

OLT OFFSHORE LNG TOSCANA SpA

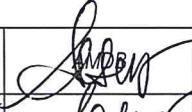
Piano di monitoraggio dell'ambiente marino

Il rapporto annuale

Autunno 2014 (A14), Inverno 2015 (I15), Primavera 2015 (P15), Estate 2015 (E15)



Volume I

Rev. 1	23.12.15	Emissione definitiva			
Rev. 0	07.10.15	Emissione per commenti committente			
Rev	Data	Descrizione della revisione	Preparato da	Verificato da	Approvato da

OLT OFFSHORE LNG TOSCANA SpA

Piano di monitoraggio dell'ambiente marino

Il rapporto annuale

Autunno 2014 (A14), Inverno 2015 (I15), Primavera 2015 (P15), Estate 2015 (E15)



Volume I

Rev. 1	23.12.15	Emissione definitiva	AMDB	GBP	CP
Rev. 0	07.10.15	Emissione per commenti committente	AMDB	GBP	CP
Rev	Data	Descrizione della revisione	Preparato da	Verificato da	Approvato da

VOLUME I.....	11
❖ ❖ ❖ ❖	11
1 INTRODUZIONE	12
1.1 Richiami ai contenuti principali del progetto.....	12
1.2 Obiettivi fase di esercizio.....	12
2 MATERIALI E METODI.....	13
2.1 Attività e tempistiche.....	13
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	16
2.3.4 Saggi ecotossicologici	17
<i>Vibrio fischeri</i> (sistema Microtox®) - fase liquida.....	18
<i>Phaeodactylum tricorutum</i>	18
<i>Dicentrarchus labrax</i>	18
<i>Paracentrotus lividus</i>	18
2.4 SEDIMENTI.....	19
2.4.1 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	19
Analisi granulometriche.....	19
Analisi chimiche	19
Analisi microbiologiche	20
2.4.2 Saggi ecotossicologici	20
<i>Paracentrotus lividus</i>	20
<i>Corophium orientale</i>	21
<i>Vibrio fischeri</i> (sistema Microtox®) - fase solida.....	21
2.5 BIOTA.....	21
2.5.1 Macrozoobenthos	21
2.5.2 Meiobenthos	22
2.5.3 Bioaccumulo	22
2.5.4 Biomarkers.....	25
2.5.5 Fauna ittica bentonectonica	26
2.5.6 Fauna ittica pelagica	27
2.5.7 Cetacei e tartarughe marine.....	27
2.6 INDAGINI GENERALI.....	28
2.6.1 Misura del rumore.....	28
2.6.2 Bioacustica	32
3 RISULTATI SURVEY AUTUNNO 2014	33
3.1 COLONNA D'ACQUA.....	33
3.1.1 Profili idrologici	33
3.1.2 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	35
3.1.3 Plancton	43
3.2 BIOTA.....	51
3.2.1 Macrozoobenthos	51
3.2.2 Bioaccumulo	54

3.2.3	Biomarkers.....	55
3.2.4	Cetacei e tartarughe marine.....	57
3.3	INDAGINI GENERALI.....	58
3.3.1	Misura del rumore.....	58
3.3.2	Bioacustica	63
4	RISULTATI SURVEY INVERNO 2015.....	64
4.1	COLONNA D'ACQUA.....	64
4.1.1	Profili idrologici	64
4.1.2	Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	66
4.1.3	Plancton	75
4.1.4	Saggi eco tossicologici	83
	<i>Vibrio fischeri</i>	83
	<i>Phaeodactylum tricornutum</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	89
4.2.3	Bioaccumulo	96
4.2.4	Biomarkers.....	97
4.2.5	Fauna ittica bentonectonica	99
4.2.6	Cetacei e tartarughe marine.....	108
4.3	INDAGINI GENERALI.....	108
4.3.1	Misura del rumore.....	108
4.3.2	Bioacustica	115
	VOLUME II	116
5	RISULTATI SURVEY PRIMAVERA 2015.....	116
5.1	COLONNA D'ACQUA.....	116
5.1.1	Profili idrologici	116
5.1.2	Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	116
5.1.3	Plancton	116
5.2	BIOTA.....	116
5.2.1	Macrozoobenthos	116
5.2.2	Bioaccumulo	116
5.2.3	Biomarkers.....	116
5.2.4	Cetacei e tartarughe marine.....	116
5.3	INDAGINI GENERALI.....	116
5.3.1	Misura del rumore.....	116
5.3.2	Bioacustica	116
6	RISULTATI SURVEY ESTATE 2015	116
6.1	COLONNA D'ACQUA.....	116
6.1.1	Profili idrologici	116
6.1.2	Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	116
6.1.3	Saggi eco tossicologici su campioni di acqua.....	116
6.1.4	Plancton	116

6.2	SEDIMENTI.....	116
6.2.1	Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	116
6.2.2	Saggi eco tossicologici su campioni di sedimento.....	116
6.3	BIOTA.....	116
6.3.1	Macrozoobenthos	116
6.3.2	Meiobenthos	116
6.3.3	Bioaccumulo	116
6.3.4	Biomarkers.....	116
6.3.5	Fauna ittica bentonectonica	116
6.3.6	Fauna ittica pelagica	116
6.3.7	Cetacei e tartarughe marine.....	116
6.4	INDAGINI GENERALI.....	116
6.4.1	Misura del rumore.....	116
6.4.2	Bioacustica	116
7	CONFRONTO INTERSTAGIONALE E CON LA CAMPAGNA DI BIANCO	116
7.1	COLONNA D'ACQUA.....	116
7.1.1	Profili idrologici	116
7.1.2	Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	116
7.1.3	Saggi eco tossicologici su campioni di acqua.....	116
7.1.4	Plancton	116
7.2	SEDIMENTI.....	116
7.2.1	Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	116
7.2.2	Saggi eco tossicologici su campioni di sedimento.....	116
7.3	BIOTA.....	116
7.3.1	Macrozoobenthos	116
7.3.2	Meiobenthos	116
7.3.3	Bioaccumulo	116
7.3.4	Biomarkers.....	116
7.3.5	Fauna ittica bentonectonica	116
7.3.6	Fauna ittica pelagica	116
7.3.7	Cetacei e tartarughe marine.....	116
7.4	INDAGINI GENERALI.....	116
7.4.1	Misura del rumore.....	116
7.4.2	Bioacustica	116
8	CONCLUSIONI.....	116

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 10km dal terminale e in grigio i transetti circolari a 1, 3 e 6NM di distanza dal terminale.	28
Figura 3 - Posizione delle stazioni di campionamento acustico.	29
Figura 4 - Esempio di restituzione dati AIS durante l'avvicinamento alla stazione Est1K.....	30
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.	32
Figura 6 – Profili di temperatura (°C).	33
Figura 7 - Profili di salinità (ppt).	33
Figura 8 – Diagramma T/S.	33
Figura 9 - Profili di saturazione dell'ossigeno disciolto (%).	34
Figura 10 – Profili di fluorescenza.	34
Figura 11 – Profili di pH.	34
Figura 12 - Profili di potenziale di ossido riduzione (ORP) in mV.....	34

Figura 13 - Profilo del rapporto fra l'irradianza quantica PAR (Photosynthetic Available Radiation) disponibile alle varie profondità con quella contemporanea in superficie, PAR (0 m), delle stazioni A14 MG7 e A14 MG10.	35
Figura 14 - 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 dove si colloca (λ_{max}).	35
Figura 15 - Profili delle concentrazioni dei nutrienti inorganici disciolti: NO ₂ (nitriti), NO ₃ (nitrati), PO ₄ (fosfati), SiO ₂ (silicati).	36
Figura 16 - Profili delle concentrazioni dei solidi sospesi (TSM) e delle concentrazioni di particolato organico (POM) nelle diverse stazioni.	37
Figura 17 - Profili degli assorbimenti della CDOM a 325 nm ($a_{CDOM(325)}$) nelle diverse stazioni.	38
Figura 18 - Profili della concentrazione di clorofilla a tot, nelle diverse stazioni.	39
Figura 19 - Istogrammi della composizione percentuale di ognuno 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).	40
Figura 20 - Profili verticali densità fitoplanctoniche totali ($cell\ L^{-1}\ 10^3$).	43
Figura 21 - Abbondanza relativa delle classi fitoplanctoniche indicate in legenda nelle diverse stazioni.	44
Figura 22 - Ripartizione dell'abbondanza totale e del numero di specie tra i principali taxa rinvenuti. Altro=nemertini, nematodi, sipunculidi.	52
Figura 23 - Abbondanza totale e contributo percentuale cumulativo delle specie dominanti.	52
Figura 24 - Risultati della cluster analysis (group average) a sinistra e piano di ordinamento ottenuto dal n-MDS, a destra. Le analisi sono state effettuate dopo aver trasformato i dati secondo la doppia radice quadrata. La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Bray-Curtis.	53
Figura 25 - Valutazione del danno cellulare mediante la misura del tempo di ritenzione del colorante vitale Rosso Neutro (NRRT) negli emociti di mitilo.	56
Figura 26 - Valutazione del grado di integrità del DNA mediante Comet assay.	56
Figura 27 - Analisi istologica delle branchie di mitilo. Il parametro rappresentato nel grafico è il punteggio medio (<i>score</i>) per ciascuna delle stazioni indagate.	57
Figura 28 - Rotte effettuate per il monitoraggio visivo condotto nell'autunno 2014.	57
Figura 29 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N100 a 55m di profondità. Si nota a bassa frequenza la presenza di traffico marittimo di sottofondo.	58
Figura 30 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto E100 a 55m di profondità. Di nuovo è evidente a bassa frequenza la presenza di traffico marittimo di sottofondo.	58
Figura 31 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S100 a 55m di profondità. C'è un certo innalzamento di livello centrato dai 12 ai 16 kHz.	58
Figura 32 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto W100 a 55m di profondità. Anche in questa misura si nota un innalzamento di livello piuttosto evidente nella sottobanda 12-20 kHz.	59
Figura 33 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N1K a 55m di profondità.	59
Figura 34 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto E1K a 55m di profondità. Siamo in presenza di traffico marittimo evidente.	59
Figura 35 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S1K a 55m di profondità.	59
Figura 36 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto W1K a 55m di profondità.	60
Figura 37 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto E10K a 40m di profondità (qui il fondale è più basso di 50m, quindi la misura viene effettuata a minor profondità rispetto alle altre). Nelle vicinanze si vede la presenza di traffico di imbarcazioni di grandi dimensioni.	60
Figura 38 - Confronto delle funzioni PSD in terzi d'ottava, relative a dati raccolti nei punti N, S e W a distanza 100m dal terminale e a profondità 55m. La curva del bianco registrato in E12 sul punto nominale del Terminale è stata sovrapposta per riferimento.	60
Figura 39 - Confronto delle funzioni PSD in terzi d'ottava, relative a dati raccolti sulla direttrice Est a distanza 100, 1000 e 10000m dal terminale e a profondità 55m.	61
Figura 40 - Confronto delle funzioni PSD in terzi d'ottava, relative a dati raccolti sulla direttrice Est a distanza 100 e 1000m dal Terminale nelle campagne A14 e A13 (profondità 55m).	61
Figura 41 - Confronto delle funzioni PSD in terzi d'ottava, relative a dati raccolti sulla direttrice Est a distanza 100 e 1000m nelle campagne A14 e E14 (profondità 55m).	61
Figura 42 - Confronto sullo stesso grafico di tutti i profili di velocità del suono misurati durante la campagna sperimentale. Tutti sono dominati da uno spiccato gradiente negativo, a causa della stagione estiva.	62
Figura 43 - Simulazione dei percorsi dei raggi/beam lanciati da una sorgente a 5m di profondità, assunto il profilo di velocità misurato in E1K (modello Bellhop).	62
Figura 44 - Simulazione della Transmission Loss TL per il modello creato in Fig. 18 (modello Bellhop). I valori a 100 e 1000m di horizontal range dalla sorgente a profondità 55m sono evidenziati per poter fare un confronto con i risultati sperimentali.	63
Figura 45 - Profili di temperatura (°C).	64
Figura 46 - Profili di salinità (ppt).	64
Figura 47 - Diagramma T/S.	64
Figura 48 - Profili di saturazione dell'ossigeno disciolto (%).	64
Figura 49 - Profili di fluorescenza.	64
Figura 50 - Profili di pH.	65
Figura 51 - Profili di potenziale di ossido riduzione (ORP) in mV.	65
Figura 52 - Profili di torbidità (NTU).	65
Figura 53 Profilo del rapporto fra l'irradianza quantica PAR (Photosynthetic Available Radiation) disponibile alle varie profondità con quella contemporanea in superficie, PAR (0 m), delle stazioni I15 MG7 e I15 MG10.	65
Figura 54 - Irradianza spettrale discendente superficiale e subacquea alle profondità indicate. E' inoltre riportata la irradianza spettrale ascendente a 5m (5m up). Ogni spettro è stato normalizzato per il proprio massimo ($E_{max}(\lambda)$) riportato nella legenda insieme con la lunghezza dove si colloca (λ_{max}).	66
Figura 55 - Profili delle concentrazioni dei nutrienti inorganici disciolti: NO ₂ (nitriti), NO ₃ (nitrati), PO ₄ (fosfati), SiO ₂ (silicati).	67
Figura 56- Profili delle concentrazioni dei solidi sospesi (TSM) e delle concentrazioni di particolato organico (POM) nelle diverse stazioni.	68
Figura 57- Profili degli assorbimenti della CDOM a 325 nm ($a_{CDOM(325)}$) nelle diverse stazioni.	69
Figura 58 - Profili della concentrazione di clorofilla a tot, alle diverse stazioni.	70
Figura 59 - Istogrammi della composizione percentuale di ognuno 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).	72

Figura 60 - Profili verticali delle densità fitoplanctoniche totali (cell L ⁻¹ 10 ³) nelle diverse stazioni.	75
Figura 61- Abbondanza relativa delle classi fitoplanctoniche indicate in legenda nelle diverse stazioni.	76
Figura 62 - Ripartizione dell'abbondanza totale e del numero di specie tra i principali taxa rinvenuti. Altro=nemertini, sipunculidi.	87
Figura 63 - Abbondanza totale e contributo percentuale cumulativo delle specie dominanti.	88
Figura 64 - Risultati della cluster analysis (group average) a sinistra e piano di ordinamento ottenuto dal n-MDS, a destra. La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Bray-Curtis.	88
Figura 65 - Stazione I15 MG1. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	89
Figura 66 - Stazione I15 MG2. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	90
Figura 67 - Stazione I15 MG4. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	90
Figura 68 - Stazione I15 MG6. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	90
Figura 69 - Stazione I15MG7. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	91
Figura 70 - Stazione I15MG8. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	91
Figura 71 - Stazione I15 MG9. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	92
Figura 72 - Stazione I15 MG10. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	92
Figura 73 - Stazione I15 MG11. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	93
Figura 74 - Stazione I15 MG12. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	93
Figura 75 - Stazione I15MG13. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	93
Figura 76 - Stazione I15 MG14. Densità media ± deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).	94
Figura 77 - 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 (n-MDS), basato sul valore delle abbondanze medie dei taxa principali e similarità di Bray-Curtis, previa trasformazione logaritmica dei dati.	95
Figura 78 - Valutazione del danno cellulare mediante la misura del tempo di ritenzione del colorante vitale Rosso Neutro nei lisosomi degli emociti di mitilo. Valori alti del tempo di ritenzione corrispondono ad una maggiore integrità.	98
Figura 79 - Valutazione del grado di integrità del DNA mediante Comet assay. Valori elevati della percentuale di DNA migrato corrispondono ad una maggiore entità del danno.	98
Figura 80 - 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.	99
Figura 81 – Reti da posta: composizione delle catture, espressa come percentuale, dei principali gruppi tassonomici campionati nell'area di trattamento e controllo.	100
Figura 82 – Rete a strascico: composizione delle catture, espressa come percentuale, dei principali gruppi tassonomici campionati nell'area di trattamento e controllo.	101
Figura 83 – Reti da posta: indici di abbondanza in numero e peso, stimati per i siti di trattamento (T) e controllo (C), delle specie indicatrici. Sono riportati i valori delle medie + la deviazione standard, per specie e per sito. In verde scuro num/1000m/24h, in verde chiaro kg/1000m/24h.	104
Figura 84 – Rete a strascico: indici di abbondanza in numero e peso, stimati per i siti di trattamento (T) e controllo (C), delle specie indicatrici. Sono riportati i valori delle medie + la deviazione standard, per specie e per sito. In marrone scuro num/km ² , in marrone chiaro kg/km ²	104
Figura 85 - Rete da posta: distribuzione taglia-frequenza del gattuccio (<i>Scylliorhinus canicula</i>). Num. individui: 183 (trattamento), 41 (controllo).	105
Figura 86 – Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza della triglia di fango (<i>Mullus barbatus</i>). Num. individui: 730 (trattamento), 155 (controllo).	105
Figura 87 – Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del nasello (<i>Merluccius merluccius</i>). Num. individui: 80 (trattamento).	106
Figura 88 – Reti a strascico: distribuzione taglia-frequenza del merluzzetto (<i>Trisopterus minutus capelanus</i>). Num. individui: 65 (trattamento), 21 (controllo).	106
Figura 89 – Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del pagello fragolino (<i>Pagellus erythrinus</i>). Num. individui: 65 (trattamento), 20 (controllo).	107
Figura 90 – Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del sacchetto (<i>Serranus hepatus</i>). Num. individui: 49 (trattamento), 16 (controllo).	107
Figura 91 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del gattuccio (<i>Scylliorhinus canicula</i>). Num. individui: 273 (trattamento), 42 (controllo).	108
Figura 92 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del gambero bianco (<i>Parapenaeus longirostris</i>). Num. individui: 227 (trattamento).	108
Figura 93- PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N100 a 55m di profondità.	109
Figura 94 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto E100 a 45m di profondità.	109
Figura 95 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S100 a 55m di profondità.	109
Figura 96 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto W100 a 55m di profondità. Dalla forma dello spettro a larga banda e dall'innalzamento dei livelli di rumore è evidente il passaggio di una barca nelle vicinanze.	110
Figura 97 - Ricostruzione AIS del traffico al momento della misura. Il rimorchiatore di appoggio LNG Guardian transita a 1.89 NM dal punto di misura alla velocità di 4,1 Kn.	110
Figura 98 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N1K a 55m di profondità.	110
Figura 99 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto E1K a 55m di profondità.	111
Figura 100 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S1K a 55m di profondità.	111

Figura 101 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto W1K a 55 m di profondità.....	111
Figura 102 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto E10K a 55m di profondità.....	111
Figura 103 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S10K a 55m di profondità. È evidente il passaggio di una barca nelle vicinanze del punto di misura, visti gli elevati livelli di rumore, specialmente alle basse frequenze.....	112
Figura 104 -Confronto delle funzioni PSD in terzi d'ottava, relative a dati raccolti nei punti N, S, E, W a distanza 100m dal terminale e a profondità 55m. La curva del bianco registrato sul punto nominale del Terminale è stata sovrapposta per riferimento.....	112
Figura 105 - Confronto delle funzioni PSD in terzi d'ottava, relative a dati raccolti sulla direttrice Sud a distanza 100, 1000 e 10000m dal Terminale e a profondità 55m.....	113
Figura 106 - Confronto delle funzioni PSD in terzi d'ottava, relative ai dati raccolti sulla direttrice Sud a distanza 100 e 1000m nelle campagne I15 e I14 (profondità 55m).....	113
Figura 107 - Confronto tra le funzioni PSD calcolate dai dati I15 e I14 sui punti a 100 e 1000m sulla direttrice Est (misure a 55m di profondità).....	113
Figura 108 - Confronto dei profili di velocità del suono misurati durante la campagna sperimentale nell'inverno 2015.....	114
Figura 109 - Simulazione dei percorsi dei raggi/beam lanciati da una sorgente a 5m di profondità sulla direttrice Sud, assunto il profilo di velocità misurato in S100 (modello Bellhop). I valori a 100 e 1000m di distanza orizzontale dalla sorgente a profondità 55m sono evidenziati per poter permettere un confronto con i dati reali misurati.....	114
Figura 110 - Simulazione della Transmission Loss TL alla frequenza di 12kHz, corrispondente al modello creato (modello Bellhop).....	115
Figura 111 -Simulazione dei percorsi dei raggi/beam lanciati da una sorgente a 5m di profondità, assunto il profilo di velocità misurato in E100 (modello Bellhop).....	115
Figura 112 - Simulazione della Transmission Loss TL alla frequenza di 12 kHz, corrispondente al modello creato (modello Bellhop) sulla direttrice Est.....	115

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 - Contenuti tecnici delle quattro campagne annuali relative alla fase di esercizio.....	12
Tabella 2 – Calendario delle attività di campo svolte nel secondo (A14, I15, P15, E15) anno di esercizio.....	13
Tabella 3 – Coordinate teoriche (WGS 84) dei punti di campionamento.....	13
Tabella 4 - Metodi relativi alle analisi effettuate sui campioni di acqua.....	16
Tabella 5 - Elenco dei pigmenti determinati, sigla e raggruppamento tassonomico di appartenenza.....	17
Tabella 6 - 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>	18
Tabella 7 - Metodi relativi alla analisi chimiche effettuate sui campioni di sedimento.....	19
Tabella 8 - Scala di tossicità relativa a test ecotossicologico con <i>Corophium orientale</i> e <i>Vibrio fischeri</i> (sedimenti).....	21
Tabella 9 – 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.....	23
Tabella 10 - Metodi relativi alla analisi chimiche effettuate su <i>M. galloprovincialis</i>	24
Tabella 11 - Coordinate e profondità dei siti di studio. RP = Reti da Posta, S = Strascico.....	26
Tabella 12 - Coordinate e profondità dei siti di studio. RPP = Reti da Posta Pelagiche.....	27
Tabella 13 - Concentrazioni dei nutrienti inorganici disciolti (μM).....	36
Tabella 14 - Concentrazione dei solidi sospesi (TSM) nelle diverse stazioni rilevate.....	37
Tabella 15 - Assorbimento della CDOM alla lunghezza d'onda di 325 nm.....	38
Tabella 16 - Clorofilla <i>a</i> totale (somma della clorofilla <i>a</i> , della Divinil Clorofilla <i>a</i> e della Alloclorofilla <i>a</i> , se presenti).....	38
Tabella 17 - Concentrazioni (mg m^{-3}) dei principali pigmenti diagnostici fitoplanctonici. Fuco=Fucoxantina, Perid= Peridina, Hex-Fuco= Hesanoilofucoxantina, But-Fuco= Butanoilofucoxantina, Prasino= Prasincoxantina, Allo= Alloxantina, Zea= Zea= Zeaxantina, DVA=Divinilclorofilla <i>a</i> , Chl <i>b</i> = Clorofilla <i>b</i> +Divinilclorofilla <i>b</i>	39
Tabella 18 - Concentrazione tensioattivi anionici e tensioattivi non ionici presenti nei campioni di acqua di mare lungo il profilo batimetrico. Le profondità sono espresse in metri. I dati sono espressi in milligrammi/litro.....	41
Tabella 19 - Concentrazione dei cloroderivati nelle acque. I livelli indicano la profondità di prelievo del campione.....	41
Tabella 20 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di acqua di mare lungo il profilo batimetrico. I dati sono espressi in microgrammi/litro. In neretto (0,5 - 12,5 - 50 - 70) sono indicate le profondità di prelievo in metri.....	42
Tabella 21 - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di acqua superficiale. I dati sono espressi in ufc/100 ml. P = presenti ma non formanti colonie.....	43
Tabella 22 - Densità fitoplanctonica totale e delle classi o gruppi identificati ($\text{cell L}^{-1} 10^3$).....	43
Tabella 23 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni osservati.....	44
Tabella 24 - Lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative microscopiche.....	45
Tabella 25 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni osservati durante il campionamento A14.....	46
Tabella 26 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni A14 MG6, A14 MG7, A14 MG10, A14 MG12 e A14 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13).....	46
Tabella 27 - Oloplancton. O.le=orizzontale, 50-0=campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100-50=campionamento verticale da 100 a 50 metri. * presente in almeno un sub-campione, ** presente solo nell'osservazione <i>in toto</i>	49
Tabella 28 - 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.....	49
Tabella 29 – 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 le specie determinate a fresco.....	50
Tabella 30 – 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>	50
Tabella 31 - Lista delle specie macrobentoniche rinvenute nell' autunno 2014 (A14).....	51

Tabella 32 – Indici strutturali (\pm DS) relativi al popolamento macrobentonico. Numero di taxa (S), Numero di individui (N), Diversità specifica di Shanno-Weaver (H'), Equitabilità di Pielou (J), Ricchezza specifica di Margalef (d). Media \pm Deviazione standard.	53
Tabella 33 - Concentrazione dei metalli nei mitili. I dati, relativi alla campagna A14, sono espressi in mg/kg s.s. In grigio la stazione non campionata.	54
Tabella 34 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna A14, sono espressi in mg/kg. In grigio la stazione non campionata.	54
Tabella 35 - Concentrazione degli IPA e dei composti organostannici presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna A14, sono espressi in mg/kg, salvo ove indicato. In grigio la stazione non campionata.	54
Tabella 36 - Concentrazione degli cloroderivati presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna A14, sono espressi in μ g/kg. In grigio la stazione non campionata.	55
Tabella 37 - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna A14, sono espressi in ufc/g. In grigio la stazione non campionata.	55
Tabella 38- Analisi istologica. Lo score indica lo stato dell'epitelio branchiale secondo la seguente scala 1, normale morfologia branchiale; 2, lieve alterazione dell'epitelio a carico di una parte dei filamenti branchiali; 3, alterazione a carico della maggior parte dei filamenti branchiali; 4, marcata alterazione a carico della maggior parte dei filamenti branchiali; 5, grave ed estesa compromissione dell'apparato branchiale. Dati relativi all'Autunno 2014 (A 14). In grigio la stazione non campionata.	56
Tabella 39 - Concentrazioni dei nutrienti inorganici disciolti (μ M).	66
Tabella 40 - Concentrazione dei solidi sospesi (TSM) nelle diverse stazioni rilevate.	68
Tabella 41 - Assorbimento della CDOM alla lunghezza d'onda di 325 nm.	69
Tabella 42 - Clorofilla <i>a</i> totale (somma della clorofilla <i>a</i> , della Divinil Clorofilla <i>a</i> e della Alloclorofilla <i>a</i> , se presenti).	70
Tabella 43 - Concentrazioni (mg m^{-3}) dei principali pigmenti diagnostici fitoplanctonici (per le sigle vedere i metodi).	71
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.	73
Tabella 45 - Concentrazione dei cloroderivati nelle acque. I livelli indicano la profondità di prelievo del campione.	73
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.	74
Tabella 47 Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di acqua superficiale. I dati sono espressi in ufc/100 ml.	74
Tabella 48 - Densità fitoplanctonica totale e delle classi o gruppi identificati ($\text{cell L}^{-1} 10^3$)	75
Tabella 49 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni osservati.	76
Tabella 50 - Lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative microscopiche.	77
Tabella 51 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni osservati durante il campionamento I15.	78
Tabella 52- Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni I15-MG6, I15-MG7, I15-MG10, I15-MG12 e I15-MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13).	78
Tabella 53 - Oloplancton. O.le = orizzontale, 50 - 0 = campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100 - 50 = campionamento verticale da 100 a 50 metri. * presente in almeno un sub-campione, ** presente solo nell'osservazione <i>in toto</i>	80
Tabella 54 - Biomassa: volumi di sedimentazione dell'oloplancton (espressi in ml). OR = campionamento orizzontale; 50-0 = campionamento verticale da 0 a 50 metri; 100-50: campionamento verticale da 100 a 50 metri.	81
Tabella 55 – Meroplancton. O.le=orizzontale, 50-0 = campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100-50 = campionamento verticale da 100 a 50 metri. * presente in almeno un sub-campione, ** presente solo nell'osservazione <i>in toto</i> . La lista include specie determinate a fresco.	82
Tabella 56 – Ittioplancton. O.le = orizzontale, 50-0 = campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100-50 = campionamento verticale da 100 a 50 metri. * presente in almeno un sub-campione, ** presente solo nell'osservazione <i>in toto</i>	82
Tabella 57 - Risultati del test con il <i>V. fischeri</i> condotti su campioni di acqua (incubazione 5', 15', 30') prelevati a diverse profondità (esprese in metri). EC _{20/50} , max. effetto 5', effetto 15', max. effetto 30' espressi in %.	83
Tabella 58 - Test con <i>P. tricorutum</i> su campioni di acqua (incubazione 72 h) a diverse profondità (esprese in metri). EC _{20/50} espressa in %.	83
Tabella 59 - 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 5000ml, aerazione, % saturazione ossigeno disciolto >90%, pH range 8,18-8,29, salinità ‰ range 38-40, temperatura 20,5 \pm 1 °C.	84
Tabella 60 - Risultati del test di embriotossicità (72 ore) con <i>P. lividus</i> e successiva stima della tossicità cronica.	84
Tabella 61 - Lista delle specie macrobentoniche rinvenute nell'inverno 2015 (I15).	86
Tabella 62 - Numero di taxa (S), Numero di individui (N), Ricchezza specifica di Margalef (d), Diversità specifica di Shannon-Weaver (H'), Equitabilità di Pielou (J). Medie \pm Deviazione standard.	88
Tabella 63 - Struttura della comunità meiobentonica nelle stazioni I15 MG1, I15 MG2, I15 MG4, I15 MG6, I15 MG7, I15 MG8. Densità media (\pm DS) (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. L'abbondanza relativa (%) dei singoli taxa è stata calcolata in relazione alla densità totale.	89
Tabella 64 - Struttura della comunità meiobentonica nelle stazioni I15 MG9, I15 MG10, I15 MG11, I15 MG12, I15 MG13, I15 MG14. Densità media (\pm DS) (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. L'abbondanza relativa (%) dei singoli taxa è stata calcolata in relazione alla densità totale.	92
Tabella 65 - 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).	94
Tabella 66 - Struttura della comunità meiobentonica dell'area interessata dal posizionamento del terminale rigassificatore, incluse le stazioni di controllo. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm ²) dei taxa principali e del popolamento complessivo rinvenuto. L'abbondanza relativa (%) dei singoli taxa è stata calcolata in relazione alla densità totale.	95
Tabella 67 - Concentrazione dei metalli nei mitili. I dati, relativi alla campagna I15, sono espressi in mg/kg s.s.	96
Tabella 68 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di mitili. Dati, relativi alla campagna I15.	96
Tabella 69 - Concentrazione degli IPA e dei composti organostannici presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna I15, sono espressi in mg/kg.	96

Tabella 70 - Concentrazione degli cloroderivati presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna I15, 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.	97
Tabella 71 - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna I15, sono espressi in ufc/g.....	97
Tabella 72 – 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.	99
Tabella 73 – Lista delle specie catturate con la rete a strascico e le reti da posta. T: siti di trattamento; C: siti di controllo.....	100
Tabella 74 - Reti da posta: indici di densità e abbondanza (± DS), espressi in num/1000m/24h e kg/1000m/24h, stimati per le specie catturate nei siti di trattamento e di controllo.	101
Tabella 75 - Rete a strascico: indici di densità e abbondanza (± DS), espressi in num/km ² e kg/km ² , stimati per le specie catturate nei siti di trattamento e di controllo.	102

LISTA DEGLI ACRONIMI

A13, A14	Campagne effettuata nell'Autunno 2013 e 2014
Allo	Alloxantina
B	Bianco effettuato nell'estate 2012
BP	Secondo Bianco effettuato unicamente per lo studio della fauna ittica (settembre, 2013)
But-Fuco	Butanoiloxifucoxantina
CDOM	Chromophoric Dissolved Organic Matter o sostanza organica disciolta cromoforica
Chl b	Clorofilla b + Divinilclorofilla b
DIN	Azoto Inorganico Disciolto (nitriti + nitrati)
DO %	Percentuale di Ossigeno Disciolto
DVA	Divinilclorofilla a
E14, E15	Campagne effettuate nell'estate 2014, 2015
Fuco	Fucoxantina
Hex-Fuco	Hesanoiloxifucoxantina
I14, I15,	Campagne effettuate nell'Inverno 2014, 2015
LAS	Sostanze otticamente attive
ORP	Potenziale di Ossido Riduzione
P14, P15	Campagne effettuate nella Primavera 2014, 2015
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

VOLUME I



1 INTRODUZIONE

1.1 Richiami ai contenuti principali del progetto

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.

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

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

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

1.2 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 secondo anno di esercizio nell'ambito di 4 campagne di indagine, nonché il confronto con i dati acquisiti nella fase di Bianco e nel primo anno di monitoraggio (A13, I14, P14, E14).

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.

Tabella 1 - Contenuti tecnici delle quattro campagne annuali relative alla fase di esercizio.			
	Campagna minima (Autunno, Primavera)	Campagna intermedia (Inverno)	Campagna completa (Estate)
COLONNA D'ACQUA			
Caratteristiche fisico-chimiche	*	*	*
Analisi microbiologiche, solidi sospesi, sostanza organica, particellata clorofilla a, idrocarburi totali, tensioattivi, cloro derivati, nutrienti, d. pigmentaria			
Profili idrologici	*	*	*
Temperatura, conducibilità, pH, fluorescenza della clorofilla a, trasparenza, ossigeno disciolto, potenziale di ossidoriduzione, irradianza, irradianza spettrale			
Fitoplancton	*	*	*
Oloplancton	*	*	*
Meroplancton	*	*	*
Ittioplancton	*	*	*
Saggi ecotossicologici		*	*
<i>Vibrio fischeri</i> , <i>Phaeodactylum tricomutum</i> , <i>Dicentrarchus labrax</i> , <i>Paracentrotus lividus</i>			
SEDIMENTI			
Caratteristiche fisico-chimiche-microbiologiche			*
Metalli pesanti, IPA, Cloroderivati, C. organo stannici, TOC, Idrocarburi totali, analisi microbiologiche			
Saggi ecotossicologici			*
<i>Vibrio fischeri</i> , <i>Corophium orientale</i> , <i>Paracentrotus lividus</i>			
BIOTA			
Meiobenthos		*	*
Macrozoobenthos	*	*	*
Bioaccumulo	*	*	*
Metalli ed elementi in tracce, Idrocarburi Policiclici Aromatici, Cloroderivati, Composti organo stannici, Idrocarburi totali, analisi microbiologiche			
Biomarkers	*	*	*
Alterazione strutturale e funzionale della membrana lisosomial, Comet test, biologia delle branchie			
Fauna ittica bentonectonica (reti da posta, reti a traino di fondo)		*	*

	Campagna minima (Autunno, Primavera)	Campagna intermedia (Inverno)	Campagna completa (Estate)
Fauna ittica pelagica			*
Cetacei e tartarughe marine	*	*	*
INDAGINI GENERALI			
Bioacustica	*	*	*
Misura del rumore	*	*	*

2 MATERIALI E METODI

2.1 Attività e tempistiche

Le attività di campo sono state svolte a partire dall' autunno 2014 (A-14) con cadenza trimestrale ossia nell'inverno 2015 (I-15), primavera 2015 (P-15), estate 2015 (E-15) secondo il calendario riportato in Tabella 2.

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 M/N Grecale Primo, mentre per le misurazioni del rumore, la sorveglianza acustica e l'avvistamento dei cetacei e delle tartarughe marine è stato utilizzato un catamarano a vela modello Nautitech 40' attrezzato per ricerche sui cetacei.

Lo studio della fauna ittica bentonectonica è stata condotta 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.

In Tabella 2 la sintesi delle attività svolte con le diverse imbarcazioni.

	Autunno 2014 – A14 (Campagna minima)	Inverno 2015 – I15 (Campagna intermedia)	Primavera 2015 - P15 (Campagna minima)	Estate 2015 E15 (Campagna completa)
Indagini ambientali	Dal 18/11/14 al 0/12/14	Dal 07/03/15 al 23/03/15	03/06/15 al 8/06/15	26/08/15 al 12/09/15
Emissioni acustiche e censimento visivo	Dal 24/11/14 al 0/12/14	Dal 09/03/15 al 13/03/15	06/06/15 al 2/06/15	31/08/15 al 11/09/15
Fauna ittica bentonectonica	-	13/03/15 e 20/03/15	-	28/08/15 e 04/09/15
Fauna pelagica	-	■	-	26/08/15 e 27/08/15 01/09/15 e 02/09/15

* escluse le indagini sui sedimenti

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 4. 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.

	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'

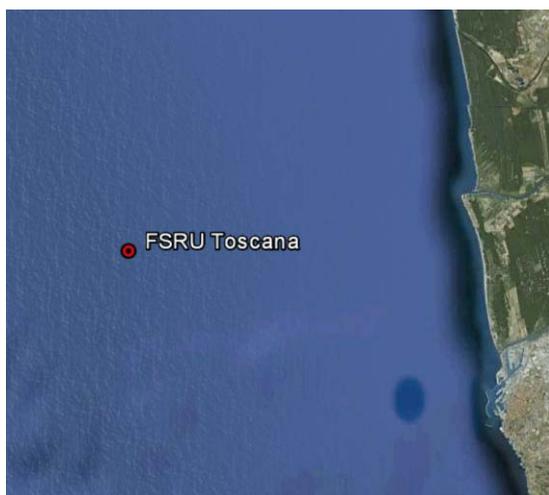


Figura 1 - Area di studio (sopra) e disposizione dei punti di campionamento (a destra) dove sono indicate tutte le attività previste nelle diverse stazioni, sebbene non tutte siano effettuate su base stagionale. La ripartizione temporale delle attività è riportata in tabella 4.

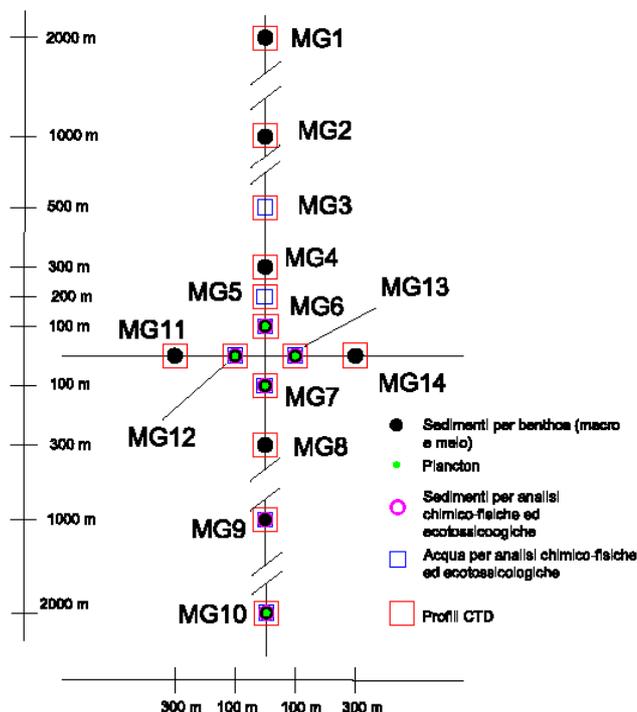


Tabella 4 – Attività previste per ciascun punto di campionamento per ciascuna campagna. . CTD=sonda multiparametrica, ME = Meiofauna, MA = Macrofauna, ACFEM = Acqua per analisi fisiche, chimiche, eco tossicologiche e microbiologiche, ACFM = Acqua per analisi fisiche, chimiche, e microbiologiche, P = Plancton, S = sedimenti per analisi fisiche, chimiche, eco tossicologiche.

