena porcus</i> Linnaeus, 1758			*		<i>Dardanus arrosor</i> (Herbst, 1796)			*	
<i>Scorpaena scrofa</i> Linnaeus, 1758		*	*		<i>Echinus acutus</i> Lamarck, 1816			*	
<i>Serranus cabrilla</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	*		<i>Echinus melo</i> Lamarck, 1816	*			
<i>Serranus hepatus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*			<i>Funiculina quadrangularis</i> (Pallas, 1776)	*			
<i>Spicara flexuosa</i> Rafinesque, 1810	*				<i>Holoturia tubulosa</i> Gmelin, 1788	*			
<i>Spicara maena</i> (Linnaeus, 1758)	*				<i>Lepas anatifera</i> Linnaeus, 1767		*	*	
<i>Trachinus draco</i> Linnaeus, 1758	*				<i>Leptometra phalangium</i> (J. Müller, 1841)	*			
<i>Trachurus m. mediterraneus</i> (Steindachner, 1868)	*	*			<i>Luidia ciliaris</i> (Philippi, 1837)	*			
<i>Trachurus trachurus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	*		<i>Monoplex corrugatus</i> (Lamarck, 1816)				*
<i>Trigla lyra</i> Linnaeus, 1758	*				Ophiuroidea indet.	*	*		
<i>Trisopterus capelanus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*			<i>Ostrea sp.</i>	*			
<i>Uranoscopus scaber</i> Linnaeus, 1758		*			<i>Pelagia noctiluca</i> (Forsskål, 1775)	*	*		
<i>Zeus faber</i> Linnaeus, 1758	*				<i>Pennatula rubra</i> (Ellis, 1764)	*			
<b>Condroitti</b>					Polychaeta indet.	*			
<i>Raja clavata</i> Linnaeus, 1758	*		*	*	Porifera indet.	*			
<i>Raja sp.</i>				*	<i>Pyrosoma atlanticum</i> Péron, 1804			*	
<i>Scyliorhinus canicula</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	*	*	Salpidae indet.	*			
<b>Crostacei Decapodi</b>					<i>Schizaster canaliferus</i> (Lamarck, 1816)	*			
<i>Parapenaeus longirostris</i> (H. Lucas, 1846)	*	*		*	<i>Squilla mantis</i> (Linnaeus, 1758)				*
<b>Molluschi Cefalopodi</b>					<i>Stichopus regalis</i> (Cuvier, 1817)	*			
<i>Eledone cirrhosa</i> (Lamarck, 1798)	*				<i>Suberites domuncula</i> (Olivier, 1792)		*		
<i>Eledone moschata</i>		*							

### Indici di densità e biomassa per gruppi tassonomici

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.

I Condroitti costituiscono il gruppo con gli indici di densità e biomassa più elevati. Questo gruppo risulta essere il più abbondante sia nelle stazioni prossime al terminale (I20 P1-P4), con valori in densità media del 70% e in biomassa media del 78%, che nella stazione di controllo (I20 PC), dove la densità media rappresenta il 78% della cattura e la biomassa media il 94%.

A seguire abbiamo il gruppo degli Osteitti, con un indice di densità pari al 30% nelle stazioni I20 P1-P4 e del 17% nella stazione I20 PC, mentre l'indice di biomassa si attesta sul 21% per le stazioni in prossimità del terminale e al 6% per la stazione di controllo.

Il gruppo dei Molluschi Cefalopodi è stato catturato solamente nel gruppo di stazioni I20 P1-P4, con valori estremamente bassi (0,8% in densità media, 0,9% in biomassa media), mentre il gruppo dei Crostacei Decapodi è stato campionato solo nella stazione I20 PC (4% in densità media, 0,2% in biomassa media).

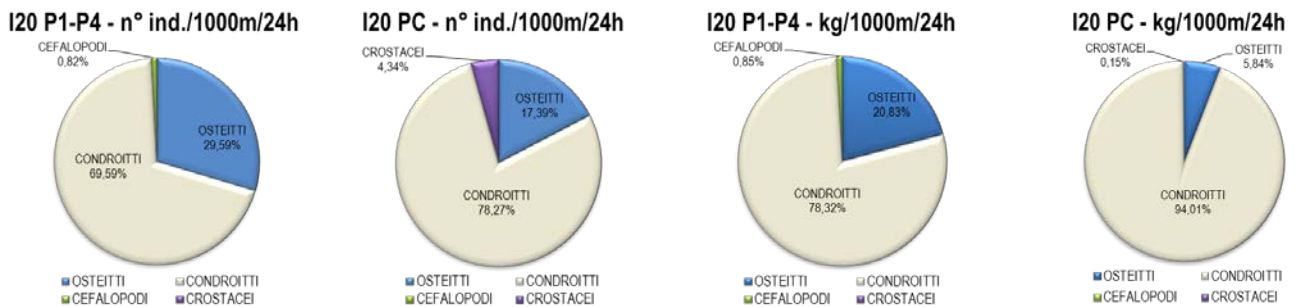


Figura 55 - Reti da posta: composizione percentuale delle catture, espressa come n° individui/1000m/24h e kg/1000m/24h, dei principali gruppi tassonomici campionati nelle stazioni I20 P1-P4 e I20 PC.

Nella Figura 56 è riportata la composizione in percentuale delle catture dei principali gruppi tassonomici campionati con la rete a strascico. Il gruppo degli Osteitti è risultato il più abbondante, sia nelle stazioni I20 S1-S4, con un contributo in densità del 69% ed in biomassa del 63%, che nella stazione I20 SC (indice di densità pari al 72%, indice di biomassa pari al 65%).

I Condroitti mostrano, per quanto riguarda l'indice di densità, un contributo pari al 9% per le stazioni I20 S1-S4 e al 7% per la stazione I20 SC. Analizzando l'indice di biomassa questo gruppo rappresenta il 27% nelle stazioni in prossimità del terminale ed il 22% nella stazione di controllo.

Il gruppo dei Molluschi Cefalopodi costituisce il 2% della densità media nelle stazioni I20 S1-S4 ed il 6% nella stazione I20 SC. Il contributo percentuale dell'indice di biomassa medio per questo gruppo è pari al 6% per stazioni in prossimità del terminale (I20 S1-S4) ed all'11% per la stazione di controllo (I20 SC).

L'indice di densità media dei Crostacei Decapodi è pari al 20% nelle stazioni I20 S1-S4 e al 16% nella stazione I20 SC. Per quanto riguarda l'indice di biomassa medio le percentuali risultano molto basse sia nelle stazioni in prossimità del terminale (2,5%) che nella stazione di controllo (1,9%).

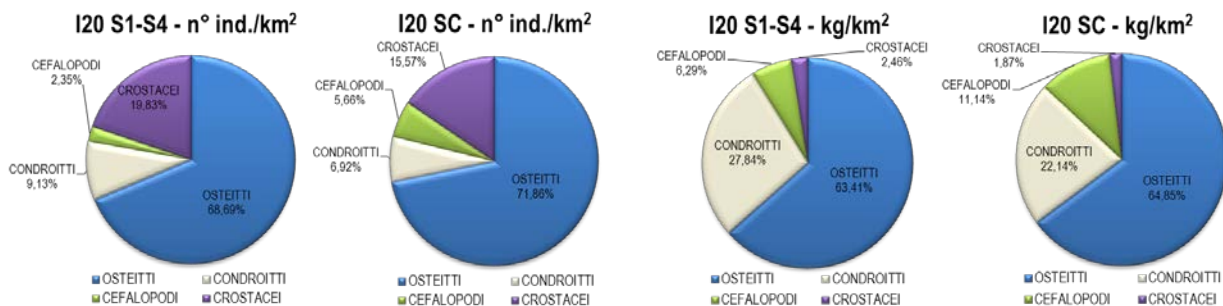


Figura 56 - Rete a strascico: composizione percentuale delle catture, espressa come n° individui/km² e kg/km², dei principali gruppi tassonomici campionati nelle stazioni I20 S1-S4 e I20 SC.

#### Reti da posta - Indici di densità e biomassa per specie

Nella Tabella 65 sono riportati gli indici di densità in n° individui/1000m/24h (di seguito n° ind./1000m/24h) e di biomassa in kg/1000m/24h per le specie catturate con le reti da posta. Il gattuccio, *Scyllorhinus canicula*, è risultata la specie più abbondante in assoluto, con valori in densità di 29 ind./1000m/24h nel gruppo di stazioni poste in prossimità del terminale (I20 P1-P4) e di 24 ind./1000m/24h nella stazione di controllo (I20 PC). L'indice di biomassa di questa specie è pari a 7,2 kg/1000m/24h per il gruppo di stazioni I20 P1-P4 e a 5,8 kg/1000m/24h per la stazione I20 PC. Le specie appartenenti al gruppo degli Osteitti hanno mostrato indici di densità e biomassa molto bassi. La specie con gli indici più elevati è il rombo quattrocchi, *Lepidorhombus boschii*, con indici di densità e biomassa pari a 3 ind./1000m/24h e 0,4 kg/1000m/24h nel gruppo di stazioni I20 P1-P4 e di 3 ind./1000m/24h e 0,2 kg/1000m/24h nella stazione I20 PC. Possiamo segnalare anche l'occhialone, *Pagellus bogaraveo*, catturato esclusivamente nelle stazioni in prossimità del terminale (I20 P1-P4), con indici di densità e biomassa che si attestano su 2 ind./1000m/24h e 0,1 kg/1000m/24h rispettivamente e la rana pescatrice, *Lophius budegassa*, con indici di densità di 2 ind./1000m/24h sia nel gruppo di stazioni I20 P1-P4 che nella stazione I20 PC e con indici di biomassa sono pari a 1,7 kg/1000m/24h e 0,5 kg/1000m/24h rispettivamente nel gruppo di stazioni in prossimità del terminale e nella stazione di controllo.

**Tabella 65** - 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 I20 P1-P4 e nella stazione di controllo I20 PC. \* = DS<0,05.

	I20 P1-P4		I20 PC	
	n° ind./1000m/24h	kg/1000m/24h	n° ind./1000m/24h	kg/1000m/24h
<b>OSTEITTI</b>				
<i>Alosa fallax nilotica</i>	0,4 $\pm$ 1,2	0,13 $\pm$ 0,5		
<i>Aspitrigla obscura</i>	0,7 $\pm$ 2,5	0,02 $\pm$ 0,1		
<i>Citharus linguatula</i>	1,1 $\pm$ 2,4	0,07 $\pm$ 0,2		
<i>Eutrigla gurnardus</i>			1,5	0,04
<i>Lepidorhombus boscii</i>	3,4 $\pm$ 6,7	0,35 $\pm$ 0,7	3,0	0,20
<i>Lophius budegassa</i>	1,9 $\pm$ 1,4	1,70 $\pm$ 1,4	1,5	0,54
<i>Mullus barbatus</i>	0,4 $\pm$ 1,2	0,02 $\pm$ 0,1		
<i>Pagellus bogaraveo</i>	2,2 $\pm$ 4,7	0,08 $\pm$ 0,2		
<i>Pagellus erythrinus</i>	0,7 $\pm$ 2,6	0,05 $\pm$ 0,2		
<i>Phycis blennoides</i>	0,4 $\pm$ 1,3	0,04 $\pm$ 0,1		
<i>Scorpaena porcus</i>	0,4 $\pm$ 1,2	0,01*		
<i>Scorpaena scrofa</i>	0,7 $\pm$ 2,5	0,25 $\pm$ 0,9		
<i>Serranus cabrilla</i>	0,7 $\pm$ 1,4	0,04 $\pm$ 0,1		
<i>Trachurus trachurus</i>	0,4 $\pm$ 1,3	0,02 $\pm$ 0,1		
<b>CONDROITTI</b>				
<i>Raja clavata</i>	2,2 $\pm$ 4,8	3,29 $\pm$ 7,0	1,5	2,10
<i>Raja sp.</i>			1,5	4,65
<i>Scyliorhinus canicula</i>	28,8 $\pm$ 20,1	7,21 $\pm$ 8,9	24,0	5,83
<b>CROSTACEI DECAPODI</b>				
<i>Dardanus arrosor</i>	0,4 $\pm$ 1,2	0,01*		
<i>Parapenaeus longirostris</i>			1,5	0,02
<b>MOLLUSCHI CEFALOPODI</b>				
<i>Octopus vulgaris</i>	0,4 $\pm$ 1,3	0,11 $\pm$ 0,4		
<b>ALTRO</b>				
<i>Astropecten aranciacus</i>	0,4 $\pm$ 1,3	0,01*		
<i>Cidaris cidaris</i>	1,1 $\pm$ 3,8	0,04 $\pm$ 0,1	1,5	0,05
<i>Echinus acutus</i>	0,4 $\pm$ 1,3	0,04 $\pm$ 0,1		
<i>Lepas anatifera</i>	1,8 $\pm$ 6,3	<0,01*		
<i>Monoplex corrugatus</i>			1,5	0,08
<i>Pyrosoma atlanticum</i>	0,7 $\pm$ 2,5	<0,01*		
<i>Squilla mantis</i>			1,5	0,04

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

Nella **Tabella 66** sono riportati gli indici di densità in n° individui/km<sup>2</sup> (di seguito n° ind./km<sup>2</sup>) e di biomassa in kg/km<sup>2</sup> per le specie catturate con la rete a strascico. Tra gli Osteitti campionati nelle stazioni in prossimità del terminale (I20 S1-S4) la specie più abbondante è la triglia di fango, *Mullus barbatus*, con un indice di densità di 3201 ind./km<sup>2</sup> ed un indice in biomassa di 152,3 kg/km<sup>2</sup>. Sempre tra gli Osteitti, altre specie che mostrano indici elevati sono il caviglione, *Lepidotrigla cavillone*, con un indice di densità pari a 1496 ind./km<sup>2</sup> e un indice in biomassa di 18,1 kg/km<sup>2</sup>, la boga, *Boops boops*, con indici di densità e biomassa di 1176 ind./km<sup>2</sup> e 61,3 kg/km<sup>2</sup> rispettivamente, il sugarello, *Trachurus trachurus*, (798 ind./km<sup>2</sup> e 19,1 kg/km<sup>2</sup>), il pagello fragolino, *Pagellus erythrinus*, (625 ind./km<sup>2</sup> e 30,4 kg/km<sup>2</sup>), il pesce trombetta, *Macroramphosus scolopax*, (586 ind./km<sup>2</sup> e 4,3 kg/km<sup>2</sup>) ed il nasello, *Merluccius merluccius*, con un indice di densità di 453 ind./km<sup>2</sup> ed un indice di biomassa di 45,3 kg/km<sup>2</sup>. Nel gruppo dei Condroititi il gattuccio, *S. canicula*, è risultata la specie più abbondante con indici di densità pari a 1117 ind./km<sup>2</sup> e di biomassa pari a 166,1 kg/km<sup>2</sup>. Il gruppo dei Crostacei Decapodi è rappresentato da solamente dal gambero bianco, *Parapenaeus longirostris*, con indici di densità e biomassa pari a 2680 ind./km<sup>2</sup> e 15,7 kg/km<sup>2</sup> rispettivamente. Tra i Molluschi Cefalopodi la specie con gli indici di densità e biomassa più elevati è il totano, *Illex coindetii*, con valori di 107 ind./km<sup>2</sup> e 11,1 kg/km<sup>2</sup> rispettivamente, seguito dal calamaro, *Loligo vulgaris*, con un indice di densità di 43 ind./km<sup>2</sup> e un indice di biomassa di 2,8 kg/km<sup>2</sup> e dal polpo comune, *Octopus vulgaris*, (36 ind./km<sup>2</sup> e 15 kg/km<sup>2</sup>). Nel gruppo indicato come "Altro" la specie più abbondante è l'echinoderma *Astropecten irregularis pentacanthus* con un indice di densità pari a 137 ind./km<sup>2</sup> e un indice di biomassa pari a 0,4 kg/km<sup>2</sup>, seguito dallo cnidario *Alcyonium palmatum*, con indici di densità e biomassa pari a 114 ind./km<sup>2</sup> e 1,9 kg/km<sup>2</sup> rispettivamente. Da segnalare anche l'echinoderma *Stichopus regalis*, con un indice di densità di 86 ind./km<sup>2</sup> e un indice di biomassa di 22 kg/km<sup>2</sup>.

Anche nella stazione di controllo I20 SC, nel gruppo degli Osteitti, la specie più abbondante è la triglia di fango, *M. barbatus*, con un indice di densità di 3125 ind./km<sup>2</sup> e un indice in biomassa di 136,7 kg/km<sup>2</sup>. Tra gli Osteitti altre specie particolarmente abbondanti sono la boga, *B. boops*, con indici di densità e biomassa pari a 1834 ind./km<sup>2</sup> e 75,9 kg/km<sup>2</sup> rispettivamente, il caviglione, *L. cavillone*, con una densità di 1500 ind./km<sup>2</sup> e una biomassa di 17 kg/km<sup>2</sup>, il pagello fragolino, *P. erythrinus* (1000 ind./km<sup>2</sup> e 50,7 kg/km<sup>2</sup>) ed il nasello, *M. merluccius*, con indici di densità e biomassa pari a 771 ind./km<sup>2</sup> e 105,9 kg/km<sup>2</sup> rispettivamente. Nella stazione I20 SC il gruppo dei Condroititi è rappresentato esclusivamente dal gattuccio, *S. canicula*, con un indice di densità di 917 ind./km<sup>2</sup> e un indice di biomassa di 154,2 kg/km<sup>2</sup>. Anche nella

stazione di controllo I20 SC il gruppo dei Crostacei Decapodi è rappresentato solamente dal gambero bianco, *P. longirostris* con un indice in densità di 2063 ind./km<sup>2</sup> e un indice in biomassa di 12,8 kg/km<sup>2</sup>. Nel gruppo dei Molluschi Cefalopodi campionati nella stazione di controllo la specie più abbondante è il totano *I. coindetii*, con indici di densità e biomassa pari 417 ind./km<sup>2</sup> e di 30,6 kg/km<sup>2</sup>, seguito dalla seppia pizzata, *Sepia orbigyana* (83 ind./km<sup>2</sup> e 2,4 kg/km<sup>2</sup>). Il gruppo indicato come "Altro" è rappresentato solamente da 4 specie, di cui la più abbondante è lo cnidario *Pelagia noctiluca*, con un indice di densità di 313 ind./km<sup>2</sup> e un indice di biomassa di 3,1 kg/km<sup>2</sup>.

**Tabella 66** - Rete a strascico: indici di densità e biomassa ( $\pm$  DS), espressi in n° individui/km<sup>2</sup> e kg/km<sup>2</sup>, stimati per le specie catturate nelle stazioni I20 S1-S4 e nella stazione di controllo I20 SC. \* = DS<0,05.