Stazioni	Autunno 2014 (Campagna minima)	Inverno 2015 (Campagna intemedica)	Primavera 2015 (Campagna minima)	Estate 2015 (Campagna completa)
MG1	CTD, MA	CTD, ME, MA	CTD, MA	CTD, ME, MA
MG2	CTD, MA	CTD, ME, MA	CTD, MA	CTD, ME, MA
MG3	CTD, ACFM	CTD, ACFEM	CTD, ACFM	CTD, ACFEM
MG4	CTD, MA	CTD, ME, MA	CTD, MA	CTD, ME, MA
MG5	CTD, ACFM	CTD, ACFEM	CTD, ACFM	CTD, ACFEM
MG6	CTD, MA, ACFM, P,	CTD, ME, MA, ACFEM, P,	CTD, MA, ACFM, P,	CTD, ME, MA, ACFEM, P, S
MG7	CTD, MA, ACFM, P,	CTD, ME, MA, ACFEM, P,	CTD, MA, ACFM, P,	CTD, ME, MA, ACFEM, P, S
MG8	CTD, MA	CTD, ME, MA	CTD, MA	CTD, ME, MA
MG9	CTD, MA, ACFM, P,	CTD, ME, MA, ACFEM, P,	CTD, MA, ACFM, P,	CTD, ME, MA, ACFEM, P, S
MG10	CTD, MA, ACFEM, P,	CTD, ME, MA, ACFEM, P,	CTD, MA, ACFEM, P,	CTD, ME, MA, ACFEM, P, S
MG11	CTD, MA	CTD, ME, MA	CTD, MA	CTD, ME, MA
MG12	CTD, MA, ACFM, P,	CTD, ME, MA, ACFEM, P,	CTD, MA, ACFM, P,	CTD, ME, MA, ACFEM, P, S
MG13	CTD, MA, ACFM, P,	CTD, ME, MA, ACFEM, P,	CTD, MA, ACFM, P,	CTD, ME, MA, ACFEM, P, S
MG14	CTD, MA	CTD, ME, MA	CTD, MA	CTD, ME, MA

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.

2.3 COLONNA D'ACQUA

2.3.1 Profili idrologici

I profili idrologici sono stati eseguiti nelle quattro stagioni di indagine (A-13, I-14, P-14, E-14, A-14 e I-15) tramite sonda Hydrolab modello Datasonde 4a dotata di sensori specifici per la determinazione dei seguenti parametri: Profondità, Torbidità, Temperatura, Potenziale redox, pH, Salinità, Conducibilità, Ossigeno disciolto.

La sonda esegue la lettura contemporanea di tutti i parametri e provvede alla compensazione automatica delle misure effettuate; i dati rilevati vengono quindi inviati ad un terminale di superficie.

I profili sono stati eseguiti in corrispondenza di tutte le stazioni (14). Per la loro posizione e le coordinate si veda Figura 1 e Tabella 3 rispettivamente.

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 spettroradiometro Licor LI1800UW. 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 λ_{max} che quindi rappresenta la radiazione meno attenuata e più penetrante. La λ_{max} passa da circa 450 nm dell'acqua pura a valori maggiori a seconda delle sostanze otticamente attive presenti in acqua: al verde quando domina l'assorbimento del fitoplancton, al giallo quando domina quello della CDOM (Sostanza Organica Disciolta Cromoforica).

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

2.3.2 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche

I campioni per la caratterizzazione della colonna d'acqua sono stati prelevati tramite bottiglie Niskin nelle quattro stagioni di indagine (A14, I15, P15, E15).

I campioni per le analisi fisiche e chimiche, sono stati prelevati in corrispondenza di 4 quote batimetriche (0,5 - 12,5 - 50 - 70m), come da progetto e refrigerati in attesa della consegna ai laboratori. Le analisi microbiologiche sono previste unicamente per i campioni prelevati in superficie.

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

Una quota dell'acqua filtrata (100 ml) è stata fissata in HgCl₂ 1% per le analisi dei nutrienti inorganici disciolti (nitriti, nitrati, ortofosfati, silicati) 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⁻¹.

I metodi relativi alle analisi effettuate sui campioni di acqua sono riassunti nella Tabella 4.

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: CNR IRSA 7020 B Man 29 2003

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

Tabella 4 - Metodi relativi alle analisi effettuate sui campioni di acqua.			
Prova	Metodo	Unita Misura	Limite Rilevabilita
Nutrienti inorganici	Spettrofotometria	µM	0,03
Sostanza organica disciolta	Spettrofotometria	m ⁻¹	0,04
Solidi sospesi	Metodo gravimetrico	g	0,00001
Clorofilla a	HPLC	mg m ⁻³	0,05
Idrocarburi totali	APAT CNR IRSA 5160 B2 Man 29 2003	µg/l	10
Tensioattivi anionici	APAT CRN IRSA 5170 Man 29 2003	mg/l	0,03
Tensioattivi non ionici	APAT CRN IRSA 5180 Man 29 2003	mg/l	0,03
Acidi aloacetici			
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 Trichloroacetico	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
Aloacetoniitrili			
Dibromoacetoniitrile	EPA 551 1990	µg/l	0,05
Dichloroacetoniitrile	EPA 551 1990	µg/l	0,05
Trichloroacetoniitrile	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
Alometani e Composti Organici Volatili (VOC)			
Cloroformio	EPA 8260C 2006	µg/l	0,01
Carbonio Tetracloruro	EPA 8260C 2006	µg/l	0,01
Tricloro Etilene	EPA 8260C 2006	µg/l	0,01
Dicloro Bromo Metano	EPA 8260C 2006	µg/l	0,01
Tetracloro Etilene	EPA 8260C 2006	µg/l	0,01
Dibromo Cloro Metano	EPA 8260C 2006	µg/l	0,01
Bromoformio	EPA 8260C 2006	µg/l	0,01
1,2-Dibromo Etano	EPA 8260C 2006	µg/l	0,01
1,1,1-Tricloro Etano	EPA 8260C 2006	µg/l	0,01
1,1,2-Tricloro Etano	EPA 8260C 2006	µg/l	0,01
Alifenoli			
2,4-Diclorofenolo	EPA 8270D 2007	µg/l	0,2
4-Cloro-3-Metilfenolo	EPA 8270D 2007	µg/l	0,2
2,4,6-Triclorofenolo	EPA 8270D 2007	µg/l	0,2
Pentaclorofenolo	EPA 8270D 2007	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 5 sono specificati i pigmenti, la sigla di abbreviazione con cui verranno citati e la principale classe o gruppo tassonomico di appartenenza.

Tabella 5 - Elenco dei pigmenti determinati, sigla e raggruppamento tassonomico di appartenenza.		
Pigmento	Abbreviazione	Principale Classe rappresentata
Clorofilla b + Divinilclorofilla b	Chl b	Clorophyta
Divinilclorofilla a	DVA	Cianobatteri <i>Prochlorococcus</i>
Zeaxantina	Zea	Cianobatteri <i>Synechococcus</i> -like
Peridinina	Perid	Dinoflagellati
Butanoiloxifucocoxantina	But-Fuco	Dictyochophyceae, Chrysophyceae,
Fucocoxantina	Fuco	Diatomee
Hesanoiloxifucocoxantina	Hex-Fuco	Prymnesiophyceae Coccolitofori
Prasinoxantina	Prasino	Clorophyta Prasinophyceae
Alloxantina	Allo	Cryptophyceae

Una quota di 500ml di campione tal quale è stata fissata con formalina neutralizzata (concentrazione finale 0,74%) per l'analisi qualitativa del fitoplancton. Per l'analisi qualitativa della composizione del microfitoplancton, per ogni stazione prevista per il campionamento del plancton, è stata effettuata una raccolta con 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 peschate orizzontali e peschate verticali a diverse profondità. L'oloplancton è stato campionato con retino standard WP-2, a chiusura con vuoto di maglia di 200µm, flussometro e specifico meccanismo di sgancio; meroplancton e ittioplancton con retino tipo WP-2, modificato, a chiusura, con vuoto di maglia di 335µm, anch'esso dotato di flussometro e meccanismo di sgancio. Ciò ha permesso agli operatori di selezionare la porzione di colonna d'acqua da analizzare.

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

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

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

2.3.4 Saggi ecotossicologici

Il prelievo delle acque per i test eco tossicologici è stato effettuato nell'inverno 2015 e nell'estate 2015 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 6 utilizzata per gli elutriati (fase acquosa) per i saggi condotti con *V. fischeri*, *P. lividus*, *P. tricorutum* e *D. labrax* ed indicata nel "Manuale per la movimentazione dei sedimenti marini" (ICRAM, 2007).

Tabella 6 - Scala di tossicità relativa al test condotto con *Paracentrotus lividus*, *Vibrio fischeri*, *Phaeodactylum tricorutum* e *Dicentrarchus labrax*.

<i>Paracentrotus lividus</i>		<i>Vibrio fischeri</i>		<i>Phaeodactylum tricorutum</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 tricorutum

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

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

Un'aliquota di sospensione algale proveniente da una coltura pura in fase di crescita esponenziale è stata conteggiata automaticamente tramite lo strumento camera di 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 ± 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) e le linee guida indicate nel D.D. 23/12/2002.

Sono stati utilizzati giovanili (dimensioni 47±8mm in inverno 2015 e dimensioni 58±9mm in estate 2015) 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±2°C. La concentrazione dello sperma è stata determinata in camera di conta (Thoma). Sulla base del conteggio è stata preparata la sospensione dello sperma stimando il rapporto predefinito tra uovo e sperma (1:15000). Nel test di embriotossicità, gli zigoti sono stati esposti a concentrazioni crescenti degli elutriati (100, 50 e 25%). In ogni provetta è stato aggiunto 1ml della soluzione d'uova fecondate alla concentrazione 200 zigoti/ml. Le provette sono state incubate per 72 ore alla temperatura di 16±2°C. Il processo di sviluppo embrionale è stato bloccato con l'aggiunta di 1 ml del formaldeide. Al microscopio sono stati contati 100 embrioni e calcolata la percentuale dei plutei regolari in ogni provetta.

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

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

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

In assenza di una normativa ad hoc, per la valutazione della tossicità si fa riferimento a quella utilizzata per gli elutriati (fase acquosa) (Tabella 6).

2.4 SEDIMENTI

Il sedimento per le analisi fisiche, chimiche, eco tossicologiche e microbiologiche è stato campionato nell'estate 2014 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

I campioni di sedimento sono stati pesati tal quali per la determinazione del peso umido con una bilancia elettronica tipo "Europe". Sono stati quindi messi in stufa a 110°C per almeno 24 h. Ad essiccazione completa si è proceduto alla misurazione del peso secco. Per la separazione in sabbie e peliti ogni campione è stato immerso in acqua tiepida sino alla sua completa disgregazione; si è quindi proceduto alla setacciatura con maglie da 63µm. Il materiale trattenuto dal setaccio, definito come sabbie, è stato fatto essiccare in stufa a 130°C per almeno 24 h ed è stato sottoposto ad indagine granulometrica, ovvero è stata analizzata la distribuzione percentuale in peso dei grani costituenti il campione secondo le loro dimensioni. Per questa analisi è stato utilizzato un set di setacci aventi dimensioni delle maglie decrescenti (4000µm, 2000µm, 1000µm, 500µm, 250µm, 125µm, 63µm). Una volta terminata la setacciatura sono stati pesati i residui di ogni setaccio ed è stata determinata la percentuale conchigliare presente. I dati così ottenuti sono stati riportati su un diagramma semilogaritmico e uniti mediante la cosiddetta "curva granulometrica". Le peliti sono state analizzate tramite metodo gravimetrico.

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 HNO₃ concentrato e 3ml di 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 7.

Tabella 7 - Metodi relativi alla analisi chimiche effettuate sui campoini di sedimento.

	Metodo	Unita Misura	Limite Rilevabilità
Idrocarburi C>12	EPA 3545A 2007 + EPA 3620C 2007 + EPA 8015C 2007	mg/kg	1,5
Idrocarburi C<12	EPA 5021A 2003 + EPA 8015C 2007	mg/kg	0,5
Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)	EPA 3545A 2007 + EPA 3640A 1994 + EPA 8270D 2007	mg/kg	0,001
Total Organic Carbon (TOC)	DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met VII.3	mg/kg	100
Alluminio (Al)	EPA 6010C; ICP-AES, 2007 (Varian ICP-720ES)	%	0,03
Bario (Ba)	EPA 6010C; ICP-AES	mg/kg	1,25
Crono totale (Cr tot)	EPA 6010C; ICP-AES	mg/kg	1,25
Ferro (Fe)	EPA 6010C; ICP-AES	%	0,03
Manganese (Mn)	EPA 6010C; ICP-AES	mg/kg	12,5
Nichel (Ni)	EPA 6010C; ICP-AES	mg/kg	1,25
Rame (Cu)	EPA 6010C; ICP-AES	mg/kg	1,25

Tabella 7 - Metodi relativi alla analisi chimiche effettuate sui campoini di sedimento.			
	Metodo	Unita Misura	Limite Rilevabilita
Zinco (Zn)	EPA 6010C; ICP-AES	mg/kg	1,25
Arsenico (As)	EPA 7010 (2007) AAS (fornetto di grafite Varian SpectrAA-240Z)	mg/kg	0,3
Cadmio (Cd)	EPA 7010 (2007) AAS (fornetto di grafite Varian SpectrAA-240Z)	mg/kg	0,01
Piombo (Pb)	EPA 7010 (2007); .AAS (fornetto di grafite Varian SpectrAA-240Z)	mg/kg	0,3
Mercurio (Hg)	EPA 7473 (2007); DMA-80 Analizzatore Diretto del Mercurio FKV)	mg/kg	0,005
Acidi aloacetici			
Dalapon	POP/O 001 R0 2012	ug/kg	0,4
Acido Dibromoacetico	POP/O 001 R0 2012	ug/kg	0,2
Acido Tribromoacetico	POP/O 001 R0 2012	ug/kg	5
Acido Monobromoacetico	POP/O 001 R0 2012	ug/kg	0,4
Acido Bromodichloroacetico	POP/O 001 R0 2012	ug/kg	0,4
Acido Bromocloroacetico	POP/O 001 R0 2012	ug/kg	0,4
Acido Dichloroacetico	POP/O 001 R0 2012	ug/kg	1,6
Acido Tricloroacetico	POP/O 001 R0 2012	ug/kg	0,2
Acido Monocloroacetico	POP/O 001 R0 2012	ug/kg	3
Acido Clorodibromoacetico	POP/O 001 R0 2012	ug/kg	1,2
Alometani, aloacetoniitrili, composti organici volatili (VOC)			
Cloroformio	EPA 8260C 2006	ug/kg	0,05
1,1,1-Tricloroetano	EPA 8260C 2006	ug/kg	0,05
Tetracloruro di carbonio	EPA 8260C 2006	ug/kg	0,05
Tricloroetilene	EPA 8260C 2006	ug/kg	0,05
Bromodichlorometano	EPA 8260C 2006	ug/kg	0,05
1,1,2-Tricloroetano	EPA 8260C 2006	ug/kg	0,05
Tetracloroetilene	EPA 8260C 2006	ug/kg	0,05
Bromoformio	EPA 8260C 2006	ug/kg	0,05
Dibromoclorometano	EPA 8260C 2006	ug/kg	0,05
1,2-Dibromoetano	EPA 8260C 2006	ug/kg	0,05
Tricloroacetoniitrile	EPA 8260C 2006	ug/kg	0,05
Dicloroacetoniitrile	EPA 8260C 2006	ug/kg	0,05
1,1-dicloro-2-propanone	EPA 8260C 2006	ug/kg	0,5
1,2,3-Tricloropropano	EPA 8260C 2006	ug/kg	0,05
Dibromoacetoniitrile	EPA 8260C 2006	ug/kg	5
1,2-Dibromo-3-Cloro-propano	EPA 8260C 2006	ug/kg	0,2
1,1,1-Tricloro-2-propanone	EPA 8260C 2006	ug/kg	1
Alofenoli (SVOC)			
2,4-Diclorofenolo	EPA 8270D 2007	mg/kg	0,001
2,4,6-Triclorofenolo	EPA 8270D 2007	mg/kg	0,001
4-Cloro-3-Metilfenolo	EPA 8270D 2007	mg/kg	0,001

Analisi microbiologiche

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

Coliformi totali: CNR IRSA 3.1 Q 64 Vol 1 1983 + APAT CNR IRSA 7010 B Man 29 2003.

Coliformi fecali: CNR IRSA 3.2 Q 64 Vol 1 1983 + APAT CNR IRSA 7020 A Man 29 2003.

Streptococchi fecali (Enterococchi): CNR IRSA 1, 3.3 Q 64 Vol.1 1983.

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 embriorossicità 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 6.

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; O₂ disciolto nell'acqua sovrastante il sedimento: > 60 %.

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

Come sedimento di controllo è stato utilizzato il sedimento nativo proveniente da un sito non contaminato. Dopo 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 CdCl₂ (0,8 mg/l; 1,6mg/l; 3,2mg/l; e 6,4mg/l).

All'inizio e alla fine del saggio biologico sono stati misurati i seguenti parametri dell'acqua sovrastante il sedimento: pH, salinità, NH₄⁺ e ossigeno disciolto. Per la stima della tossicità vedi Tabella 8.

Tabella 8 - Scala di tossicità relativa a test ecotossicologico con <i>Corophium orientale</i> e <i>Vibrio fischeri</i> (sedimenti).			
<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: $y=0.28+2.728 \cdot \%pelite$ (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 8.

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-14, I-15, P-15, E-15) tramite benna Van Veen (con volume pari a 25 litri e superficie di campionamento di 0,1m² 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-Wievers (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-15, E-15) 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 ($MgCl_2$) 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 63 μ m. 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 μ m 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'), equità di Pielou (J'), dominanza di Simpson (λ'). 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 agli 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 era 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).

Nel secondo anno di monitoraggio anche queste indagini sono state fatte su base stagionale (A-14, I-15, P-15, E-15).

Costatata 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 9 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.



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

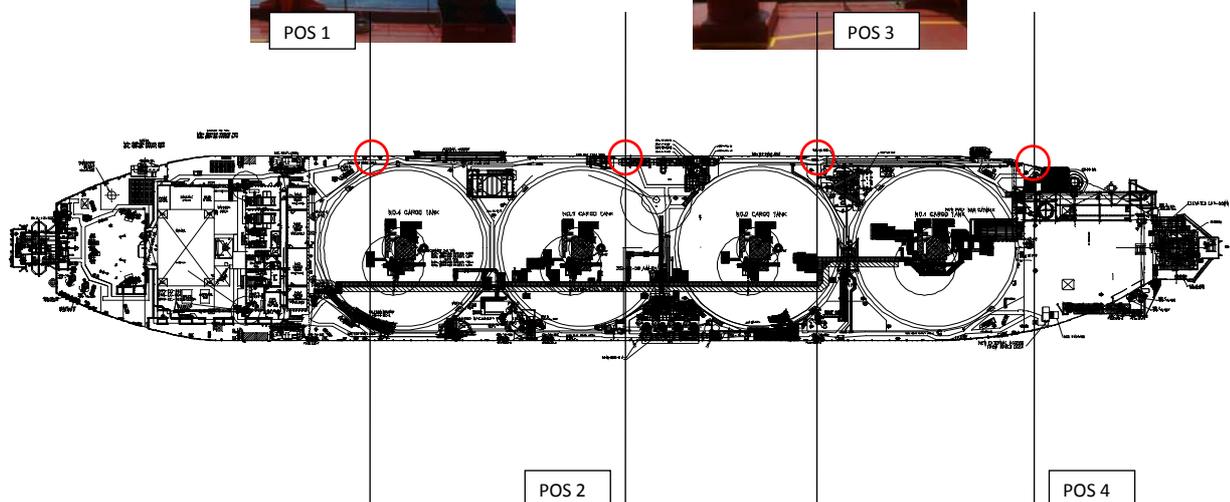


Tabella 9 – Siti di monitoraggio condotto tramite l'utilizzo del bivalve *Mytilus galloprovincialis*. I mitili sono stati prelevati dall'impianto di maricoltura di La Spezia.

Nome sito	Posizione (Pos)	Autunno 2014		Inverno 2015		Primavera 2015		Estate 2015	
		Data posa	Data ritiro	Data posa	Data ritiro	Data posa	Data ritiro	Data posa	Data ritiro
Mitili tempo zero	La Spezia		13.11.14*		09.02.15*		18.05.15*		09.11.15*
Stazione E	Gorgona	14.11.14	10.12.14	14.11.14	10.03.15	19.05.15	17.06.15	10.11.15	02.12.15
Stazione A	Pos 1 (poppa nave)	14.11.14	10.12.14	14.11.14	10.03.15	19.05.15	17.06.15	10.11.15	02.12.15
Stazione B	Pos 2	14.11.14	-	14.11.14	10.03.15	19.05.15	17.06.15	10.11.15	02.12.15
Stazione C	Pos 3	14.11.14	10.12.14	14.11.14	10.03.15	19.05.15	17.06.15	10.11.15	02.12.15
Stazione D	Pos 4 (prua nave)	14.11.14	10.12.14	14.11.14	10.03.15	19.05.15	17.06.15	10.11.15	02.12.15

* riferito al ritiro dall'impianto - i mitili della stazione B nel corso del campionamento A14 sono andati persi a causa del mal tempo.

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 0,1mg), mediante un sistema di digestione a microonde (MILESTONE modello Ethos1) opportunamente programmato, utilizzando una miscela acida composta da 5ml di HNO₃ concentrato, 1ml di H₂O₂ (al 30%) e 2ml acqua ultrapura Millipore. Al termine della mineralizzazione i campioni sono stati filtrati e portati ad un volume finale di 20 o 25ml 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 10.

 Tabella 10 - Metodi relativi alla analisi chimiche effettuate su *M. galloprovincialis*.

	Metodo	Unita Misura	Limite Rilevabilita
Idrocarburi totali	Non fornito dal laboratorio Ambiente (Carrara)		
Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)	Non fornito dal laboratorio Ambiente (Carrara)		
Composti organostannici	Non fornito dal laboratorio Ambiente (Carrara)		
Bario (Ba)	metodica EPA 6010C; ICP-AES	mg/kg	2,0
Cromo totale (Cr)	metodica EPA 6010C; ICP-AES	mg/kg	1,25
Ferro (Fe)	metodica EPA 6010C; ICP-AES	%	0,04
Manganese (Mn)	metodica EPA 6010C; ICP-AES	mg/kg	25
Nichel (Ni)	metodica EPA 6010C; ICP-AES	mg/kg	2,0
Rame (Cu)	metodica EPA 6010C; ICP-AES	mg/kg	2,0
Vanadio (V)	metodica EPA 6010C; ICP-AES	mg/kg	2,0
Zinco (Zn)	metodica EPA 6010C; ICP-AES	mg/kg	2,0
Arsenico (As)	EPA 7010 (2007) AAS (fornetto di grafite Varian SpectrAA-240Z)	mg/kg	0,3
Cadmio (Cd)	EPA 7010 (2007) AAS (fornetto di grafite Varian SpectrAA-240Z)	mg/kg	0,01
Piombo (Pb)	EPA 7010 (2007); .AAS (fornetto di grafite Varian SpectrAA-240Z)	mg/kg	0,3
Mercurio (Hg)	EPA 7473 (2007); DMA-80 Analizzatore Diretto del Mercurio FKV)	mg/kg	0,005
Acidi aloacetici			
Dalapon	EPA 552.3 rev. 1, 2003	µg/kg	2
Acido Dibromoacetico	EPA 552.3 rev. 1, 2003	µg/kg	1
Acido Tribromoacetico	EPA 552.3 rev. 1, 2003	µg/kg	10
Acido Monobromoacetico	EPA 552.3 rev. 1, 2003	µg/kg	2
Acido Bromodichloroacetico	EPA 552.3 rev. 1, 2003	µg/kg	5
Acido Bromocloroacetico	EPA 552.3 rev. 1, 2003	µg/kg	2
Acido Dichloroacetico	EPA 552.3 rev. 1, 2003	µg/kg	3
Acido Trichloroacetico	EPA 552.3 rev. 1, 2003	µg/kg	2
Acido Monocloroacetico	EPA 552.3 rev. 1, 2003	µg/kg	3
Acido Clorodibromoacetico	EPA 552.3 rev. 1, 2003	µg/kg	5
Alometani, aloacetoniitrili, composti organici volatili (VOC)			
Cloroformio	EPA 5021A, 2003 ± EPA 8260C, 2007	µg/kg	0,2
1,1,1-Tricloroetano	EPA 5021A, 2003 ± EPA 8260C, 2007	µg/kg	0,2
Tetracloruro di carbonio	EPA 5021A, 2003 ± EPA 8260C, 2007	µg/kg	0,2
Tricloroetilene	EPA 5021A, 2003 ± EPA 8260C, 2007	µg/kg	0,25
Bromodichlorometano	EPA 5021A, 2003 ± EPA 8260C, 2007	µg/kg	0,2
1,1,2-Tricloroetano	EPA 5021A, 2003 ± EPA 8260C, 2007	µg/kg	0,2
Tetracloroetilene	EPA 5021A, 2003 ± EPA 8260C, 2007	µg/kg	
Bromoformio	EPA 5021A, 2003 ± EPA 8260C, 2007	µg/kg	0,5
Dibromoclorometano	EPA 5021A, 2003 ± EPA 8260C, 2007	µg/kg	0,2
1,2-Dibromoetano	EPA 5021A, 2003 ± EPA 8260C, 2007	µg/kg	0,25
Tricloroacetoniitrile	EPA 5021A, 2003 ± EPA 8260C, 2007	µg/kg	0,5
1,2,3-Tricloropropano	EPA 5021A, 2003 ± EPA 8260C, 2007	µg/kg	0,6
Dibromoacetoniitrile	EPA 5021A, 2003 ± EPA 8260C, 2007	µg/kg	0,8
Alofenoli (SVOC)			
2,4-Diclorofenolo	EPA 1653, 1997	µg/kg	5
2,4,6-Triclorofenolo	EPA 1653, 1997	µg/kg	5
4-Cloro-3-Metilfenolo	EPA 1653, 1997	µg/kg	5

Analisi microbiologiche

È stata effettuata la ricerca di coliformi fecali, coliformi totali, streptococchi fecali.

2.5.4 Biomarkers

L'analisi dei biomarker è stata effettuata in corrispondenza dei siti riportati in Tabella 9. Per ogni stazione sono state indagate 5 repliche. 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. In sostanza, i *biomarker* forniscono uno strumento precoce di valutazione (diagnosi) e previsione (prognosi) dell'impatto biologico associato a un'attività umana. Il mitilo mediterraneo (*Mytilus galloprovincialis*) è stato scelto come organismo sentinella in quanto ampiamente utilizzato nel monitoraggio dell'ambiente marino. Sono stati selezionati tre diversi *biomarker*, due dei quali in grado di rilevare possibili alterazioni a livello cellulare e uno mirato a valutare le possibili alterazioni istologiche a carico dell'apparato branchiale. I parametri indagati sono sensibili allo stress ossidativo, pertanto sono idonei per valutare i possibili effetti residui dell'uso di ipoclorito di sodio come antifouling sull'ambiente marino circostante. Sono stati indagati i seguenti biomarker:

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

Analisi istologica dell'apparato branchiale. Le branchie costituiscono un'importante interfaccia con l'ambiente acquatico pertanto sono il primo bersaglio dell'azione tossica di contaminanti presenti in forma solubile.

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 prendendo in considerazione i seguenti parametri: frequenza degli emociti granulari nel tessuto branchiale, rappresentativa di un processo infiammatorio in atto, l'eventuale riduzione delle ciglia che caratterizzano l'epitelio branchiale e l'eventuale necrosi cellulare con erosione dell'epitelio stesso.

Le indagini vengono svolte su campioni di tessuto branchiale fissati ed inclusi secondo le convenzionali tecniche istologiche. In breve, frammenti di branchie vengono fissati in Bouin, disidratati in una serie di alcool e inclusi in resina metacrilato (Historesin). Successivamente, le sezioni vengono tagliate con un microtomo utilizzando lame di vetro ed osservati al microscopio ottico previa colorazione con Blu di Metilene e Blu di Toluidina. Per ogni replica vengono osservate almeno 100 filamenti branchiali per la valutazione della frequenza degli emociti granulari e della condizione dell'epitelio branchiale. I dati raccolti sono analizzati statisticamente mediante analisi multifattoriale della varianza (MANOVA).

2.5.5 Fauna ittica bentonectonica

1) Reti da posta calate in 4 siti in prossimità del terminale (entro l'area interdotta alla navigazione, siti nominati Trattamento). La stessa tipologia di campionamento è stata ripetuta in un sito al di fuori della zona interdotta alla navigazione (nominato Controllo), ma avente le stesse caratteristiche batimetriche e bionomiche.

2) Reti a traino di fondo: 4 cale sperimentali a differenti quote batimetriche in prossimità dell'area di installazione del terminale (siti trattamento) e 1 cala localizzata a maggiore distanza (sito controllo).

Per il campionamento con reti da posta sono state utilizzate cinque reti da posta ad imbrocco, ciascuna lunga 1000m, aventi maglie stirate di 40mm ed una altezza di 3m. Le reti sono state calate nella tarda mattinata per essere poi salpate la mattina successiva rimanendo in pesca tra le 12 e le 24 ore.

Quattro reti sono state posizionate all'interno dell'area interdotta alla pesca, mentre la quinta fuori dall'area su un fondale avente le stesse caratteristiche.

Tutto il materiale raccolto in ciascun sito è stato conservato in contenitori distinti per le successive analisi di laboratorio.

Le pesche a strascico sono state effettuate utilizzando una rete tradizionale con maglia al sacco di 50mm per la pesca di specie demersali e bentoniche.

Per ogni giornata di campionamento sono state effettuate cinque cale durante le ore diurne, quattro all'interno dell'area interdotta alla pesca ed una localizzata più a nord su fondali con caratteristiche simili.

Le cale hanno avuto una durata media di circa 30 minuti a partire dal momento in cui la rete toccava il fondo. Nel caso delle pesche a strascico, tutto il materiale raccolto è stato analizzato a bordo dell'imbarcazione.

Nella Tabella 11 sono riportate le coordinate e le profondità dei siti di studio.

Tabella 11 - Coordinate e profondità dei siti di studio. RP = Reti da Posta, S = Strascico.								
Data	M/p	Attrezzo	N. campione	Latitudine N inizio	Longitudine E inizio	Latitudine N fine	Longitudine E fine	Prof. media (m)
Inverno 2015								
13/03/2015	Donato Padre	S	P005-15	43°35'695	09°58'204	43°37'259	09°58'047	134
13/03/2015	Donato Padre	S	P006-15	43°37'938	09°57'282'	43°39'440	09°58'071	130
18/03/2015	Evolution	RP (calo)	P007-15	43°39'400	10°00'572	43°38'993	10°00'831	100
18/03/2015	Evolution	RP (calo)	P008-15	43°38'137	10°00'101	43°37'705	10°00'114	104
18/03/2015	Evolution	RP (calo)	P009-15	43°37'096	10°00'942	43°36'660	10°01'047	101
18/03/2015	Evolution	RP (calo)	P010-15	43°37'713	09°58'918	43°37'996	09°58'918	122
18/03/2015	Evolution	RP (calo)	P011-15	43°38'657	09°57'314	43°39'246	09°58'344	123
19/03/2015	Evolution	RP(salpaggio)	P007-15	43°39'400	10°00'572	43°38'993	10°00'831	100
19/03/2015	Evolution	RP(salpaggio)	P008-15	43°38'137	10°00'101	43°37'705	10°00'114	104
19/03/2015	Evolution	RP(salpaggio)	P009-15	43°37'096	10°00'942	43°36'660	10°01'047	101
19/03/2015	Evolution	RP(salpaggio)	P010-15	43°37'713	09°58'918	43°37'996	09°58'918	122
19/03/2015	Evolution	RP(salpaggio)	P011-15	43°38'657	09°57'314	43°39'246	09°58'344	123
20/03/2015	Donato Padre	S	P012-15	43°41'884	09°57'314	43°41'243	09°58'590	114
20/03/2015	Donato Padre	S	P013-15	43°40'371	10°00'394	43°48'911	10°00'912	98
20/03/2015	Donato Padre	S	P014-15	43°37'087	10°00'735	43°35'677	10°01'431	102
Estate 2015								
26/08/2015	Evolution	RP (calo)	P180-15	43°39'564	10°00'727	43°38'871	10°00874	98
26/08/2015	Evolution	RP (calo)	P181-15	43°38'182	10°00'142'	43°37'578	10°00'409	102
26/08/2015	Evolution	RP (calo)	P182-15	43°37'414	09°59'650	43°37'589	09°59'200	109
26/08/2015	Evolution	RP (calo)	P183-15	43°37'855	09°58'640	43°38'323	09°58'769	119
26/08/2015	Evolution	RP (calo)	P184-15	43°39'126	09°58'319	43°39'312	09°59'188	117
27/08/2015	Evolution	RP(salpaggio)	P180-15	43°39'564	10°00'727	43°38'871	10°00874	98
27/08/2015	Evolution	RP(salpaggio)	P181-15	43°38'182	10°00'142'	43°37'578	10°00'409	102
27/08/2015	Evolution	RP(salpaggio)	P182-15	43°37'414	09°59'650	43°37'589	09°59'200	109
27/08/2015	Evolution	RP(salpaggio)	P183-15	43°37'855	09°58'640	43°38'323	09°58'769	119
27/08/2015	Evolution	RP(salpaggio)	P184-15	43°39'126	09°58'319	43°39'312	09°59'188	117
28/08/2015	Donato Padre	S	P185-15	43°35'990	10°01'251	43°37'398	10°00'566	103
28/08/2015	Donato Padre	S	P186-15	43°38'837	10°00'935	43°40'295	10°00'428	96
28/08/2015	Donato Padre	S	P187-15	43°41'303	09°59'841	43°42'663	09°58'740	98
04/09/2015	Donato Padre	S	P191-15	43°35'580	09°58'208	43°37'121	09°58'070	133
04/09/2015	Donato Padre	S	P191-15	43°37'976	09°57'302	43°39'340	09°58'031	130

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 sono stati standardizzati in indici di densità e biomassa (Num/km² e kg/km²) utilizzando il metodo dell'area strascicata (Swept area, Sparre *et al.*, 1989) 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 delle 6 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 equitabilità di Pielou (J') e di diversità specifica di Shannon-Wiever (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.

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 1800m, è stata calata in prossimità del terminale galleggiante e lasciata in pesca per circa 3 ore (trattamento).

Il giorno successivo la medesima rete è stata calata a maggiore distanza dal terminale (controllo) e tenuta in pesca per circa 3 ore e mezzo. Non è stato possibile definire a priori delle coordinate per posizionare l'attrezzo in quanto, essendo una rete derivante, esso deve essere calato tenendo in considerazione le correnti presenti il giorno di campionamento al fine di evitare che sia trasportato verso il terminale galleggiante.

Gli organismi catturati vengono 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 centimetro inferiore, per gli Osteitti e Condroitti, 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 12 - Coordinate e profondità dei siti di studio. RPP = Reti da Posta Pelagiche.

Data	M/p	Attrezzo	N. campione	Latitudine N inizio	Longitudine E inizio	Latitudine N fine	Longitudine E fine	Prof. media (m)
01/09/2015	Evolution	RPP	P188-14	43°40'127	09°59'962	43°39'563	09°58'851	109
02/09/2015	Evolution	RPP	P189-14	43°39'988	10°00'335	43°39'949	10°00'173	102

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 200km², 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*)

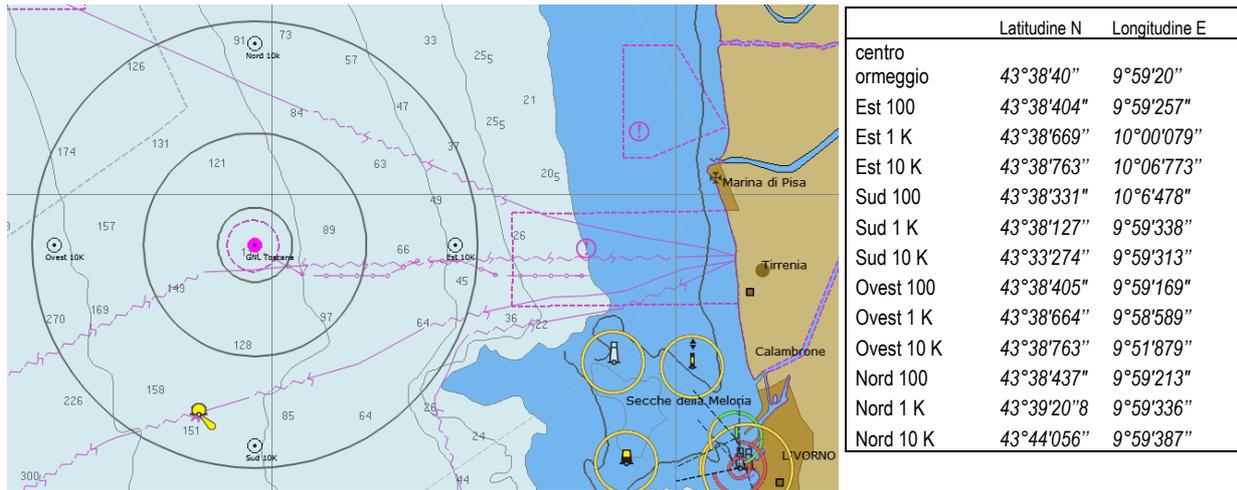


Figura 2 - Area di studio in cui sono state effettuate le misurazioni del rumore, la bioacustica e l'avvistamento dei cetacei e delle tartarughe marine, con indicate le stazioni a 10km dal terminale e in grigio i transetti circolari a 1, 3 e 6NM di distanza dal terminale.

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 è stato 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. Per il riconoscimento dei cetacei incontrati è stata utilizzata la tecnica della Photo-Id (Foto-identificazione), mentre la navigazione è stata effettuata applicando la metodologia del "Visual Line Transect Surveys".

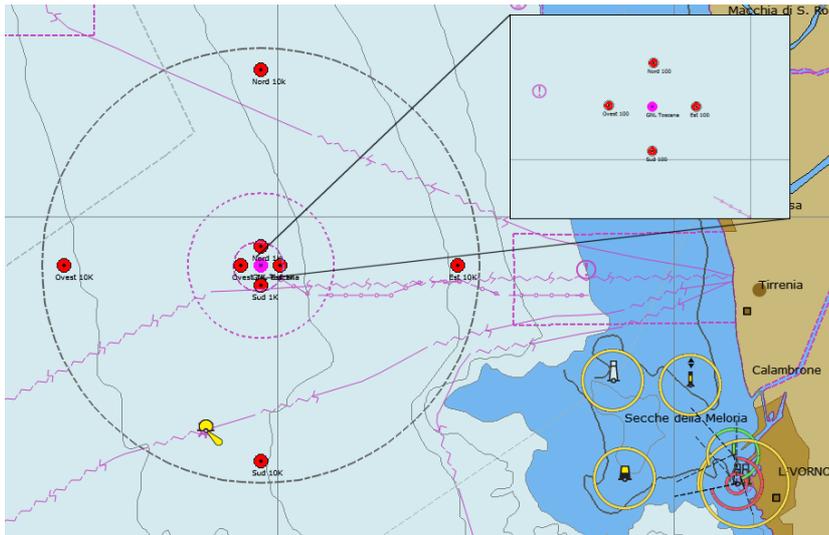
Per il survey visivo sono stati utilizzati dei transetti, seguendo rotte fisse e lineari. Il transetto rappresenta il percorso che viene seguito per ottenere informazioni quantitative e qualitative degli animali presenti in un determinato territorio. Esso richiede che l'osservatore si muova su un percorso 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 usando 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, eventuali comportamenti osservabili. Registrati i dati iniziali di avvistamento attraverso la "marcatura fotografica" abbiamo attuato la tecnica della Photo-ID che ha il vantaggio di permettere lo studio di popolazioni animali attraverso una metodologia non invasiva, raccogliere informazioni permanenti e trasferibili nello spazio e nel tempo e offre la possibilità di seguire nel tempo i trend di distribuzione e abbondanza delle popolazioni.

La Photo-ID prevede l'utilizzo di fotografie riportanti parti o caratteristiche anatomiche al fine di poter riconoscere individualmente gli animali nel tempo e nello spazio. A tal scopo la tecnica si basa su parti o "marchi" che siano indelebili, facilmente identificabili e riconoscibili. La presenza di marchi naturali permette, inoltre, di non arrecare disturbo agli animali e quindi evitare possibili azioni di risposta positive o negative. I marchi naturali del tursiopo sono dovuti alle interazioni intra-specifiche e sono identificati dalla pinna dorsale e dall'area del dorso che la circonda. Per le tartarughe, invece, vengono utilizzate le caratteristiche delle placche del carapace o la presenza di targhette identificative.

2.6 INDAGINI GENERALI

2.6.1 Misura del rumore

Obiettivo dello studio è l'individuazione del rumore acustico subacqueo emesso dal Terminale, la sua caratterizzazione in termini di tipologia di rumore, frequenza e livello di emissione, e la valutazione dei suoi effetti sui cetacei potenzialmente presenti nell'area. In accordo al piano di monitoraggio, quindi, 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).