	I20 S1-S4		I20 SC	
	n° ind./km <sup>2</sup>	kg/km <sup>2</sup>	n° ind./km <sup>2</sup>	kg/km <sup>2</sup>
<b>OSTEITTI</b>				
<i>Blennius ocellaris</i>	10,4±36,1	1,71±5,9		
<i>Boops boops</i>	1176,2±2183,6	61,27±107,9	1833,5	75,90
<i>Chelydonichthys lucerna</i>	15,8±34,7	2,01±5,6	41,7	2,60
<i>Capros aper</i>	47,6±96,0	0,55±1,6		
<i>Eutrigla gurnardus</i>			20,8	0,90
<i>Lepidorhombus boscii</i>	183,1±23,6	8,52±8,5	416,7	19,65
<i>Lepidotrigla cavillone</i>	1496,3±1419,4	18,09±13,7	1500,1	17,00
<i>Lophius budegassa</i>	21,6±43,2	10,98±27,8	20,8	11,06
<i>Macroramphosus scolopax</i>	585,6±1221,6	4,31±9,3	20,8	0,31
<i>Merluccius merluccius</i>	452,7±759,5	45,27±80,4	770,9	105,92
<i>Mullus barbatus</i>	3201,2±718,4	152,33±55,2	3125,2	136,72
<i>Mullus surmuletus</i>	5,4±18,6	0,55±1,9		
<i>Pagellus acarne</i>	5,4±18,6	0,17±0,6		
<i>Pagellus bogaraveo</i>	10,8±21,5	0,44±1,1	62,5	2,50
<i>Pagellus erythrinus</i>	624,6±1112,1	30,42±46,8	1000,1	50,69
<i>Phycis blennoides</i>	21,2±42,4	0,87±1,8		
<i>Scorpaena elongata</i>	10,6±21,2	4,38±8,8		
<i>Scorpaena scrofa</i>			20,8	7,83
<i>Serranus cabrilla</i>	5,6±19,3	0,66±2,3	41,7	1,65
<i>Serranus hepatus</i>	91,9±84,2	1,05±0,9	166,7	2,04
<i>Spicara flexuosa</i>	10,8±21,6	0,38±0,8		
<i>Spicara maena</i>	5,4±18,6	0,29±1,0		
<i>Trachinus draco</i>	5,6±19,3	0,56±1,9		
<i>Trachurus mediterraneus</i>	293,3±291,5	11,04±5,6	125,0	4,50
<i>Trachurus trachurus</i>	797,9±1754,1	19,09±47,9	145,8	1,60
<i>Trygla lyra</i>	5,2±18,0	2,02±7,0		
<i>Trisopterus capelanus</i>	139,9±87,5	3,07±2,5	187,5	7,25
<i>Uranoscopus scaber</i>			20,8	3,71
<i>Zeus faber</i>	58,7±90,3	25,34±40,3		
<b>CONDROITTI</b>				
<i>Raja clavata</i>	5,4±18,6	11,56±40,0		
<i>Scyllorhinus canicula</i>	1116,5±494,3	166,12±41,5	916,7	154,18
<b>CROSTACEI DECAPODI</b>				
<i>Parapenaeus longirostris</i>	2680,3±2667,0	15,74±14,0	2062,7	12,83
<b>MOLLUSCHI CEFALOPODI</b>				
<i>Eledone cirrhosa</i>	21,5±74,6	1,71±5,9		
<i>Eledone moschata</i>			41,7	9,65
<i>Illex coindetii</i>	106,6±99,5	11,06±9,9	416,7	30,56
<i>Loligo (Alloteuthis) spp</i>	16,70±57,9	0,18±0,6	41,7	0,21
<i>Loligo vulgaris</i>	43,3±31,0	2,78±2,8	41,7	13,38
<i>Octopus vulgaris</i>	32,5±64,5	15,08±27,5	41,7	16,75
<i>Rossia macrosoma</i>	15,8±34,7	0,65±1,6		
<i>Sepia elegans</i>	16,1±55,9	0,16±0,5	41,7	0,60
<i>Sepia officinalis</i>	11,0±21,9	2,72±5,5		
<i>Sepia orbignyana</i>	21,5±43,1	0,69±1,5	83,3	2,42
<i>Sepietta oweniana</i>	5,2±18,0	0,03±0,1		
<i>Todaropsis eblanae</i>	26,9±46,9	5,16±11,1	41,7	4,00
<b>ALTRO</b>				
<i>Alcyonium palmatum</i>	113,8±228,8	1,94±3,0		
<i>Antedon mediterranea</i>	70,5±175,8	0,59±1,8		



**Tabella 66** - Rete a strascico: indici di densità e biomassa ( $\pm$  DS), espressi in n° individui/km<sup>2</sup> e kg/km<sup>2</sup>, stimati per le specie catturate nelle stazioni I20 S1-S4 e nella stazione di controllo I20 SC. \* = DS<0,05.

<i>Aporrhais pespelecani</i>	11,1 $\pm$ 38,6	0,06 $\pm$ 0,2		
<i>Ascidia mentula</i>	10,4 $\pm$ 36,1	0,26 $\pm$ 0,9		
<i>Ascidacea</i> indet.		0,54 $\pm$ 1,9		
<i>Astropecten irregularis pentacanthus</i>	137,3 $\pm$ 287,2	0,44 $\pm$ 1,1		
<i>Botryllus schlosseri</i>	5,2 $\pm$ 18,0	0,42 $\pm$ 1,4		
<i>Echinus melo</i>	21,4 $\pm$ 52,7	3,47 $\pm$ 8,8		
<i>Funiculina quadrangularis</i>	22,1 $\pm$ 54,6	0,33 $\pm$ 0,7		
<i>Holoturia tubulosa</i>		5,380 $\pm$ 18,6		
<i>Lepas anatifera</i>				0,21
<i>Leptometra phalangium</i>		7,81 $\pm$ 27,1		
<i>Luidia ciliaris</i>	10,8 $\pm$ 21,6	1,62 $\pm$ 3,2		
<i>Ophiuroidea</i> indet.	37,7 $\pm$ 88,1	0,22 $\pm$ 0,5	20,8	0,21
<i>Ostrea</i> sp.	10,8 $\pm$ 37,3	0,16 $\pm$ 0,6		
<i>Pelagia noctiluca</i>	78,1 $\pm$ 270,7	1,56 $\pm$ 5,4	312,5	3,13
<i>Pennatula rubra</i>	81,8 $\pm$ 109,2	1,58 $\pm$ 2,0		
Polychaeta indet.	21,9 $\pm$ 43,8	0,27 $\pm$ 0,5		
Poriphera indet.	11,1 $\pm$ 38,6	11,14 $\pm$ 38,6		
Salpida indet.	5,4 $\pm$ 18,6	0,16 $\pm$ 0,6		
<i>Schizaster canaliciferus</i>	66,8 $\pm$ 231,5	17,82 $\pm$ 61,7		
<i>Stichopus regalis</i>	85,6 $\pm$ 180,4	21,96 $\pm$ 52,5		
<i>Suberites domuncula</i>			20,8	0,21

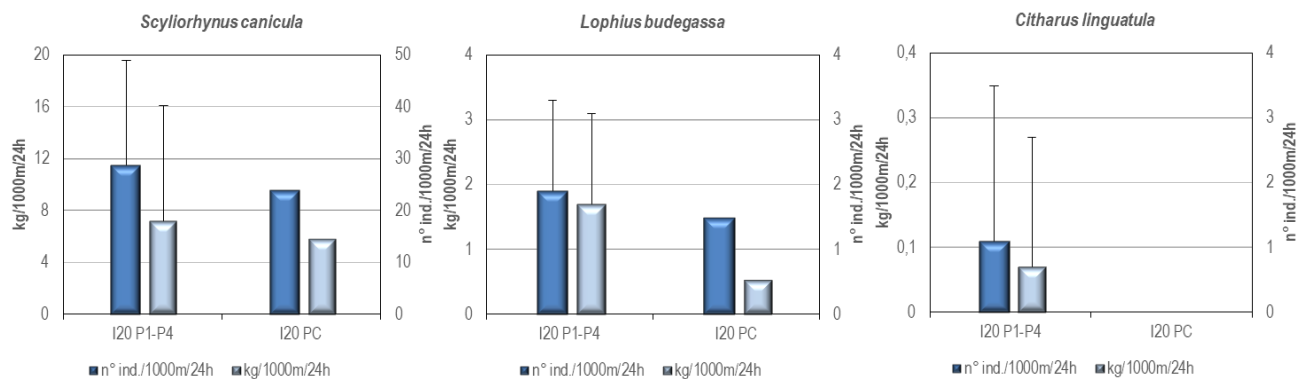
#### Indici di densità e biomassa delle specie più rappresentative

Nella fase di bianco, sia per le reti da posta che per la rete a strascico, sono state scelte alcune specie più rappresentative delle catture totali, da analizzare dal punto di vista degli indici di densità e biomassa e delle distribuzioni di taglia frequenza durante tutti i campionamenti successivi.

#### Reti da posta

Nella **Figura 57** sono riportati gli indici di densità e biomassa per 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 (I20 P1-P4: stazioni in prossimità del terminale; I20 PC: stazione di controllo).

Gli indici di densità e biomassa del gattuccio, *S. canicula*, e della rana pescatrice, *L. budegassa*, risultano essere più elevati nel gruppo di stazioni I20 P1-P4 rispetto a quanto osservato nella stazione I20 PC. La linguattola, *C. linguatula*, è stata catturata esclusivamente nelle stazioni in prossimità del terminale (I20 P1-P4) mostrando indici molto bassi.


**Figura 57** - Reti da posta: indici di densità e biomassa, stimati per le stazioni I20 P1-P4 e per la stazione I20 PC, per specie. Sono riportati i valori medi + la deviazione standard. In blu n° individui/1000m<sup>2</sup>/24h, in azzurro kg/1000m<sup>2</sup>/24h.

#### Rete a strascico

Nella **Figura 58** 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 (I20 S1-S4: stazioni in prossimità del terminale; I20 SC: stazione di controllo).

Nel caso della triglia di fango, *M. barbatus*, del gattuccio, *S. canicula* e del gambero bianco, *P. longirostris*, gli indici di densità e biomassa risultano più elevati nelle stazioni poste in prossimità del terminale (I20 S1-S4), mentre il nasello, *M. merluccius*, il sacchetto, *Serranus hepatus*, il merluzzetto, *Trisopterus capelanus*, ed il pagello fragolino, *P. erythrinus*, mostrano indici superiori nella stazione di controllo (I20

SC). Il moscardino, *Eledone cirrhosa*, è stato campionato solamente nelle stazioni in prossimità del terminale, mostrando degli indici molto bassi.

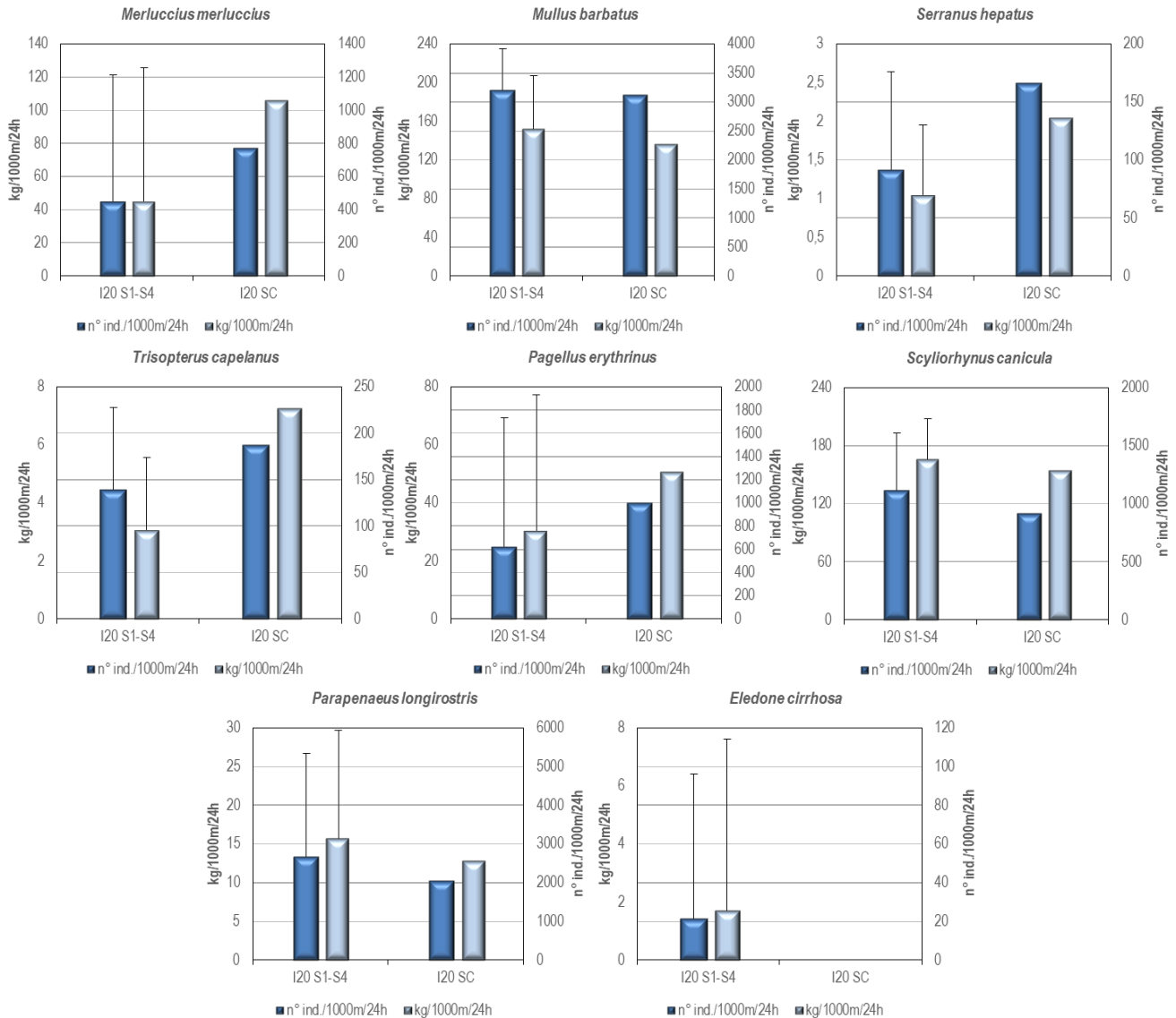


Figura 58 – Rete a strascico: indici di densità e biomassa, stimati per le stazioni I20 S1-S4 e per la stazione I20 SC, per specie. Sono riportati i valori medi + la deviazione standard. In blu n° individui/km<sup>2</sup>, in azzurro chiaro kg/km<sup>2</sup>.

### Distribuzioni taglia-frequenza per specie

#### Reti da posta

Nella Figura 59 è illustrata la distribuzione di taglia-frequenza del gattuccio *S. canicula* catturato con le reti da posta. Viene riportata solo la distribuzione di taglia degli esemplari catturati nel gruppo di stazioni I20 P1-P4 in quanto gli animali catturati nella stazione di controllo I20 PC sono in numero molto basso (16 esemplari con taglia tra 36 e 46 cm LT). Nelle stazioni poste in prossimità del terminale sono stati campionati 78 individui aventi taglia compresa tra 34 e 46 cm LT. Si può osservare una moda a 39 cm LT, con la maggioranza degli individui concentrata nell'intervallo 37-42 cm LT.

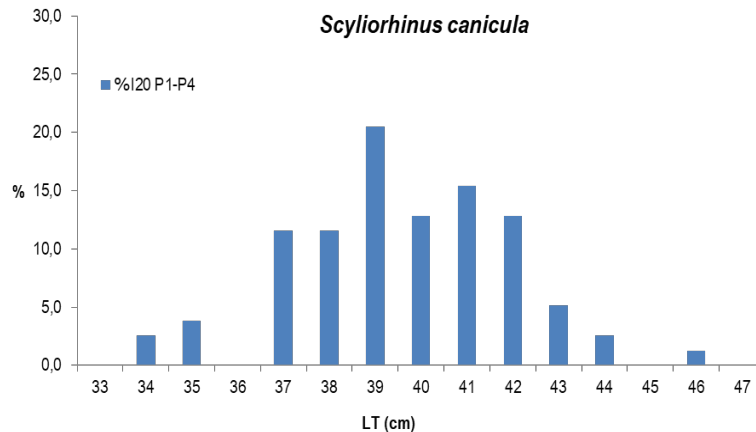


Figura 59 - Rete da posta: distribuzione taglia-frequenza del gattuccio (*Scylliorhinus canicula*). N° individui: 78 (I20 P1-P4).

Non vengono fornite le distribuzioni taglia-frequenza delle altre specie indicatrici scelte per le reti da posta a causa dello scarso numero di individui campionati. La linguattola *C. linguatula* è stata campionata esclusivamente nel gruppo di stazioni I20 P1-P4; sono stati catturati 2 esemplari con taglie di 20,5 e 21,5 cm LT. Nel caso della rana pescatrice, *L. budegassa*, sono stati catturati 6 esemplari: 5 esemplari campionati nelle stazioni in prossimità del terminale (I20 P1-P4) con taglia compresa tra 32 e 52 cm LT, e 1 esemplare con taglia di 30 cm LT campionato nella stazione di controllo (I20 PC).

#### Rete a strascico

La triglia di fango *M. barbatus* è la specie con la maggiore cattura nel gruppo degli Osteitti. Nel gruppo di stazioni I20 S1-S4 sono stati campionati 594 esemplari con taglia compresa tra 9,5 e 23 cm LT, mentre nella stazione I20 SC gli individui catturati sono stati 150, aventi taglia tra 10 e 23 cm LT (Figura 60). La distribuzione taglia-frequenza degli individui catturati nelle stazioni in prossimità del terminale mostra una moda a 14 cm LT ed una, meno evidente, a 19 cm LT. La distribuzione taglia-frequenza degli individui catturati nella stazione di controllo non è ben definita, ma è possibile evidenziare una moda a 15 cm LT.

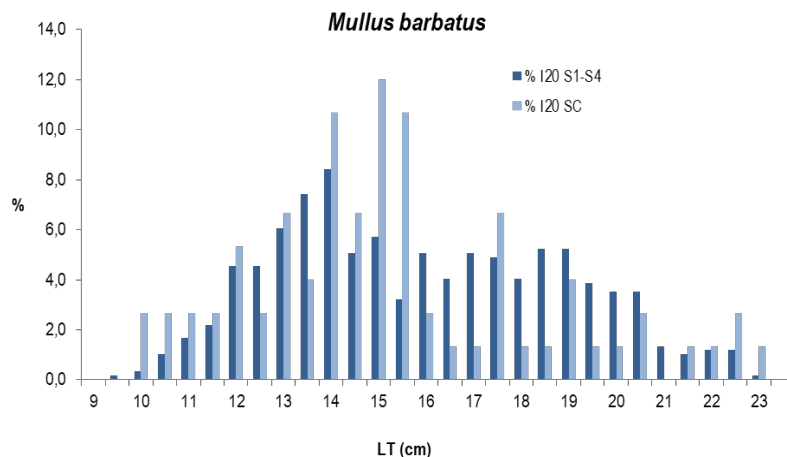


Figura 60 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza della triglia di fango (*Mullus barbatus*). N° individui: 594 (I20 S1-S4), 150 (I20 SC).

Passando al nasello, *M. merluccius*, nel gruppo di stazioni in prossimità del terminale (I20 S1-S4) sono stati campionati 83 esemplari con taglia compresa tra 16 e 42 cm LT, mentre nella stazione di controllo (I20 SC) sono stati catturati 37 esemplari, con un intervallo di taglia tra 18 e 47 cm LT (Figura 61). La distribuzione taglia-frequenza degli individui catturati nel gruppo di stazioni I20 S1-S4 mostra una moda a 21 cm LT, mentre quella degli individui catturati nella stazione I20 SC ha una moda a 23 cm LT. La quasi totalità degli individui; in entrambe le distribuzioni di taglia, si trova concentrata tra i 19 e i 24 cm LT.

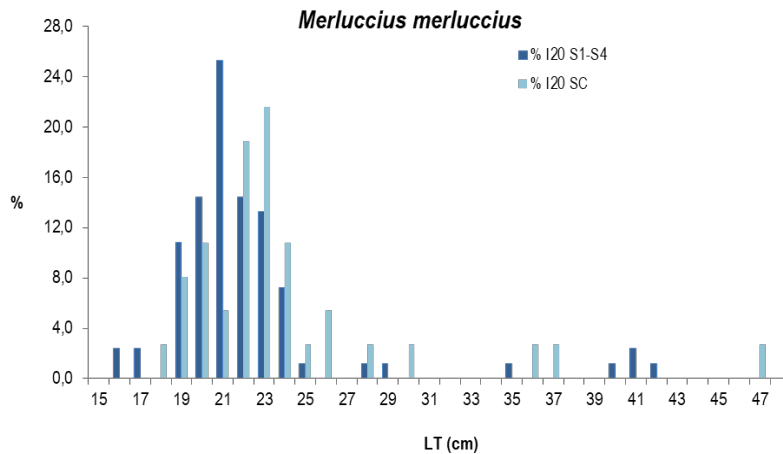


Figura 61 - Reti a strascico: distribuzione taglia-frequenza del nasello (*Merluccius merluccius*). N° individui: 83 (I20 S1-S4), 37 (I20 SC).

Nel caso del pagello fragolino, *P. erythrinus*, in totale sono stati catturati 163 esemplari, 115 nelle stazioni in prossimità del terminale (I20 S1-S4), con taglia compresa tra 9 e 23 cm LT, e 48 nella stazione di controllo (I20 SC), con taglia compresa tra 10,5 e 21 cm LT (Figura 62). La distribuzione taglia-frequenza degli individui catturati nel gruppo di stazioni I20 S1-S4 mostra una moda a 12 cm LT ed una a 15 cm LT. Nel caso della distribuzione di taglia degli individui campionati nella stazione I20 SC la moda si attesta a 15 cm LT.