WGS84	Latitune N	Longitudine E
Est 100	43° 38.665	09° 59.408
Est 1K	43° 38.666	10° 00.076
Est 10K	43° 38.666	10° 06.791
Sud 100	43° 38.611'	09° 59.333
Sud 1K	43° 38.126	09° 59.330
Sud 10K	43° 33.266	09° 59.330
Ovest 100	43° 38.667'	09° 59.260
Ovest 1K	43° 38.666	09° 58.584
Ovest 10K	43° 38.666	09° 51.868
Nord 100	43° 38.719'	09° 59.335
Nord 1K	43° 39.206	09° 59.330
Nord 10k	43° 44.065	09° 59.330

Figura 3 - Posizione delle stazioni di campionamento acustico.

Strumentazione utilizzata

1) Idrofono digitale Aguatech per la registrazione dei dati acustici nella banda 10Hz - 48kHz.

I dati di rumore acustico acquisiti dall'idrofono digitale sono stati campionati a 192kHz con una sensibilità di -156dB re V/uPa. 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.

Per ogni stazione sono state scelte due profondità per assicurare il campionamento acustico sopra e sotto il termoclino, 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. 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. I dati vengono registrati su file in formato digitale e verificati in tempo reale mediante un'uscita analogica su PC dedicato, dotato di un programma di visualizzazione di spettrogramma e spettro.

2) Sonda CTD Ageotec IMSV per la misura di Temperatura, Profondità, Conducibilità, con calcolo diretto della velocità del suono.

I dati vengono 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.

In ogni stazione è stato effettuato un profilo continuo di CTD per registrare conducibilità (e indirettamente salinità), temperatura, e, attraverso l'idrofono, misure del rumore presente alle profondità di 8 e 55m, ossia sopra e sotto il termoclino. Lo scopo di tali registrazioni è conoscere le condizioni ambientali del punto di misura, in modo da poter predire (e confrontare con i dati acustici registrati) il tipo di propagazione del suono eventualmente proveniente dal Terminale.

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.

3) Ricevitore AIS Icom MA-500TR con antenna esterna

Durante il campionamento acustico è stata eseguita la registrazione dei dati AIS (Automatic Identification System), un sistema di identificazione automatica delle navi che trasmette posizione, velocità e rotta. Il sistema 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 connesso ad un PC dedicato insieme ad un ricevitore GPS. Sul PC, attraverso il software OpenCPN, viene quindi 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.

I computer di tutti gli strumenti sono sincronizzati in modo da poter ricostruire, in fase di analisi, l'esatta posizione dei sensori e la presenza di altre sorgenti di rumore attraverso i dati AIS. Nella Figura 4 un esempio della situazione ricostruita durante l'avvicinamento alla stazione Est 1K.

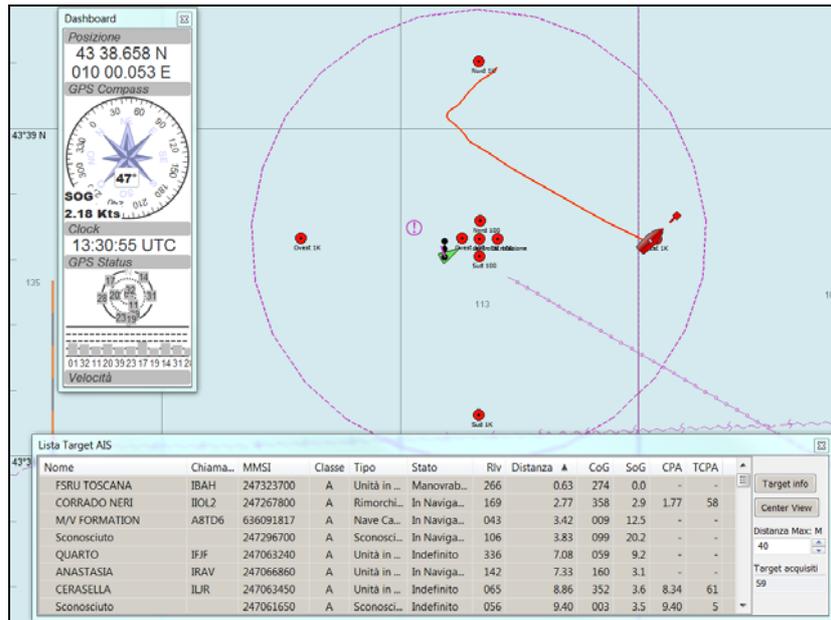


Figura 4 - Esempio di restituzione dati AIS durante l'avvicinamento alla stazione Est1K.

Individuazione dei valori soglia di rumore

La misura del rumore sottomarino ed i suoi effetti sui cetacei è materia ancora in evoluzione, ma per la presente analisi è possibile fare riferimento alle Linee Guida ISPRA (Borsani & Farchi, 2011). Le linee guida definiscono valori soglia per rumori di natura sia impulsiva che continua, in grado di provocare risposte comportamentali, danni temporanei o permanenti ai cetacei.

Si riporta di seguito la tabella tratta delle Linee Guida. Essa definisce le specie in funzione della banda di frequenze a cui sono maggiormente sensibili:

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_s (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_{mf} (mf: mid-frequency cetaceans)
High-frequency cetaceans	200 Hz to 180 kHz	<i>Phocena, Neophocena, Phocenoides, Platanista, Inia, Kogia, Lipotes, Pontoporia, Cephalorhynchus</i> (20 species/subspecies)	M_H (hf: high-frequency cetaceans)

I valori soglia sono definiti per tre tipologie di emissione (impulsi singoli, multipli e non impulsivi) e per vari livelli di danno che vanno dalla modificazione comportamentale fino alla perdita permanente di sensibilità uditiva. Una volta individuate le caratteristiche del rumore emesso dal Terminale definito dai punti di vista della tipologia di emissione, frequenza e livello alla sorgente, si indicheranno i corrispondenti valori soglia nelle conclusioni.

Rappresentazione dei dati rilevati

In accordo alle Linee Guida ISPRA, per la rappresentazione dei livelli di rumore è stata scelta la PSDf (Power Spectral Density function). In pratica la PSDf 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 Fourier Transform (FT) del rumore stesso, calcolata mediante il metodo numerico detto Fast Fourier Transform (FFT) su una sequenza di campioni frequenziali spazati uniformemente (spaziatura detta lineare).

Oltre che come curva continua, la PSDf può essere calcolata e rappresentata anche in terze d'ottava.

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.

Ognuna delle due rappresentazioni riesce a mettere in evidenza caratteristiche diverse, quindi l'analisi spettrale è stata compiuta calcolando e rappresentando la Power Spectral Density function (DSPf) di un minuto di dati di rumore nella banda fino a 48kHz sia mediante FFT (con risoluzione frequenziale di 5,86Hz, ottenuta mediante "zero-padding") sia in terzi d'ottava.

Metodologia di analisi

Nell'analisi dei dati acquisiti è 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).

E' 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.

Tuttavia in acqua i suoni ad alta frequenza (a partire da 15-20kHz) si attenuano rapidamente in ragione della distanza percorsa, quindi il rumore emesso da piccoli natanti può essere percepito dai sensori acustici subacquei 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 possibile verificare se in qualche punto della banda si verificano attenuazioni del rumore compatibili con l'attenuazione provocata dall'allontanamento dal Terminale.

In questo caso sono 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 necessario definire un modello dell'ambiente in cui si propaga il suono che permetta di trovare una corrispondenza fra valori simulati e valori sperimentali.

Tale modello, oltre a validare l'ipotesi di emissione da parte del Terminale, può permettere di calcolare alcune caratteristiche della sorgente quali il Source Level, che può quindi essere confrontato con i valori soglia.

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". 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.

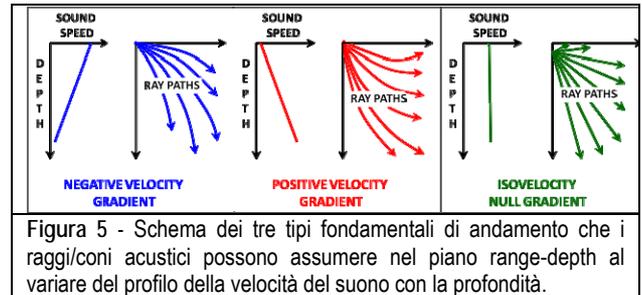


Figura 5 - Schema dei tre tipi fondamentali di andamento che i raggi/coni acustici possono assumere nel piano range-depth al variare del profilo della velocità del suono con la profondità.

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

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 km²) 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:

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

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

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

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.

2.6.2 Bioacustica

La sorveglianza bioacustica sulla presenza di cetacei è stata effettuata sulla piattaforma di opportunità catamarano KRILL attrezzato per il monitoraggio bioacustico sulla fauna marina, utilizzando idrofoni mod. C 303 della Cetacean Research trainati dietro l'imbarcazione a circa 30 m. Il survey acustico è stato effettuato su transetti ortogonali posizionati nel settore a NE ad distanza tra 5 e 10km dal Terminale FSRU. 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 le registrazioni è stato utilizzato un software dedicato 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.

3 RISULTATI SURVEY AUTUNNO 2014

3.1 COLONNA D'ACQUA

3.1.1 Profili idrologici

La temperatura (Figura 6) varia in un range compreso tra 15,40°C e 19,05°C in linea con le temperature tipiche del periodo autunnale e della zona di indagine; è ancora evidente la presenza di un termoclino marcato per il quale i primi 50m della colonna d'acqua risultano omogenei.

La salinità (Figura 7) mostra l'andamento tipico di questo parametro nel periodo considerato: esso risulta omogeneo lungo il profilo batimetrico, con valori che variano in un range molto limitato compreso tra 37,09ppt e 37,54ppt.

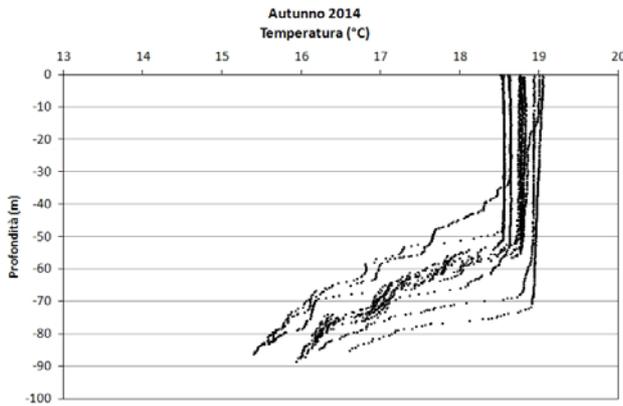


Figura 6 – Profili di temperatura (°C).

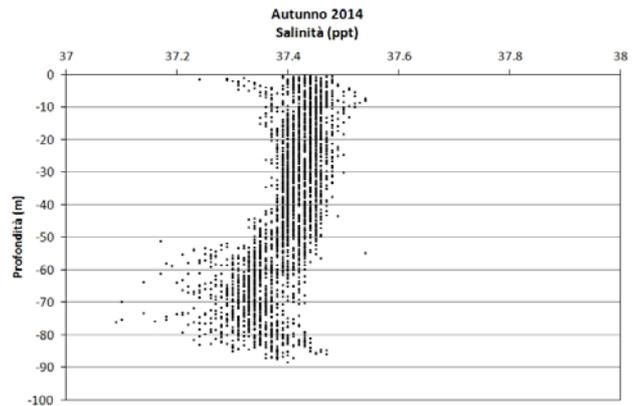


Figura 7 - Profili di salinità (ppt).

Il diagramma T/S (Temperatura/Salinità) mostra che le variazioni nelle masse d'acqua nell'intorno del rigassificatore sono dovute soprattutto ai cambiamenti della temperatura ad indicare l'avanzamento della stagione. Tale comportamento è in buon accordo con le caratteristiche delle masse d'acqua fortemente influenzate dal periodo di campionamento (Figura 8).

La percentuale di saturazione dell'ossigeno disciolto, DO%, (Figura 9) presenta valori compresi nel range 88,1% - 101,7%. Le masse d'acqua risultano ossigenate in maniera omogenea. Inoltre l'andamento dei profili di questo parametro è praticamente simile in tutte le stazioni di indagine.

La fluorescenza (Figura 10) varia tra 0,000 Volts e 0,026 Volts con la maggior parte di valori compresi tra 0,015 Volts - 0,020 Volts.

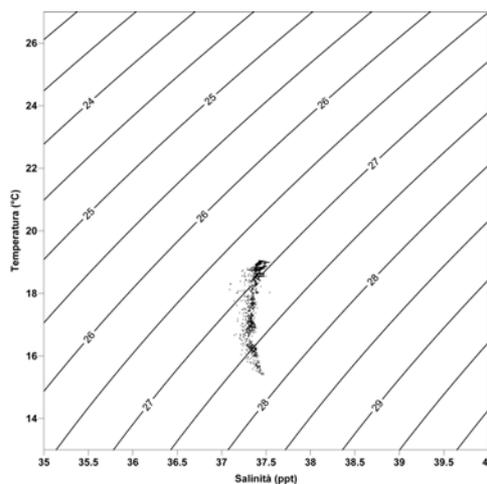


Figura 8 – Diagramma T/S.

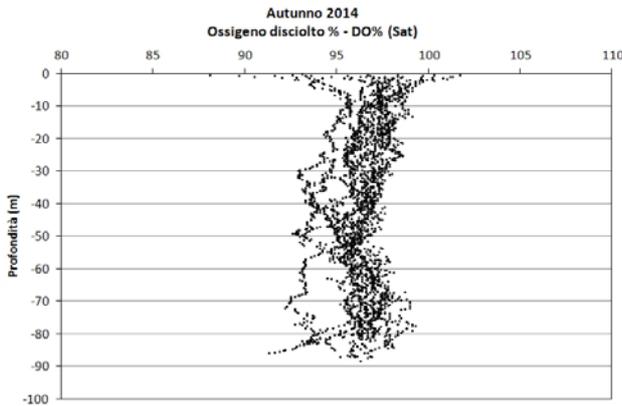


Figura 9 - Profili di saturazione dell'ossigeno disciolto (%).

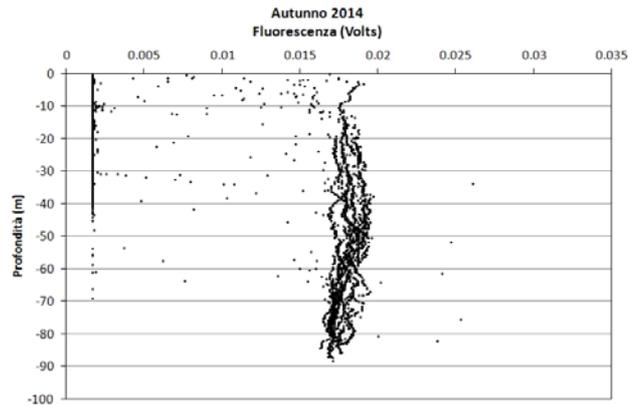


Figura 10 – Profili di fluorescenza.

I valori di pH (Figura 11) sono compresi tra 7,80 e 8,41. L'andamento di questo parametro risulta regolare lungo il profilo batimetrico. Nel grafico non sono stati inseriti i valori della stazione A14 MG9 situata a 1000m a Sud del rigassificatore dove sono stati registrati valori compresi tra 7,48 e 7,72 ossia leggermente più bassi rispetto ai precedenti. Si precisa che i valori tipici del pH dell'acqua di mare sono compresi tra 7,7-8,4 circa.

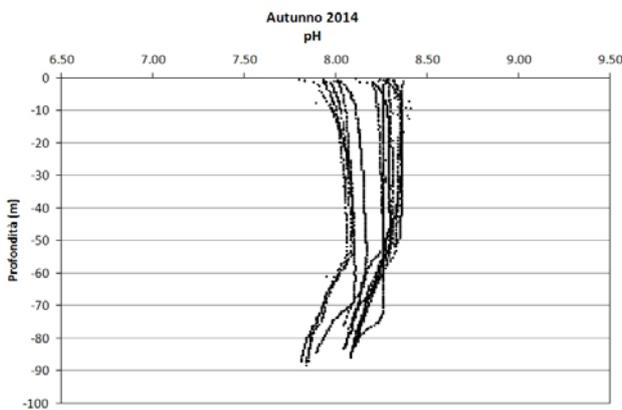


Figura 11 – Profili di pH.

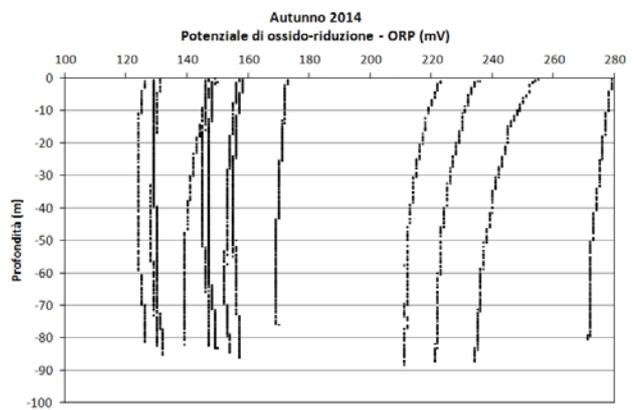


Figura 12 - Profili di potenziale di ossido riduzione (ORP) in mV.

I valori del potenziale redox, ORP, (Figura 12) variano in un range abbastanza ampio, 124mV e 255mV, e sono relativamente in buon accordo con i valori del pH [valori del pH "acidi" (bassi) = valori relativamente alti di ORP; valori del pH "basici" (alti) = valori relativamente bassi di ORP]. I valori di ORP di acqua di mare, che normalmente variano tra 350mV e 400mV, quando sono bassi sono correlati ad un valore di pH leggermente alto/basico come può essere, nel nostro caso ad esempio, proprio quello dell'acqua di mare in cui si sono effettuate le misure.

Per quanto riguarda la torbidità (NTU), non ci sono anomalie da segnalare.

Misure di irradianza e irradianza spettrale

In Figura 13 sono mostrati i profili di irradianza PAR (Photosynthetic Available Radiation) sottomarina normalizzati rispetto a quella contemporanea superficiale alle stazioni A14 MG7 e A14 MG10. La profondità della zona eufotica è 51,6 m alla stazione A14 MG7 e 65,2 m alla stazione A14 MG10. Considerando tutte le stazioni, la profondità varia da 48,10m della stazione A14 MG13 ai 65,2m della stazione A14 MG10.

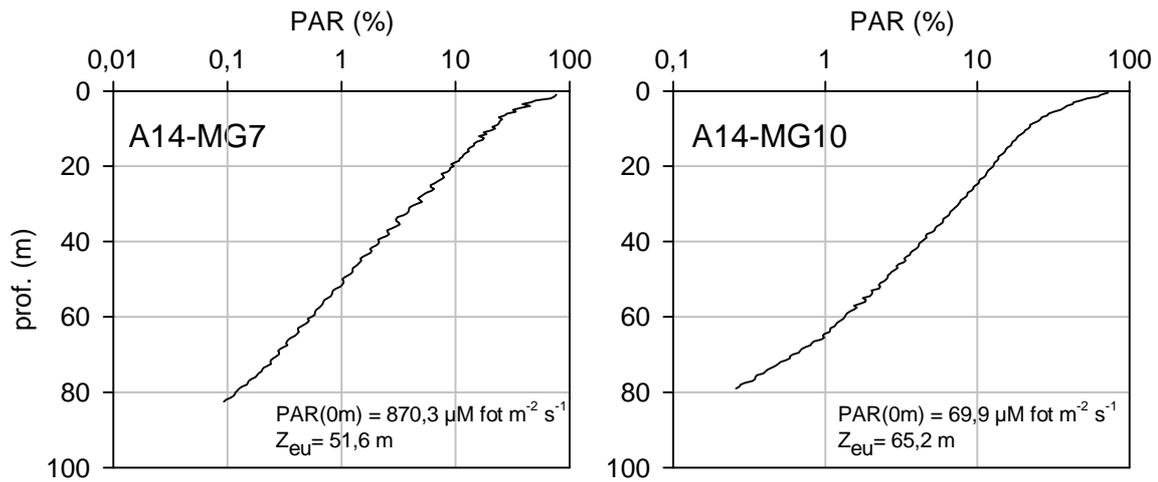


Figura 13 - Profilo del rapporto fra l'irradianza quantica PAR (Photosynthetic Available Radiation) disponibile alle varie profondità con quella contemporanea in superficie, PAR (0 m), delle stazioni A14 MG7 e A14 MG10.

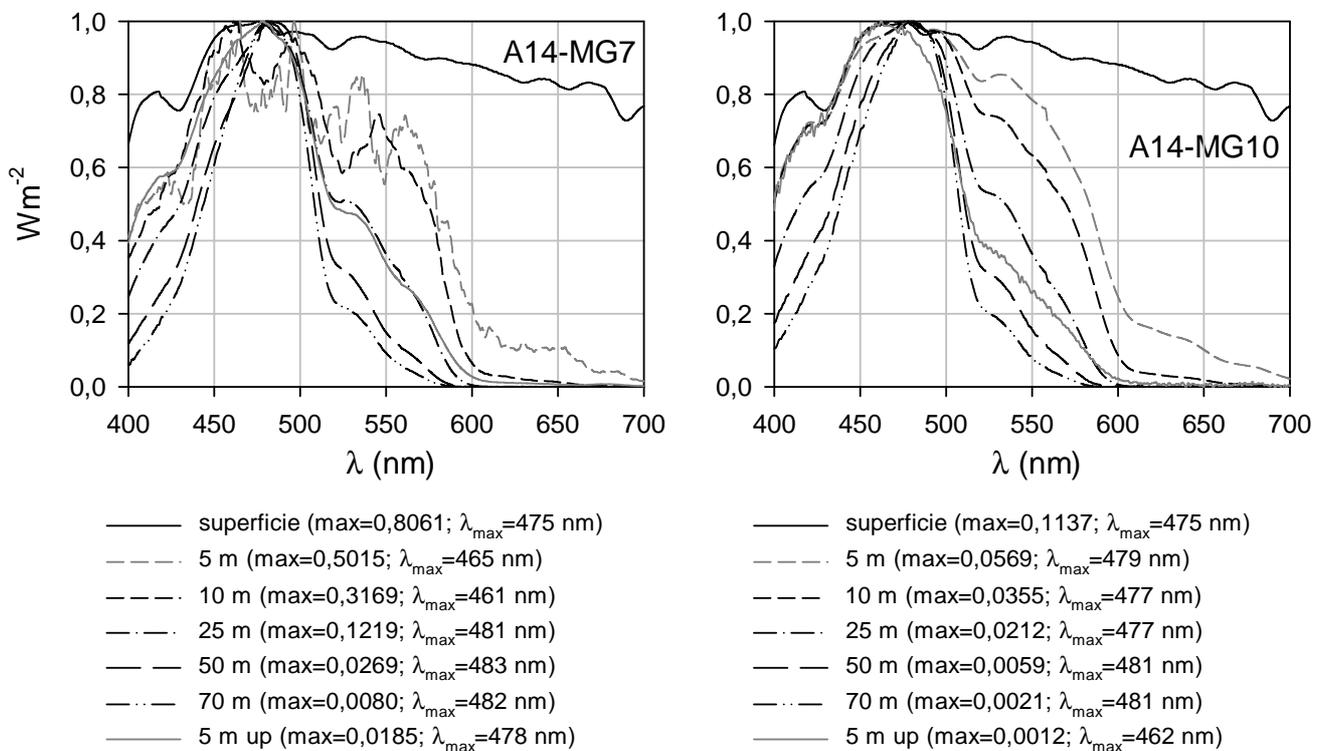


Figura 14 - Irradianza spettrale discendente superficiale e subacquea alle profondità indicate. E' inoltre riportata la irradianza spettrale ascendente a 5 m (5m up). Ogni spettro è stato normalizzato per il proprio massimo ($E_{\max}(\lambda)$) riportato nella legenda insieme con la lunghezza dove si colloca (λ_{\max}).

In Figura 14 sono riportati gli spettri della irradianza discendente tra 400 e 700nm in superficie e alle varie profondità insieme con quelli della irradianza ascendente a 5m entrambe normalizzate per i loro massimi, alle stazioni A14 MG7 e A14 MG10. Gli spettri dell'irradianza alle profondità maggiori hanno i loro massimi (λ_{\max}), indicanti la radiazione più penetrante, in entrambe le stazioni alle lunghezze d'onda di 481-482nm.

3.1.2 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche

Nutrienti inorganici disciolti

Le concentrazioni di tutti i nutrienti analizzati, nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ortofosfati (PO_4), silicati (SiO_2), sono riportate in Tabella 13, e sono coerenti con le concentrazioni solitamente rilevate nelle acque del Mar Tirreno nella stagione autunnale, quando il maggior mescolamento della colonna d'acqua, dopo la rottura del termocline estivo, tende ad apportare nutrienti dagli strati profondi negli strati più superficiali. I valori medi (tutte le stazioni e tutte le profondità) sono $1,722\mu\text{M SiO}_2$, $0,112\mu\text{M PO}_4$, $0,172\mu\text{M NO}_2$ e $0,389\mu\text{M NO}_3$. Nonostante queste concentrazioni siano più alte rispetto ai mesi estivi e presentino massimi superficiali piuttosto che profondi, come ci si aspetta in questo

periodo dell'anno, sono comunque tipiche di una situazione oligo-mesotrofica, quale è quella che caratterizza quest'area del bacino ligure-tirrenico.

Tabella 13 - Concentrazioni dei nutrienti inorganici disciolti (μM).											
Stazione	Prof. m	SiO ₂ μM	PO ₄ μM	NO ₂ μM	NO ₃ μM	Stazione	Prof. m	SiO ₂ μM	PO ₄ μM	NO ₂ μM	NO ₃ μM
A14 MG3	0,5	0,410	0,070	0,050	0,090	A14 MG9	0,5	0,640	0,106	0,136	0,270
	12,5	0,366	0,418	0,075	0,782		12,5	0,609	0,290	0,237	0,220
	50	0,455	0,108	0,169	0,489		50	0,462	0,071	0,078	0,036
	70	0,454	0,091	0,444	0,305		70	0,856	0,056	0,254	0,360
A14 MG5	0,5	0,194	0,043	0,090	0,426	A14 MG10	0,5	0,414	0,030	0,033	0,248
	12,5	0,453	0,375	0,500	0,304		12,5	0,263	<0,03	0,031	0,059
	50	0,231	0,049	0,198	0,058		50	0,389	0,296	0,045	0,092
	70	0,648	0,049	0,262	0,484		70	0,456	0,036	0,170	0,134
A14 MG6	0,5	0,244	<0,03	<0,03	0,164	A14 MG12	0,5	0,491	0,059	<0,03	0,089
	12,5	0,389	<0,03	<0,03	0,099		12,5	0,494	0,038	0,045	0,081
	50	0,380	<0,03	0,113	0,183		50	0,434	0,030	<0,03	0,044
	70	0,630	<0,03	0,136	0,162		70	0,501	0,035	0,036	0,038
A14 MG7	0,5	0,612	0,234	0,054	0,118	A14 MG13	0,5	0,447	0,043	0,059	0,096
	12,5	0,585	0,266	0,114	0,151		12,5	0,520	0,045	0,085	0,034
	50	2,141	0,086	0,106	0,213		50	0,471	0,040	0,045	0,038
	70	0,669	0,386	0,132	0,368		70	0,536	0,042	0,073	0,194

La stagione autunno-inverno, come già detto in altre occasioni, si caratterizza per il maggiore dinamismo e mescolamento delle acque, che ha come diretta conseguenza maggiori concentrazioni dei nutrienti inorganici rispetto alla situazione estiva. I valori medi, calcolati su tutti i campioni di tutte le stazioni, sono: NO₂ 0,120 μM , NO₃ 0,201 μM , PO₄ 0,109 μM e SiO₂ 0,526 μM . Dalla Figura 15 si evince che i nutrienti hanno una distribuzione verticale con valori più alti prevalentemente a 12,5m, tranne eccezione con concentrazioni maggiori a 70m. Le stazioni presentano andamenti molto simili tra loro. Nel caso dei fosfati si evidenziano 4 stazioni (A14 MG3, A14 MG5, A14 MG7 e A14 MG9) con concentrazioni più elevate delle altre alla profondità di 12,5m.

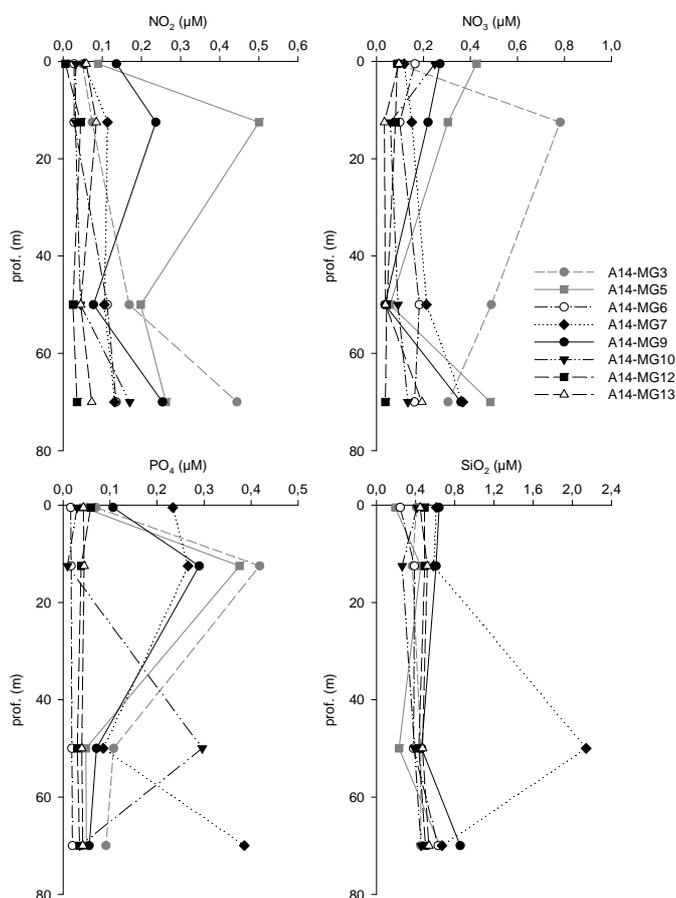


Figura 15 - Profili delle concentrazioni dei nutrienti inorganici disciolti: NO₂ (nitriti), NO₃ (nitrati), PO₄ (fosfati), SiO₂ (silicati).

Solidi sospesi (Total Suspended Matter)

Le concentrazioni di TSM in tutte le stazioni sono riportate in Tabella 14. Il valore medio generale è 1,56mg L⁻¹, il minimo è 0,73 mgL⁻¹ alla stazione A14 MG12 a 12,5m ed il massimo è 7,16mg L⁻¹ alla stazione E14 MG7 a 0,5m.

I profili batimetrici delle concentrazioni di TSM (Figura 16) mostrano per la maggior parte delle stazioni (A14 MG6, A14 MG9, A14 MG10 e A14 MG12) valori simili a tutte le profondità, con concentrazioni nel range da 0,73 a 1,69mg L⁻¹. Alla stazione A14 MG7 sono evidenti il massimo superficiale (7,16mg L⁻¹) e un ulteriore massimo a 70 m (3,71 mg L⁻¹). Massimi profondi a 70 m sono anche presenti alla stazione A14 MG3 e (3,38mg L⁻¹) e alla A14 MG13 (2,64mg L⁻¹). Alla stazione A14 MG5 il massimo (2,63mg L⁻¹) si colloca a 12,5m.

I profili batimetrici della frazione organica di TSM (POM) sono simili a quelli di TSM (Figura 16), con la maggioranza delle stazioni che hanno profili con valori simili (compresi fra 0,2 e 0,6mg L⁻¹) a tutte le profondità. In alcune stazioni sono presenti massimi superficiali, evidente quello della A14 MG7 con 1,46mg L⁻¹ meno evidenti quelli alle stazioni A14 MG10 (0,70mg L⁻¹), A14 MG12 e A14 MG13. Alle stazioni A14 MG7, A14 MG3, A14 MG13 e A14 MG9 la concentrazione di POM mostra un incremento più o meno netto a 70m. La frazione di POM rispetto al TSM è in media del 35,73 % e varia tra il 11,86 % (A14 MG12 50m) ed il 71,03% (A14 MG10 0.5m).

Prof. m	Stazione	TSM mg L ⁻¹	Stazione	TSM mg L ⁻¹
0,5	A14 MG3	0,933	A14 MG9	1,031
12,5		1,686		1,142
50		1,193		1,057
70		3,378		1,626
0,5	A14 MG5	0,914	A14 MG10	0,990
12,5		2,632		0,858
50		1,034		1,689
70		1,424		1,175
0,5	A14 MG6	1,017	A14 MG12	1,313
12,5		0,871		0,733
50		1,039		0,836
70		1,408		1,052
0,5	A14 MG7	7,155	A14 MG13	0,958
12,5		1,758		0,865
50		1,031		0,857
70		3,711		2,641

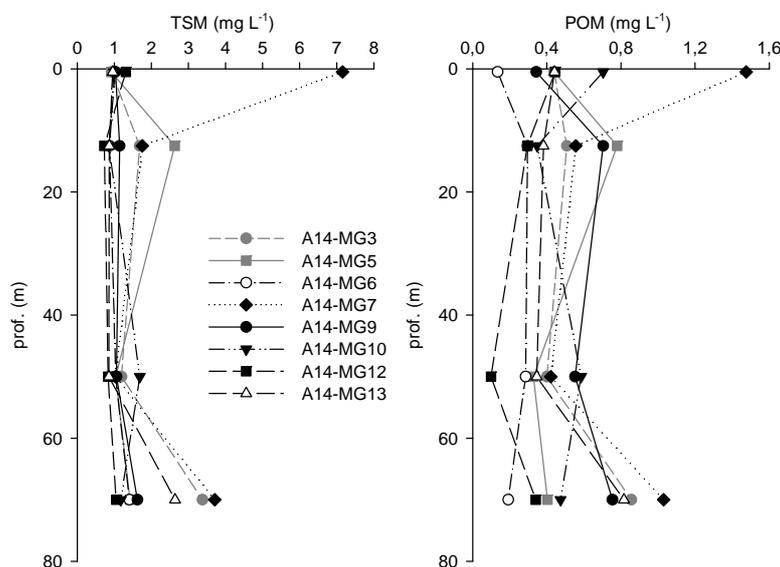


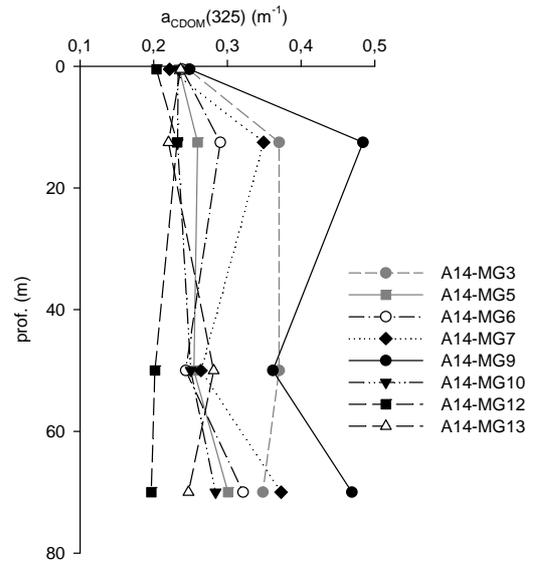
Figura 16 - Profili delle concentrazioni dei solidi sospesi (TSM) e delle concentrazioni di particolato organico (POM) nelle diverse stazioni.

Sostanza Organica Disciolta Cromoforica (CDOM)

Gli assorbimenti della CDOM a 325nm ($a_{CDOM}(325)$) sono in media 0,284m⁻¹ e variano da un minimo di 0,197m⁻¹ alla stazione A14 MG12, a 70m ad un massimo di 0,484 m⁻¹ alla stazione A14 MG9 a 12,5m (Tabella 15). I profili batimetrici di $a_{CDOM}(325)$ hanno valori simili in superficie (0,20 – 0,25 m⁻¹), in maggioranza hanno un massimo a 12,5m (quello più evidente osservato nella stazione A14 MG9 arriva a 0,484m⁻¹), una diminuzione a 50m ed infine un nuovo aumento a 70m (Figura 17).

Tabella 15 - Assorbimento della CDOM alla lunghezza d'onda di 325 nm

Prof. m.	Stazione	a _{CDOM(325)} m ⁻¹	Stazione	a _{CDOM(325)} m ⁻¹
0,5	A14 MG3	0,2471	A14 MG9	0,2488
12,5		0,3702		0,4842
50		0,3702		0,3617
70		0,3482		0,4690
0,5	A14 MG5	0,2347	A14 MG10	0,2333
12,5		0,2597		0,2325
50		0,2546		0,2503
70		0,3009		0,2840
0,5	A14 MG6	0,2386	A14 MG12	0,2037
12,5		0,2904		0,2319
50		0,2436		0,2017
70		0,3214		0,1967
0,5	A14 MG7	0,2218	A14 MG13	0,2367
12,5		0,3492		0,2202
50		0,2641		0,2815
70		0,3728		0,2473


 Figura 17 - Profili degli assorbimenti della CDOM a 325 nm (a_{CDOM(325)}) nelle diverse stazioni.

Clorofilla a e diversità pigmentaria

La clorofilla a ha una concentrazione media di 0,183 mg m⁻³ e varia da un minimo di 0,097 mg m⁻³ alla stazione A14 MG9 (70m) a un massimo di 0,221 mg m⁻³ alla stazione A14 MG13 (0,5m) (Tabella 16). I profili batimetrici di clorofilla a (Figura 18) sono abbastanza simili fra di loro e omogenei lungo la colonna d'acqua. La maggioranza delle stazioni (A14 MG5, A14 MG6, A14 MG7, A14 MG9, A14 MG12 e A14 MG13) mostrano una diminuzione alla profondità di 70m, mentre nelle altre la concentrazione di clorofilla a si mantiene simile anche a questa profondità.

Tabella 16 - Clorofilla a totale (somma della clorofilla a, della Divinil Clorofilla a e della Alloclorofilla a, se presenti).

Prof. m	Stazione	chl a tot mg m ⁻³	Stazione	chl a tot mg m ⁻³
0,5	A14 MG3	0,1986	A14 MG9	0,1693
12,5		0,1710		0,2148
50		0,1391		0,2123
70		0,1521		0,0971
0,5	A14 MG5	0,1873	A14 MG10	0,1505
12,5		0,2120		0,1640
50		0,2028		0,1615
70		0,1391		0,1545
0,5	A14 MG6	0,1724	A14 MG12	0,2118
12,5		0,1765		0,1936
50		0,1915		0,2173
70		0,1464		0,1895
0,5	A14 MG7	0,2079	A14 MG13	0,2205
12,5		0,2206		0,2171
50		0,2132		0,2106
70		0,1384		0,1986

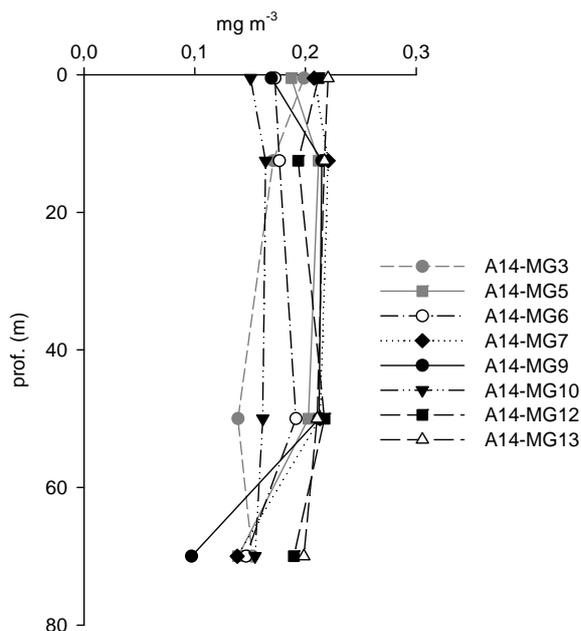


Figura 18 - Profili della concentrazione di clorofilla a tot, nelle diverse stazioni.

Tabella 17 - Concentrazioni (mg m^{-3}) dei principali pigmenti diagnostici fitoplanctonici. Fuco=Fucoxantina, Perid= Peridina, Hex-Fuco= Hesanoilofucoxantina, But-Fuco= Butanoilofucoxantina, Prasino= Prasincoxantina, Allo= Alloxantina, Zea= Zeaxantina, DVA=Divinilclorofilla a, Chl b= Clorofilla b+Divinilclorofilla b.

Stazione	Prof.m	Fuco	Perid	Hex-Fuco	But-Fuco	Prasino	Allo	Zea	DVA	Chl b
A14 MG3	0,5	0,0083	0,0070	0,0578	0,0227	0,0008	0,0007	0,0329	0,0361	0,0241
	12,5	0,0075	0,0067	0,0537	0,0215	0,0005	0,0006	0,0255	0,0248	0,0253
	50	0,0090	0,0068	0,0388	0,0178	0,0009	0,0008	0,0157	0,0283	0,0484
	70	0,0140	0,0070	0,0316	0,0220	0,0012	0,0007	0,0135	0,0484	0,0609
A14 MG5	0,5	0,0099	0,0063	0,0658	0,0252	0,0010	0,0012	0,0272	0,0304	0,0419
	12,5	0,0091	0,0076	0,0619	0,0244	0,0005	0,0009	0,0317	0,0319	0,0274
	50	0,0090	0,0070	0,0564	0,0240	0,0010	0,0003	0,0321	0,0323	0,0281
	70	0,0105	0,0064	0,0265	0,0125	0,0007	0,0007	0,0096	0,0429	0,0635
A14 MG6	0,5	0,0074	0,0065	0,0469	0,0182	0,0005	0,0006	0,0278	0,0255	0,0140
	12,5	0,0097	0,0081	0,0531	0,0239	0,0007	0,0003	0,0284	0,0246	0,0265
	50	0,0093	0,0060	0,0539	0,0236	0,0010	0,0012	0,0304	0,0298	0,0168
	70	0,0123	0,0055	0,0365	0,0192	0,0004	0,0010	0,0156	0,0392	0,0462
A14 MG7	0,5	0,0109	0,0064	0,0616	0,0252	0,0006	0,0005	0,0204	0,0273	0,0222
	12,5	0,0120	0,0062	0,0711	0,0310	0,0004	0,0009	0,0240	0,0267	0,0288
	50	0,0103	0,0063	0,0669	0,0272	0,0012	0,0005	0,0221	0,0257	0,0292
	70	0,0138	0,0075	0,0382	0,0208	0,0012	0,0010	0,0154	0,0233	0,0239
A14 MG9	0,5	0,0093	0,0066	0,0440	0,0161	0,0003	0,0011	0,0353	0,0186	0,0238
	12,5	0,0134	0,0059	0,0700	0,0292	0,0015	0,0010	0,0349	0,0226	0,0294
	50	0,0105	0,0061	0,0599	0,0244	0,0004	0,0003	0,0307	0,0266	0,0348
	70	0,0074	0,0059	0,0224	0,0104	0,0008	0,0003	0,0102	0,0179	0,0261
A14 MG10	0,5	0,0062	0,0077	0,0512	0,0172	0,0009	0,0003	0,0264	0,0244	0,0241
	12,5	0,0121	0,0070	0,0557	0,0222	0,0006	0,0009	0,0249	0,0271	0,0239
	50	0,0073	0,0068	0,0462	0,0193	0,0006	0,0006	0,0280	0,0230	0,0216
	70	0,0117	0,0062	0,0360	0,0197	0,0020	0,0014	0,0156	0,0439	0,0560
A14 MG12	0,5	0,0148	0,0065	0,0749	0,0298	0,0014	0,0006	0,0291	0,0255	0,0303
	12,5	0,0158	0,0071	0,0677	0,0315	0,0007	0,0013	0,0284	0,0211	0,0193
	50	0,0148	0,0064	0,0755	0,0376	0,0013	0,0011	0,0216	0,0228	0,0224
	70	0,0109	0,0076	0,0649	0,0337	0,0012	0,0013	0,0201	0,0144	0,0159
A14 MG13	0,5	0,0121	0,0068	0,0585	0,0262	0,0008	0,0012	0,0364	0,0231	0,0274
	12,5	0,0109	0,0065	0,0659	0,0292	0,0016	0,0010	0,0323	0,0193	0,0192
	50	0,0168	0,0072	0,0788	0,0341	0,0009	0,0005	0,0276	0,0186	0,0213
	70	0,0169	0,0080	0,0795	0,0328	0,0007	0,0008	0,0270	0,0185	0,0291

Le concentrazioni dei nove pigmenti diagnostici principali (proporzionali alla biomassa dei gruppi tassonomici dei quali costituiscono i markers) sono riportate in Tabella 17.

Il pigmento a maggiore concentrazione media è la Hex-Fuco (media 0,055, min 0,022, max 0,080 mg m⁻³), segue la Chl *b* (media 0,030, min 0,014, max 0,064 mg m⁻³), la DVA (media 0,027, min 0,014, max 0,048 mg m⁻³), la Zea (media 0,025, min 0,0096, max 0,036 mg m⁻³), la But-Fuco (media 0,024, min 0,010, max 0,038 mg m⁻³), la Fuco (media 0,011, min 0,006, max 0,017 mg m⁻³), la Perid (media 0,007, min 0,006, max 0,008 mg m⁻³), la Prasino (media 0,0009, min 0,0003, max 0,0020 mg m⁻³) e la Allo (media 0,0008, min 0,0003, max 0,0014 mg m⁻³).

I rapporti dei singoli pigmenti rispetto alla somma totale dei diagnostici fornisce una stima della composizione tassonomica del popolamento fitoplanctonico (Figura 19).

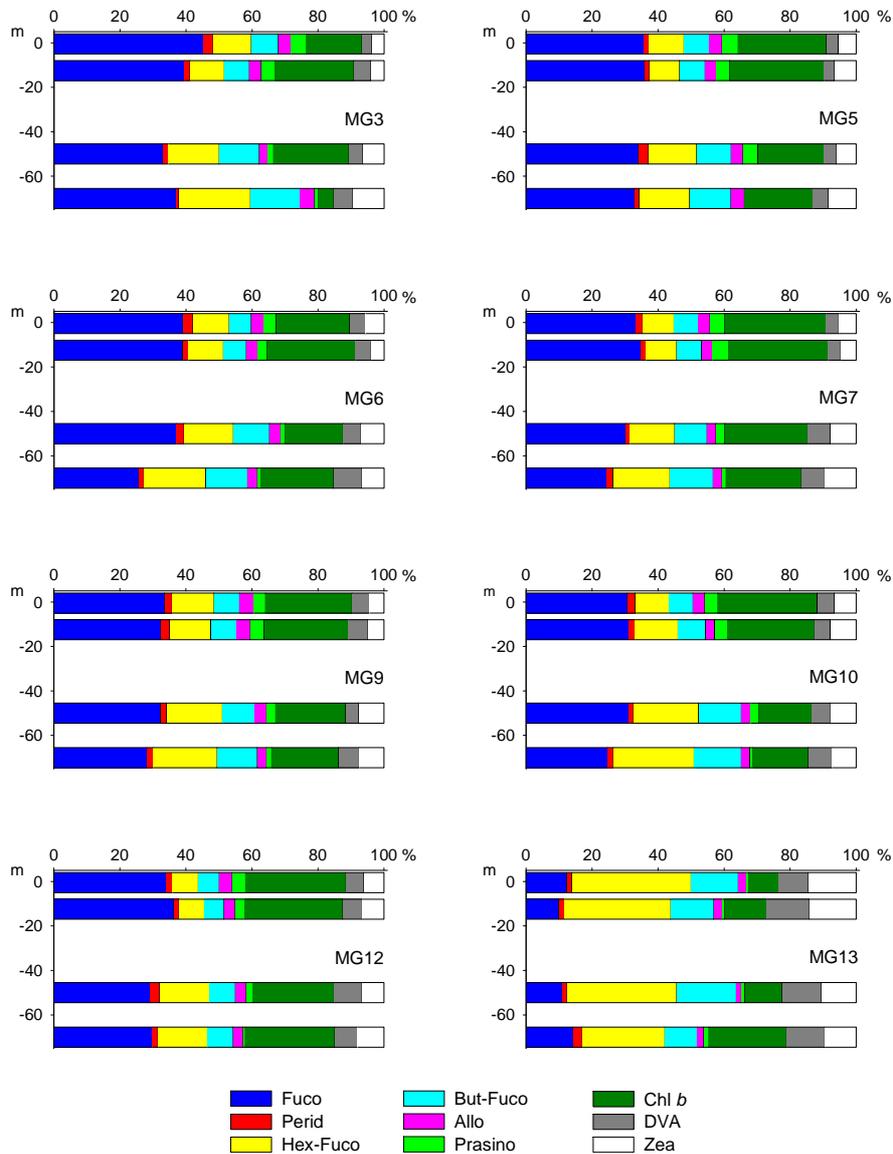


Figura 19 – Istogrammi della composizione percentuale di ognuno dei singoli pigmenti diagnostici in rapporto al totale delle concentrazioni dei nove Pigmenti Diagnostici (PD= Fuco+Perid+Hex-Fuco+But-Fuco+Allo+Prasino+Chl*b*+DVA+Zea).

La percentuale di un singolo pigmento rispetto al totale al massimo raggiunge il 30 %. Il pigmento più rappresentativo è la Hex-Fuco (marker delle Prymnesiophyceae coccolitofori), il suo contributo percentuale medio è del 30 %, quello minimo è del 15 % alla stazione A14 MG5 a 70m, mentre quello max è il 38 % a 50m alla stazione A14 MG13. La DVA (marker del genere *Prochlorococcus*) è in media il 15%, i massimi sono in genere alle profondità maggiori e raggiungono il 25 % alla stazione A14 MG5 70m mentre i minimi in genere sono superficiali, ma alle stazioni A14 MG12 e A14 MG13 sono profondi (70m) e raggiungono l'8 %. La Zea (marker delle forme assimilabili al genere *Synechococcus*) in media è il 14 %, i suoi massimi in genere si collocano prevalentemente in superficie a 0,5 e 12,5 m (solo alle stazioni A14 MG5 e A14 MG10 sono a 50m) e raggiungono il 23 % alla stazione A14 MG9 0,5m; i minimi sono profondi e raggiungono il 6 % alla stazione A14 MG5 a 70m. La Chl *b* (indicatore delle Chlorophyta) è in media il 17 %, in generale le percentuali più basse si collocano negli strati superficiali a 0,5 e 12,5m con i valori minimi che raggiungono il 9 % a 70 m alla stazione A14 MG12; il massimo (37

%) si colloca a 70 m alla stazione A14 MG5. La But-Fuco (marker di Dictyochophyceae, Chrysophyceae, Prymnesiophyceae non Cocolitofori) è presente con una frazione percentuale abbastanza costante in media 13 %. La Fuco (marker delle Diatomee) è presente con valori medi di circa il 6 %, (max 10 % stazione A14 MG7 70m) e minimi 4 % stazione A14 MG10 0,5m). La Perid (marker dei Dinoflagellati) è presente con una percentuale media del 4 %, il massimo raggiunge il 6 % alla stazione A14 MG9 a 70m. La frazione picoplanctonica totale relativa ai cianobatteri e costituita dalla somma di Zea (marker delle forme assimilabili al genere *Synechococcus*) e DVA (marker del genere *Prochlorococcus*) risulta in media il 29 %, quindi una frazione importante del popolamento fitoplanctonico.

Tensioattivi

Le concentrazioni dei tensioattivi non ionici (Tabella 18) risultano al di sotto del limite di quantificazione della metodica in tutti i campioni tranne nella stazione A14 MG12 nel campione superficiale. Al contrario sono presenti i tensioattivi anionici che mostrano il picco stagionale in A14 MG12 nel campione superficiale.

Tabella 18 - 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.

	A14 MG3				A14 MG5				A14 MG6				A14 MG7			
Profondità	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70
tensioattivi anionici	0,05	0,09	0,06	0,045	0,065	0,057	0,036	0,035	0,044	0,03	0,08	0,04	0,07	0,04	0,03	0,04
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
	A14 MG9				A14 MG10				A14 MG12				A14 MG13			
Profondità	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70
tensioattivi anionici	0,04	0,03	0,03	0,04	0,035	0,03	0,03	< 0,03	1,5	0,035	0,03	0,03	0,08	< 0,03	0,03	0,03
tensioattivi non ionici	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	1,5	< 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 19. L'unico composto diffusamente presente risulta essere il bromoformio. Sporadici risultano il 1,1,1-Tricloro-2-Propanone, rilevato in A14 MG7 50m e in A14 MG9 12,5m e Tetracloro Etilene rilevato unicamente in A14 MG6 50m.

Tabella 19 - Concentrazione dei cloroderivati nelle acque. I livelli indicano la profondità di prelievo del campione.

	A14 MG3				A14 MG5				A14 MG6				A14 MG7			
Profondità (m)	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70
Acidi aloacetici (µg/l)																
Dalapon	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Dibromoacetico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Tribromoacetico	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
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	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Acido Clorodibromoacetico	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Aloacetoni nitrili (µg/l)																
Dibromoacetoni nitrile	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Dicloroacetoni nitrile	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Tricloroacetoni nitrile	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
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	0,3	<0,2
1,1-Dicloro-2-Propanone	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Cloropicrina	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Alometani e VOC (µg/l)																
Cloroformio	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Carbonio Tetracloruro	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Tricloro Etilene	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Dicloro Bromo Metano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Tetracloro Etilene	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Dibromo Cloro Metano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Bromoformio	<0,01	<0,01	0,01	0,01	<0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	<0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1,2-Dibromo Etano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,1,1-Tricloro Etano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,1,2-Tricloro Etano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

Tabella 19 - Concentrazione dei cloroderivati nelle acque. I livelli indicano la profondità di prelievo del campione.																
Profondità (m)	A14 MG3				A14 MG5				A14 MG6				A14 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
Alofenoli (µg/l)																
2,4-Diclorofenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
4-Cloro-3-Metilfenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
2,4,6-Triclorofenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Pentaclorofenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Profondità (m)	A14 MG9				A14 MG10				A14 MG12				A14 MG13			
	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70
Acidi aloacetici (µg/l)																
Dalapon	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Dibromoacetico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Tribromoacetico	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
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	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
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
Aloacetoneitriili (µg/l)																
Dibromoacetoneitrile	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Dicloroacetoneitrile	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Tricloroacetoneitrile	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
1,1,1-Tricloro-2-Propanone	<0,2	0,4	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
1,1-Dicloro-2-Propanone	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Cloropicrina	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Alometani e VOC (µg/l)																
Cloroformio	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Carbonio Tetracloruro	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Tricloro Etilene	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Dicloro Bromo Metano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Tetracloro Etilene	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Dibromo Cloro Metano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Bromoformio	0,01	0,01	0,01	0,01	<0,01	0,01	0,01	0,01	<0,01	0,01	<0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1,2-Dibromo Etano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,1,1-Tricloro Etano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,1,2-Tricloro Etano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Alofenoli (µg/l)																
2,4-Diclorofenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
4-Cloro-3-Metilfenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
2,4,6-Triclorofenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Pentaclorofenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2

Idrocarburi totali

Nella Tabella 20 sono riportati i risultati ottenuti dalla ricerca degli idrocarburi totali. Questi contaminanti sono risultati presenti in 3 campioni di acqua di cui solo uno prelevato nella stazione A14 MG 7, 50m più vicina all'FSRU.

Tabella 20 - 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.																
A14 MG3				A14 MG5				A14 MG6				A14 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	
< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	10	< 10	
A14 MG9				A14 MG10				A14 MG13				A14 MG12				
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	
< 10	< 10	14	< 10	< 10	14	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	

Analisi microbiologiche

Dall'analisi microbiologica (Tabella 21) emerge l'assenza di contaminazione fecale.

	A14 MG3	A14 MG5	A14 MG6	A14 MG7	A14 MG9	A14 MG10	A14 MG13	A14 MG12
Coliformi fecali	-	-	-	-	-	-	-	-
Streptococchi fecali (enterococchi)	-	-	-	-	-	-	-	-
Coliformi totali	P	-	3,6	3,6	-	-	P	P

3.1.3 Plancton

3.1.3.1 Fitoplancton

Analisi quantitativa e qualitativa del fitoplancton da bottiglia

Le comunità fitoplanctoniche mostrano densità comprese tra $20 \cdot 10^3 \text{ cell L}^{-1}$ (A14 MG7, 70m) e $54 \cdot 10^3 \text{ cell L}^{-1}$ (A14 MG12, 0,5m), abbondanze mediamente basse considerato il periodo stagionale (Tabella 22).

I profili verticali (Figura 20) mostrano massimi a 50m e minimi a 70m in quasi tutte le stazioni tranne la A14 MG12 e la A14 MG10 in cui le densità massime si raggiungono in superficie.

Le singole classi fitoplanctoniche in linea con l'andamento generale, non presentano densità molto alte, in particolar modo le diatomee (in media circa $3,6 \cdot 10^3 \text{ cell L}^{-1}$) che arrivano al massimo a $5 \cdot 10^3 \text{ cell L}^{-1}$ (A14 MG12, 50m).

I dinoflagellati mostrano densità lievemente maggiori (in media circa $8,6 \cdot 10^3 \text{ cell L}^{-1}$) con una distribuzione piuttosto omogenea alle diverse profondità ed un contributo medio di circa il 22% (Figura 21). I coccolitofori (in media $7,6 \cdot 10^3 \text{ cell L}^{-1}$) non superano mai $11,3 \cdot 10^3 \text{ cell L}^{-1}$ e rappresentano in media il 19,8%.

Il raggruppamento "Altro plancton", (in media circa $39,4 \cdot 10^3 \text{ cell L}^{-1}$) presenta le densità maggiori e rappresenta in media il 47,9% del popolamento autunnale (Figura 21). In Tabella 23 è mostrata la distribuzione all'interno delle diverse classi di appartenenza dei 190 taxa (più la categoria dei "flagellati non identificati") individuati durante le analisi (Tabella 24). I taxa sono distribuiti principalmente tra diatomee e dinoflagellati, seguono poi i coccolitofori.

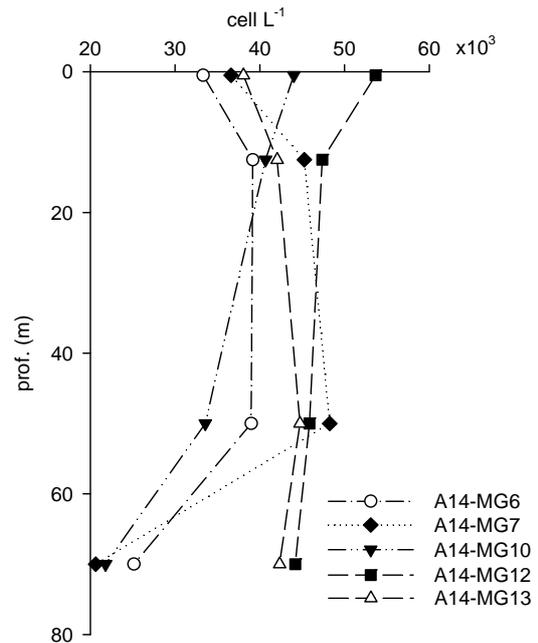


Figura 20 - Profili verticali densità fitoplanctoniche totali (cell L⁻¹ 10³).

Stazione	prof. (m)	Diatomee	Dinoflagellati	Coccolitofori	Altro	Totale
A14 MG6	0,5	3,25	8,83	8,76	12,48	33,32
	12,5	4,29	8,71	10,07	16,12	39,19
	50	3,51	11,89	8,97	14,62	38,99
	70	3,86	8,47	6,57	6,26	25,16
A14 MG7	0,5	3,18	9,05	8,84	15,55	36,62
	12,5	4,27	9,82	6,44	24,73	45,25
	50	4,51	8,39	7,44	27,91	48,25
	70	3,67	5,03	2,55	9,38	20,63
A14 MG10	0,5	2,30	9,75	8,20	23,78	44,03
	12,5	2,43	9,72	11,27	17,26	40,68
	50	1,78	8,01	8,45	15,32	33,57
	70	2,59	6,30	5,00	7,91	21,80
A14 MG12	0,5	3,29	9,81	7,43	33,14	53,67
	12,5	3,40	9,21	7,97	26,79	47,37
	50	3,85	7,84	9,54	24,63	45,87
	70	3,50	10,44	7,94	22,32	44,20
A14 MG13	0,5	3,69	6,99	6,04	21,36	38,08
	12,5	4,26	7,97	6,55	23,29	42,06
	50	5,21	7,95	8,71	22,89	44,75
	70	4,04	7,71	6,57	24,01	42,34

Le comunità fitoplanctoniche sono quindi sempre ben differenziate con un grande numero di taxa presenti saltuariamente (136 presenti in meno del 50% dei campioni) con densità cellulari scarse ed altri taxa con densità più elevate e presenza quasi costante (55 taxa presenti in più del 50% dei campioni).

L'indice di diversità di Shannon varia in un intervallo più basso rispetto ad altre campagne, tra 2,8 e 3,5 bit cell⁻¹.

Questa diminuzione, accompagnata da una conseguente minore equità (0,58 – 0,77), è dovuta ad un grado di maggiore dominanza della specie più abbondante sulle altre. In questo popolamento *Emiliania huxleyi* (coccolitofori) è la specie che domina in tutti i campioni, seguita soprattutto da *Gymnodiniaceae* spp., *Plagioselmis prolunga*, *Pseudoscourfieldia marina*, *Pyramimonas* sp. e nanoflagellati di diversa collocazione tassonomica (*Paulinella ovalis*, *Phaeocystis* sp., *Leucocryptos marina*, *Telonema* sp.).

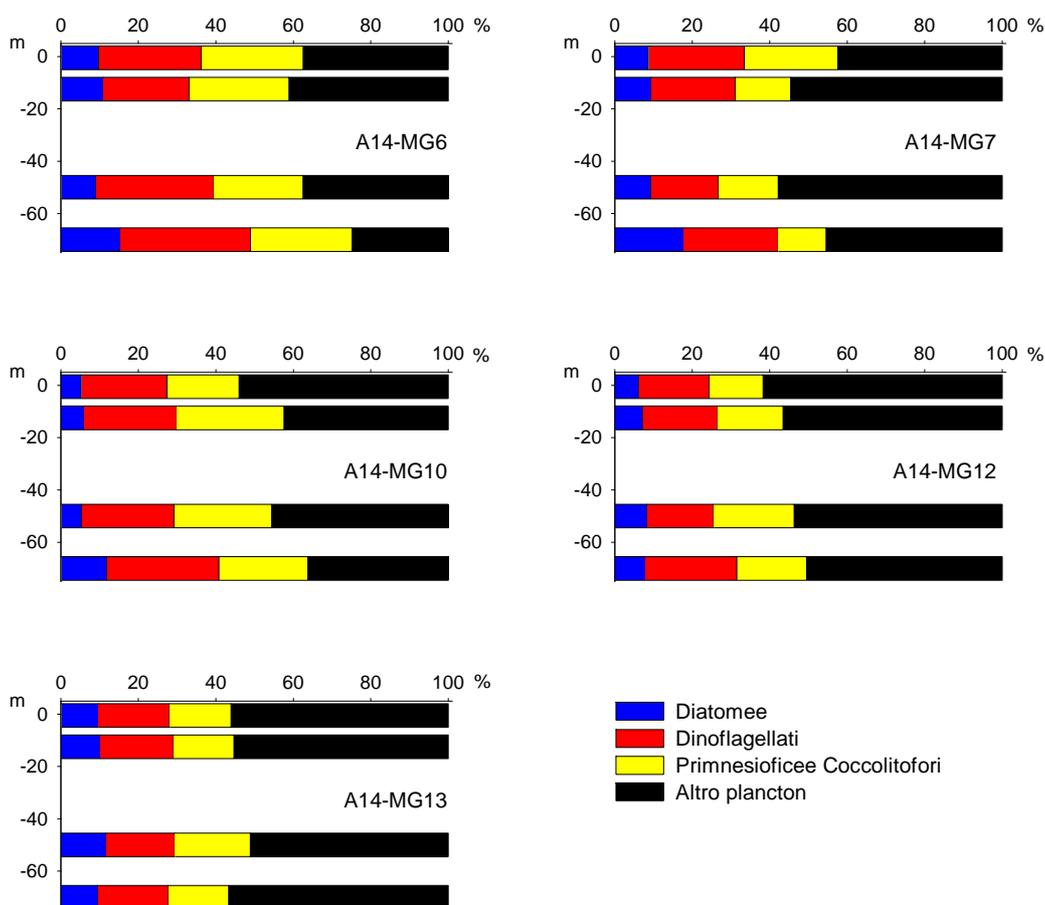


Figura 21 – Abbondanza relativa delle classi fitoplanctoniche indicate in legenda nelle diverse stazioni.

Tabella 23 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni osservati.

Classe	Specie	Generi	Categorie superiori*
Diatomee	50	15	4
Dinoflagellati	53	7	4
Pymmnesiophyceae coccolitofori	27	5	1
Cryptophyceae	1		1
Chrysophyceae/Dictyochophyceae	5		1
Euglenoidea/Chlorophyta			2
Prasinophyceae	3	2	
Pymmnesiophyceae non coccolitofori	2	1	
Altro	5	1	
Totale	146	31	13

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

Tabella 24 - Lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative microscopiche.		
DIATOMEE		
<i>Asterolampra marylandica</i> Ehrenberg 1844	Diatomee centriche > 20 µm	<i>Plagiotropis</i> sp.
<i>Asteromphalus heptactis</i> (Brébisson) Ralfs 1861	Diatomee pennate ≤ 20 µm n.i.	<i>Pleurosigma delicatulum</i> Smith 1852
<i>Bacteriastrium delicatulum</i> Cleve 1897	Diatomee pennate > 20 µm n.i.	<i>Pleurosigma naviculaceum</i> Brébisson 1854
<i>Bacteriastrium elongatum</i> Cleve 1897	<i>Diploneis constricta</i> (Grunow) Cleve 1894	<i>Pleurosigma normanii</i> Ralfs 1861
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder 1864	<i>Diploneis crabro</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1854	<i>Pleurosigma</i> spp.
<i>Chaetoceros brevis</i> Schütt 1895	<i>Diploneis</i> sp.	<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström 1986
<i>Chaetoceros compressus</i> Lauder 1864	<i>Entomoneis</i> sp.	<i>Pseudo-nitzschia galaxiae</i> Lundholm & Moestrup 2002
<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve 1889	<i>Fragilariopsis</i> sp.	<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle 1993
<i>Chaetoceros dadayi</i> Pavillard 1913	<i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle 1996	<i>Pseudo-nitzschia subfraudulenta</i> (Hasle) Hasle 1993
<i>Chaetoceros debilis</i> Cleve 1894	<i>Haslea wawriakae</i> (Hustedt) Simonsen 1974	<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultze) Sundström 1986
<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve 1873	<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow ex Van Heurck 1882	<i>Rhizosolenia imbricata</i> Brightwell 1858
<i>Chaetoceros diversus</i> Cleve 1873	<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve 1889	<i>Rhizosolenia</i> sp.
<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow 1863	<i>Leptocylindrus mediterraneus</i> (Peragallo) Hasle 1975	<i>Stauroneis</i> sp.
<i>Chaetoceros neglectus</i> Karsten 1905	<i>Leptocylindrus minimus</i> Gran 1915	<i>Synedra</i> cf. <i>affinis</i> Kützing 1844
<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell 1856	<i>Licmophora flabellata</i> (Grev.) Agardh 1831	<i>Synedra</i> cf. <i>crystallina</i> (Agardh) Kützing 1844
<i>Chaetoceros pseudocurvisetus</i> Mangin 1910	<i>Lioloma pacificum</i> (Cupp) Hasle 1996	<i>Synedra</i> sp.
<i>Chaetoceros</i> spp.	<i>Navicula</i> cf. <i>transitans</i> Heimdal 1970	<i>Tabularia gallionii</i> (Bory de Saint-Vincent) Bukhtiyarova 1995
<i>Cocconeis scutellum</i> Ehrenberg 1838	<i>Nitzschia</i> (sez. <i>sigmatae</i>) sp.	<i>Thalassionema</i> cf. <i>bacillare</i> (Heiden) Kolbe 1955
<i>Coccinodiscus</i> sp.	<i>Nitzschia bicapitata</i> Cleve 1901	<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Hallegraeff 1986
<i>Cyclotella</i> spp.	<i>Nitzschia recta</i> Hantzsch ex Rabenhors 1862	<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky 1902
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & Lewin 1964	<i>Nitzschia sicula</i> (Castracane) Hustedt	<i>Thalassiosira pseudonana</i> Hasle & Heimdal 1970
<i>Dactylosolen fragillissimus</i> (Bergon) Hasle 1996	<i>Nitzschia</i> spp.	<i>Thalassiosira</i> sp.
Diatomee centriche ≤ 20 µm	<i>Paralia</i> sp.	<i>Thalassiothrix longissima</i> Cleve & Grunow 1880
DINOFLAGELLATI		
<i>Alexandrium</i> cf. <i>minutum</i> Halim 1960	<i>Gyrodinium fusiforme</i> Kofoid & Swezy 1921	<i>Oxytoxum constrictum</i> (Stein) Bütschli 1885
<i>Amphidinium</i> cf. <i>globosum</i> Schröder 1911	<i>Gyrodinium</i> spp.	<i>Oxytoxum longiceps</i> Schiller
<i>Amphidinium</i> cf. <i>sphenoides</i> Wulff 1916	<i>Heterocapsa minima</i> Pomroy 1989	<i>Oxytoxum mediterraneum</i> Schiller
<i>Amphidoma caudata</i> Halldal 1953	<i>Heterocapsa niei</i> (Loeblich III) Morrill & Loeblich III 1981	<i>Oxytoxum scolopax</i> Stein 1883
<i>Cochlodinium pulchellum</i> Lebour 1917	<i>Heterocapsa rotundata</i> (Lohmann) Hansen 1995	<i>Oxytoxum sphaeroideum</i> Stein 1883
<i>Cochlodinium</i> sp.	<i>Heterocapsa</i> spp.	<i>Oxytoxum strophalatum</i> Dodge & Saunders 1985
<i>Corythodinium compressum</i> (Kofoid) Taylor 1976	<i>Histioneis ligustica</i> Rampi 1940	<i>Oxytoxum variabile</i> Schiller 1937
<i>Dicroerisma pylonereiaella</i> Taylor & Cattell 1969	<i>Karenia papilionacea</i> Haywood & Steidinger 2004	<i>Oxytoxum viride</i> Schiller 1937
Dinoflagellati tecati ≤ 20 µm n.i.	<i>Karenia</i> spp.	<i>Phalacrocoma rotundatum</i> (Claparède & Lachmann) Kofoid & Michener 1911
Dinoflagellati tecati > 20 µm n.i.	<i>Lessardia elongata</i> Saldarriaga & Taylor 2003	<i>Pronoctiluca acuta</i> (Lohmann) Schiller 1933
<i>Dinophysis biceps</i> Schiller	<i>Mesoporos adriaticus</i> (Schiller) Lillick	<i>Pronoctiluca pelagica</i> Fabre-Domergue 1889
<i>Dinophysis parva</i> Schiller 1928	<i>Mesoporos perforatus</i> (Gran) Lillick 1937	<i>Prorocentrum balticum</i> (Lohmann) Loeblich 1970
<i>Dinophysis schuettii</i> Murray & Whitting 1899	<i>Micracanthodinium setiferum</i> (Lohmann) Deflandre 1937	<i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) Abé ex Dodge 1975
<i>Diplopsalis</i> group sp.	<i>Neoceratium declinatum</i> (Karsten) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Prorocentrum gracile</i> Schütt 1895
<i>Erythrospidium agile</i> (Hertwig) Silva 1960	<i>Neoceratium extensum</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg 1833
<i>Gonyaulax polygramma</i> Stein 1883	<i>Neoceratium furca</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Prorocentrum rathymum</i> Loeblich, Sherley & Schmidt 1979
<i>Gonyaulax scrippsae</i> Kofoid 1911	<i>Neoceratium fusus</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Protoperidinium</i> cf. <i>globulus</i> (Stein) Balech 1974
<i>Gonyaulax</i> sp.	<i>Neoceratium horridum</i> (Gran) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Pyrocystis lunula</i> (Schütt) Schütt 1896
Gymnodiniaceae ≤ 20 µm n.i.	<i>Neoceratium</i> sp.	<i>Pyrophacus horologicum</i> Stein 1883
Gymnodiniaceae > 20 µm n.i.	<i>Neoceratium symmetricum</i> (Pavillard) Gómez, Moreira & López-García 2010	<i>Torodinium robustum</i> Kofoid & Swezy 1921
<i>Gymnodinium</i> cf. <i>costatum</i> Kofoid & Swezy 1921	<i>Oxytoxum adriaticum</i> Schiller 1937	
<i>Gyrodinium aciculatum</i> Hansen & Larsen 1992	<i>Oxytoxum caudatum</i> Schiller 1937	
PRYMNESIOPHYCEAE COCCOLITOFORI		
<i>Acanthoica quattrosina</i> Lohmann 1903	<i>Corisphaera</i> spp.	<i>Pontosphaera</i> cf. <i>steueri</i>
<i>Acanthoica</i> sp.	<i>Coronosphaera binodata</i> (Kamptner) Gaarder 1977	<i>Rhabdosphaera clavigera</i> Murray & Blackman 1898
<i>Algiosphaera robusta</i> (Lohmann) Norris 1984	<i>Coronosphaera mediterranea</i> (Lohmann) Gaarder 1977	<i>Scyphosphaera apsteinii</i> Lohmann 1902
<i>Calcidiscus leptoporus</i> (Murray & Blackman) Loeblich & Tappan 1978	<i>Discosphaera tubifer</i> (Murray & Blackman) Ostenfeld 1900	<i>Syracosphaera anthos</i> (Lohman) Janin 1987
<i>Calcidiscus</i> sp.	<i>Emiliania huxleyi</i> (Lohmann) Hay & Mohler 1967	<i>Syracosphaera</i> cf. <i>molischii</i> Schiller 1925
<i>Calciosolenia brasiliensis</i> (Lohmann) Young 2003	<i>Helicosphaera carterii</i> (Wallich) Kamptner 1954	<i>Syracosphaera prolongata</i> Gran ex Lohmann 1913
<i>Calciosolenia murrayi</i> Gran 1912	<i>Helladosphaera cornifera</i> (Schiller) Kamptner 1937	<i>Syracosphaera pulchra</i> Lohmann 1902
<i>Calyptosphaera sphaeroidea</i> Schiller 1913	<i>Ophiaster formosus</i> Gran 1912	<i>Syracosphaera</i> sp.
<i>Ceratolithus cristatus</i> Kamptner 1950	<i>Ophiaster hydroideus</i> (Lohmann) Lohmann 1913	<i>Umbilicosphaera sibogae</i> (Weber-van Bosse) Gaarder 1970
<i>Coccolithus pelagicus</i> (Wallich) Schiller 1930	<i>Papposphaera lepida</i> Tangen 1972	<i>Zigosphaera hellenica</i> Kamptner 1937
Coccolitofori ≤ 10 µm n.i.	<i>Periphylophora mirabilis</i> (Schiller) Kamptner 1937	<i>Zigosphaera</i> sp.
CRYPTOPHYCEAE		
Cryptophyceae n.i.	<i>Plagioselmis prolonga</i> Butcher ex Novarino, Lucas & Morrall 1994	
CHRYSPHYCEAE/DICTYOPHYCEAE		
Chrysophyceae spp.	<i>Meringosphaera mediterranea</i> Lohmann 1902	<i>Mesocena polymorpha</i> var. <i>bisephenaria</i> Gemeinhardt
<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg 1839	<i>Meringosphaera tenerima</i> Schiller 1925	<i>Ollicola vangoorii</i> (Conrad) Vørs 1992
CHLOROPHYTA		
<i>Chlorophyta</i> n.i.	<i>Euglenoidea</i> n.i.	
PRASINOPHYCEAE		
<i>Halosphaera viridis</i> Schmitz 1878	<i>Pseudoscurfieldia marina</i> (Thronsdalen) Manton 1975	<i>Tetraselmis</i> sp.
<i>Pachysphaera pelagica</i> Ostenfeld 1899	<i>Pyramimonas</i> spp.	
PRYMNESIOPHYCEAE NON COCCOLITOFORI		
<i>Chrysochromulina</i> spp.	<i>Imantonia rotunda</i> Reynolds 1974	<i>Phaeocystis</i> sp.

Tabella 24 - Lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative microscopiche.

ALTR0		
Flagellati indeterminati < 10 µm	<i>Leucocryptos marina</i> (Braarud) Butcher 1967	<i>Vannella simplex</i> Bovee 1965
<i>Commatum cryoporinum</i> Thomsen & Larsen 1993	<i>Paulinella ovalis</i> (Wulff) Johnson, Hargraves & Sieburth 1988	
<i>Hermesinum adriaticum</i> Zacharias 1906	<i>Telonema</i> sp.	

Analisi qualitativa del fitoplancton da retino

Per l'identificazione della comunità microfitoplanctonica lungo tutta la colonna d'acqua, sono stati raccolti con retino 5 campioni nelle stazioni A14 MG6, A14 MG7, A14 MG10, A14 MG12 e A14 MG13.

Sono stati individuati 211 taxa, di cui 184 identificati a livello di specie, 22 taxa a livello di genere e 5 categorie soprageneriche (Tabella 25). Considerando il numero di taxa per ogni classe nell'insieme di tutte le stazioni, 76 appartengono alle diatomee, 101 alle dinoficee, 26 ai coccolitofori, mentre per la componente "altro plancton" sono state identificate 3 taxa appartenenti alle Dictyochophyceae, 2 alle Chrysophyceae ed 1 taxa appartenente alla classe Euglenoidea (Tabella 25). La numerosità dei taxa individuati in ogni stazione va da 118 nella stazione A14 MG12 a 131 in A14 MG7 e non sono evidenti particolari differenze tra le diverse stazioni (Tabella 26).

Tabella 25 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni osservati durante il campionamento A14.

Classe	Specie	Generi	Categorie superiori*
Diatomee	61	13	2
Dinoflagellati	94	5	2
Pymnesiophyceae	24	2	
coccolitofori			
Dictyochophyceae	2	1	
Chrysophyceae	1	1	
Euglenoidea			1
Altro	2		
Totale	184	22	5

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

Tabella 26 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni A14 MG6, A14 MG7, A14 MG10, A14 MG12 e A14 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13).