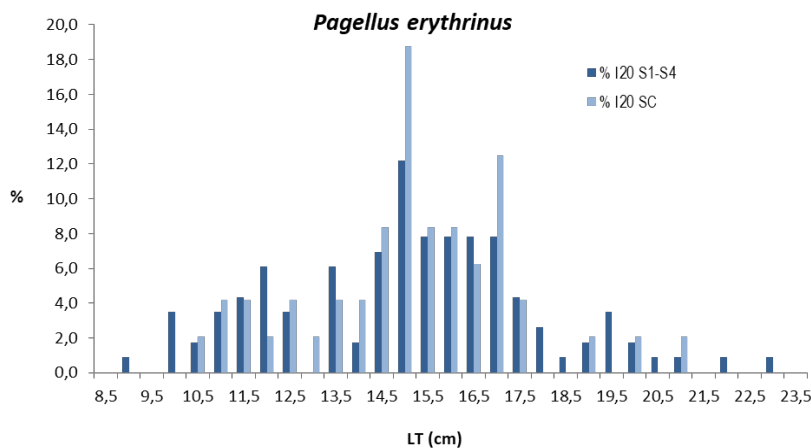


Figura 62 - Reti a strascico: distribuzione taglia-frequenza del pagello fragolino (*Pagellus erythrinus*). N° individui: 115 (I20 S1-S4), 48 (I20 SC).

Per il sacchetto, *S. hepatus*, ed il merluzzetto, *T. capelanus*, visto il basso numero di esemplari campionati, non vengono fornite le distribuzioni taglia-frequenza. Sono stati catturati, in totale, 25 esemplari di sacchetto, *S. hepatus*. 17 esemplari, con taglia tra 5,5 e 10 cm LT, sono stati campionati nel gruppo di stazioni I20 S1-S4, mentre nella stazione I20 SC sono stati campionati 8 esemplari con taglia compresa tra 5 e 10 cm LT. Per quanto riguarda il merluzzetto, *T. capelanus*, sono stati catturati in totale 35 individui, 26 nel gruppo di stazioni in prossimità del terminale (I20 S1-S4), con taglia compresa tra 8,5 e 18 cm LT, e 9 nella stazione di controllo (I20 SC), con taglia compresa tra 10,5 e 15 cm LT.

Nel caso del gattuccio, *S. canicula*, nel gruppo di stazioni I20 S1-S4 sono stati campionati 207 esemplari con taglia compresa tra 21 e 46 cm LT, mentre nella stazione I20 SC sono stati campionati 44 esemplari, con un intervallo di taglia tra 27 e 45 cm LT. La distribuzione di taglia degli esemplari campionati nelle stazioni in prossimità del terminale mostra due mode, una moda a 30 cm LT ed una a 39 cm LT (Figura 63). La distribuzione taglia-frequenza relativa agli individui catturati nella stazione I20 SC non è molto strutturata, anche se si potrebbero supporre, anche in questo caso, due mode: una a 15 cm LT e l'altra a 24 cm LT.

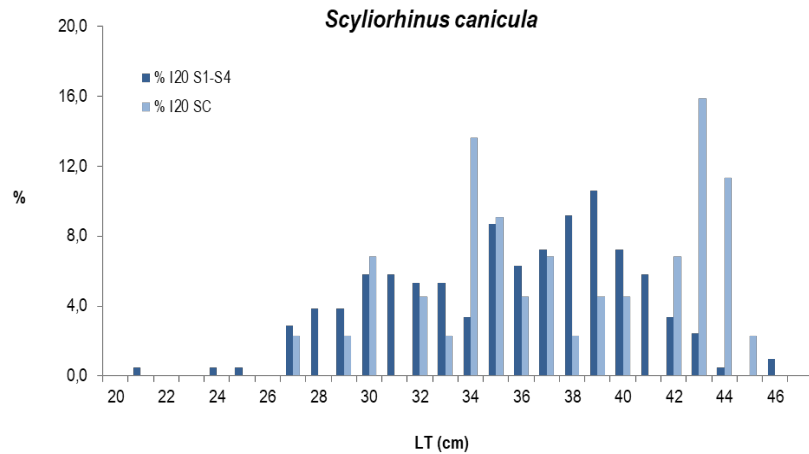


Figura 63 - Reti a strascico: distribuzione taglia-frequenza del gattuccio (*Scyliorhinus canicula*). N° individui: 207 (I20 S1-S4), 44 (I20 SC).

Passando al gambero bianco, *P. longirostris*, viene mostrata solamente la distribuzione taglia-frequenza degli animali campionati nelle stazioni in prossimità del terminale (I20 S1-S4). In questo gruppo di stazioni sono stati catturati 503 individui con taglia compresa tra 15 e 35 mm LC (Figura 64). La distribuzione di taglia-frequenza mostra una moda a 18 mm LC. Nella stazione di controllo I20 SC sono stati catturati 99 animali equamente distribuiti nell'intervallo di taglia tra 16 e 20 mm LC.

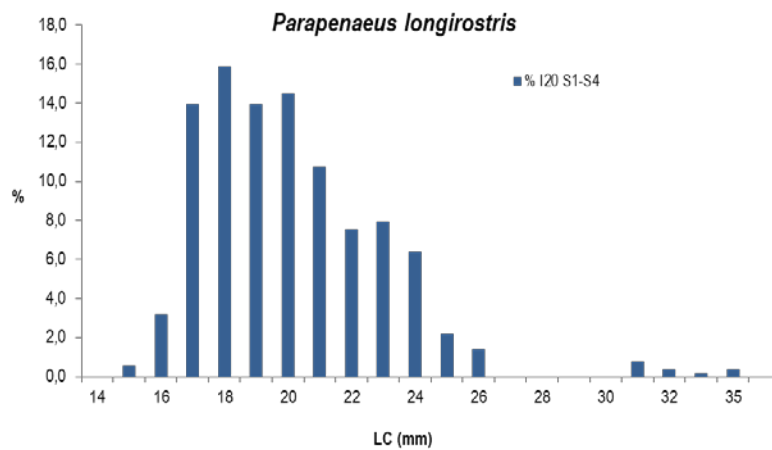


Figura 64 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del gambero bianco (*Parapenaeus longirostris*). N° individui: 503 (I20 S1-S4).

Il moscardino, *E. cirrhosa*, è stato campionato solamente nelle stazioni in prossimità del terminale (I20 S1-S4). Sono stati catturati 4 individui aventi taglia compresa tra 6 e 8 cm LM.

#### 4.2.6 Cetacei e tartarughe marine

Per questa indagine sono state percorse 234 nm per un totale di 51h di navigazione.

In Figura 65 sono riportate le rotte percorse per il monitoraggio visivo condotto a partire da marzo 2020 (I20).

E' stato effettuato 1 avvistamento in data 19.03.2020 in posizione 43 37 22.394 N Lat e 009 51 07.180 E long, in totale 10 delfini appartenenti alla specie *Stenella coeruleoalba* a 6 nm in posizione W dal terminale. Nessun avvistamento di tartarughe.

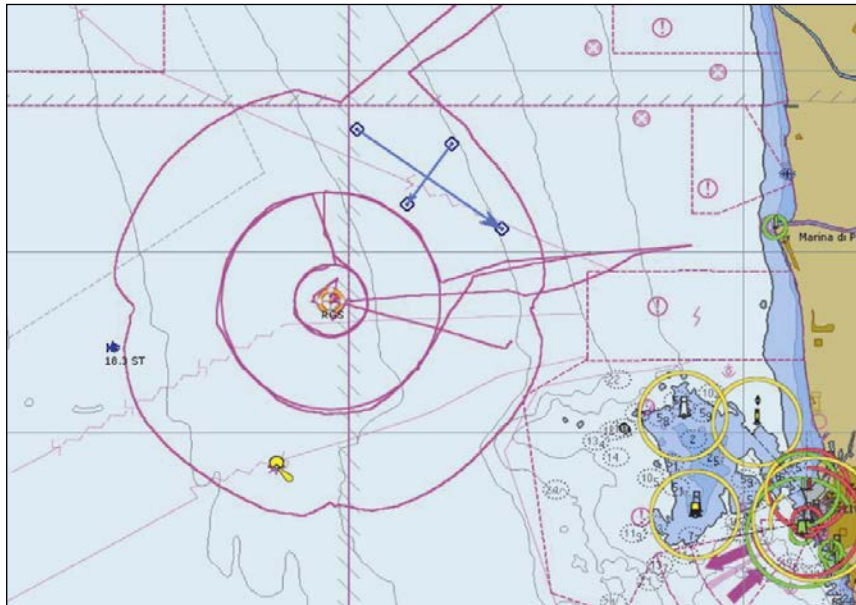


Figura 65 – Rotte effettuate per il monitoraggio visivo, acustico e bioacustico condotto in inverno 2020 (120).

### 4.3 Indagini generali

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

**Tabella 67** - Dati meteorologici, orari e dati di traffico marittimo e Modalità operative del Terminale al momento dell'acquisizione delle misure (120).

Data	Stazione	WS (knt)	W dir(°N)	Hs onda (m)	CTD start	CTD end	Depth	HYD start	HYD end	Note	Modalità operative del Terminale	Presenza TUG**	Presenza Guardian *
15/03/2020	S10K	4,0	335	0,46	12:47	12:48	55	12:42	12:46	nave a 2nm a S SE dir Li	Holding	NO	SI
15/03/2020	S10K	4,0	335	0,46	---	---	8	12:50	12:54	nave a 2nm a S SE dir Li	Holding	NO	SI
16/03/2020	E10K	12,0	87	0,69	11:11	11:12	55	11:25	11:29	nave a 7nm dir Li	Holding	NO	SI
16/03/2020	E10K	11,8	84	0,69	---	---	8	11:35	11:39	nave a 7nm dir Li	Holding	NO	SI
17/03/2020	N1K	5,7	95	0,25	13:49	13:50	55	13:52	13:56	2 navi x N 1 a 7nm e 1 a 10nm. Caterna portacont Vel 20knt, Dist 4,1nm	Holding	08.25 / 14.06 Corrado Neri	SI
17/03/2020	N1K	3,3	196	0,25	---	---	8	14:03	14:07	2 navi x N 1 a 7nm e 1 a 10nm. Caterna portacont Vel 20knt, Dist 4,1nm	Holding	08.25 / 14.06 Corrado Neri	SI
17/03/2020	W1K	3,6	160	0,25	13:23	13:25	55	13:26	13:30	---	Holding	08.25 / 14.06 Corrado Neri	SI
17/03/2020	W1K	4,4	173	0,25	---	---	8	13:33	13:37	---	Holding	08.25 / 14.06 Corrado Neri	SI
17/03/2020	S1K	3,4	136	0,28	12:56	12:59	55	13:01	13:05	---	Holding	08.25 / 14.06 Corrado Neri	SI
17/03/2020	S1K	3,4	148	0,28	---	---	8	13:09	13:13	---	Holding	08.25 / 14.06 Corrado Neri	SI
17/03/2020	E1K	3,8	120	0,30	12:25	12:27	55	12:30	12:34	---	Holding	08.25 / 14.06 Corrado Neri	SI
17/03/2020	E1K	4,4	127	0,30	---	---	8	12:37	12:41	---	Holding	08.25 / 14.06 Corrado Neri	SI
17/03/2020	N100	3,8	120	0,30	14:19	14:20	55	14:22	14:26	2 navi, 1 a 8nm, 1 a 9nm x Li	Holding	08.25 / 14.06 Corrado Neri	SI
17/03/2020	N100	4,0	195	0,27	---	---	8	14:32	14:36	2 navi, 1 a 8nm, 1 a 9nm x Li	Holding	08.25 / 14.06 Corrado Neri	SI

**Tabella 67** - Dati meteorologici, orari e dati di traffico marittimo e Modalità operative del Terminale al momento dell'acquisizione delle misure (120).

Data	Stazione	WS (knt)	W dir(°N)	Hs onda (m)	CTD start	CTD end	Depth	HYD start	HYD end	Note	Modalità operative del Terminale	Presenza TUG**	Presenza Guardian *
17/03/2020	W100	4,4	192	0,27	15:22	15:23	55	15:24	15:28	Nave a 5nm W x Li	Holding	08.25 / 14.06 Corrado Neri	SI
17/03/2020	W100	4,4	202	0,24	---	---	8	15:32	15:36	Nave a 5nm W x Li	Holding	08.25 / 14.06 Corrado Neri	SI
17/03/2020	S100	4,4	214	0,24	15:01	15:02	55	15:02	15:06	Nave a 5nm W x Li	Holding	08.25 / 14.06 Corrado Neri	SI
17/03/2020	S100	4,4	205	0,25	---	---	8	15:13	15:17	Nave a 5nm W x Li	Holding	08.25 / 14.06 Corrado Neri	SI
17/03/2020	E100	4,9	202	0,25	14:42	14:43	55	14:44	14:48	nave delle 14.32	Holding	08.25 / 14.06 Corrado Neri	SI
17/03/2020	E100	4,4	192	0,25	---	---	8	14:50	14:54	nave delle 14.32	Holding	08.25 / 14.06 Corrado Neri	SI
18/03/2020	N10K	4,1	192	0,25	16:12	16:14	55	16:15	16:19		Holding	NO	SI
18/03/2020	N10K	6,6	307	0,31	---	---	8	16:22	16:26		Holding	NO	SI
19/03/2020	W10K	8,0	306	0,35	14:39	14:40	55	14:41	14:45		Holding	07.30 / 09.24 Costante Neri	SI
19/03/2020	W10K	4,4	250	0,21	---	---	8	14:48	14:52		Holding	07.30 / 09.24 Costante Neri	SI

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

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



### 4.3.1 Misura del rumore

In questo paragrafo sono riportati i risultati delle misure di rumore acustico subacqueo effettuate nei punti più vicini (a 100 metri di distanza dal Terminale) alla profondità di 55m, con rappresentazione della funzione di densità spettrale di potenza (PSDf – linea blu) basata sul calcolo della FFT e analisi in terzi d'ottava sovrapposta (linea rossa).

Sono inoltre riportati i risultati a 1.000 e 10.000 metri per la direttrice Nord (quella di maggior interesse per la presente campagna).

Le quattro figure seguenti (**Figura 66**, **Figura 67**, **Figura 68** e **Figura 69**) riportano i livelli PSDf misurati a 100m rispettivamente alle stazioni Nord, Est, Sud e Ovest. In tutti i casi, i livelli sono attorno agli 100-110 dB re 1 $\mu$ Pa<sup>2</sup>/Hz per frequenze sotto ai 250 Hz e scendono fino ai 40-60 dB re 1 $\mu$ Pa<sup>2</sup>/Hz alle alte frequenze. Sono presenti picchi di livello alle frequenze di ~85Hz, ~100 Hz, ~250 Hz, ~500 Hz, 790 Hz, ~1000 Hz e ~1260 Hz. Si nota inoltre un picco attorno ai 18000 Hz.

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

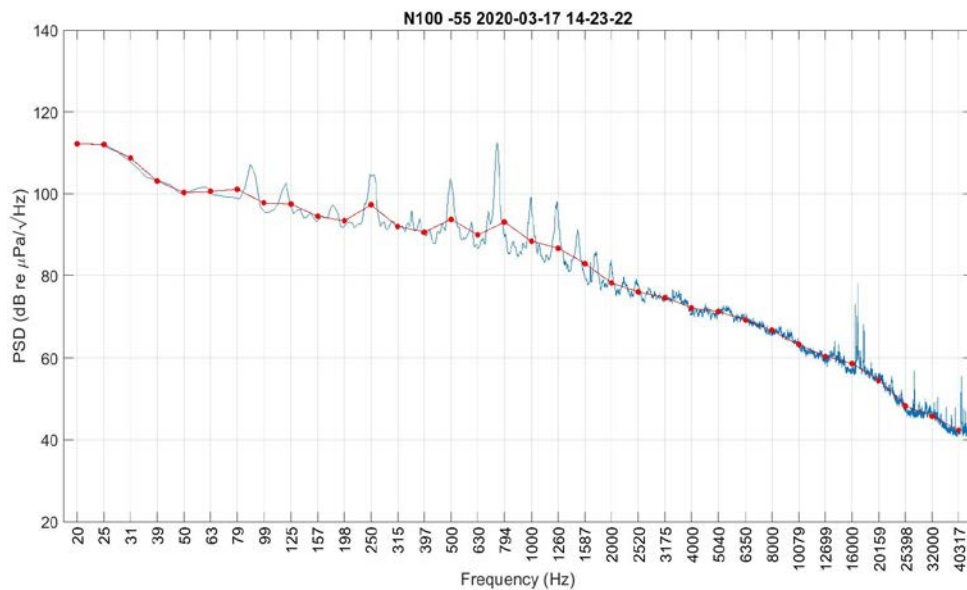


Figura 66 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N100 a 55m di profondità.

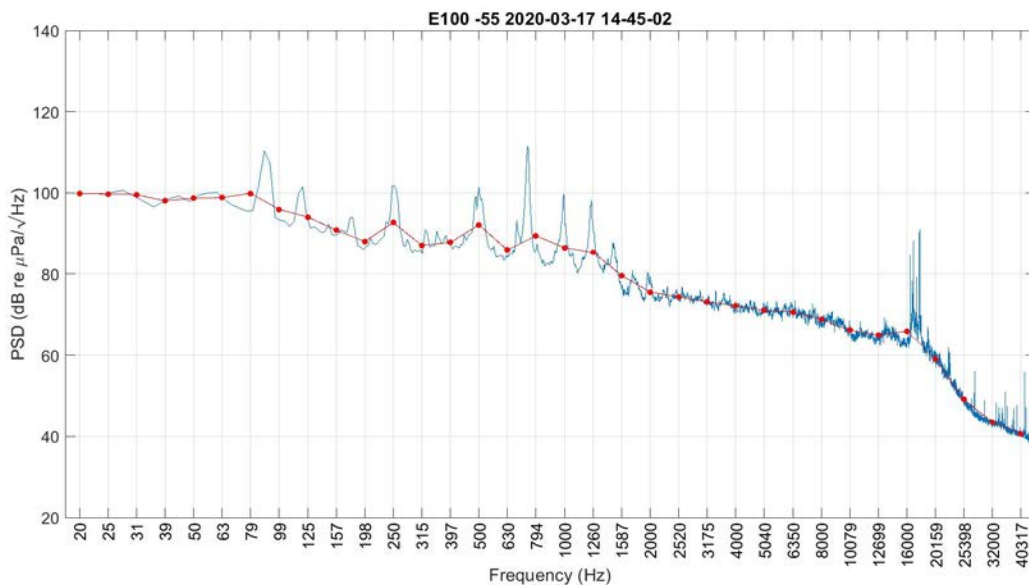


Figura 67 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto E100 a 55m di profondità.

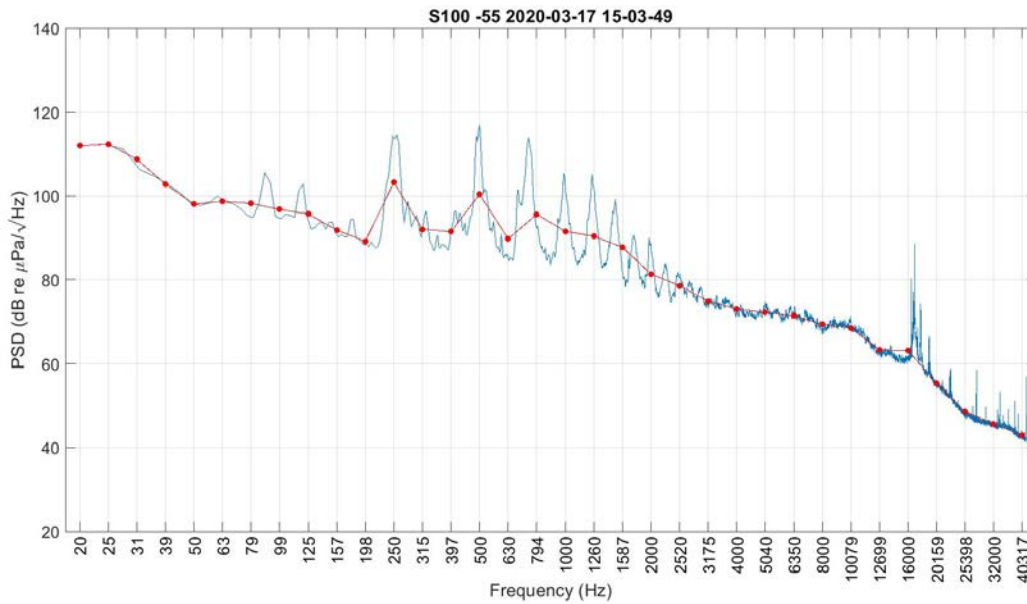


Figura 68 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S100 a 55m di profondità.