Specie	6	7	10	12	13	Specie	6	7	10	12	13
DIATOMEE											
<i>Achnanthes</i> sp.		x				<i>Entomoneis</i> spp.			x		x
<i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castracane) Round 1990		x			x	<i>Fallacia forcipata</i> (Greville) Stickle & Mann 1990					x
<i>Asterolampra grevillei</i> (Wallich) Greville				x		<i>Grammatophora</i> spp.					x x
<i>Asterolampra marylandica</i> Ehrenberg 1844	x	x	x			<i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle 1996		x	x		x x
<i>Asteromphalus heptactis</i> (Brébisson) Ralfs 1861		x				<i>Halamphora costata</i> (Smith) Levkov 2009		x			
<i>Asteromphalus flabellatus</i> Ehrenberg 1844	x	x		x	x	<i>Haslea wawrikae</i> (Hustedt) Simonsen 1974			x		x
<i>Asteromphalus parvulus</i> Karsten 1905	x		x			<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow ex Van Heurck 1882		x	x	x	x x
<i>Asteromphalus sarcophagus</i> Wallich			x	x	x	<i>Hemidiscus cuneiformis</i> Wallich 1860		x			
<i>Bacteriastrium comosum</i> Pavillard	x	x				<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve 1889		x	x	x	x x
<i>Bacteriastrium elongatum</i> Cleve 1897		x			x	<i>Leptocylindrus mediterraneus</i> (Peragallo) Hasle 1975		x	x	x	x x
<i>Bacteriastrium hyalinum</i> var. <i>princeps</i> (Castrachane) Ikar					x	<i>Licmophora flabellata</i> (Grev.) Agardh 1831					x
<i>Bacteriastrium</i> spp.	x	x		x		<i>Lioloma pacificum</i> (Cupp) Hasle 1996		x	x	x	x x
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey 1937	x			x	x	<i>Navicula directa</i> (Smith) Ralfs 1861		x	x	x	x
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder 1864		x	x	x	x	<i>Navicula</i> spp.		x	x	x	x x
<i>Chaetoceros anastomosans</i> Grunow 1882					x	<i>Neocalyptrella robusta</i> (Norman ex Ralfs) Hernández-Becerril & Meave del Castillo 1997					x x
<i>Chaetoceros</i> cf. <i>perpusillus</i> Cleve 1897					x	<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs 1861			x		
<i>Chaetoceros coarctatus</i> Lauder 1864		x			x	<i>Nitzschia sicula</i> (Castracane) Hustedt			x	x	x x
<i>Chaetoceros compressus</i> Lauder 1864	x	x	x			<i>Nitzschia</i> spp.		x	x	x	x x
<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve 1889	x	x	x	x	x	<i>Nitzschia</i> sp.		x	x		x
<i>Chaetoceros dadayi</i> Pavillard 1913	x	x	x	x	x	<i>Odontella aurita</i> (Lyngbye) Agardh 1832					x
<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve 1873			x			<i>Pleurosigma angulatum</i> (Queckett) Smith 1852		x			x
<i>Chaetoceros diversus</i> Cleve 1873	x	x	x	x	x	<i>Pleurosigma normanii</i> Ralfs 1861			x		x
<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow 1863	x	x	x	x	x	<i>Pleurosigma</i> spp.		x	x	x	x x
<i>Chaetoceros neglectus</i> Karsten 1905	x	x	x	x	x	<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström 1986		x	x	x	x x
<i>Chaetoceros neogracile</i> Van Landingham 1968	x	x	x	x		<i>Proboscia indica</i> (Peragallo) Hernández-Becerril 1995			x		
<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell 1856	x	x	x	x	x	<i>Pseudo-nitzschia multistriata</i> (Takano) Takano 1995		x			
<i>Chaetoceros simplex</i> Ostefeld 1901		x				<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle 1993			x		x x
<i>Chaetoceros</i> spp.			x		x	<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultze) Sundström 1986		x	x	x	x x
<i>Chaetoceros tetrastichon</i> Cleve 1897					x	<i>Rhizosolenia formosa</i> Peragallo			x		x
<i>Cocconeis scutellum</i> Ehrenberg 1838	x			x		<i>Rhizosolenia imbricata</i> Brightwell 1858		x	x	x	x x
<i>Coccinodiscus granii</i> Gough 1905		x		x	x	<i>Rhizosolenia styliformis</i> Brightwell 1858		x	x	x	x x
<i>Coccinodiscus</i> sp.		x				<i>Suirella fastuosa</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1843			x		x
<i>Cyclotella</i> sp.	x		x	x	x	<i>Synedra</i> cf. <i>affinis</i> Kützing 1844					x
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & Lewin 1964	x	x	x	x	x	<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Hallegraef 1986		x	x	x	x x
<i>Dactylosolen fragilissimus</i> (Bergon) Hasle 1996						<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky 1902		x	x	x	x x
Diatomee centriche n.i.	x	x	x	x	x	<i>Thalassiosira</i> spp.		x	x	x	x x
Diatomee pennate n.i.		x	x			<i>Tropidoneis</i> sp. = <i>Plagiotropis</i> sp.			x		x
<i>Diploneis</i> spp.	x	x	x	x	x	<i>Tryblionella acuminata</i> Smith 1853					x
DINOFLAGELLATI											
<i>Actiniscus pentasterias</i> (Ehrenberg) Ehrenberg, 1844		x				<i>Neoceratium pentagonum</i> (Gouret) Gómez, Moreira & López-García 2010		x	x	x	
<i>Amphidinium</i> cf. <i>sphenoides</i> Wulff 1916				x	x	<i>Neoceratium pulchellum</i> (Schröder) Gómez, Moreira & López-García 2010				x	
<i>Amphisolenia bidentata</i> Schröder 1900					x	<i>Neoceratium teres</i> (Kofoid) Gómez, Moreira & López-García 2010		x			
<i>Azadinium caudatum</i> (Halldal) Nézan et Chomérat	x	x	x		x	<i>Neoceratium trichoceros</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010		x	x	x	x x

Tabella 26 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni A14 MG6, A14 MG7, A14 MG10, A14 MG12 e A14 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13).

<i>Brachidinium capitatum</i> Taylor 1963	x				<i>Neoceratium tripos</i> (O.F.Müller) Gómez, Moreira & López-Garcia 2010	x	x	x	x
<i>Ceratium horridum</i> var. <i>buceros</i> (Zacharias) Sournia 1966		x			<i>Ornithocercus magnificus</i> Stein 1883		x	x	
<i>Ceratium limulus</i> (Pouchet) Gourret 1883		x	x		<i>Ornithocercus quadratus</i> Schütt 1900		x		
<i>Ceratocorys horrida</i> Stein 1883	x	x	x	x	<i>Oxytoxum adriaticum</i> Schiller 1937		x		
<i>Citharistes regius</i> Stein 1883		x	x		<i>Oxytoxum caudatum</i> Schiller 1937		x	x	
<i>Cladopyxis brachiolata</i> Stein 1883			x		<i>Oxytoxum constrictum</i> (Stein) Bütschli 1885	x	x		x
<i>Cochlodinium</i> cf. <i>citron</i> Kofoid & Swezy 1921	x	x	x	x	<i>Oxytoxum crassum</i> Schiller 1937				x
<i>Corythodinium tessellatum</i> (Stein) Loeblich Jr. & Loeblich III 1966	x	x	x		<i>Oxytoxum curvatum</i> (Kofoid) Kofoid 1911		x		x
<i>Corythodinium reticulatum</i> (Stein) Taylor 1976	x				<i>Oxytoxum diploconus</i> Stein			x	
<i>Dicroerisma psilonereiiella</i> Taylor & Cattell 1969		x	x		<i>Oxytoxum globosum</i> Schiller				x
Dinoflagellati tecati n.i.	x	x	x	x	<i>Oxytoxum laticeps</i> Schiller 1937	x		x	x
<i>Dinophysis infundibula</i> J.Schiller 1928	x	x	x		<i>Oxytoxum longiceps</i> Schiller	x	x	x	x
<i>Dinophysis mitra</i> (Schütt) Abé 1967				x	<i>Oxytoxum mediterraneum</i> Schiller		x	x	x
<i>Dinophysis parva</i> Schiller 1928	x	x	x	x	<i>Oxytoxum mileri</i> Murray & Whitting 1899	x			
<i>Diplopsalis</i> sp.			x	x	<i>Oxytoxum obliquum</i> Schiller 1937		x	x	
<i>Erythrospidinium</i> sp.			x		<i>Oxytoxum punctulatum</i> Rampi	x			
<i>Goniodoma polyedricum</i> (Pouchet) Jörgensen 1899		x	x	x	<i>Oxytoxum scolopax</i> Stein 1883	x	x	x	x
<i>Gonyaulax polygramma</i> Stein 1883	x	x	x		<i>Oxytoxum spinosum</i> Rampi	x	x	x	x
<i>Gonyaulax scrippsae</i> Kofoid 1911	x	x	x		<i>Oxytoxum variabile</i> Schiller 1937		x	x	x
<i>Gonyaulax spinifera</i> (Claparède & Lachmann) Diesing 1866	x	x	x	x	<i>Oxytoxum viride</i> Schiller 1937	x	x	x	x
Gymnodiniaceae n.i.	x	x	x	x	<i>Parahistioneis mediterranea</i> Schiller 1928	x			x
<i>Gyrodinium aciculatum</i> Hansen & Larsen 1992	x	x	x	x	<i>Phalacroma circumsutum</i> Karsten 1907			x	
<i>Gyrodinium fusiforme</i> Kofoid & Swezy 1921	x	x	x	x	<i>Phalacroma doryphorum</i> Stein 1883			x	
<i>Gyrodinium pepo</i> (Schütt) Kofoid & Swezy 1921	x				<i>Phalacroma rotundatum</i> (Claparède & Lachmann) Kofoid & Michener 1911	x	x	x	x
<i>Heterocapsa niei</i> (Loeblich III) Morrill & Loeblich III 1981		x	x	x	<i>Podolampas palmipes</i> Stein 1883	x	x	x	x
<i>Heterocapsa</i> spp.	x	x	x	x	<i>Podolampas spinifer</i> Okamura 1912			x	x
<i>Histioneis detonii</i> Rampi 1947	x	x	x	x	<i>Pronoclitula spinifera</i> (Lohmann) Schiller 1932	x	x	x	x
<i>Histioneis inclinata</i> Kofoid & Michener 1911			x		<i>Prorocentrum balticum</i> (Lohmann) Loeblich 1970			x	
<i>Histioneis</i> sp.		x			<i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) Abé ex Dodge 1975	x	x	x	x
<i>Histioneis variabilis</i> Schiller 1933			x		<i>Prorocentrum dactylus</i> (Stein) Dodge 1975	x	x	x	x
<i>Karenia papilionacea</i> Haywood & Steidinger 2004	x	x	x	x	<i>Prorocentrum dentatum</i> Stein 1883	x	x	x	x
<i>Karenia</i> sp.	x	x	x	x	<i>Prorocentrum gracile</i> Schütt 1895	x	x	x	x
<i>Lessardia elongata</i> Saldarriaga & Taylor 2003	x	x	x	x	<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg 1833	x	x	x	x
<i>Mesoporos adriaticus</i> (Schiller) Lillick	x	x	x	x	<i>Prorocentrum scutellum</i> Schröder 1900			x	
<i>Mesoporos perforatus</i> (Gran) Lillick 1937	x	x	x	x	<i>Prorocentrum triestinum</i> Schiller 1918			x	
<i>Miracanthodinium setiferum</i> (Lohmann) Deflandre 1937	x	x			<i>Protoceratium reticulatum</i> (Claparède & Lachmann) Bütschli, 1885	x			x
<i>Nematodinium torpedo</i> Kofoid & Swezy 1921	x	x	x		<i>Protopteridinium breve</i> Paulsen 1907	x		x	x
<i>Neoceratium candelabrum</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-Garcia 2010			x		<i>Protopteridinium globulus</i> (Stein) Balech 1974	x		x	x
<i>Neoceratium carnegiei</i> (Graham & Bronikowsky) Gómez, Moreira & López-Garcia 2010			x		<i>Protopteridinium crassipes</i> (Kofoid) Balech 1974	x			x
<i>Neoceratium concilians</i> (Jörgensen) Gómez, Moreira & López-Garcia 2010		x			<i>Protopteridinium depressum</i> Bailey 1854			x	
<i>Neoceratium declinatum</i> (Karsten) Gómez, Moreira & López-Garcia 2010	x		x	x	<i>Protopteridinium diabolum</i> (Cleve) Balech 1974	x			
<i>Neoceratium extensum</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-Garcia 2010	x	x	x		<i>Protopteridinium divergens</i> (Ehrenberg) Balech, 1974			x	x
<i>Neoceratium furca</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-Garcia 2010	x	x	x	x	<i>Protopteridinium steinii</i> (Jörgensen) Balech 1974		x		x
<i>Neoceratium fusus</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-Garcia 2010	x	x	x	x	<i>Protopteridinium tuba</i> (Schiller) Balech 1974	x	x	x	x
<i>Neoceratium karstenii</i> (Pavillard) Gómez, Moreira & López-Garcia 2010		x	x		<i>Pyrocystis lunula</i> (J.Schütt) J.Schütt 1896	x	x	x	x
<i>Neoceratium macroceros</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-Garcia 2010	x	x	x	x	<i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Balech ex Loeblich III 1965	x		x	x
<i>Neoceratium massiliense</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-Garcia 2010	x	x							
PRYMNESIOPHYCEAE COCCOLITOFORI									
<i>Acanthoica quattrosolina</i> Lohmann 1903	x	x			<i>Michaelsarsia adriaticus</i> (Schiller) Mantou, Bremer & Oates 1984	x		x	x
<i>Algirosphaera robusta</i> (Lohmann) Norris 1984				x	<i>Michaelsarsia elegans</i> Gran 1912		x		
<i>Calcidiscus leptoporus</i> (Murray & Blackman) Loeblich & Tappan 1978	x	x	x	x	<i>Ophiaster hydroideus</i> (Lohmann) Lohmann 1913	x	x		x
<i>Calciosolenia brasiliensis</i> (Lohmann) Young 2003	x	x	x	x	<i>Pontosphaera</i> cf. <i>japonica</i> (Takayama) Nishida 1971			x	
<i>Calciosolenia murrayi</i> Gran 1912	x	x	x	x	<i>Pontosphaera</i> sp.				x
<i>Calyptosphaera</i> sp.			x	x	<i>Pontosphaera syracusana</i> Lohmann 1902	x	x	x	x
<i>Coronosphaera binodata</i> (Kamptner) Gaarder 1977	x	x		x	<i>Rhabdosphaera clavifera</i> Murray & Blackman 1898	x	x	x	x
<i>Coronosphaera mediterranea</i> (Lohmann) Gaarder 1977			x		<i>Scyphosphaera apsteinii</i> Lohmann 1902	x	x	x	x
<i>Cyrtosphaera aculeata</i> (Kamptner) Kleijne 1992	x				<i>Syracosphaera histrica</i> Kamptner 1941		x	x	x
<i>Discosphaera tubifer</i> (Murray & Blackman) Ostenfeld, 1900	x	x		x	<i>Syracosphaera nodosa</i> Kamptner 1941		x		
<i>Florisphaera profunda</i> Okada & Honjo 1973			x	x	<i>Syracosphaera pulchra</i> Lohmann 1902	x	x	x	x
<i>Helicosphaera cartenii</i> (Wallich) Kamptner 1954	x	x	x	x	<i>Umbilicosphaera sibogae</i> (Weber-van Bosse) Gaarder 1970	x	x	x	x
<i>Helladosphaera cornifera</i> (Schiller) Kamptner 1937	x				<i>Zigosphaera hellenica</i> Kamptner 1937			x	x
DICTYOCOPHYCEAE									
<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg 1839	x	x	x	x	<i>Octactis octonaria</i> (Ehrenberg) Hovasse 1946		x		x
<i>Mesocena</i> spp.	x	x	x	x					
EUGLENOIDEAE									
<i>Euglenoidea</i> n.i.	x	x							
CHRYSTOPHYCEAE									
<i>Meringosphaera mediterranea</i> Lohmann 1902	x	x	x	x	<i>Chrysocromulina</i> sp.				x

Tabella 26 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni A14 MG6, A14 MG7, A14 MG10, A14 MG12 e A14 MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13).					
ALTRO					
<i>Hermesinum adriaticum</i> Zacharias 1906	x	x	x	x	<i>Vannella simplex</i> Bovee 1965
					x

3.1.3.2 Zooplancton

Oloplancton

I dati ottenuti dall'analisi della comunità oloplanctonica investigata nella stagione autunnale del 2014, confermano la dominanza della frazione a Copepodi planctonici, così come registrato in tutte le campagne fin qui analizzate.

L'elaborazione dei dati quali-quantitativi espressi in individui per m³ evidenzia che i Copepodi sono maggiormente concentrati nella porzione della colonna d'acqua compresa tra la superficie e 50m di profondità. Il dato medio relativo ai campioni raccolti nella porzione intermedia della colonna è infatti di 630,15 individui per m³; si registra il valore massimo di 694,09 ind/m³ nella stazione A14 MG7 ed il valore minimo di 541,29 ind/m³ nella stazione A14 MG10. Nella porzione più profonda della colonna d'acqua (tra - 50m e -100m) i Copepodi tendono a decrescere raggiungendo una media di 467,71 individui per m³ (rispettivamente 518,00 ind./m³ A14 MG13; 364,11 A14 MG10). I valori più bassi sono stati registrati nella pescate orizzontali superficiali dove sono stati identificati 192,39 individui per metro cubo (rispettivamente 250,61 ind./m³ in A14 MG12 e 141,53 in A14 MG10).

Sono stati identificati 82 taxa di copepodi (Tabella 27) appartenenti a 25 famiglie.

La famiglia più rappresentata è quella dei Calanoidi Clausocalanidi, presente con 9 taxa. Analogamente i Paracalanidi sono presenti con 9 taxa, ma con valori di individui per m³ più elevati rispetto ai Clausocalanidi.

Tra questi ultimo le specie dominanti sono *Clausocalanus paululus* e *Clausocalanus furcatus*, descritte in letteratura con picchi di abbondanza rispettivamente in tarda estate-autunno e inverno. Mentre *C. paululus* presenta, in media, una distribuzione omogenea lungo la verticale della colonna d'acqua, *C. furcatus* è maggiormente concentrato nella porzione della colonna d'acqua compresa tra la superficie e - 50m, così come evidenziato nel precedente survey. Tra i Paracalanidi *Calocalanus styliremis* esibisce una elevata concentrazione, soprattutto nella porzione compresa tra la superficie e - 50m. Questa specie risulta numericamente dominante nel campione A14 MG10 0-50m (78,02 ind/m³). Si tratta di una specie principalmente epiplanctonica, distribuita in Mediterraneo nei primi 200m della colonna d'acqua, sia in ambiente neritico sia costiero.

Il centropagide *Centropages typicus*, specie fra le più abbondanti della stagione primaverile-estiva, è praticamente assente in quella autunnale. Sporadici esemplari sono stati campionati nella porzione più superficiale della colonna d'acqua. Anche il congenerico *C. violaceus* è presente quasi esclusivamente nelle pescate orizzontali.

Il Calanoide *Nannocalanus minor* è presente lungo tutta la colonna d'acqua, se pur con valori nettamente inferiori a quelli registrati durante la stagione calda. La massima concentrazione è stata rilevata tra 0 m e - 50m con valori medi di 24,05 ind/m³ (fatta eccezione per la stazione A14 MG10 in cui è assente). All'interno dell'ordine dei Calanoidi, *Temora stylifera* (Temoridae), specie neritica presente tutto l'anno nelle acque mediterranee, raggiunge le massime concentrazioni tra 0 m e - 50m, con valori che oscillano tra 16,26 ind/m³ (stazione A14 MG7) e 2,17 ind/m³ (stazione A14 MG6). Concentrazioni rilevanti nella porzione centrale della colonna sono raggiunte anche dalla famiglia Acartiidae, con *Acartia negligens* presente in media con 12,57 ind/m³, e dalla famiglia Mecynoceridae, con *Mecynocera clausi* che raggiunge il valore medio di 4 ind/m³. Fra i Calanoidi appartenenti all'iponeuston la specie maggiormente rappresentata, se pur con valori di abbondanza sempre inferiori ad 1 individuo per m³, è il Pontellidae *Pontellina plumata*. In Mediterraneo *P. plumata* viene catturata tra 0 e - 250m e comunemente utilizzata come indicatrice di acque di provenienza atlantica.

Tra i copepodi carnivori della famiglia Candaciidae, concentrata principalmente tra i 50m di profondità e il fondale, la specie più presente è come nel survey precedente, *Paracandacia simplex*, con abbondanze che variano da 1,08 ind/m³ (A14 MG7) a 4,88 ind/m³ (A14 MG6).

Tra l'ordine Cyclopoida, la famiglia dei Corycaeidae è la più rappresentata con 8 taxa; 7 i taxa identificati all'interno della famiglia Oithonidae e 4 tra le Oncaeidae.

I Corycaeidae più abbondanti sono *Corycaeus brehmi* e *Corycaeus giesbrechti*, uniformemente distribuiti tra la superficie e il fondale; andamento diverso, con massime concentrazioni in corrispondenza di specifiche porzioni della colonna d'acqua, è stato evidenziato per *Farranula rostrata*, prettamente superficiale (in media 5,87 ind/m³) e *Corycaeus furcifer*, che conferma invece una distribuzione strettamente profonda (2,5 ind/m³ tra 50 e 100m di profondità).

Presente con valori rilevanti la famiglia Oithonidae, con andamento crescente verso la porzione più profonda delle pescate. All'interno della famiglia domina la specie *O. plumifera*, con valori massimi di 60,14 ind/m³, rappresentando fino al 12,41% dell'intera comunità a copepodi campionata. Valori elevati di abbondanza sono stati registrati da *O. setigera*, in particolar modo nelle stazioni A14 MG12 e A14 MG13, rispettivamente con 24,92 e 19,51 individui per m³. Anche gli Oncaeidae, rappresentati da 5 specie evidenziano un progressivo aumento dei valori di abbondanza in relazione alla profondità dei campioni. Il più alto numero di individui per m³ è stato registrato da *Oncaea scottodicarloi* nella stazioni A14 MG6, A14 MG 7, A14 MG 12, A14 MG 13, mentre la congenerica *O. mediterranea*, di maggiori dimensioni, è la più abbondante in prossimità della stazione di controllo A14 MG10. Deve essere altresì segnalato il ritrovamento nel campione A14 MG10 superficiale, di 4 esemplari di *Pachos punctatum*, specie subsuperficiale rara, catturata in Mediterraneo in prevalenza tra 100 e 200m di profondità.

La famiglia Sapphirinidae, se pur con valori di abbondanza minimi in tutte le pescate, è rappresentata da 8 taxa.

I copepodi Harpacticoida sono rappresentati maggiormente dalla famiglia Clytemnestridae, con concentrazioni di *C. scutellata* e *C. rostrata* direttamente proporzionali alla profondità, invertendo così il trend spaziale evidenziato nella precedente campagna. E' infine costante la presenza del Miraciidae *Distiocolus minor*, presente in tutti i campioni raccolti e a tutte le profondità investigate. Tale distribuzione, appare molto rilevante in considerazione del fatto che solo un anno fa la specie non era segnalata nei mari italiani.

Tabella 27 - Oloplancton. O.le=orizzontale, 50-0=campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100-50=campionamento verticale da 100 a 50 metri. * presente in almeno un sub-campione, ** presente solo nell'osservazione in toto.

	O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50
Famiglia Acartiidae				Famiglia Paracalanidae				Famiglia Oncaeidae			
<i>Acartia negligens</i>	*	*	*	<i>Calocalanus contractus</i>	*		*	<i>Oncaea mediterranea</i>	*	*	*
<i>Acartia</i> sp.	*	*	*	<i>Calocalanus ovalis</i>		**	*	<i>Oncaea scottodicarloi</i>	*	*	*
Famiglia Aetideidae				<i>Calocalanus pavo</i>	*	*	*	<i>Oncaea venusta</i>	*	*	*
<i>Euchirella messinensis</i>		**		<i>Calocalanus styliremis</i>	*	*	*	<i>Oncaea</i> spp.	*	*	*
<i>Euchirella rostrata</i>	**			<i>Calocalanus</i> spp.	*	*	*	<i>Pachos punctatum</i>	*		
Famiglia Calanidae				<i>Paracalanus denudatus</i>	**			Famiglia Sapphirinidae			
<i>Calanus helgolandicus</i>	*	*	*	<i>Paracalanus nanus</i>	*	*	*	<i>Copilia quadrata</i>	*	**	*
<i>Mesocalanus tenuicornis</i>		*	*	<i>Paracalanus parvus</i>	*	*	*	<i>Sapphirina iris</i>	*	*	**
<i>Nannocalanus minor</i>	*	*	*	<i>Paracalanus</i> spp.	*	*	*	<i>Sapphirina nigromaculata</i>		**	
<i>Neocalanus gracilis</i>	*	*	*	Famiglia Phaennidae				<i>Sapphirina opalina</i>		*	**
Famiglia Candaciidae				<i>Phaenna spinifera</i>		**		<i>Sapphirina ovatolanceolata</i>	*	*	**
<i>Candacia aethiopica</i>	*			Famiglia Pontellidae				<i>Sapphirina vorax</i>			**
<i>Candacia giesbrechti</i>	*	*	*	<i>Labidocera brunescens</i>	*			<i>Sapphirina</i> spp.	*		**
<i>Paracandacia simplex</i>	*	*	*	<i>Pontella mediterranea</i>	*			<i>Vetoria parva</i>			*
Famiglia Centropagidae				<i>Pontellina plumata</i>	*			Famiglia Clytemnestridae			
<i>Centropages typicus</i>	*	*	*	<i>Pontellopsis regalis</i>	*			<i>Clytemnestra rostrata</i>	*	*	*
<i>Centropages violaceus</i>	*	**	*	<i>Pontellopsis villosa</i>	*			<i>Clytemnestra scutellata</i>	*	*	*
Famiglia Clausocalanidae				Famiglia Scolecitrichidae				Famiglia Ectinosomatidae			
<i>Clausocalanus arcuicornis</i>	*	*	*	<i>Scolecitrichella dentata</i>	*	*	*	<i>Microsetella norvegica</i>	*		*
<i>Clausocalanus furcatus</i>	*	*	*	<i>Scolecitrix danae</i>			*	<i>Microsetella rosea</i>	*	*	
<i>Clausocalanus jobei</i>	*	*	*	Famiglia Temoridae				Famiglia Miracidae			
<i>Clausocalanus lividus</i>	*	*	*	<i>Temora stylifera</i>	*	*	*	<i>Distiocus minor</i>	*	*	*
<i>Clausocalanus mastigophorus</i>	*	*	*	Famiglia Corycaeidae				<i>Macrosetella gracilis</i>	*		
<i>Clausocalanus paululus</i>	*	*	*	<i>Corycaeus brehmi</i>	*	*	*	Famiglia Euterpinidae			
<i>Clausocalanus parapergens</i>	*	*	*	<i>Corycaeus flaccus</i>	*	*	*	<i>Euterpina acutifrons</i>	*	*	
<i>Clausocalanus pergens</i>	*	*	*	<i>Corycaeus furcifer</i>	*	*	*	<i>Monstrilloida</i> sp.			**
<i>Clausocalanus</i> spp.	*	*	*	<i>Corycaeus giesbrechti</i>	*	*	*				
Famiglia Eucalanidae				<i>Corycaeus ovalis</i>	*	*	*				
<i>Rhincalanus nasutus</i>	*	*		<i>Corycaeus typicus</i>	*	*	*				
Famiglia Euchaetidae				<i>Corycaeus</i> spp.	*	*	*				
<i>Euchaeta marina</i>		*	*	<i>Farranula rostrata</i>	*	*	*				
Famiglia Heterorhabdidae				Famiglia Oithonidae							
<i>Heterorhabdus papilliger</i>	*	*	*	<i>Oithona decipiens</i>	*	*	*				
Famiglia Lucicutiidae				<i>Oithona longispina</i>	*	*	*				
<i>Lucicutia flavicornis</i>	*	*	*	<i>Oithona nana</i>	*	*	*				
Famiglia Mecynoceridae				<i>Oithona plumifera</i>	*	*	*				
<i>Mecynocera clausi</i>	*	*	*	<i>Oithona setigera</i>	*	*	*				
Famiglia Metridinidae				<i>Oithona similis</i>	*	*	*				
<i>Pleuromamma abdominalis</i>	*	*	*	<i>Oithona</i> spp.	*	*	*				
<i>Pleuromamma gracilis</i>	*	*	*								

Nella Tabella 28 sono indicati i volumi di sedimentazione (dopo 24 h), espressi in ml, della componente oloplanctonica raccolta nella campagna autunnale 2014.

I risultati mostrano che i volumi tendono a decrescere spostandosi dalla superficie verso le stazioni profonde.

Tra tutte le stazioni campionate, fa eccezione della stazione A14 MG7 dove è stato raccolto il minimo volume tra le peschate orizzontali e il massimo tra quelle verticali.

Un fenomeno analogo era stato già segnalato nella campagna precedente condotta nell'estate 2014.

In generale le differenze osservate nei volumi di sedimentazione tra peschate orizzontali e verticali possono essere ricondotte al differente volume di acqua filtrato dai retini, costantemente maggiore nelle peschate orizzontali.

Tabella 28 - 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.					
	A14 MG6	A14 MG7	A14 MG10	A14 MG12	A14 MG13
OR	42	32	37	48	44,5
50-0	10	36	10	5,5	20
100-50	7	14,5	6	7,5	9,5

Meroplancton

Il meroplancton è rappresentato dalle fasi larvali dei principali gruppi sistematici di animali bentonici.

Nel campione autunnale, condotto nel novembre 2014 (Tabella 29), sono stati determinati complessivamente 56 *taxa* tra i quali i crostacei decapodi rappresentano il 64%. Inoltre, 19 *taxa* di crostacei decapodi (52%) sono stati osservati solo nei campioni analizzati *in toto*.

La distribuzione nelle tre fasce investigate con 34 *taxa* pescati nei retinaggi superficiali, 7 nel settore intermedio e 9 nel profondo suggeriscono ancora una volta la frequentazione preferenziale dei crostacei decapodi nelle fasce più superficiali della colonna d'acqua. Il 63,8% dei *taxa* sono stati infatti raccolti esclusivamente attraverso il campionamento orizzontale. Dal punto di vista strettamente quantitativo non è possibile individuare una specie dominante, visto che per ciascuna specie era presente un numero ridotto di esemplari. Possiamo quindi affermare che nel campione autunnale non vi è predominanza di una specie sebbene *Sergia robusta*, *Ebalia tuberosa* e *Goneplax rhomboides* presentino il maggior numero di individui.

Tra i crostacei decapodi si evidenziano due specie in particolare, il dendrobranchiato *Deosergestes corniculum* del quale si registra la prima segnalazione per i mari italiani e il brachiuro *Percnon gibbesi* campionato per la prima volta nel settore biogeografico 1 dei mari italiani.

Gruppo meroplanctonico abbondante nel campione autunnale è rappresentato dagli Echinodermi che complessivamente presentano 9 *taxa* e dalle fasi larvali di Asteroidei (Bipinnaria), Ofiuroidei (Brachiolaria) e Oloturoidei (Auricularia).

Gli Echinodermi tendono a distribuirsi in tutte le stazioni investigate e in tutti e tre i comparti esaminati, mostrando il numero maggiore di esemplari per metro cubo di acqua filtrata nella fascia intermedia tra 50m e la superficie.

La stazione A14 MG10 è quella che quantitativamente presentava il maggior numero di esemplari.

Specie dominanti sono l'ofiuroideo *Ophiotrix fragilis* (dominanza = 31,9% del campione totale) nelle pescate orizzontali, *Echinocardium* sp. nella fascia compresa tra 0 e 50m di profondità (dominanza = 36,6%) e *Brissopsis lyrifera* in quella profonda (dominanza = 32,5%).

Tabella 29 – 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 le specie determinate a fresco.											
	O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50
MOLLUSCA				<i>Galathea</i> sp.			**	ECHINODERMATA			
Gastropoda larvae ind.	*	*	*	<i>Gennadas elegans</i>	*			<i>Amphiura</i> sp.			*
Bivalvia larvae ind.	*	*	*	<i>Goneplax rhomboides</i>				<i>Arbacia lixula</i>	*	*	
POLYCHAETA				<i>Herbstia condyliata</i>	**			<i>Brissopsis lyrifera</i>	*	*	*
<i>Chaetopterus variopedatus</i>	*			Hippolytidae ind.	**			<i>Cidaris cidaris</i>	*		*
<i>Lanice conchilega</i>		*		<i>Lysmata seticaudata</i>	**			<i>Echinocardium</i> sp.	*	*	*
<i>Myriochele oculata</i>			*	Majidae ind.	**		**	<i>Ophiura albida</i>	*	*	*
Spionidae larvae ind.	*	*	*	<i>Pagurus cuanensis</i>	**			<i>Ophiotrix fragilis</i>	*	*	*
Trocofora larvae ind.	*	*	*	<i>Palinurus elephas</i>	**			<i>Psammechinus</i> sp.	*	*	*
MALACOSTRACA				<i>Parapaeneus longirostris</i>	*	*	**	<i>Spatangus purpureus</i>			
Decapoda				<i>Parasergestes vigilax</i>	*			Auricularia larvae ind.		*	
<i>Allosergestes sargassi</i>	**			<i>Parthenopoides massena</i>	**			Bipinnaria larvae ind.	*	*	*
<i>Alpheus glaber</i>	*		**	<i>Percnon gibbesi</i> [§]	**			Brachiolaria larvae ind.	*		
<i>Alpheus dentipes</i>	*			<i>Philocheras</i> sp.	**			FORONIDEA			
<i>Anapagurus laevis</i>			**	<i>Pilumnus hirtellus</i>	*			Actinotroca larvae ind.			**
<i>Aristeus antennatus</i>	*			<i>Pirimela denticulata</i>	*		**				
<i>Atelecyclus rotundatus</i>	*			<i>Portunus hastatus</i>	**						
<i>Athanas nitescens</i>	**			<i>Processa edulis edulis</i>	**	**	**				
<i>Calappa granulata</i>	**			<i>Processa</i> sp.	*	**	**				
Caridea ind.	*		**	<i>Sergia robusta</i>	*	*					
<i>Crangon crangon</i>	**			<i>Solenocera membranacea</i>	**	**					
<i>Deosergestes corniculum</i> [§]	**			<i>Spinolambros macrochelos</i>	**						
<i>Ebalia tuberosa</i>	*	**		Brachyura Megalopa ind.	*	**					
<i>Ethusa mascarone</i>	*										

[§] prima segnalazione nei mari italiani

^{*} prima segnalazione nel settore biogeografico 1 dei mari italiani

Ittioplancton

Il campione delle fasi larvali dell'ittiofauna ha consentito di rinvenire complessivamente 9 *taxa*, (Tabella 30) dei quali 6 presenti nei campioni superficiali, 4 negli intermedi e 7 nei profondi.

La famiglia Sparidae è la più rappresentata; annoverando 3 *taxa*, tutti rinvenuti nella fascia profonda della colonna d'acqua.

Anche nell'ittioplancton il contingente pescato e il numero complessivo degli individui campionati non consentono di definire una specie dominante. La maggior parte della frazione a ittioplancton è stata osservata nel campione *in toto*.

Tabella 30 – Ittioplancton. O.le=orizzontale, 50-0=campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100-50=campionamento verticale da 100 a 50 metri. * presente in almeno un sub-campione, ** presente solo nell'osservazione <i>in toto</i> .											
	O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50
CLUPEIDAE				MYCTOPHIDAE				STERNOPTYCHIDAE			
<i>Sardina pilchardus</i>	**	*	**	<i>Myctophum punctatum</i>	*	**	**	<i>Maurolicus muelleri</i>	**		**
ENGRAULIDAE				SPARIDAE				Larvae ind.	*	*	*
<i>Engraulis encrasicolus</i>	**	**	**	<i>Sargus</i> sp.			**	Uova ind.	*	**	*
GONOSTOMATIDAE				<i>Oblada melanura</i>			**	Uova di <i>Maurolicus muelleri</i>			**
<i>Gonostoma denudatum</i>	*			<i>Diplodus annularis</i>	**		**				
<i>Cyclothone braueri</i>	*	*									

3.2 BIOTA

3.2.1 Macrozoobenthos

Nel survey condotto nell'autunno 2014 sono stati raccolti e determinati 3962 individui appartenenti a 195 specie (Tabella 31) comprendenti policheti, molluschi, crostacei, sipunculidi, echinodermi, nemertini.

Tabella 31 - Lista delle specie macrobentoniche rinvenute nell' autunno 2014 (A14).

Tabella 31 - Lista delle specie macrobentoniche rinvenute nell' autunno 2014 (A14).		
Crostacei		
<i>Alpheus glaber</i> (Olivi, 1792)	<i>Gnathia oxyuraea</i> (Lilljeborg, 1855)	<i>Liljeborgia psaltrica</i> Krapp-Schickel, 1975
<i>Ampelisca</i> cfr <i>pseudospinimana</i> Bellan-Santini & Kaim Malka, 1977	<i>Goneplax rhomboides</i> (Pennant, 1777)	<i>Maera grossimana</i> (Montagu, 1808)
<i>Ampelisca</i> sp.	<i>Halice abyssi</i> Boeck, 1871	<i>Medicorophium rotundirostre</i> (Stephensen, 1915)
<i>Amphitoe</i> sp.	<i>Halice walkeri</i> (Ledoyer, 1973)	<i>Metaphoxus simplex</i> (Bate, 1857)
<i>Anapagurus</i> sp.	<i>Haploops nirae</i> Kaim Malka, 1976	<i>Monodaeus couchii</i> (Couch, 1851)
<i>Anthura gracilis</i> (Montagu, 1808)	<i>Harpinia antennaria</i> Meinert, 1890	<i>Nymphon gracile</i> Leach, 1814
<i>Calocaris macandreae</i> Bell 1853	<i>Harpinia crenulata</i> (Boeck, 1871)	<i>Paraphoxus oculatus</i> (G.O. Sars, 1879)
<i>Campylaspis macrophthalma</i> Sars, 1879	<i>Harpinia dellavallei</i> Chevreux, 1910	<i>Pardaliscella boeckii</i> (Malm, 1870)
<i>Carangoliopsis spinulosa</i> Ledoyer, 1970	<i>Hippomedon bidentatus</i> Chevreux, 1903	<i>Periculodes longimanus longimanus</i> (Bate & Westwood, 1868)
<i>Cirolana borealis</i> Lilljeborg, 1852	<i>Hippomedon massiliensis</i> Bellan-Santini, 1965	<i>Photis longicaudata</i> (Bate & Westwood, 1862)
<i>Desmosoma</i> sp.	<i>Leptochelia savignyi</i> (Kroyer, 1842)	<i>Phthisica marina</i> Slabber, 1769
<i>Diastylis cornuta</i> (Boeck, 1864)	<i>Leucon</i> (<i>Epileucon</i>) <i>longirostris</i> Sars, 1871	<i>Processa</i> sp.
<i>Ebalia cranchii</i> Leach, 1817	<i>Leucon</i> cfr. <i>siphonatus</i> Calman, 1905	<i>Stenothoe</i> sp.
<i>Eudorella nana</i> Sars, 1879	<i>Leucon</i> sp. 1	<i>Tmetonyx similis</i> (G.O. Sars, 1891)
<i>Eurydice affinis</i> Hansen, 1905	<i>Leucon</i> sp. 2	<i>Tuberapseudes echinatus</i> (G.O. Sars, 1882)
<i>Eurydice spinigera</i> Hansen, 1890	<i>Leucothoe liljeborgi</i> Boeck, 1861	<i>Upogebia tipica</i> (Nardo, 1869)
<i>Eurynome aspera</i> (Pennant, 1777)	<i>Leucothoe</i> sp.	<i>Urothoe</i> sp.
Echinodermi		
<i>Amphipholis squamata</i> (Delle Chiaje, 1828)	<i>Labidoplax digitata</i> (Montagu, 1815)	<i>Ophiura ophiura</i> (Linnaeus, 1816)
<i>Amphiuira chiajei</i> Forbes, 1843	<i>Neocucumis marioni</i> (Marenzeller, 1878)	Ophiuroidea juv. ind.
<i>Amphiuira filiformis</i> (O. F. Müller, 1776)	<i>Ophiacantha setosa</i> (Retzius, 1805)	<i>Pseudothyone sculponea</i> Cherbonnier, 1958
<i>Astropecten irregularis pentacanthus</i> (Delle Chiaje, 1825)	<i>Ophiura grubei</i> Heller, 1863	<i>Trachythyone tergestina</i> (M. Sars, 1857)
Molluschi		
<i>Abra alba</i> (W. Wood, 1802)	<i>Cuspidaria rostrata</i> (Spengler, 1793)	<i>Myrtea spinifera</i> juv. (Montagu, 1803)
<i>Abra nitida</i> (O.F. Müller, 1776)	<i>Eulima glabra</i> (Da Costa, 1778)	<i>Nucula nitidosa</i> Winckworth, 1930
<i>Antalis inaequicostata</i> (Dautzenberg, 1891)	<i>Falcidiens guttuosus</i> (Kowalevsky, 1901)	<i>Nucula sulcata</i> Bronn, 1831
<i>Azorinus chamasolen</i> (Da Costa, 1778)	<i>Fustiaria rubescens</i> (Deshayes, 1825)	<i>Philine aperta</i> (Linné, 1767)
<i>Bathyarca pectunculoides</i> (Scacchi, 1834)	<i>Hyalia vitrea</i> (Montagu, 1803)	<i>Thyasira alleni</i> Carozza, 1981
<i>Bathyarca</i> sp. Juv	<i>Kurtiella</i> (<i>Mysella</i>) <i>bidentata</i> Montagu, (1803)	<i>Thyasira biplicata</i> (Philippi, 1836)
<i>Calyptrea chinensis</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Lembulus pellus</i> (Linnaeus, 1767)	<i>Thyasira granulosa</i> (Monterosato, 1874)
<i>Corbula gibba</i> (Olivi, 1792)	<i>Mendicula</i> (<i>ex Thyasira</i>) <i>ferruginosa</i> (Forbes, 1844)	<i>Timoclea ovata</i> (Pennant, 1777)
<i>Cuspidaria cuspidata</i> (Olivi, 1792)	<i>Modiolula phaseolina</i> (Philippi, 1844)	
Policheti		
<i>Ampharete acutifrons</i> (Grube, 1860)	<i>Eunice pennata</i> (Müller, 1776)	<i>Marphysa bellii</i> (Audouin & Milne-Edwards, 1833)
Ampharetidae ind.	<i>Eunice vittata</i> (Delle Chiaje, 1828)	<i>Melinna palmata</i> Grube, 1870
<i>Amphicteis midas</i> (Gosse, 1855)	<i>Eupanthalis</i> sp.	<i>Minuspio cirrifera</i> Wiren, 1883
<i>Ancistrosyllis groenlandica</i> Mc Intosh, 1879	<i>Exogone verugera</i> (Claparède, 1868)	<i>Myriochele oculata</i> Spencer, 1975
<i>Aphelochaeta filiformis</i> (Keferstein, 1862)	<i>Glycera alba</i> (O.F. Müller, 1776)	<i>Nematoneis unicornis</i> (Schmarda, 1861)
<i>Aphelochaeta marioni</i> (de Saint Joseph, 1894)	<i>Glycera rouxii</i> Quatrefages, 1865	<i>Nephtys hombergi</i> Savigny, 1818
<i>Aphelochaeta</i> sp.	<i>Glycinde nordmanni</i> (Malmgren, 1866)	<i>Nephtys hystrix</i> Mc Intosh, 1900
<i>Aponuphis brementii</i> (Fauvel, 1916)	<i>Goniada maculata</i> Örsted, 1843	<i>Nephtys incisa</i> Malmgren, 1865
<i>Aricidea f. mediterranea</i> Laubier & Ramos, 1974	<i>Harmothoe antilopes</i> Mc Intosh, 1876	<i>Nereididae</i> ind.
<i>Aricidea</i> sp.	<i>Harmotoe</i> sp.	<i>Notomastus aberans</i> Day, 1963
<i>Armandia polyophthalma</i> Kükenthal, 1887	<i>Hesionura elongata</i> (Southern, 1914)	<i>Ophelina acuminata</i> Örsted, 1843
<i>Brada villosa</i> Stimpson, 1854	<i>Heteromastus filiformis</i> Eisig, 1887	<i>Ophelina cylindricaudata</i> (Hansen, 1879)
<i>Branchiomma</i> sp.	<i>Heterospio sinica</i> Wu & Chen, 1966	<i>Ophiodromus flexuosus</i> (Delle Chiaje, 1827)
<i>Capitomastus</i> sp.	<i>Hyalinoecia tubicola</i> (O.F. Müller, 1776)	<i>Panthalis oerstedii</i> Kinberg, 1855
<i>Chaetozone caputesocis</i> (Saint-Joseph, 1894)	<i>Hydroidea elegans</i> (Hanswell, 1883)	<i>Paradiopatra calliopae</i> Arvanitidis & Koukouras, 1997
<i>Chirimia biceps</i> (M. Sars, 1861)	<i>Laetmonice hystrix</i> (Savigny in Lamarck, 1818)	<i>Paralacydonia paradoxa</i> Fauvel, 1913
<i>Chloeia venusta</i> Quatrefages, 1865	<i>Laonice cirrata</i> L. Sars, 1851	<i>Paraonidae</i> ind.