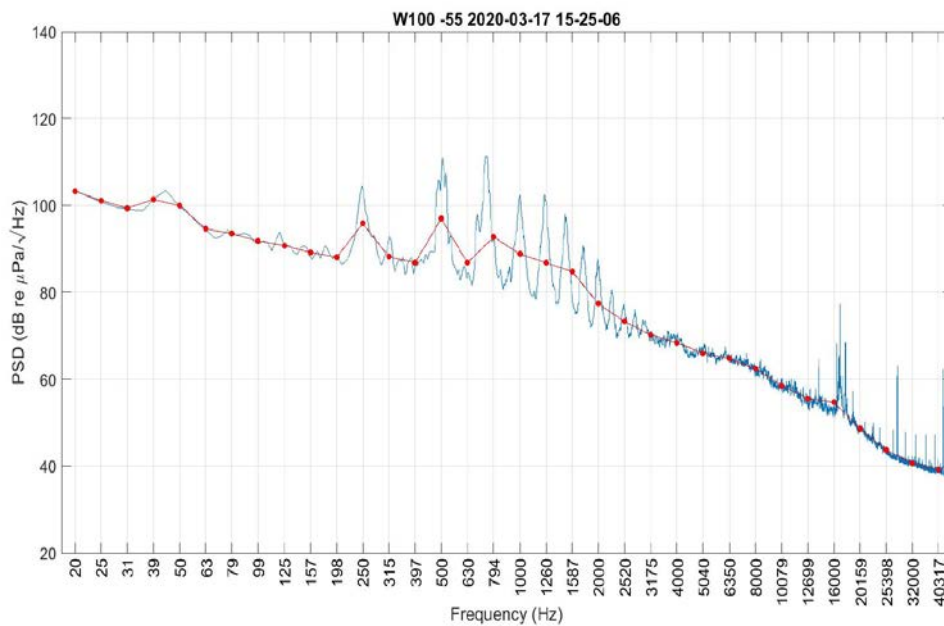


Figura 69 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto W100 a 55 m di profondità.

Le seguenti figure (**Figura 70** e **Figura 71**) riportano i livelli PDSf misurati alle stazioni Nord alla distanza rispettivamente di 1.000 e 10.000 metri dal Terminale.

Nella figura 70 i livelli sono attorno ai circa 100 dB re 1 $\mu$ Pa<sup>2</sup>/Hz a frequenze basse (20 - 200 Hz) e scendono fino ai 40-60 dB re 1 $\mu$ Pa<sup>2</sup>/Hz alle alte frequenze. Una serie di picchi tra i 500 e i 1600 Hz sono ancora presenti. Anche qui si evidenziano righe spettrali che rappresentano interferenze elettromagnetiche derivanti da strumentazioni dell'imbarcazione di supporto. Esse non sono significative per l'analisi acustica. Nella figura 71 i livelli scendono dai 120 dB re 1 $\mu$ Pa<sup>2</sup>/Hz fino a circa 80 dB re 1 $\mu$ Pa<sup>2</sup>/Hz a frequenze basse (da 20 a 400 Hz) e scendono fino ai 40-60 dB re 1 $\mu$ Pa<sup>2</sup>/Hz alle alte frequenze. Si nota la presenza di un picco attorno ai 700 Hz. Anche qui si evidenziano righe spettrali che rappresentano interferenze elettromagnetiche derivanti da strumentazioni dell'imbarcazione di supporto. Esse non sono significative per l'analisi acustica.

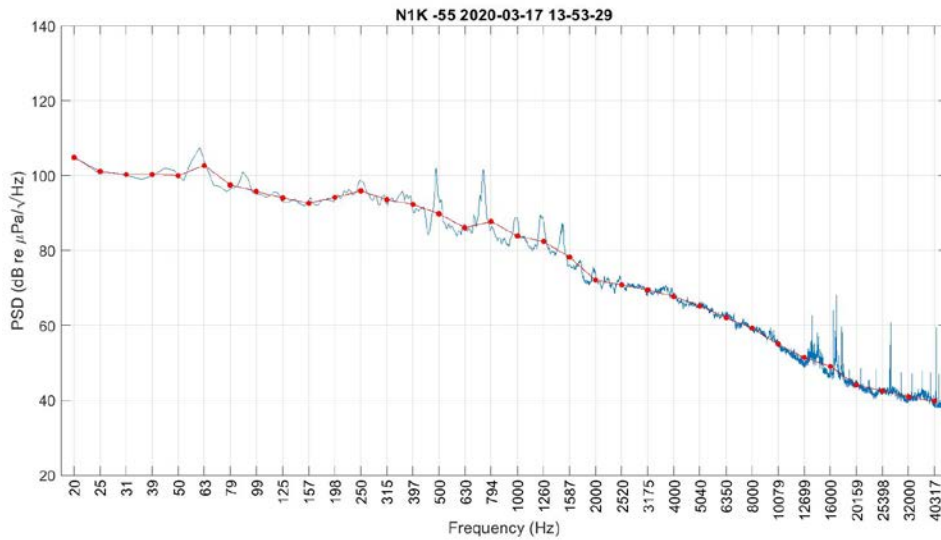


Figura 70 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N1K a 55m di profondità.

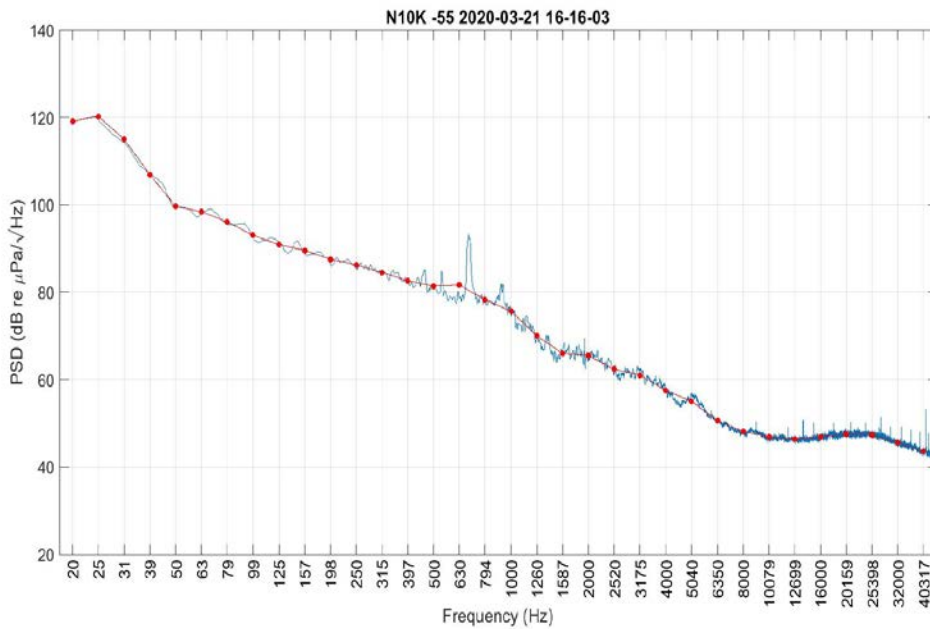


Figura 71 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N10K a 55 m di profondità.

Nella **Figura 72** sono riportati i valori PDSf in terzi d'ottava lungo la direzione Nord. Si può notare che i livelli a frequenze < 50 Hz sono più alti a 10000m dal terminale, mentre i livelli a frequenze > 100 Hz decrescono in funzione della distanza. La stazione N100 risulta la più rumorosa tra 500 e 25000 Hz.

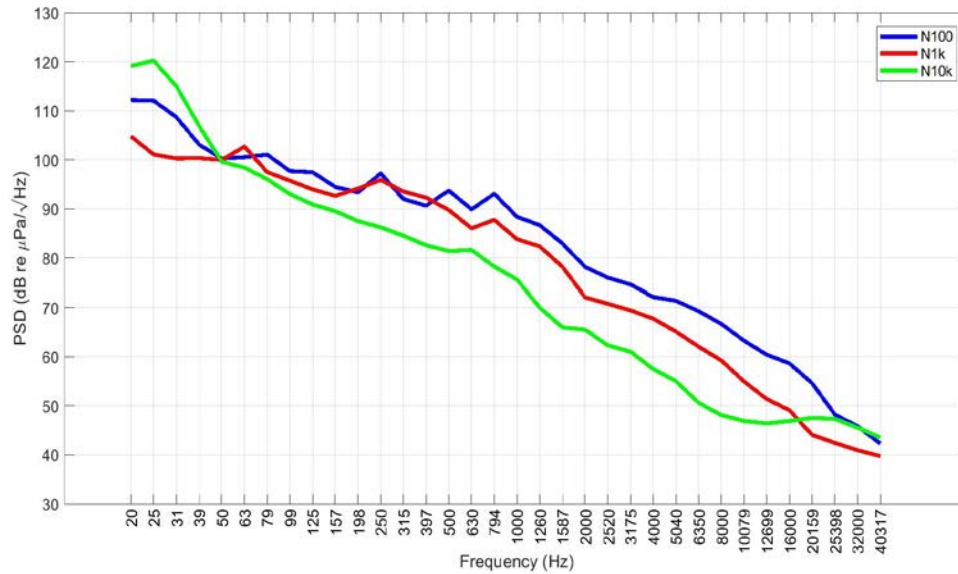


Figura 72 - Confronto dei livelli in terzi d'ottava misurati a 55m di profondità lungo la direzione Nord.

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

#### Verifica simulazione

Tutte le ipotesi e assunzioni proposte nelle campagne precedenti rimangono valide, perciò i parametri geometrici e geofisici relativi alla sorgente rimangono inalterati. Anche in queste misure la banda in cui si rileva una maggiore differenza rispetto al Bianco (Piano di Monitoraggio dell'ambiente marino. Fase di Bianco – 2013) è centrata intorno a 10 - 12 kHz: quindi prenderemo a riferimento la frequenza di 12 kHz per il modello della sorgente a cui vengono calcolati i risultati di Transmission Loss (TL). Tale frequenza viene utilizzata anche per uniformità con le precedenti relazioni, ed è in ritenuta rappresentativa della parte dello spettro in cui le emissioni acustiche del terminale maggiormente si distinguono dal Bianco.

#### Parametri oceanografici

I profili misurati durante questa campagna alle diverse distanze dal terminale (Figura 73) sono tutte abbastanza simili nella forma ad eccezione di E10k che presenta velocità del suono inferiori rispetto agli altri profili a 10 km dal terminale.