Tabella 31 - Lista delle specie macrobentoniche rinvenute nell' autunno 2014 (A14).		
<i>Chone</i> sp.	<i>Levinsenia gracilis</i> (Tauber, 1879)	<i>Paraonis</i> sp.
<i>Dorvillea (Schistomerings) rudolphii</i> (Delle Chiaje, 1828)	<i>Lumbrineris gracilis</i> (Ehlers, 1868)	<i>Paraprionospio pinnata</i> (Ehlers, 1901)
<i>Drilonereis filum</i> (Claparede, 1868)	<i>Malacoceros fuliginosus</i> (Claparede, 1870)	<i>Pectinaria koreni</i> (Malmgren, 1866)
<i>Eteone</i> sp.	<i>Maldane glebiflex</i> Grube, 1860	
<i>Euclymene lumbricoides</i> (Quatrefages, 1865)	<i>Malmgreniella lunulata</i> (Delle Chiaje, 1830)	
Sipunculidi		
<i>Golfingia (Golfingia) vulgaris</i> (Blainville, 1827)	<i>Golfingia elongata</i> (Keferstein, 1863)	<i>Onchnesoma s. steenstrupii</i> Koren & Danielssen, 1875
Nematoda ind.	Nemertea ind.	

La classe dei policheti risulta essere il gruppo dominante che con 3108 individui costituisce quasi l'80% dell'abbondanza totale. I crostacei, secondi unicamente ai policheti, rappresentano solo il 14% dell'abbondanza totale. Seguono, nell'ordine, molluschi e echinodermi, i primi con 5%, i secondi con appena l'1% di contributo all'abbondanza totale (Figura 22).

Più equilibrata risulta la ripartizione delle specie tra i vari gruppi, sebbene anche da questo punto di vista i policheti si confermano il taxon dominante fornendo da soli oltre la metà delle specie rinvenute (53%). Poco più di un quarto del panorama faunistico è fornito dai crostacei (26%) seguiti dai molluschi che rappresentano il 13% delle specie totali.

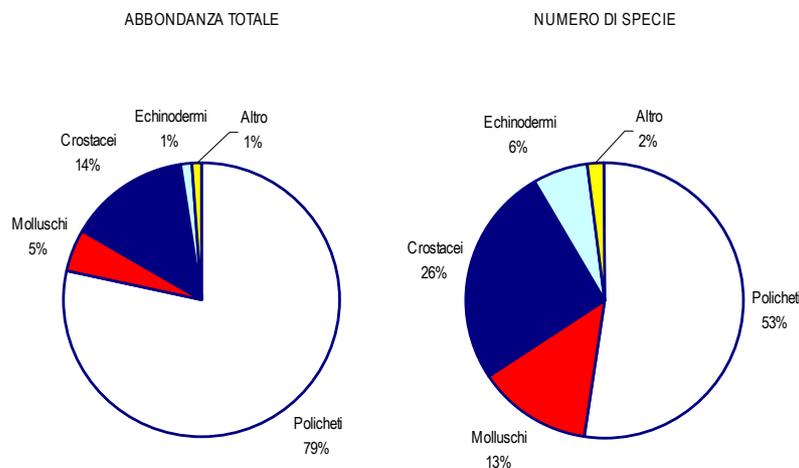


Figura 22 - Ripartizione dell'abbondanza totale e del numero di specie tra i principali taxa rinvenuti. Altro=nemertini, nematodi, sipunculidi.

Ai policheti appartengono le specie col maggior numero di individui, tra le quali *Paradiopatra calliopae*, la più abbondante, costituisce da sola, oltre il 20% dell'abbondanza totale (Figura 23).

Ad essa segue *Levinsenia gracilis*, che rappresenta il 16% dell'abbondanza totale.

Il contributo delle altre specie cala sensibilmente tanto che *Ampharete acutifrons*, terza in ordine di importanza, costituisce solo il 6,6% all'abbondanza totale.

Queste tre specie rappresentano da sole quasi il 44% 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 179 specie (ossia 91,7% del totale) contribuiscono per meno dell'1% all'abbondanza totale. Inoltre circa un quarto delle specie è presente con un solo individuo.

Tale distribuzione delle abbondanze si riflette in una elevata variabilità a piccola scala come si evince dai bassi valori di similarità tra repliche, valori che in nessun caso superano il 55%.

Dalla medesima analisi si evince che *L. gracilis* e *P. calliopae* sono le specie che apportano il maggior contributo alla similarità tra repliche. Tale contributo complessivo è comunque piuttosto basso oscillando tra il 20% ed il 27% circa. Queste specie sono diffuse e non hanno rilevanza nel determinare le differenze tra stazioni, dovute, invece, alle specie rare ossia presenti con bassi valori di abbondanza. Queste ultime presentano una distribuzione a patch e garantiscono una elevata dissimilarità tra stazioni mai inferiore al 50%. La dissimilarità massima è stata osservata tra A14 MG8 e A14 MG9 (68,86%).

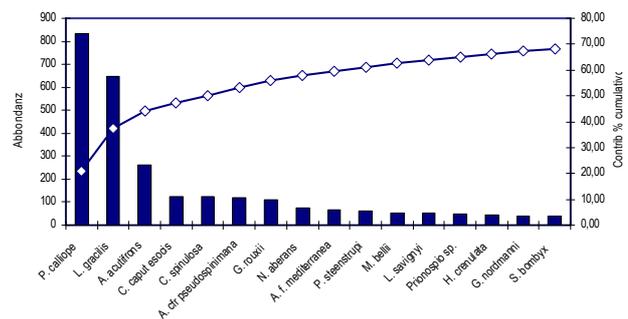


Figura 23 - Abbondanza totale e contributo percentuale cumulativo delle specie dominanti.

Dall'analisi dei dati di abbondanza (Figura 24) trasformati secondo la doppia radice quadrata si evince che le stazioni esibiscono tra loro valori di similarità complessivamente bassi che oscillano intorno al 60%. Nel piano di ordinamento ottenuto tramite non-Metric Multidimensional Scaling (n-MDS) le stazioni risultano disperse senza formare cluster riconducibili alla loro reale distribuzione spaziale. Tuttavia le quattro stazioni più vicine (A14 MG12, A14 MG7, A14 MG6, A14 MG13) all'FSRU risultano collocate nella parte alta del piano di ordinamento e separate da quelle più lontane (A14 MG10, A14 MG1, A14 MG9, A14 MG2) situate nella parte bassa del plot. L'analisi macroscopica dei campioni conferma che l'area di indagine ospita sedimenti diversi tra loro con tipologia di biodeposito variabile da stazione a stazione. Talvolta, esso, è costituito in prevalenza da detrito vegetale di origine terrigena affiancato da una modesta percentuale di biodeposito conchifero. In altri casi, invece, il sedimento è dominato da sabbia grossolana e ghiaia con una percentuale modesta di residuo vegetale. In alcuni casi sono state rilevate differenze anche tra repliche come ad esempio nella stazione A14 MG 14. In questo caso le repliche I e IV sono costituite per il 70% da fibre vegetali e da minori percentuali di sabbia (20%) e biodeposito conchifero (10%), la replica II è costituita metà da fibre vegetali e metà da biodeposito conchifero ed infine la replica III è costituita per metà ancora da fibre vegetali, ma la restante parte risulta suddivisa tra sabbia (20%), ghiaia (10%) e biodeposito conchifero (20%). Analogamente le repliche appartenenti alla stazione A14 MG9 risultano eterogenee tra loro sebbene tutte presentino una percentuale notevole di briozoi morti o dal 30% (RI) al 50% (RII, RIII, RIV) del campione. Nella replica I domina il biodeposito conchifero (50%) affiancato da una piccola percentuale (10%) di sabbia. Nella replica II il biodeposito conchifero è meno importante (25%) ed è affiancato da fibra vegetale (20%) e sabbia (5%). Nella replica III biodeposito conchifero e fibra vegetale rappresentano ciascuno il 20% del campione, la restante parte è costituita da sabbia (10%). Nella replica IV aumenta la fibra vegetale (45%), cala la sabbia (5%) e non è presente biodeposito conchifero.

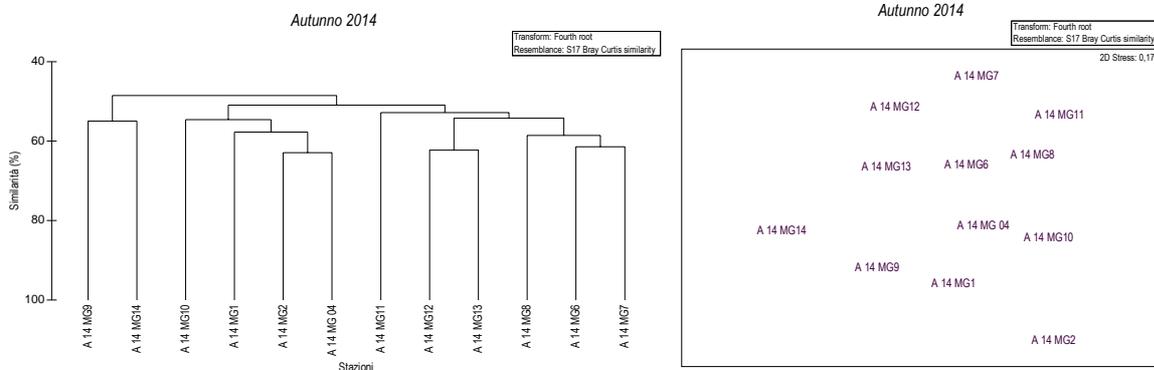


Figura 24 - Risultati della cluster analysis (group average) a sinistra e piano di ordinamento ottenuto dal n-MDS, a destra. Le analisi sono state effettuate dopo aver trasformato i dati secondo la doppia radice quadrata. La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Bray-Curtis.

Questa eterogeneità dei sedimenti e del detrito associato spiega la variabilità osservata nel popolamento bentonico.

Nella Tabella 32 sono riportati i valori degli indici strutturali. Il più elevato numero di specie è stato ritrovato nella stazione A14 MG12 situata in prossimità del rigassificatore, mentre il più basso è stato osservato in A14 MG2.

Analogamente, anche per quanto riguarda i valori di abbondanza, quest'ultima stazione risulta la più povera con soli 52 ± 27 individui; quella più ricca è risultata la A14 MG14. I valori di diversità specifica sono piuttosto omogenei tra loro ed oscillano tra $4,30 \pm 0,22$ osservato in A14 MG12 e $3,55 \pm 0,3$ rilevato in A14 MG2. La ricchezza specifica mostra un andamento del tutto confrontabile con quello della diversità, anche in questo caso il valore più elevato è stato osservato in A14 MG12 ($7,35 \pm 1,15$), quello più basso in A14 MG2 ($4,51 \pm 0,74$).

Valori di equitabilità modesti e confrontabili tra loro sono stati rilevati in A14 MG1 e in A14 MG14 pari rispettivamente a $0,769 \pm 0,045$ e a $0,779 \pm 0,026$. Il valore aumenta leggermente in A14 MG9 ($0,792 \pm 0,147$). Nelle restanti stazioni l'equitabilità risulta sempre maggiore di 0,8 con un picco in A14 MG11 ($0,870 \pm 0,019$). Complessivamente non si rilevano trend significativi riconducibili alla presenza dell'FSRU.

Tabella 32 – Indici strutturali (\pm DS) relativi al popolamento macrobentonico. Numero di taxa (S), Numero di individui (N), Diversità specifica di Shanno-Weaver (H'), Equitabilità di Pielou (J), Ricchezza specifica di Margalef (d). Media \pm Deviazione standard.

	S		N		H' (log ₂)		d		J'
A14 MG1	32	\pm 4,08	110,75	\pm 18,63	3,84	\pm 0,33	6,60	\pm 0,78	0,769 \pm 0,045
A14 MG2	18,5	\pm 5,07	52	\pm 27,35	3,55	\pm 0,30	4,51	\pm 0,74	0,853 \pm 0,067
A14 MG4	25,5	\pm 5,20	66,25	\pm 15,63	3,81	\pm 0,17	5,84	\pm 0,92	0,821 \pm 0,038
A14 MG6	31,75	\pm 5,38	84,5	\pm 24,08	4,22	\pm 0,09	6,96	\pm 0,80	0,850 \pm 0,035
A14 MG7	31,5	\pm 6,56	79,25	\pm 28,77	4,22	\pm 0,32	7,01	\pm 1,06	0,852 \pm 0,049
A14 MG8	26	\pm 1,41	66	\pm 9,13	3,89	\pm 0,14	5,98	\pm 0,33	0,829 \pm 0,030
A14 MG9	28,75	\pm 11,79	91,75	\pm 31,36	3,82	\pm 1,16	6,07	\pm 2,22	0,792 \pm 0,147
A14 MG10	27,5	\pm 3,70	70	\pm 18,11	4,08	\pm 0,24	6,26	\pm 0,62	0,855 \pm 0,041
A14 MG11	26,25	\pm 1,26	64,25	\pm 12,69	4,10	\pm 0,08	6,09	\pm 0,17	0,870 \pm 0,019
A14 MG12	34,5	\pm 7,85	97	\pm 36,45	4,30	\pm 0,22	7,35	\pm 1,15	0,848 \pm 0,057
A14 MG13	33	\pm 4,32	89,5	\pm 19,82	4,25	\pm 0,28	7,13	\pm 0,62	0,844 \pm 0,032
A14 MG14	30,25	\pm 1,71	119,25	\pm 10,75	3,83	\pm 0,17	6,12	\pm 0,25	0,779 \pm 0,026

3.2.2 Bioaccumulo

Metalli

Le concentrazioni di Arsenico, Bario, Cadmio, Cromo totale, Manganese, Mercurio, Nichel, Piombo, Rame e Zinco sono analoghe in tutte le stazioni (Tabella 33). Il Vanadio è stato rilevato in concentrazione molto modesta pari a quella rilevata nella stazione di Bianco Gorgona, nella stazione A (posizione 1) e nella stazione D (posizione 4). Il Ferro è risultato presente in tutte le stazioni, compreso il Bianco Gorgona, in concentrazione maggiore rispetto a quella rilevata negli organismi al Tempo zero.

Tabella 33 - Concentrazione dei metalli nei mitili. I dati, relativi alla campagna A14, sono espressi in mg/kg s.s. In grigio la stazione in cui sono andati persi i mitili a causa del mal tempo.						
	Tempo zero	Stazione A Pos. 1	Stazione B Pos. 2	Stazione C Pos. 3	Stazione D Pos. 4	Stazione E (Bianco Gorgona)
Arsenico	0,83	1,25		1,13	1,03	1,26
Bario	< 1,20	< 1,20		< 1,20	< 1,20	< 1,20
Cadmio	0,26	0,46		0,37	0,36	0,45
Rame	5,26	5,36		4,56	4,59	5,21
Cromo	3,94	4,39		3,43	3,11	4,31
Ferro	79,39	258,82		153,35	236,47	206,47
Nichel	< 1,20	< 1,20		< 1,20	< 1,20	< 1,20
Manganese	< 12,5	< 12,5		< 12,5	< 12,5	< 12,5
Piombo	0,91	0,62		0,59	0,74	0,82
Vanadio	< 1,20	1,35		< 1,20	1,26	1,40
Zinco	221,01	254,08		225,51	219,23	248,77
Mercurio	0,08	0,10		0,10	0,08	0,10

Idrocarburi totali

Gli idrocarburi sono risultati tutti inferiori al limite di rilevabilità del metodo (Tabella 34).

Tabella 34 - Concentrazione degli idrocarburi totali presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna A14, sono espressi in mg/kg. In grigio la stazione in cui sono andati persi i mitili a causa del mal tempo.						
	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
Idrocarburi C10-C40 (mg/kg)	<1	<1		<1	<1	<1

IPA ed composti organo stannici

Dalla Tabella 35 si osserva una sostanziale assenza di contaminazione da IPA e composti organo stannici. Solo il naftalene è presente con concentrazioni maggiori del limite di rilevabilità.

Tabella 35 - Concentrazione degli IPA e dei composti organostannici presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna A14, sono espressi in mg/kg, salvo ove indicato. In grigio la stazione in cui sono andati persi i mitili a causa del mal tempo.						
	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
Acenaftilene	< 0,001	< 0,001		< 0,001	< 0,001	< 0,001
Antracene	< 0,001	< 0,001		< 0,001	< 0,001	< 0,001
Benzo (a) antracene	< 0,001	< 0,001		< 0,001	< 0,001	< 0,001
Benzo (a) pirene	< 0,001	< 0,001		< 0,001	< 0,001	< 0,001
Benzo (b) fluorantene	< 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
Benzo (k) fluorantene	< 0,001	< 0,001		< 0,001	< 0,001	< 0,001
Crisene	< 0,001	< 0,001		< 0,001	< 0,001	< 0,001
Dibenzo (a,e) pirene	< 0,001	< 0,001		< 0,001	< 0,001	< 0,001
Dibenzo (a,h) pirene	< 0,001	< 0,001		< 0,001	< 0,001	< 0,001
Dibenzo (a,h) antracene	< 0,001	< 0,001		< 0,001	< 0,001	< 0,001
Fenantrene	< 0,001	< 0,001		< 0,001	< 0,001	< 0,001
Fluorantene	< 0,001	< 0,001		< 0,001	< 0,001	< 0,001
Fluorene	< 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
Naftalene	< 0,001	0,0022		< 0,001	0,0023	0,0018
Pirene	< 0,001	< 0,001		< 0,001	< 0,001	< 0,001
Dibutilstagno (µg/kg)	< 5	< 5		< 5	< 5	< 5
Monobutilstagno (µg/kg)	< 5	< 5		< 5	< 5	< 5
Tributilstagno (µg/kg)	< 5	< 5		< 5	< 5	< 5

Cloroderivati

I risultati della ricerca dei cloroderivati sono riportati nella Tabella 36.

Si osserva una sostanziale assenza di contaminazione da questi composti. Risulta rilevabile l'Acido Monobromoacetico sia al tempo zero sia nelle restanti stazioni di indagine fatta eccezione per la stazione A Pos.1.

Tabella 36 - Concentrazione degli cloroderivati presenti nei campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna A14, sono espressi in µg/kg. In grigio la stazione in cui sono andati persi i mitili a causa del mal tempo.

	Tempo zero	Stazione A Pos. 1	Stazione B Pos. 2	Stazione C Pos. 3	Stazione D Pos. 4	Stazione E (Bianco Gorgona)
Acidi Aloacetici						
Dalapon	<2	<2		<2	<2	<2
Acido Dibromoacetico	<1	<1		<1	<1	<1
Acido Tribromoacetico	<10	<10		<10	<10	<10
Acido Monobromoacetico	2,67	<2		2,00	2,67	5,33
Acido Bromodichloroacetico	<2	<2		<2	<2	<2
Acido Bromocloroacetico	<2	<2		<2	<2	<2
Acido Dichloroacetico	<3	<3		<3	<3	<3
Acido Tricloroacetico	<1	<1		<1	<1	<1
Acido Monocloroacetico	<3	<3		<3	<3	<3
Acido Clorodibromoacetico	<5	<5		<5	<5	<5
Fenoli						
2,4,6-tricloro fenolo	<5	<5		<5	<5	<5
2,4-dicloro fenolo	<5	<5		<5	<5	<5
4-cloro-3-metil fenolo	<5	<5		<5	<5	<5
pentacloro fenolo	<5	<5		<5	<5	<5
V.O.C.						
1,1,1-Tricloro Etano	<0,20	<0,20		<0,20	<0,20	<0,20
1,1,2-Tricloro Etano	<0,20	<0,20		<0,20	<0,20	<0,20
Bromo Dichloro Metano	<0,20	<0,20		<0,20	<0,20	<0,20
Bromoformio	<0,50	<0,50		<0,50	<0,50	<0,50
Carbonio Tetracloruro	<0,20	<0,20		<0,20	<0,20	<0,20
Cloroformio	<0,20	<0,20		<0,20	<0,20	<0,20
Dibromo Cloro Metano	<0,20	<0,20		<0,20	<0,20	<0,20
Tetracloro Etilene	<0,15	<0,15		<0,15	<0,15	<0,15
Tricloro Etilene	<0,25	<0,25		<0,25	<0,25	<0,25
1,2,3-Tricloro propano	<0,60	<0,60		<0,60	<0,60	<0,60
1,2-Dibromo Etano	<0,25	<0,25		<0,25	<0,25	<0,25
Dicloroacetoneitrile	<0,80	<0,80		<0,80	<0,80	<0,80
Tricloroacetoneitrile	<0,50	<0,50		<0,50	<0,50	<0,50

Analisi microbiologiche

Dall'analisi microbiologica si rileva la presenza alcuni coliformi fecali nei mitili delle stazioni A pos.1 e C Pos. 3 (Tabella 37). Tuttavia, tali risultati non sono sufficienti a identificare uno stato di contaminazione fecale, come emerge anche dall'assenza di contaminazione nelle acque circostanti il Terminale. Gli streptococchi fecali sono stati rilevati unicamente nei campioni prelevati dall'impianto (mitili Tempo zero).

Tabella 37 - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di mitili. I dati, relativi alla campagna A14, sono espressi in ufc/g. In grigio la stazione in cui sono andati persi i mitili a causa del mal tempo.

	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	40		86	< 10	< 10
Streptococchi fecali (enterococchi)	4000	< 10		< 10	< 10	< 10
Coliformi totali	< 10	< 10		73	40	< 10

3.2.3 Biomarkers
Neutral Red Retention Time (NRRT).

Il tempo di ritenzione del colorante vitale Neutral Red nei lisosomi misurato negli organismi prelevati dall'impianto di mitilicoltura (tempo zero) è risultato minore di quello delle precedenti campagne di monitoraggio indicativo di una condizione iniziale di stress moderato (Figura 25). Questo dato

conferma che l'area marina che ospita l'impianto di mitilicoltura non è esente da fattori di disturbo ambientale che, in qualche caso, si possono tradurre in risposte biologiche più o meno marcatamente alterate.

Dopo il periodo di traslocazione presso la stazione di controllo (stazione E Bianco Gorgona) si è assistito ad un parziale recupero dell'integrità dei lisosomi; tuttavia la variazione positiva non è risultata significativa. Anche nei mitili traslocati presso le stazioni A (Pos. 1), C (Pos. 3) e D (Pos. 4) del terminale FRSU si è osservato un generale aumento del tempo medio di ritenzione del rosso neutro e nel caso della stazione A (Pos. 1) la variazione positiva è risultata significativa rispetto al valore dei mitili tempo zero. In conclusione, dall'analisi di questo biomarker non si evidenziano alterazioni cellulari nei mitili traslocati presso il terminale FRSU.

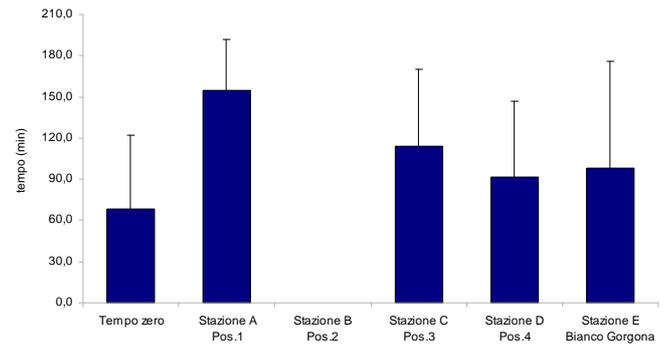


Figura 25 - Valutazione del danno cellulare mediante la misura del tempo di ritenzione del colorante vitale Rosso Neutro (NRRT) negli emociti di mitilo.

Comet Assay

I risultati relativi alla valutazione del grado di integrità del DNA nelle cellule branchiali di mitilo sono risultati molto omogenei (Figura 26).

Il minor grado di frammentazione del DNA è stato osservato negli esemplari di controllo mantenuti presso la stazione E (Bianco Gorgona).

Valori significativamente maggiori di danno sono stati misurati subito dopo il prelievo dall'impianto di mitilicoltura (tempo zero) ed anche in quelli traslocati per 4 settimane presso le stazioni A (Pos.1), C (Pos. 3) e D (Pos.4) del terminale.

Tuttavia, il livello di danno è risultato molto limitato, in linea con quanto si può osservare in un'area marina non interessata da fenomeni marcati di inquinamento.

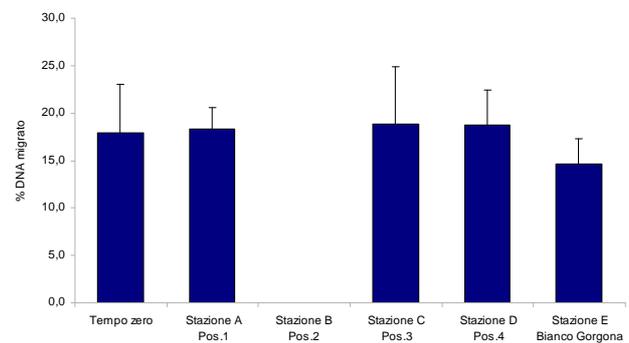


Figura 26 - Valutazione del grado di integrità del DNA mediante Comet assay.

Analisi istologia del tessuto branchiale. L'indagine istologica delle branchie di *M. galloprovincialis* ha fornito risultati molto omogenei nelle varie stazioni (Figura 27). La morfologia dell'epitelio branchiale è risultata nella norma, con un buon sviluppo delle ciglia ed una limitata infiltrazione di emociti. La condizione buona dell'apparato branchiale è testimoniata dallo score mai oltre il valore 2 (Tabella 38).

Tabella 38- Analisi istologica. Lo score indica lo stato dell'epitelio branchiale secondo la seguente scala 1, normale morfologia branchiale; 2, lieve alterazione dell'epitelio a carico di una parte dei filamenti branchiali; 3, alterazione a carico della maggior parte dei filamenti branchiali; 4, marcata alterazione a carico della maggior parte dei filamenti branchiali; 5, grave ed estesa compromissione dell'apparato branchiale. Dati relativi all'Autunno 2014 (A 14). In grigio la stazione in cui sono andati persi i mitili a causa del mal tempo.

Nome sito	replica	Score epitelio	Nome sito	replica	Score epitelio
Tempo zero	1	2	Stazione C pos. 3	1	1
	2	1		2	1
	3	2		3	2
	4	1		4	1
	5	1		5	1
Stazione A Pos. 1	1	2	Stazione D Pos. 4	1	2
	2	1		2	1
	3	2		3	1
	4	1		4	1
	5	1		5	2
Stazione B Pos. 2	-	-	Stazione E Bianco Gorgona	1	1
	-	-		2	2
	-	-		3	1
	-	-		4	1
	-	-		5	1

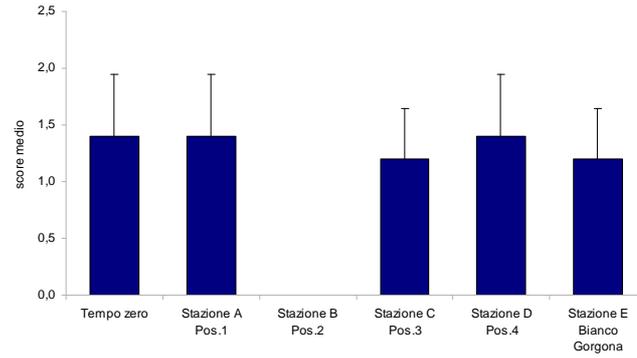


Figura 27 - Analisi istologica delle branchie di mitilo. Il parametro rappresentato nel grafico è il punteggio medio (score) per ciascuna delle stazioni indagate.

Complessivamente l'indagine mediante biomarker non ha messo in evidenza alterazioni degne di nota nei mitili traslocati per 4 settimane presso il terminale FRSU durante la campagna di monitoraggio svolta nell'autunno 2014.

3.2.4 Cetacei e tartarughe marine

Nella Figura 28 sono indicate le rotte seguite nell'autunno 2014 per il monitoraggio visivo. Durante l'attività di monitoraggio sono state percorse 245 miglia nautiche per un totale di 50 ore di navigazione. E' stato effettuato 1 avvistamento di cetacei appartenenti alla specie *Tursiops truncatus* in data 24 novembre con 10 esemplari di delfini adulti ed 1 piccolo in posizione (43° 37.810' N, 10° 08.861' E) a 7 miglia nautiche ad Est dal terminale.

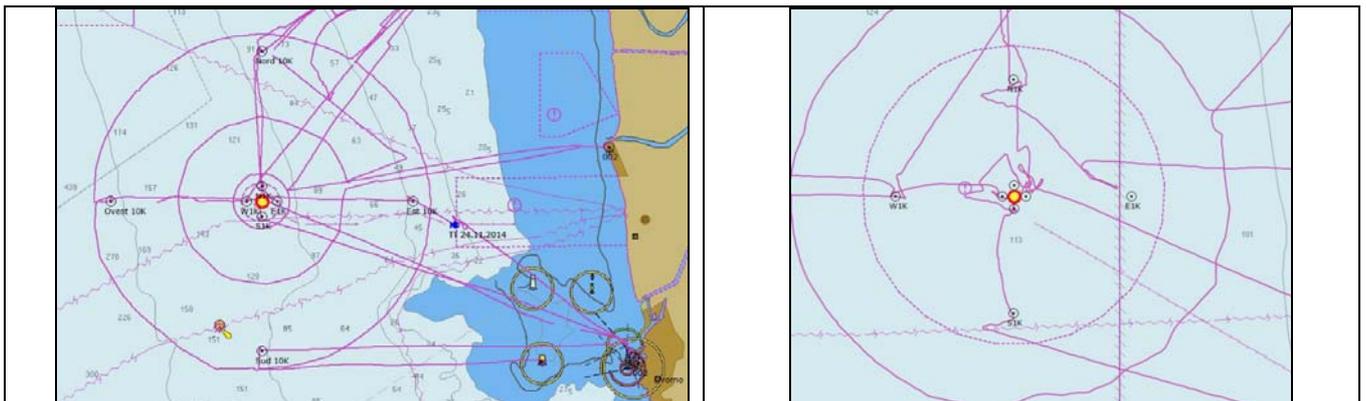


Figura 28 - Rotte effettuate per il monitoraggio visivo condotto nell'autunno 2014.



Avvistamento tursiopi in data 24/11/14.

3.3 INDAGINI GENERALI

3.3.1 Misura del rumore

Risultati delle misure sperimentali

Tutti i grafici relativi ai punti più vicini (a 100m e a 1000m di distanza dalla posizione della piattaforma) sono mostrati in questa sezione per la profondità di 55m con rappresentazione data dal calcolo della FFT, con l'analisi in terza d'ottava sovrapposta (Figura 29, Figura 30, Figura 31, Figura 32, Figura 33, Figura 34, Figura 35, Figura 36) in conformità alle scelte adottate in precedenza.

Tra le misure a 10km di distanza, sono state selezionate qui quelle registrate nei punti E10K (Figura 37), per permettere il confronto sulla direttrice Est con le misure a 100 e 1000m.

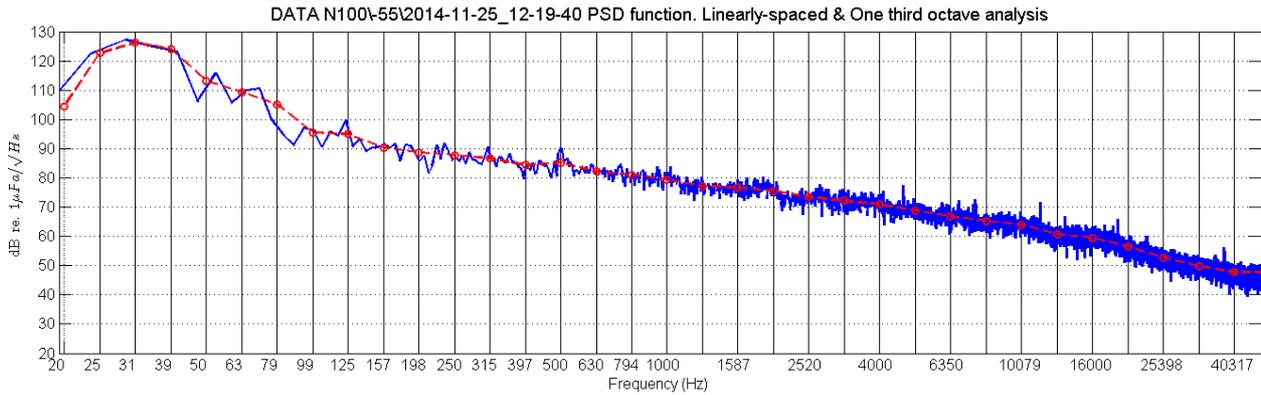


Figura 29 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N100 a 55m di profondità. Si nota a bassa frequenza la presenza di traffico marittimo di sottofondo.

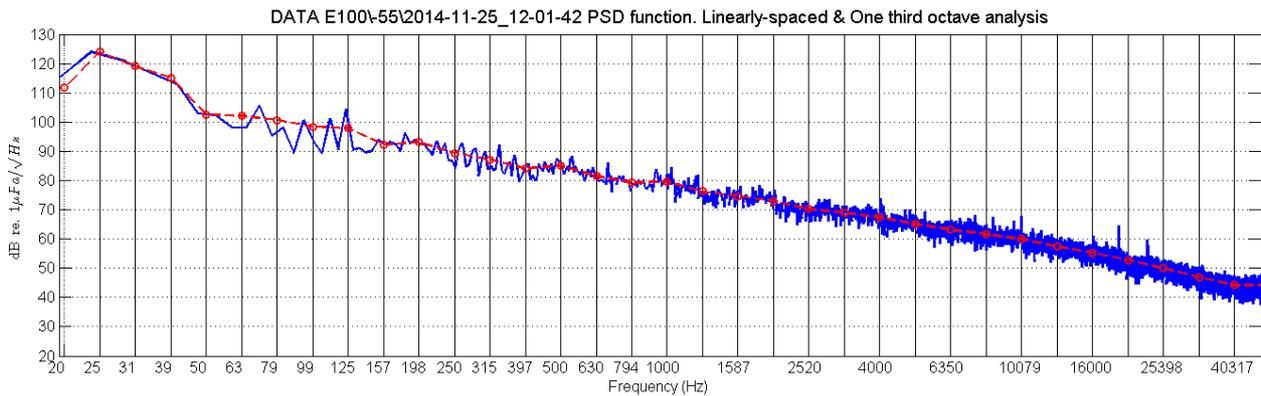


Figura 30 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto E100 a 55m di profondità. Di nuovo è evidente a bassa frequenza la presenza di traffico marittimo di sottofondo.

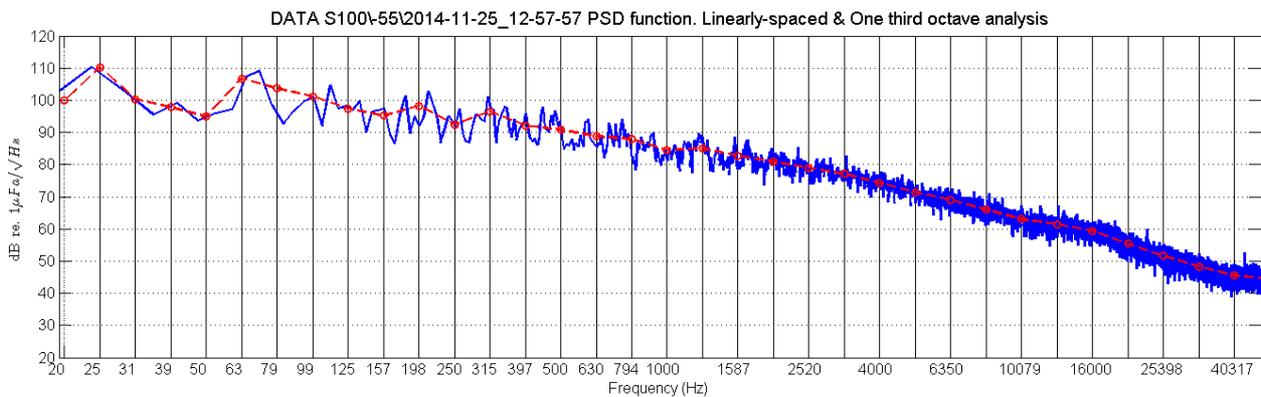


Figura 31 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S100 a 55m di profondità. C'è un certo innalzamento di livello centrato dai 12 ai 16 kHz.

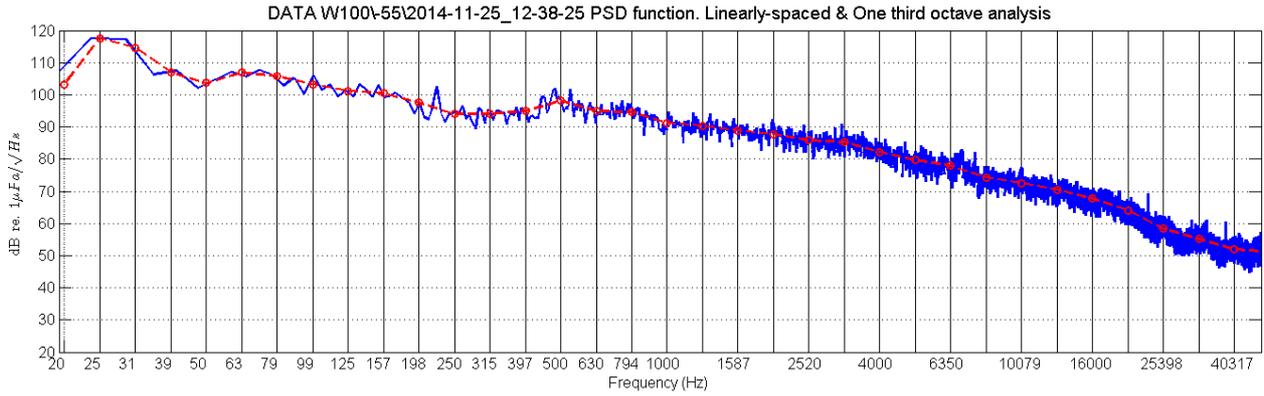


Figura 32 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto W100 a 55m di profondità. Anche in questa misura si nota un innalzamento di livello piuttosto evidente nella sottobanda 12-20 kHz

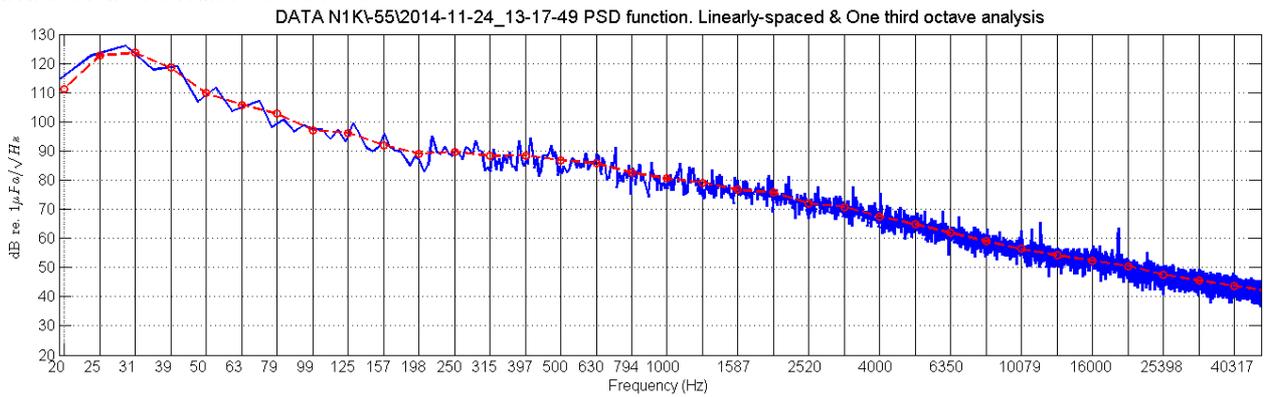


Figura 33 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N1K a 55m di profondità.

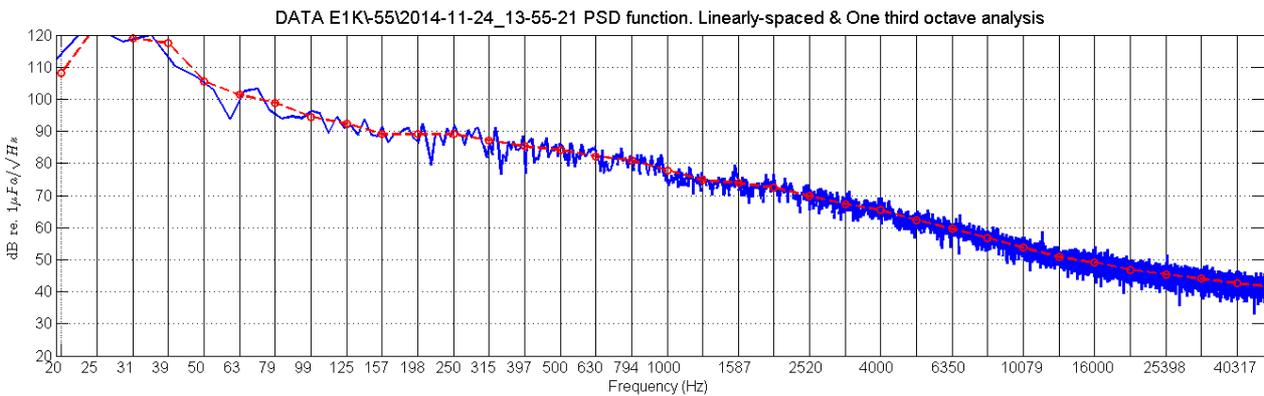


Figura 34 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto E1K a 55m di profondità. Siamo in presenza di traffico marittimo evidente.

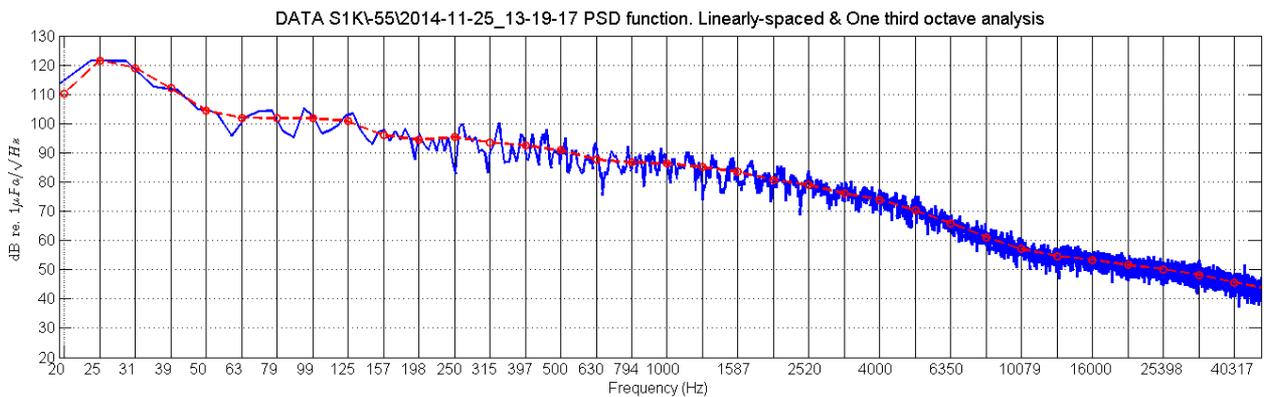


Figura 35 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S1K a 55m di profondità.

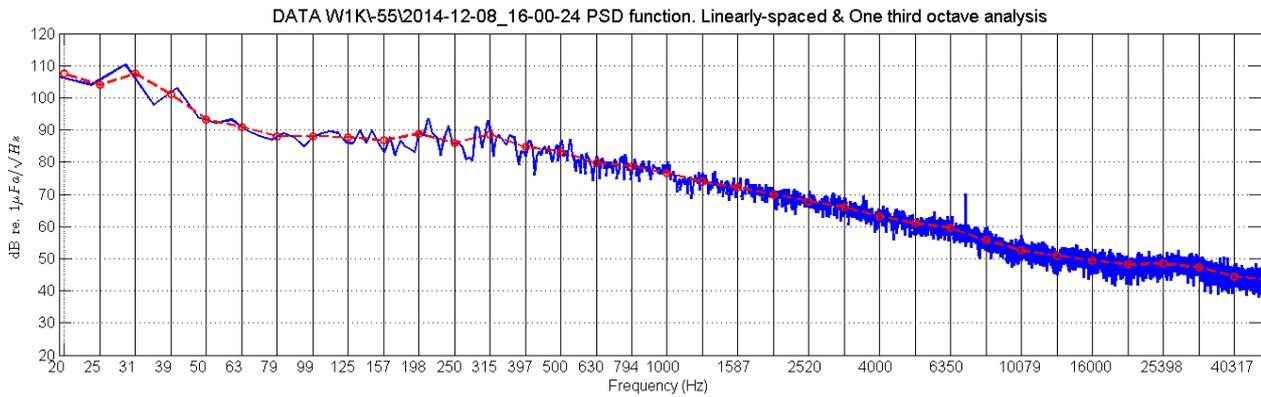


Figura 36 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto W1K a 55m di profondità.

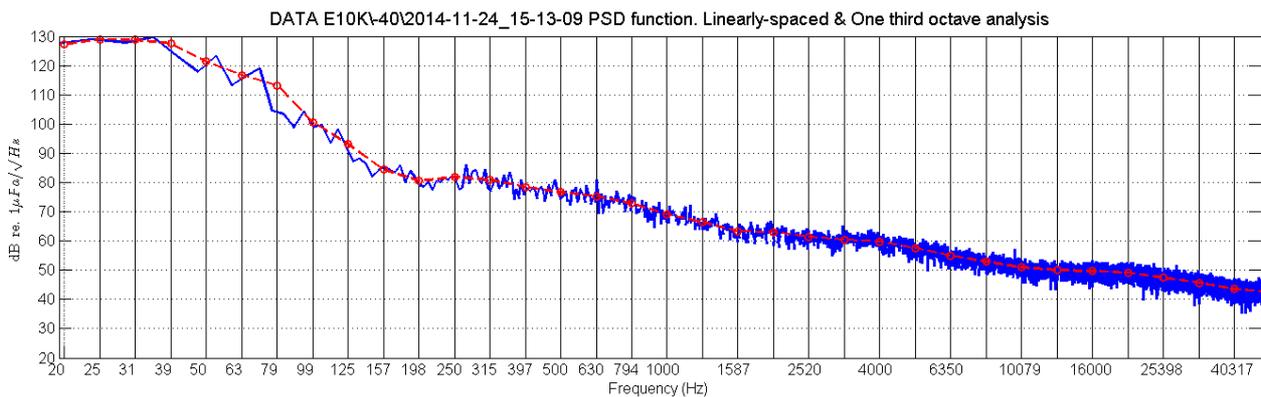


Figura 37 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto E10K a 40m di profondità (qui il fondale è più basso di 50m, quindi la misura viene effettuata a minor profondità rispetto alle altre). Nelle vicinanze si vede la presenza di traffico di imbarcazioni di grandi dimensioni

La Figura 38 mette a confronto le curve di PSDf nelle quattro stazioni a distanza di 100m dal terminale. La misura in W100 si discosta dalle altre e mostra il probabile passaggio di una imbarcazione di piccole dimensioni, vista l'estensione in banda dell'innalzamento di livello, che invece non interessa le basse frequenze. Le misure più simili sono quelle delle stazioni Sud e Nord. La stazione Est registra un livello leggermente inferiore. Il confronto con il "Bianco" registrato sul punto nominale della piattaforma ad agosto 2012, e la cui curva di PSDf di rumore è stata sovrapposta allo stesso plot, indica un generale innalzamento di livelli di rumore su tutte le direttrici in quasi tutta la banda (per frequenze > 50Hz).

La Figura 39 mostra il confronto tra le curve di PSDf stimate dalle tre misure sulla direttrice Est a diverse distanze. Tra 100 e 1000m le curve quasi coincidono in tutta la banda, eccetto che nella sotto-banda tra 5000 e 25000Hz. In Figura 40 e Figura 41 confrontano i dati tra la campagna attuale A14 e le campagne precedenti (novembre 2013 e agosto 2014) sulla direttrice Est. Si nota in entrambi i casi un segnale piuttosto basso rispetto alla media in E100 nella campagna attuale. In generale, comunque, vi è una buona concordanza tra i dati presi in periodi temporali diversi (e persino in stagioni diverse) nella stessa locazione nelle tre campagne; questo è un risultato molto confortante perché in tutti i dati la banda di attenzione in cui si potrebbero riscontrare emissioni di segnale acustico è la stessa (circa tra 7000 e 20000Hz).

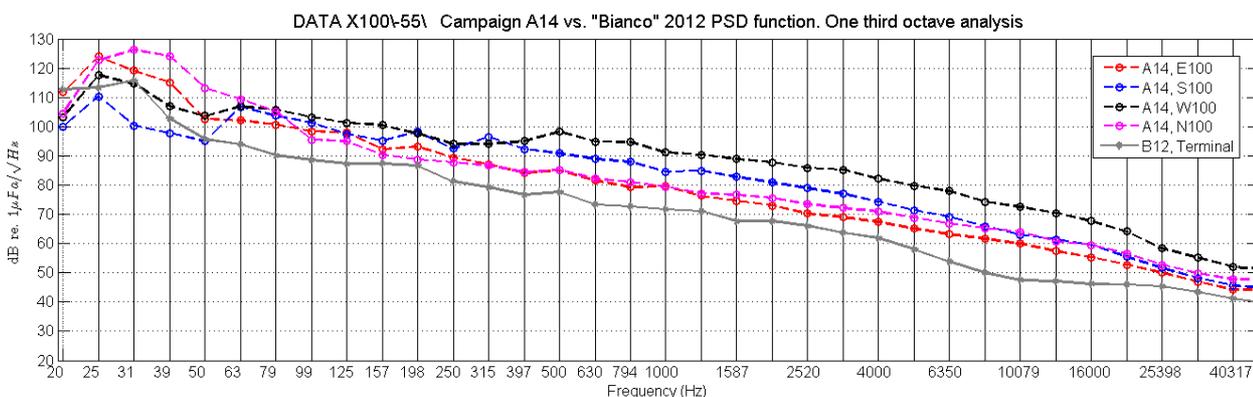


Figura 38 - Confronto delle funzioni PSD in terzi d'ottava, relative a dati raccolti nei punti N, S e W a distanza 100m dal terminale e a profondità 55m. La curva del Bianco registrato in E12 sul punto nominale del Terminale è stata sovrapposta per riferimento.

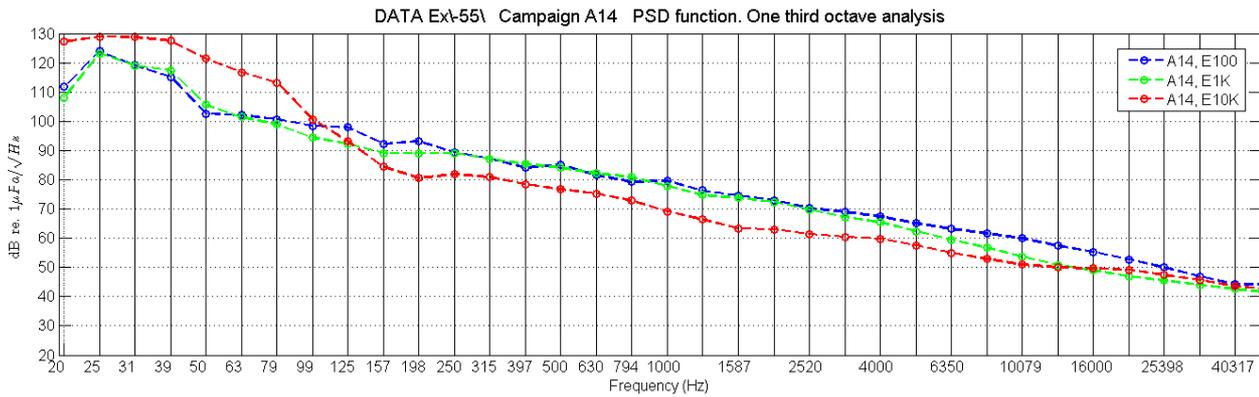


Figura 39 - Confronto delle funzioni PSD in terzi d'ottava, relative a dati raccolti sulla direttrice Est a distanza 100, 1000 e 10000m dal terminale e a profondità 55m.

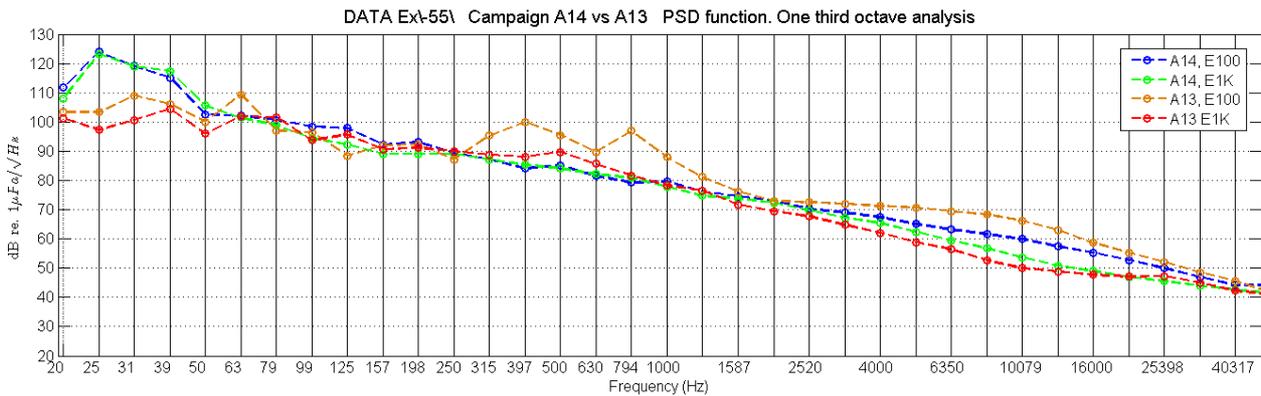


Figura 40 - Confronto delle funzioni PSD in terzi d'ottava, relative a dati raccolti sulla direttrice Est a distanza 100 e 1000m dal Terminale nelle campagne A14 e A13 (profondità 55m).

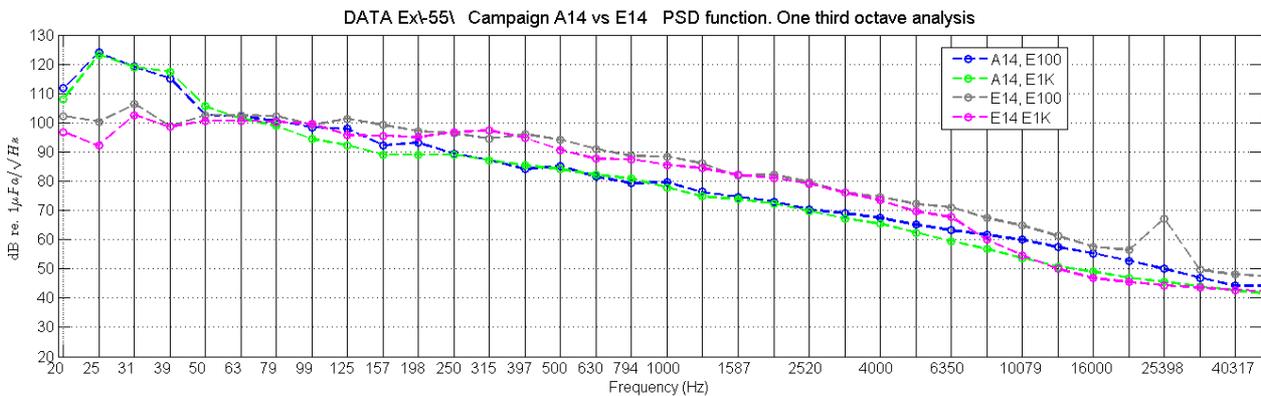


Figura 41 - Confronto delle funzioni PSD in terzi d'ottava, relative a dati raccolti sulla direttrice Est a distanza 100 e 1000m nelle campagne A14 e E14 (profondità 55m).

Verifica mediante simulazione

Tutte le ipotesi e assunzioni proposte nei lavori precedenti rimangono valide, perciò i parametri geometrici, geofisici e relativi alla sorgente rimangono inalterati. Poiché anche nelle attuali misure e dal confronto con le campagne precedenti risulta che la banda in cui si rileva una certa variazione è centrata a circa 12kHz, questa è la frequenza del modello di emissione della sorgente, e quindi a cui vengono calcolati i risultati di Transmission Loss (TL).

Definizione dei parametri oceanografici

Dal confronto dei vari profili misurati durante questa campagna (Figura 42) risulta evidente che il range di variabilità nella velocità è piuttosto limitato da una stazione di misura all'altra: la variabilità è quasi nulla per tutte le stazioni, eccetto che per le misura condotte sui punti W1K, W10K, S10K ed E10K. In particolare quest'ultima, essendo la più vicina a costa, può risentire maggiormente di alterazioni dovute ad attività antropica.

Tutti i profili sono dominati da un gradiente positivo più o meno evidente (che implica quindi curvatura dei raggi verso l'alto) che provocherà la generazione di un canale superficiale privilegiato per la propagazione, per le sorgenti vicine alla superficie. Nella maggior parte dei casi non esiste termocline.

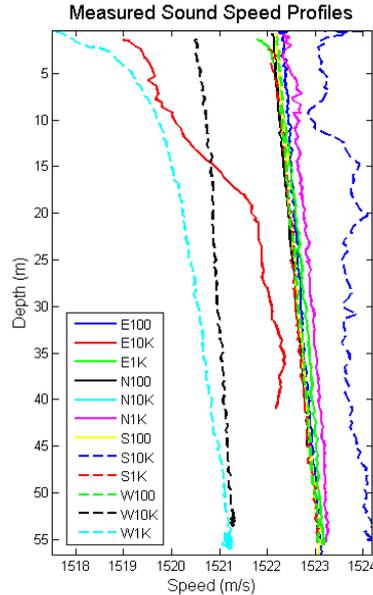


Figura 42 - Confronto sullo stesso grafico di tutti i profili di velocità del suono misurati durante la campagna sperimentale. Tutti sono dominati da uno spiccato gradiente negativo, a causa della stagione estiva.

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 di propagazione del suono Bellhop a 12 kHz di frequenza (prendiamo la direttrice Est come riferimento, come nelle precedenti analisi). I risultati ottenuti possono essere considerati validi per tutta la banda di interesse 7-20 kHz con piccole variazioni.

Il profilo di velocità, caratterizzato da gradiente sempre positivo o nullo, dà origine ad un pattern di propagazione “ray-tracing” caratterizzato da un canale superficiale e una serie di raggi che curvano verso l’alto a varie profondità che risultano, tuttavia, sempre maggiori di 55m. Quindi la propagazione e’ privilegiata negli strati alti della colonna d’acqua, mentre e’ attenuata vicino al fondo. La perdita di segnale tra 100 e 1000m (a 55m di profondità) è predetto intorno ai 20dB; i dati realmente misurati indicano un calo di circa 9dB tra 100 e 1000m a 55m di profondità. Infatti, anche nel confronto tra i dati reali si evidenzia un livello più basso di quello atteso sui 100m. Verosimilmente si e’ verificata una condizione di interferenza distruttiva locale nei modi di propagazione (*notch*), non facilmente modellabile.

Poiché dai dati sperimentali a 100m di distanza dalla sorgente e profondità 55m si misura un livello di rumore medio tra le varie stazioni di circa 60dB re 1µPa/√Hz, e il modello predice una TL di 38dB, si può dedurre che il Source Level a 12kHz sia attorno a 98dB re 1µPa @ 1m. Questo è in buon accordo con i valori rilevati nelle campagne precedenti, e conferma che i livelli di rumore emesso risultano ben al di sotto delle soglie di sicurezza per i mammiferi marini potenzialmente presenti nella zona.

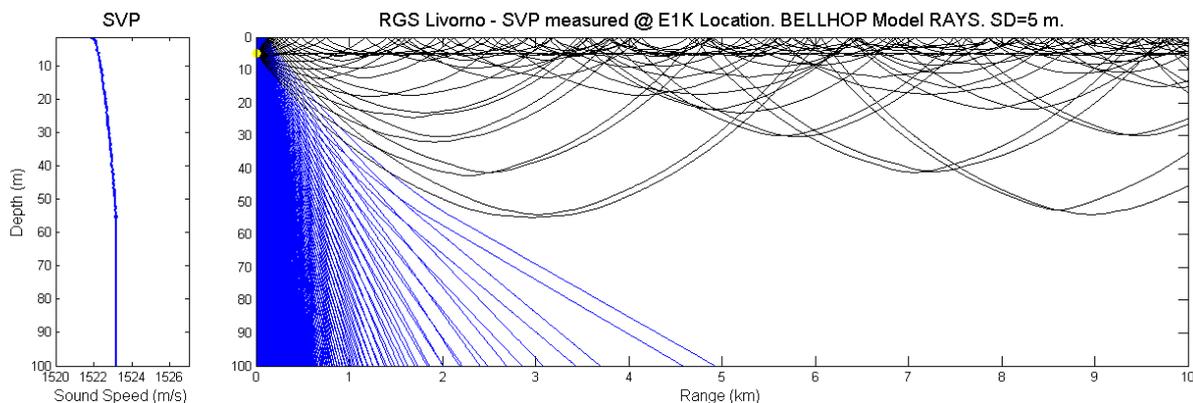


Figura 43 - Simulazione dei percorsi dei raggi/beam lanciati da una sorgente a 5m di profondità, assunto il profilo di velocità misurato in E1K (modello Bellhop).

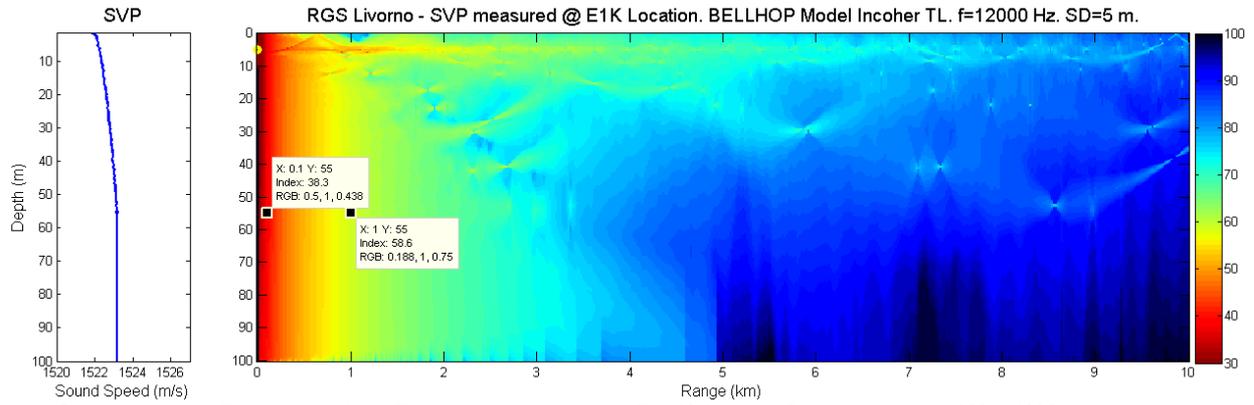


Figura 44 - Simulazione della Transmission Loss TL per il modello creato in Fig. 18 (modello Bellhop). I valori a 100 e 1000m di horizontal range dalla sorgente a profondità 55m sono evidenziati per poter fare un confronto con i risultati sperimentali.

3.3.2 Bioacustica

Non sono state effettuate registrazioni.

4 RISULTATI SURVEY INVERNO 2015

4.1 COLONNA D'ACQUA

4.1.1 Profili idrologici

La temperatura (Figura 45) varia in un range compreso tra 13,06 e 14,37°C in linea con le temperature tipiche del periodo invernale e della zona di indagine; le masse d'acqua si stanno rimescolando/omogeneizzando a causa della dinamica dell'area e della temperatura esterna.

La salinità (Figura 46) mostra l'andamento classico di questo parametro nel periodo considerato: si osserva una colonna d'acqua che tende ad essere omogenea dal punto di vista della salinità, con valori che variano in un range molto limitato compreso tra 37,19 e 37,96 ppt.

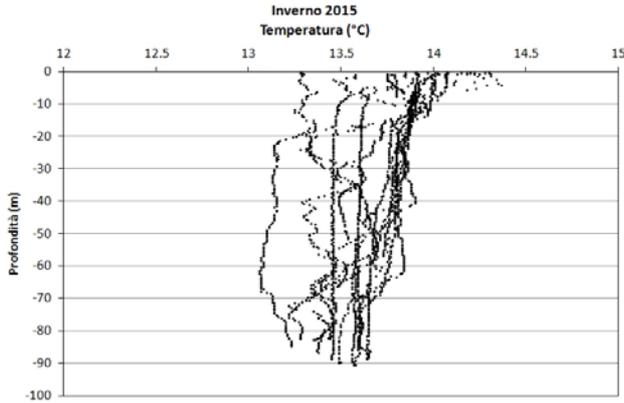


Figura 45 – Profili di temperatura (°C).

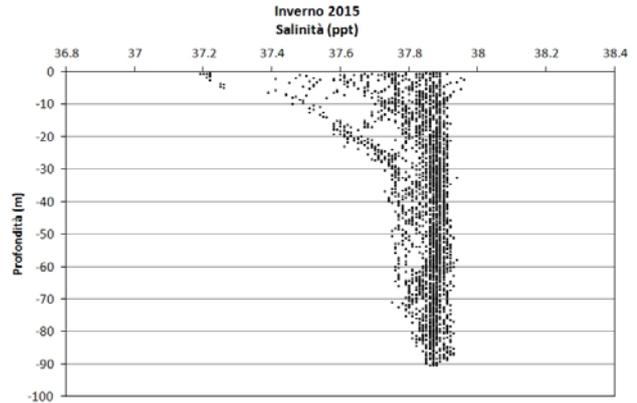


Figura 46 - Profili di salinità (ppt).

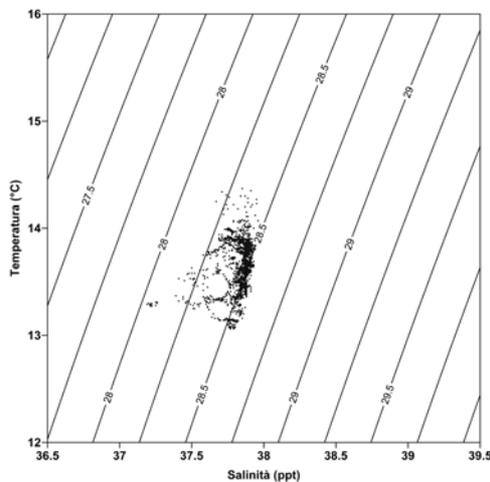


Figura 47 – Diagramma T/S.

Il diagramma T/S (Temperatura/Salinità) (Figura 47) mostra come le variazioni nelle masse d'acqua avvengano soprattutto per la temperatura e in un range limitato (circa 1°C), indice dell'avanzamento della stagione e della omogeneizzazione delle acque. Come anticipato precedentemente, questo è in buon accordo con le caratteristiche delle masse d'acqua fortemente influenzate dal periodo di campionamento e dal rimescolamento delle stesse per cause meteomarine (tipico del periodo invernale). La percentuale di saturazione dell'ossigeno disciolto, DO%, (Figura 48) presenta valori nel range 91,5-108,4%; con le masse d'acqua ossigenate in maniera omogenea; l'andamento dei profili di questo parametro è simile in tutte le stazioni di controllo. La fluorescenza (Figura 49) esprime valori in Volts che variano tra 0,010 e 0,050 Volts con la maggiore presenza di campioni nel range 0,015-0,020 Volts. Anche l'andamento dei profili di questo parametro è abbastanza simile in tutte le stazioni di controllo.

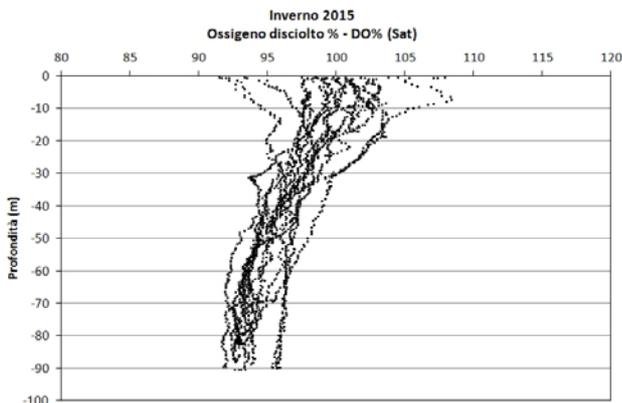


Figura 48 - Profili di saturazione dell'ossigeno disciolto (%).

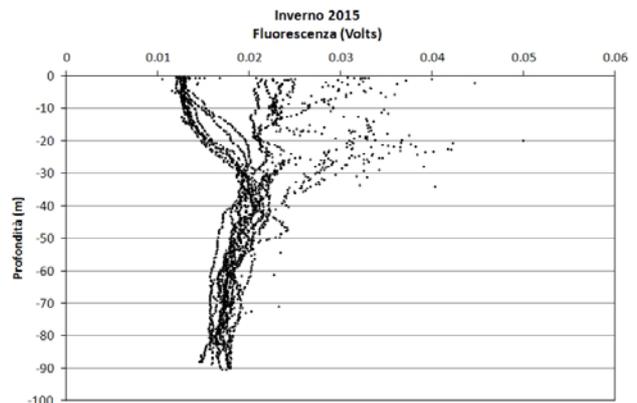


Figura 49 – Profili di fluorescenza.

I valori di pH (Figura 50) sono compresi tra 7,11 e 8,78. I profili di misura di questo parametro hanno tutti un andamento regolare con la profondità; nel grafico i valori della stazione 8, a Sud del rigassificatore, mostrano valori compresi 7,11 e 7,33 (più bassi quindi rispetto ai precedenti), ma non ci sono evidenze di una loro diretta dipendenza dalle operazioni che vengono svolte a bordo del rigassificatore.

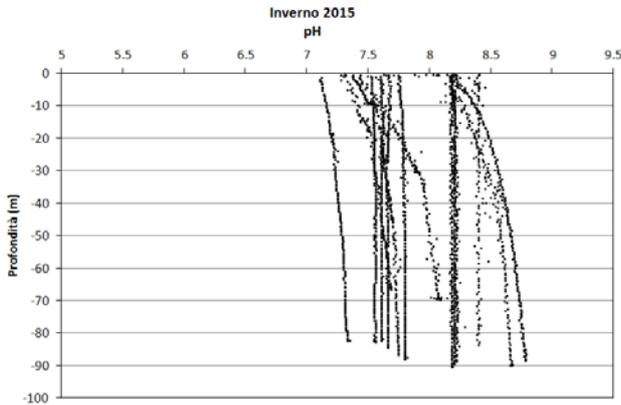


Figura 50 – Profili di pH.

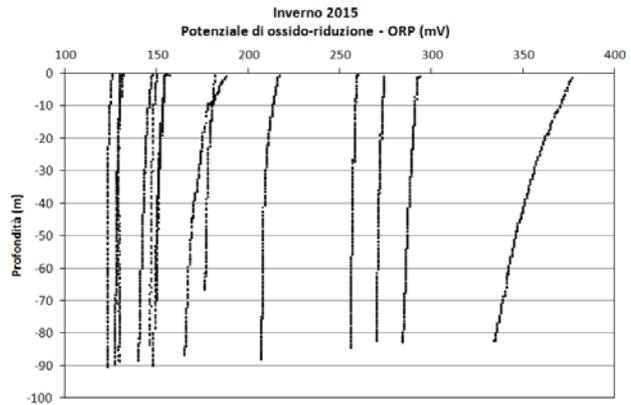


Figura 51 - Profili di potenziale di ossido riduzione (ORP) in mV.

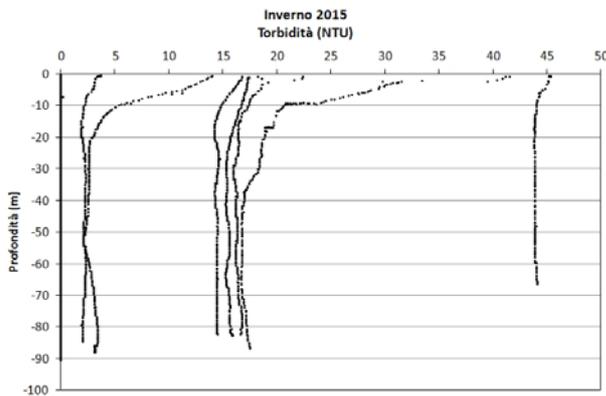


Figura 52 – Profili di torbidità (NTU).

I valori del potenziale redox, ORP, (Figura 51) variano in un range abbastanza ampio, 123 e 377mV, e sono relativamente in buon accordo con i valori del pH. I valori di ORP di acqua di mare, normalmente tra 350 e 400mV, quando sono bassi sono correlati ad un valore di pH leggermente alto/basico come può essere, nel nostro caso ad esempio con valori in un range abbastanza ampio, proprio quello dell'acqua di mare in cui si sono effettuate le misure. Per quanto riguarda la torbidità (Figura 52) i valori variano tra 0 e 45NTU; anche in questo caso non ci sono evidenze che leghino la torbidità alle operazioni svolte sul rigassificatore.

Misure di irradianza e irradianza spettrale

I profili di irradianza PAR (Photosynthetic Available Radiation) sottomarina normalizzati rispetto a quella contemporanea superficiale alle stazioni I15 MG7 e I15 MG10 sono riportati in Figura 53. La profondità della zona eufotica è 38,5m in I15 MG7 e 47,5m in I15 MG10. Prendendo in considerazione le altre stazioni, la profondità varia dai 38,27m della stazione I15 MG13 ai 49,16m della stazione I15 MG3.

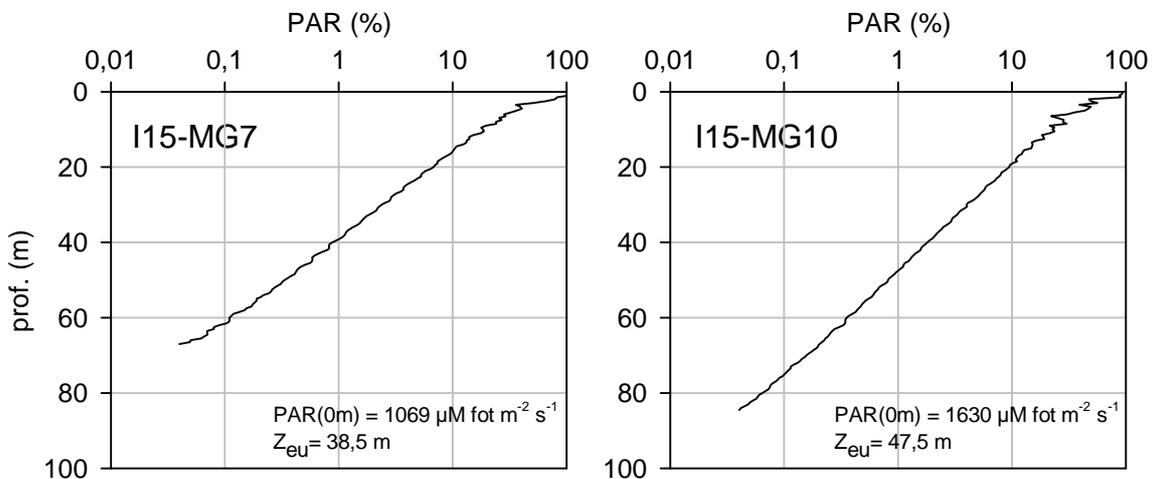


Figura 53 Profilo del rapporto fra l'irradianza quantica PAR (Photosynthetic Available Radiation) disponibile alle varie profondità con quella contemporanea in superficie, PAR (0 m), delle stazioni I15 MG7 e I15 MG10.