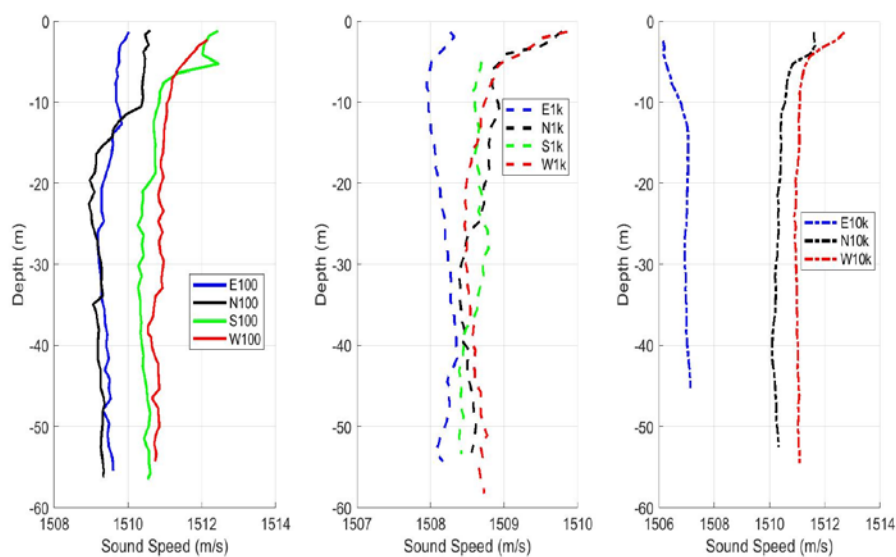


Figura 73 - Profili di velocità del suono misurati con CTD a differenti stazioni durante la campagna I20.

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

Sulla base delle considerazioni sui dati reali e delle assunzioni formulate per i parametri di input al modello di propagazione acustica ed utilizzando le misure di profilo di velocità del suono ottenuta dalla sonda multi-parametrica CTD, applichiamo lo strumento di simulazione della propagazione del suono Bellhop a 12 kHz di frequenza emesso da una sorgente isotropica sul piano orizzontale e con irradiazione  $\pm 80^\circ$  su piano verticale posta a 15m di profondità (Figura 74). Data la differenza fra lo spettro di emissione del terminale e la PSDf del Bianco (Piano di Monitoraggio dell'ambiente marino. Fase di Bianco – 2013), i risultati ottenuti a 12 kHz descrivono in modo sufficiente il rumore del Terminale entro la banda di interesse 7-20 kHz

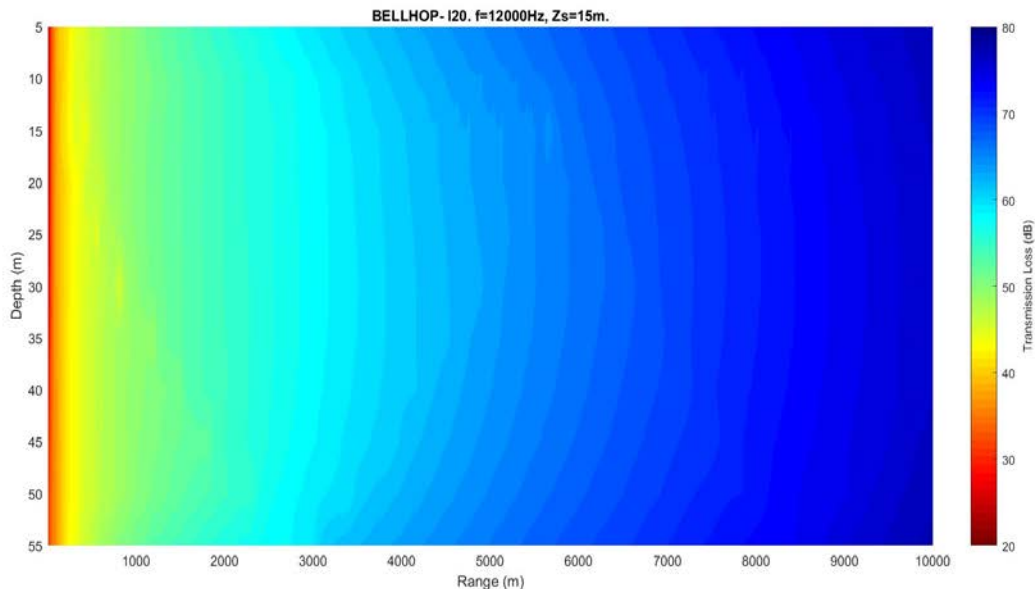


Figura 74 - Simulazione della Transmission Loss TL alla frequenza di 12 kHz in direzione Nord.

A 5.000m di distanza l'attenuazione del suono modellata è di circa 63-66 dB e raggiunge 80 dB a 10.000m dal terminale.

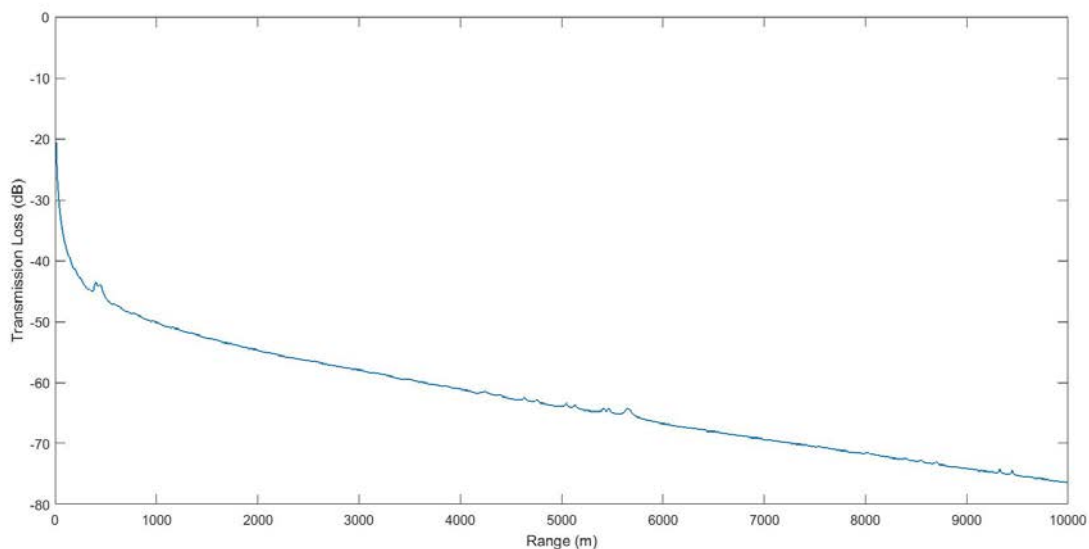


Figura 75 - Trasmission Loss prevista dal modello in funzione della distanza alla profondità di 15 metri.

Alla frequenza di 12kHz, la caduta di livello del rumore predetta dal modello tra le stazioni N100 e N1K a 15 metri di profondità è di circa 13 dB. Nel confronto con i livelli misurati fra le stazioni N100 e N1K abbiamo una differenza di 10 dB (alla frequenza di 12 kHz). La caduta di livello predetta dal modello a 100 metri dalla sorgente e 15 metri di profondità<sup>6</sup> per la frequenza di 12kHz, è di circa 37 dB (Figura 75),

<sup>6</sup> Come evidenziato nella campagna A19, il canale di propagazione a 15 m di profondità si apprezza per distanze di propagazione maggiori di 800-1000m pertanto nelle campagne P20 ed E20, dato che utilizziamo la TL per calcolare SL partendo da SPL misurate a 100m di distanza dalla sorgente ed a -55 m di profondità, si utilizzerà il parametro TL preso a -55 m dal terminale e non a -15m come effettuato nella predetta campagna.

considerando quindi per tale stazione, il valore misurato a -55m di 60,4 dB re 1 $\mu$ Pa è possibile stimare un **Source Level della sorgente (Terminale)** pari a 97,4 dB re 1 $\mu$ Pa.

#### 4.3.2 Bioacustica

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

**VOLUME II**

- 5 RISULTATI SURVEY PRIMAVERA 2020
  - 5.1 Colonna d'acqua
    - 5.1.1 Profili idrologici
    - 5.1.2 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche
    - 5.1.3 Plancton
      - 5.1.3.1 Fitoplancton
      - 5.1.3.2 Zooplancton
  - 5.2 Biota
    - 5.2.1 Macrozoobenthos
    - 5.2.2 Bioaccumulo
    - 5.2.3 Biomarkers
    - 5.2.4 Cetacei e tartarughe marine
  - 5.3 Indagini generali
    - 5.3.1 Misura del rumore
    - 5.3.2 Bioacustica
- 6 RISULTATI SURVEY ESTATE 2020
  - 6.1 Colonna d'acqua
    - 6.1.1 Profili idrologici
    - 6.1.2 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche
    - 6.1.3 Saggi eco tossicologici su campioni di acqua
    - 6.1.4 Plancton
      - 6.1.4.1 Fitoplancton
      - 6.1.4.2 Zooplancton
  - 6.2 Sedimenti
    - 6.2.1 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche
    - 6.2.2 Saggi eco tossicologici su campioni di sedimento
  - 6.3 Biota
    - 6.3.1 Macrozoobenthos
    - 6.3.2 Meiobenthos
    - 6.3.3 Bioaccumulo
    - 6.3.4 Biomarkers
    - 6.3.5 Fauna ittica bentonectonica
    - 6.3.6 Fauna ittica pelagica
    - 6.3.7 Cetacei e tartarughe marine
  - 6.4 Indagini generali
    - 6.4.1 Misura del rumore
    - 6.4.2 Bioacustica
- 7 CONFRONTO INTERSTAGIONALE E CON LA CAMPAGNA DI BIANCO
  - 7.1 Colonna d'acqua
    - 7.1.1 Profili idrologici
    - 7.1.2 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche
    - 7.1.3 Saggi eco tossicologici su campioni di acqua
    - 7.1.4 Plancton
      - 7.1.4.1 Fitoplancton

- 7.1.4.2 Zooplancton
- 7.2 Sedimenti
  - 7.2.1 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche
  - 7.2.2 Saggi eco tossicologici su campioni di sedimento
- 7.3 Biota
  - 7.3.1 Macrozoobenthos
  - 7.3.2 Meiobenthos
  - 7.3.3 Bioaccumulo
  - 7.3.4 Biomarkers
  - 7.3.5 Fauna ittica bentonectonica
  - 7.3.6 Fauna ittica pelagica
  - 7.3.7 Cetacei e tartarughe marine
- 7.4 Indagini generali
  - 7.4.1 Misura del rumore
  - 7.4.2 Bioacustica
- 8 CONCLUSIONI