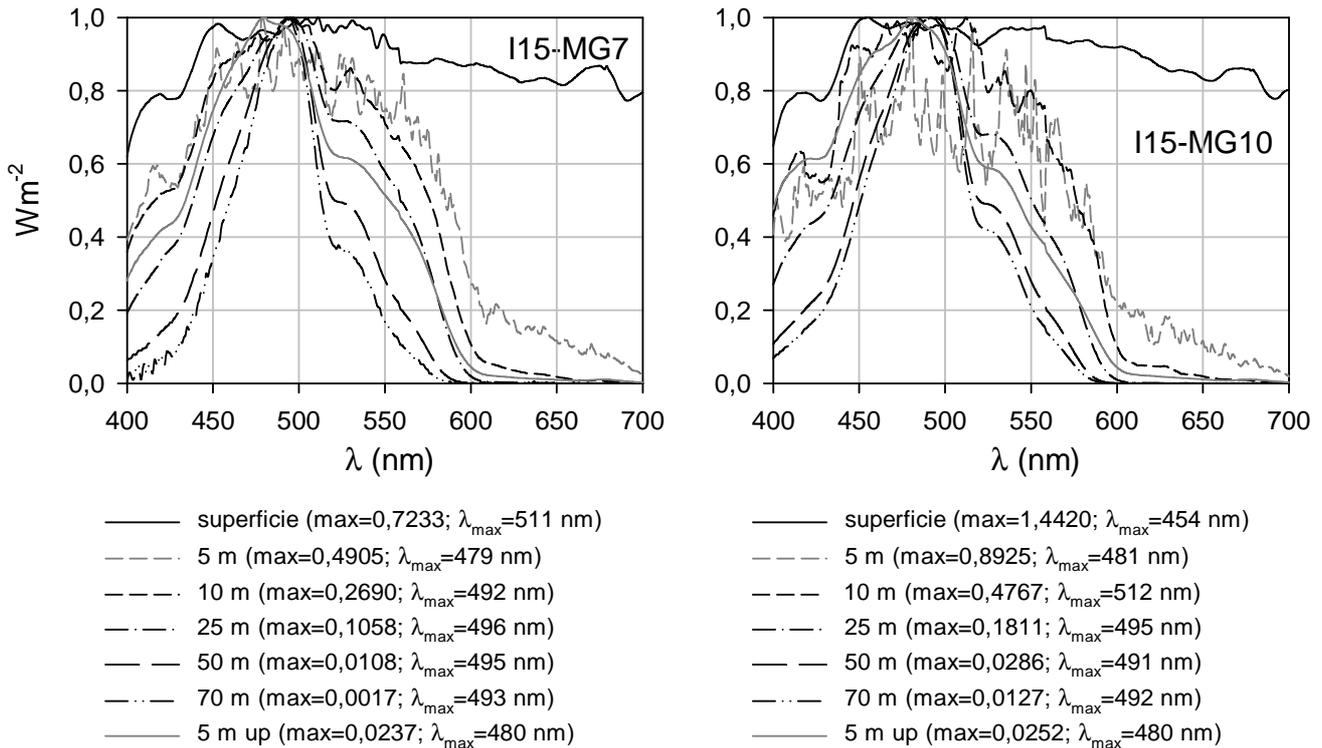


Figura 54 - Irradianza spettrale discendente superficiale e subacquea alle profondità indicate. E' inoltre riportata la irradianza spettrale ascendente a 5m (5m up). Ogni spettro è stato normalizzato per il proprio massimo ($E_{max}(\lambda)$) riportato nella legenda insieme con la lunghezza dove si colloca (λ_{max}).

In Figura 54 sono riportati gli spettri della irradianza discendente tra 400 e 700nm in superficie e alle varie profondità insieme con quelli della irradianza ascendente a 5m tutti normalizzati per i loro massimi, alle stazioni I15 MG7 e I15 MG10. Gli spettri dell'irradianza alle profondità maggiori hanno i loro massimi (λ_{max}), indicanti la radiazione più penetrante, alla lunghezza d'onda di 492nm alla stazione I15 MG10 e a 493nm alla stazione I15 MG7.

4.1.2 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche

Nutrienti inorganici disciolti

In Tabella 39 sono riportate le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ortofosfati (PO_4), silicati (SiO_2), rilevati nelle 8 stazioni campionate.

Tabella 39 - Concentrazioni dei nutrienti inorganici disciolti (μM).											
Stazione	Prof. m	$\text{SiO}_2 \mu\text{M}$	$\text{PO}_4 \mu\text{M}$	$\text{NO}_2 \mu\text{M}$	$\text{NO}_3 \mu\text{M}$	Stazione	Prof. m	$\text{SiO}_2 \mu\text{M}$	$\text{PO}_4 \mu\text{M}$	$\text{NO}_2 \mu\text{M}$	$\text{NO}_3 \mu\text{M}$
I15 MG3	0,5	0,809	0,061	0,179	0,687	I15 MG9	0,5	0,651	0,081	0,208	0,627
	12,5	0,698	0,065	0,237	0,774		12,5	0,664	0,038	0,209	0,502
	50	0,697	0,046	0,306	0,975		50	0,652	0,044	0,285	0,916
	70	0,830	0,042	0,387	1,046		70	0,695	0,071	0,342	1,226
I15 MG5	0,5	0,692	0,041	0,223	0,635	I15 MG10	0,5	0,675	0,047	0,190	0,547
	12,5	0,680	0,073	0,209	0,917		12,5	0,750	0,061	0,231	1,018
	50	0,723	0,053	0,422	1,113		50	0,784	0,061	0,327	0,897
	70	0,767	0,136	0,444	0,907		70	0,753	0,049	0,485	1,354
I15 MG6	0,5	0,692	0,070	0,228	0,738	I15 MG12	0,5	0,665	0,060	0,217	0,649
	12,5	1,243	0,101	0,338	1,191		12,5	0,680	0,138	0,244	1,062
	50	0,699	0,054	0,368	1,222		50	0,714	0,052	0,440	0,984
	70	0,820	0,122	0,448	1,453		70	0,736	0,051	0,421	1,159
I15 MG7	0,5	0,746	0,195	0,419	1,886	I15 MG13	0,5	0,844	0,176	0,421	1,885
	12,5	0,748	0,080	0,296	1,031		12,5	0,913	0,194	0,385	1,276
	50	0,726	0,102	0,323	1,697		50	0,766	0,069	0,378	1,282
	70	0,689	0,081	0,331	1,238		70	0,777	0,069	0,432	1,449

Il campionamento invernale mette in evidenza maggiori concentrazioni dei nutrienti inorganici rispetto al precedente campionamento autunnale. I valori medi, calcolati su tutti i campioni di tutte le stazioni, sono: NO_2 $0,321\mu\text{M}$, NO_3 $1,066\mu\text{M}$, PO_4 $0,080\mu\text{M}$ e SiO_2 $0,746\mu\text{M}$. Le concentrazioni più elevate riguardano soprattutto i nitrati che, in superficie, alle stazioni I15 MG7 e I15 MG13 raggiungono valori fino a $1,886$ e $1,885\mu\text{M}$ rispettivamente, e comunque variano tra $0,5$ e $1,0$ - $1,2\mu\text{M}$ su tutta la colonna d'acqua in tutte le stazioni. Fanno eccezione i fosfati che hanno concentrazioni inferiori a quelle autunnali, tranne, anche in questo caso, alle stazioni I15 MG7 a $0,5\text{m}$ e I15 MG 13 a $0,5$ e $12,5\text{m}$ (dove si rilevano concentrazioni di $0,195$, $0,176$ e $0,194\mu\text{M}$ rispettivamente). In generale le concentrazioni dei fosfati sono comprese tra $0,05$ e $0,1\mu\text{M}$. In Figura 55 sono riportati i profili verticali di ogni nutriente in tutte le stazioni ed è possibile vedere come la distribuzione sia abbastanza omogenea lungo la colonna d'acqua, salvo qualche caso già evidenziato, come i nitrati ed i fosfati alle stazioni I15 MG7 e I15 MG13, ed i silicati a $12,5\text{m}$ della stazione I15 MG6.

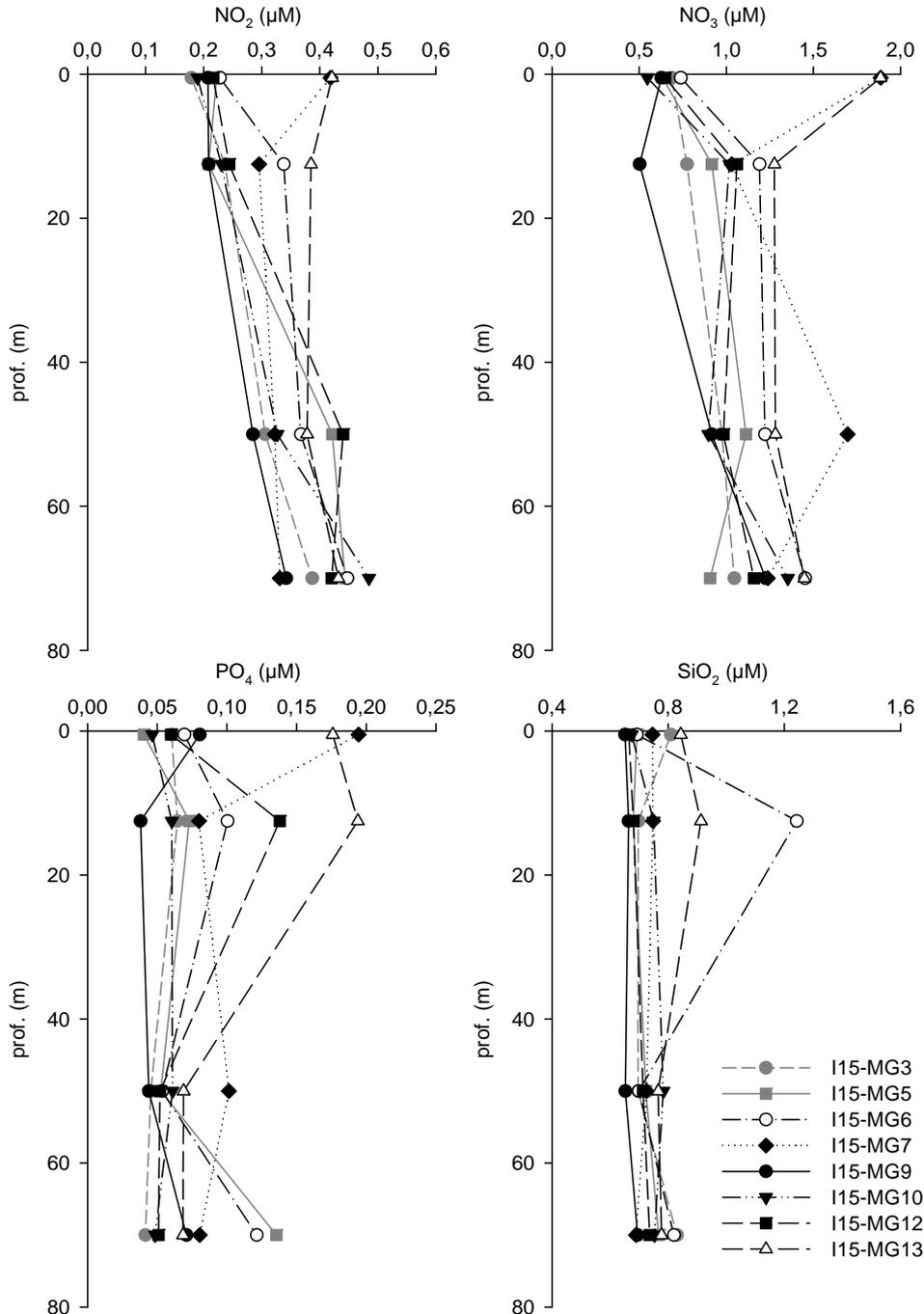


Figura 55 - Profili delle concentrazioni dei nutrienti inorganici disciolti: NO_2 (nitriti), NO_3 (nitrati), PO_4 (fosfati), SiO_2 (silicati).

Solidi sospesi (Total Suspended Matter)

Le concentrazioni di TSM in tutte le stazioni sono riportate in Tabella 40. Il valore medio generale è $1,189\text{ mg L}^{-1}$, il minimo è $0,91\text{ mg L}^{-1}$ alla stazione I15 MG12 a $12,5\text{m}$ ed il massimo è $2,18\text{ mg L}^{-1}$ alla stazione I15 MG6 a $12,5\text{m}$.

I profili batimetrici delle concentrazioni di TSM hanno un massimo pronunciato a 12,5m alle stazioni I15 MG6 ed I15 MG10. Le altre mostrano un andamento più omogeneo. Nella maggior parte delle stazioni il massimo è profondo a 70m (I15 MG3, I15 MG5, I15 MG7 I15 MG13), alla stazione I15 MG9 si colloca a 12,5m, mentre alla stazione I15 MG12 si trova a 50m.

I profili batimetrici della frazione organica di TSM (POM) nella maggior parte dei casi hanno forme simili a quelli di TSM. Le concentrazioni di POM sono comprese fra 0,08 e 0,54 mg L⁻¹ e i massimi si collocano generalmente a 12,5m, con un contributo al totale di TSM in media circa del 25,31% variando tra il 7,61 % (I15 MG5 70 m) ed il 38,27% (I15 MG13 12,5m) (Figura 56).

Prof. m	Stazione	TSM mg L ⁻¹	Stazione	TSM mg L ⁻¹
0,5	I15 MG3	1,053	I15 MG9	1,026
12,5		1,238		1,111
50		1,039		0,988
70		1,275		0,948
0,5	I15 MG5	0,996	I15 MG10	1,220
12,5		0,916		1,754
50		1,218		1,153
70		1,330		1,167
0,5	I15 MG6	1,053	I15 MG12	0,996
12,5		2,186		0,914
50		1,022		1,159
70		1,299		1,200
0,5	I15 MG7	0,990	I15 MG13	1,145
12,5		0,998		1,410
50		1,110		1,445
70		1,226		1,517

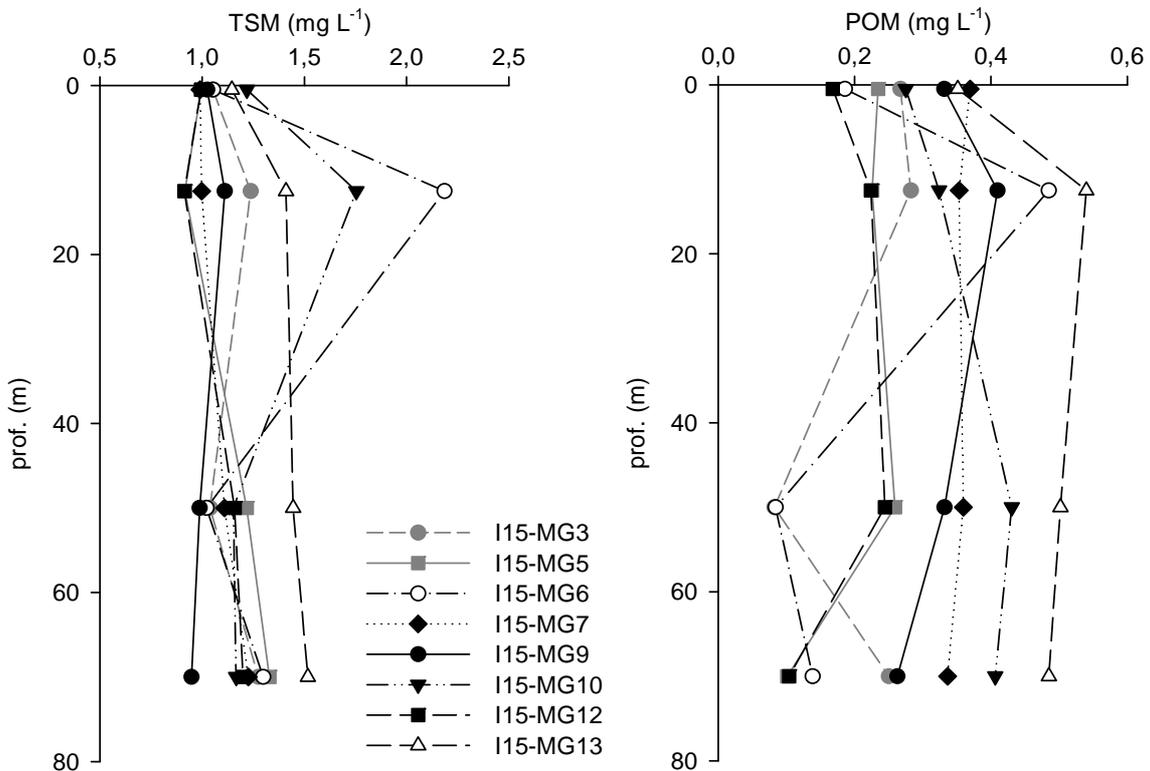


Figura 56- Profili delle concentrazioni dei solidi sospesi (TSM) e delle concentrazioni di particolato organico (POM) nelle diverse stazioni.

Sostanza Organica Disciolta Cromoforica (CDOM)

Gli assorbimenti della CDOM a 325 nm ($a_{CDOM}(325)$) sono in media 0,25 m⁻¹ e variano da un minimo di 0,162 m⁻¹ alla stazione I15 MG5, a 0,5m ad un massimo di 0,63 m⁻¹ alla stazione I15 MG13 a 12,5m (Tabella 41). Fra i profili batimetrici di $a_{CDOM}(325)$ emerge quello della stazione I15 MG13 che presenta i valori più alti ed un massimo di 0,63 m⁻¹ a 12,5m. Negli altri profili i valori sono abbastanza omogenei

lungo tutte le profondità, con scarse differenze fra le stazioni. I minimi sono quasi sempre in superficie tranne alla I15 MG12 in cui le concentrazioni più basse si trovano a 70m (Figura 57).

Tabella 41 - Assorbimento della CDOM alla lunghezza d'onda di 325 nm				
Prof. m.	Stazione	aCDOM(325) m ⁻¹	Stazione	aCDOM(325) m ⁻¹
0,5	I15 MG3	0,2318	I15 MG9	0,1650
12,5		0,2162		0,2139
50		0,2302		0,1923
70		0,2709		0,2131
0,5	I15 MG5	0,1624	I15 MG10	0,1875
12,5		0,2044		0,2268
50		0,2266		0,2011
70		0,2290		0,2117
0,5	I15 MG6	0,2023	I15 MG12	0,2525
12,5		0,2594		0,2757
50		0,2210		0,2795
70		0,2657		0,2155
0,5	I15 MG7	0,1918	I15 MG13	0,2878
12,5		0,2238		0,6252
50		0,2329		0,4819
70		0,2361		0,4552

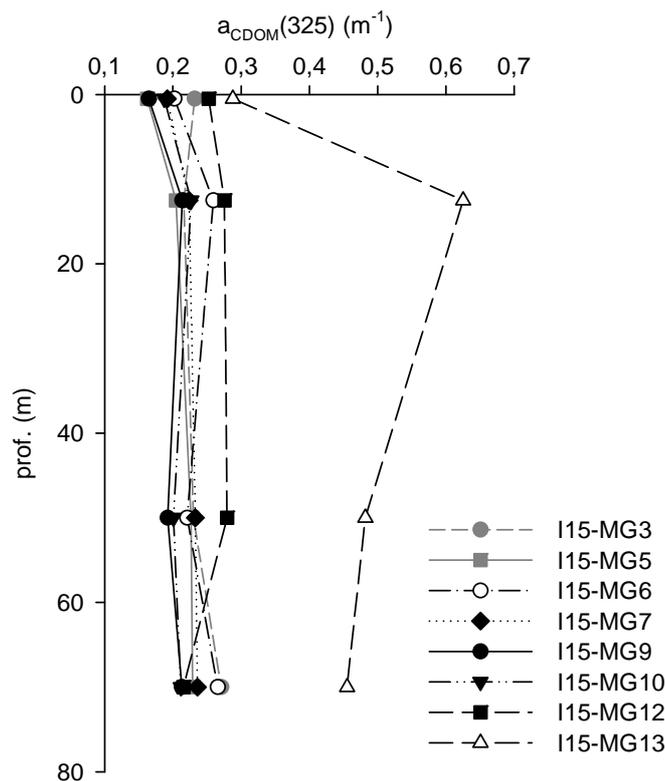


Figura 57- Profili degli assorbimenti della CDOM a 325 nm ($a_{CDOM}(325)$) nelle diverse stazioni.

Clorofilla *a* e diversità pigmentaria

La concentrazione di clorofilla *a* è in media 0,420 mg m⁻³ e varia da un minimo di 0,264 mg m⁻³ alla stazione I15 MG13 (0,5m) a un massimo di 0,542 mg m⁻³ alla stazione I15 MG7 (12,5 m) (Tabella 42), valori maggiori di quelli misurati in A14, come da aspettarsi per il periodo stagionale. I profili batimetrici (Figura 58) della maggior parte delle stazioni mostrano un massimo a 12,5m ad eccezione di I15 MG10 in cui il massimo si trova a 50m. Alla stazione I15 MG7 è presente un secondo aumento a 70m che raggiunge valori simili a quelli del massimo a 12,5m. Le concentrazioni minime, in quasi tutte le stazioni, si collocano in profondità a 70m tranne nella I15 MG7 e I15 MG13 in cui i minimi sono superficiali.

Tabella 42 - Clorofilla a totale (somma della clorofilla a, della Divinil Clorofilla a e della Alloclorofilla a, se presenti).				
Prof. m	Stazione	chl a tot mg m ⁻³	Stazione	chl a tot mg m ⁻³
0,5	I15 MG3	0,4430	I15 MG9	0,4144
12,5		0,4800		0,3904
50		0,3899		0,4546
70		0,3281		0,3840
0,5	I15 MG5	0,4416	I15 MG10	0,4423
12,5		0,4635		0,4117
50		0,4467		0,5352
70		0,3649		0,3135
0,5	I15 MG6	0,4785	I15 MG12	0,4588
12,5		0,5017		0,5102
50		0,4068		0,3623
70		0,3102		0,3065
0,5	I15 MG7	0,3327	I15 MG13	0,2642
12,5		0,5422		0,5089
50		0,4285		0,4160
70		0,5247		0,3877

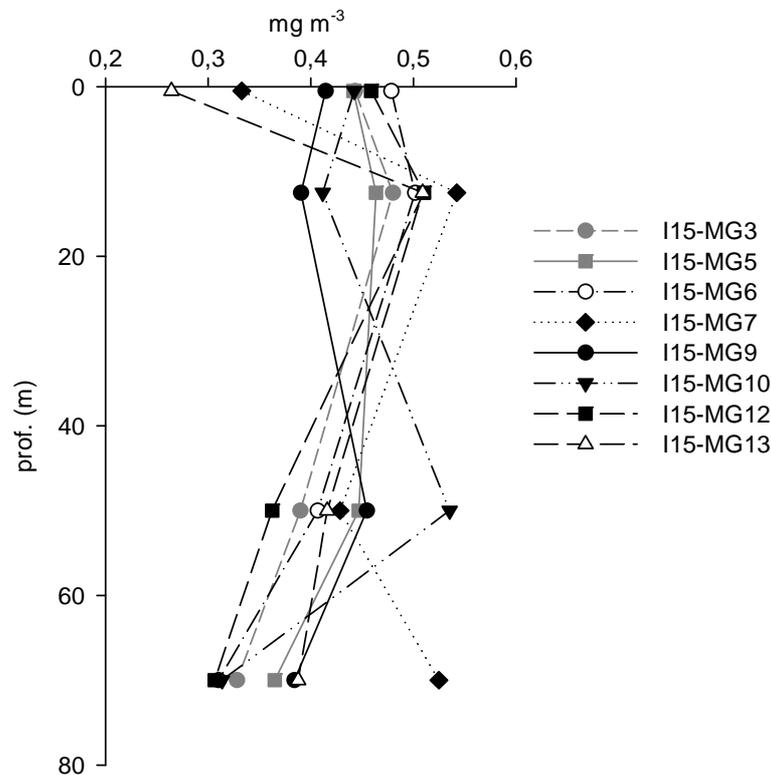


Figura 58 - Profili della concentrazione di clorofilla a tot, alle diverse stazioni.

Le concentrazioni dei nove pigmenti diagnostici principali (proporzionali alla biomassa dei gruppi tassonomici dei quali costituiscono i markers) sono riportate in Tabella 43.

Il pigmento a maggiore concentrazione media è la Hex-Fuco (media 0,0804, min 0,0360, max 0,113 mg m⁻³), segue la Chl b (media 0,065, min 0,047, max 0,088 mg m⁻³), la Zea (media 0,043, min 0,014, max 0,080 mg m⁻³), la But-Fuco (media 0,035, min 0,017, max 0,048 mg m⁻³), la Fuco (media 0,028, min 0,015, max 0,056 mg m⁻³), la DVA (media 0,013, min 0,003, max 0,029 mg m⁻³), la Prasino (media 0,013, min 0,008, max 0,023 mg m⁻³), la Allo (media 0,013, min 0,008, max 0,021 mg m⁻³) e la Perid (media 0,007, min 0,006, max 0,013 mg m⁻³).

Tabella 43 - Concentrazioni (mg m⁻³) dei principali pigmenti diagnostici fitoplanctonici (per le sigle vedere i metodi).

Stazione	Prof.m	Fuco	Perid	Hex-Fuco	But-Fuco	Prasino	Allo	Zea	DVA	Chl b
I15 MG3	0,5	0,0207	0,0078	0,1042	0,0382	0,0100	0,0163	0,0562	0,0178	0,0494
	12,5	0,0205	0,0071	0,0981	0,0391	0,0106	0,0158	0,0653	0,0254	0,0525
	50	0,0223	0,0073	0,0721	0,0352	0,0146	0,0099	0,0401	0,0271	0,0661
	70	0,0361	0,0079	0,0453	0,0236	0,0123	0,0115	0,0208	0,0035	0,0586
I15 MG5	0,5	0,0207	0,0090	0,1046	0,0393	0,0102	0,0123	0,0555	0,0295	0,0541
	12,5	0,0212	0,0069	0,1105	0,0423	0,0149	0,0135	0,0624	0,0244	0,0652
	50	0,0329	0,0068	0,0822	0,0353	0,0135	0,0145	0,0354	0,0183	0,0782
	70	0,0398	0,0078	0,0591	0,0307	0,0133	0,0119	0,0251	0,0133	0,0670
I15 MG6	0,5	0,0218	0,0081	0,1112	0,0421	0,0126	0,0135	0,0604	0,0161	0,0538
	12,5	0,0228	0,0072	0,1116	0,0456	0,0133	0,0161	0,0612	0,0159	0,0637
	50	0,0269	0,0073	0,0793	0,0416	0,0185	0,0136	0,0352	0,0118	0,0834
	70	0,0349	0,0073	0,0509	0,0262	0,0111	0,0116	0,0222	0,0060	0,0642
I15 MG7	0,5	0,0271	0,0068	0,0594	0,0248	0,0080	0,0129	0,0198	0,0076	0,0502
	12,5	0,0362	0,0130	0,1052	0,0456	0,0149	0,0188	0,0427	0,0064	0,0779
	50	0,0295	0,0078	0,0848	0,0387	0,0134	0,0140	0,0312	0,0106	0,0667
	70	0,0408	0,0085	0,1064	0,0488	0,0191	0,0193	0,0360	0,0139	0,0705
I15 MG9	0,5	0,0208	0,0072	0,0863	0,0321	0,0093	0,0110	0,0697	0,0036	0,0596
	12,5	0,0174	0,0078	0,0804	0,0345	0,0102	0,0108	0,0706	0,0130	0,0606
	50	0,0243	0,0077	0,0982	0,0447	0,0182	0,0131	0,0517	0,0233	0,0883
	70	0,0309	0,0063	0,0638	0,0398	0,0159	0,0084	0,0287	0,0116	0,0849
I15 MG10	0,5	0,0200	0,0079	0,0942	0,0337	0,0127	0,0092	0,0717	0,0168	0,0660
	12,5	0,0156	0,0074	0,0645	0,0288	0,0106	0,0089	0,0802	0,0143	0,0623
	50	0,0248	0,0062	0,1132	0,0434	0,0158	0,0129	0,0609	0,0178	0,0817
	70	0,0309	0,0085	0,0428	0,0273	0,0119	0,0081	0,0231	0,0116	0,0751
I15 MG12	0,5	0,0199	0,0078	0,1011	0,0399	0,0131	0,0122	0,0521	0,0092	0,0602
	12,5	0,0216	0,0070	0,1110	0,0481	0,0152	0,0163	0,0661	0,0191	0,0658
	50	0,0357	0,0078	0,0609	0,0310	0,0124	0,0132	0,0219	0,0131	0,0585
	70	0,0341	0,0083	0,0466	0,0233	0,0087	0,0100	0,0209	0,0108	0,0481
I15 MG13	0,5	0,0230	0,0077	0,0361	0,0171	0,0087	0,0112	0,0148	0,0043	0,0475
	12,5	0,0569	0,0086	0,0788	0,0379	0,0230	0,0214	0,0329	0,0134	0,0885
	50	0,0434	0,0066	0,0563	0,0290	0,0140	0,0156	0,0218	0,0085	0,0635
	70	0,0434	0,0065	0,0567	0,0285	0,0148	0,0155	0,0213	0,0090	0,0693

I rapporti dei singoli pigmenti rispetto alla somma totale dei diagnostici fornisce una stima della composizione tassonomica del popolamento fitoplanctonico (Figura 59). La composizione pigmentaria risulta abbastanza differenziata e nessun pigmento supera il 33% del totale dei pigmenti diagnostici. Il pigmento Hex-Fuco (marker delle Prymnesiophyceae coccolitofori) presenta un contributo percentuale medio del 26,2 %, quello minimo è del 17,9 % alla stazione I15 MG10 a 70m, mentre quello max è il 32,8 % a 0,5m alla stazione I15 MG6. La Chl b (indicatore delle Chlorophyta) è in media il 22 %. In generale mostra percentuali più basse negli strati superficiali con i valori minimi che raggiungono il 15,4 % a 0,5m alla stazione I15 MG3; il massimo (31,4 %) si colloca a 70m alla stazione I15 MG10. Alle stazioni I15 MG7 e I15 MG13 la Chl b presenta le percentuali massime in superficie. La Zea (marker delle forme assimilabili al genere *Synechococcus*) è in media il 13,9 %, i suoi massimi in genere si collocano prevalentemente in superficie e a 12,5m e raggiungono il 27,4 % alla stazione I15 MG10 12,5m; i minimi sono profondi e raggiungono circa l'8 % alla stazione I15 MG13 a 70m. In questa stazione la Zea mostra basse percentuali a tutte le profondità. La Fuco (marker delle Diatomee) è presente con valori medi di circa il 10 %, (max 16,8 % stazione I15 MG13 50 m) e minimi 5,3 % alla stazione I15 MG10 12,5m. La But-Fuco (marker di Dictyochophyceae, Chrysophyceae, Prymnesiophyceae non Coccolitofori) è presente con una frazione percentuale in media del 11,7 % (massimo 13,7% e minimo 9,8%). La DVA (marker del genere *Prochlorococcus*) è in media il 4,5 %, al massimo raggiunge il 9,2 %. La Allo (marker delle Cryptophyceae) in media è il 4,5%, al massimo arriva a 6,6% (minimo 2,8%). La Prasino (marker delle Prasinophyceae) rappresenta in media il 4,4% (max 6,4% e min 3,1%). La Perid (marker dei Dinoflagellati) è presente con una percentuale media del 2,6 %, al massimo raggiunge il 4,5 % e come minimo è il 1,6%. La frazione picoplanctonica totale relativa ai cianobatteri, costituita dalla somma di Zea (marker delle forme assimilabili al genere *Synechococcus*) e DVA (marker del genere *Prochlorococcus*), risulta in media il 18,4 % del totale dei pigmenti diagnostici, più bassa rispetto ad A14 probabilmente in relazione alla diversa stagione. La diversità pigmentaria non presenta differenze evidenzianti tra le diverse stazioni.

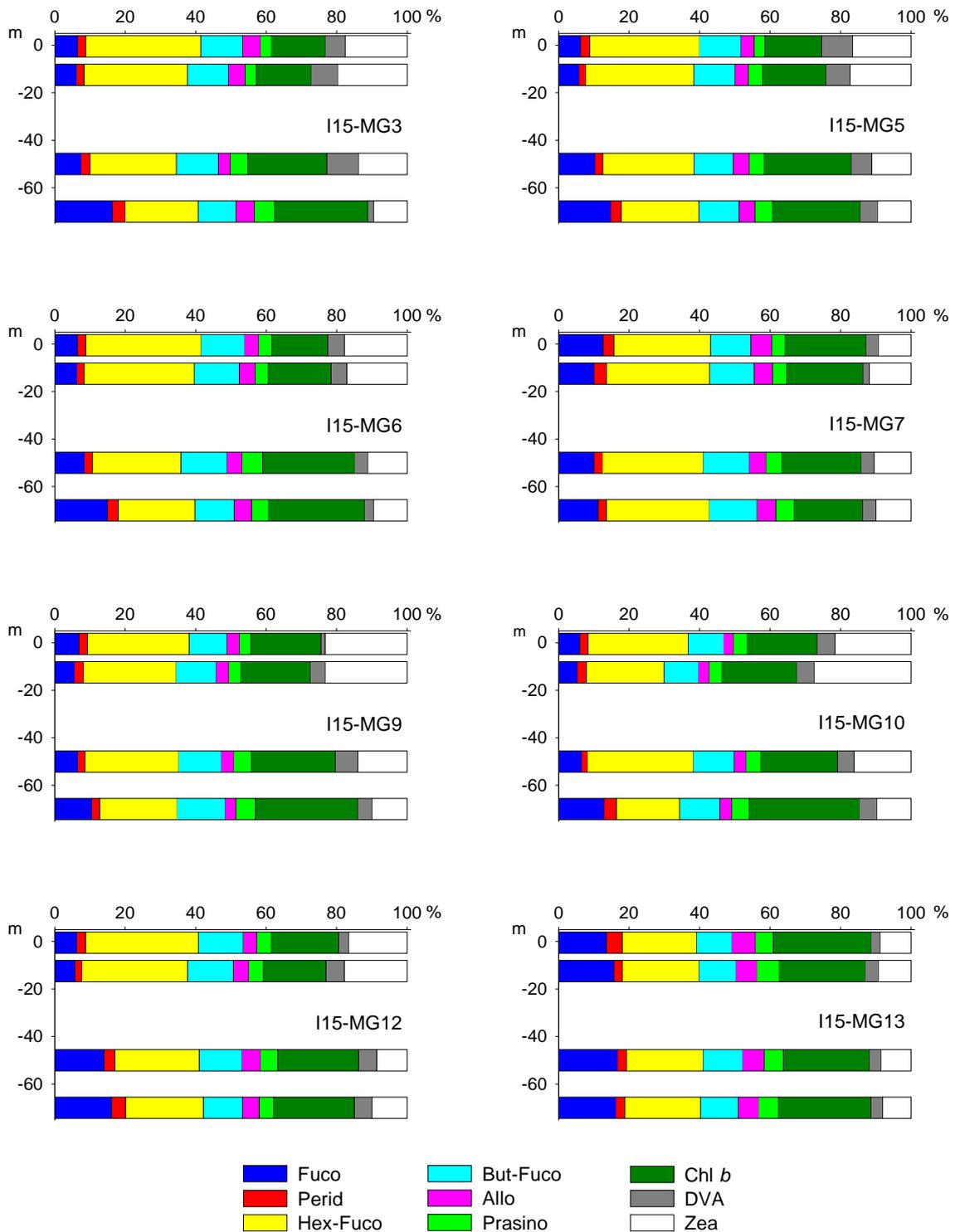


Figura 59 – Istogrammi della composizione percentuale di ognuno dei singoli pigmenti diagnostici in rapporto al totale delle concentrazione dei nove Pigmenti Diagnostici (PD= Fuco+Perid+Hex-Fuco+But-Fuco+Allo+Prasino+Chl**b**+DVA+Zea).

Tensioattivi

Le concentrazioni dei tensioattivi non ionici (Tabella 44) risultano al di sotto del limite di quantificazione della metodica. Al contrario sono presenti i tensioattivi anionici in modeste concentrazioni.

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	I15 MG3				I15 MG5				I15 MG6				I15 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	0,29	0,37	0,35	0,2	0,29	0,24	0,3	0,33	0,26	0,54	0,34	0,33	0,21	0,25	0,36	0,44
tensioattivi non ionici	0,054	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	0,05	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
Profondità	I15 MG9				I15 MG10				I15 MG12				I15 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	0,28	0,29	0,28	0,25	0,21	0,29	0,08	0,23	0,36	0,1	0,34	0,42	0,26	0,37	0,16	0,4
tensioattivi non ionici	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	0,054	< 0,03	< 0,03	0,05	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03

Cloroderivati

I risultati della ricerca dei cloroderivati sono riportati nella Tabella 45. Gli unici composti rilevati sono il 1,1,1-tricloro-2-propanone e il bromoformio.

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

Profondità (m)	I15 MG3				I15 MG5				I15 MG6				I15 MG7			
	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70
Acidi aloacetici (µg/l)																
Dalapon	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Dibromoacetico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Tribromoacetico	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
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	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Acido Clorodibromoacetico	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Aloacetoni nitrili (µg/l)																
Dibromoacetoni nitrile	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Dichloroacetoni nitrile	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Tricloroacetoni nitrile	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
1,1,1-Tricloro-2-Propanone	0,3	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,3	0,3	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,9	<0,2	0,2
1,1-Dicloro-2-Propanone	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Cloropicrina	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Alometani e VOC (µg/l)																
Cloroformio	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Carbonio Tetracloruro	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Tricloro Etilene	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Dicloro Bromo Metano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Tetracloro Etilene	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Dibromo Cloro Metano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Bromoformio	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,2-Dibromo Etano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,1,1-Tricloro Etano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,1,2-Tricloro Etano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Alofenoli (µg/l)																
2,4-Diclorofenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
4-Cloro-3-Metilfenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
2,4,6-Triclorofenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Pentaclorofenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Profondità (m)	I15 MG9				I15 MG10				I15 MG12				I15 MG13			
	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70	0,5	12,5	50	70
Acidi aloacetici (µg/l)																
Dalapon	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acido Dibromoacetico	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5

Tabella 45 - Concentrazione dei cloroderivati nelle acque. I livelli indicano la profondità di prelievo del campione.																
Acido Tribromoacetico	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
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	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Acido Clorodibromoacetico	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Aloacetoni nitrili (µg/l)																
Dibromoacetone nitrile	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Dichloroacetone nitrile	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Tricloroacetone nitrile	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
1,1,1-Tricloro-2-Propanone	0,5	<0,2	0,5	0,4	<0,2	<0,2	0,6	0,4	0,4	1,0	0,7	0,4	0,5	0,5	0,8	1,0
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
Cloropirrina	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Alometani e VOC (µg/l)																
Cloroformio	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Carbonio Tetracloruro	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Tricloro Etilene	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Dicloro Bromo Metano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Tetracloro Etilene	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Dibromo Cloro Metano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Bromoformio	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,2-Dibromo Etano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,1,1-Tricloro Etano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,1,2-Tricloro Etano	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Alofenoli (µg/l)																
2,4-Diclorofenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
4-Cloro-3-Metilfenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
2,4,6-Triclorofenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Pentaclorofenolo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2

Idrocarburi totali

Nella Tabella 46 sono riportati i risultati ottenuti dalla ricerca degli idrocarburi totali. Questi contaminanti sono risultati assenti.

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.																
I15 MG3				I15 MG5				I15 MG6				I15 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	
<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	
I15 MG9				I15 MG10				I15 MG13				I15 MG12				
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	
<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	

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.								
	I15 MG3	I15 MG5	I15 MG6	I15 MG7	I15 MG9	I15 MG10	I15 MG13	I15 MG12
Coliformi fecali	-	-	-	-	-	-	-	-
Streptococchi fecali (enterococchi)	-	-	-	-	-	-	-	-
Coliformi totali	-	-	-	6,4	-	-	-	-

4.1.3 Plancton

4.1.3.1 Fitoplancton

Analisi quantitativa e qualitativa del fitoplancton da bottiglia

Le comunità fitoplanctoniche mostrano densità (Tabella 48) comprese tra $59 \cdot 10^3 \text{ cell L}^{-1}$ (I15 MG10, 12,5 m) e $100 \cdot 10^3 \text{ cell L}^{-1}$ (I15 MG6 a 0,5m), con una media di $74 \cdot 10^3 \text{ cell L}^{-1}$, maggiori quindi rispetto ad A14, come tendenzialmente atteso dal periodo stagionale. I profili verticali (Figura 60) mostrano in generale massimi in superficie e abbondanze minime in profondità (I15 MG7 mostra un leggero aumento in senso opposto).

Per quanto riguarda le densità delle singole classi fitoplanctoniche, si nota che le diatomee (in media circa $11,9 \cdot 10^3 \text{ cell L}^{-1}$) arrivano al massimo a $25 \cdot 10^3 \text{ cell L}^{-1}$ (I15 MG13 a 12,5m) con un contributo medio del 16,59%. I dinoflagellati mostrano densità più basse (in media circa $3,8 \cdot 10^3 \text{ cell L}^{-1}$) con un contributo medio di circa il 5,39%. I coccolitofori (in media $18,3 \cdot 10^3 \text{ cell L}^{-1}$) non superano mai $31,3 \cdot 10^3 \text{ cell L}^{-1}$ e rappresentano in media il 24,2%

Il raggruppamento "Altro plancton", (in media circa $40,6 \cdot 10^3 \text{ cell L}^{-1}$) presenta le densità maggiori e rappresenta in media il 53,7% del popolamento invernale (Figura 60).

Si conferma quindi la differenziazione tassonomica visibile anche dalla diversità pigmentaria, nella quale un contributo prevalente è dato dai coccolitofori (*Emiliania huxleyi* in particolare) e dalla presenza di altre classi in percentuale minore, qui raggruppate nella categoria "Altro".

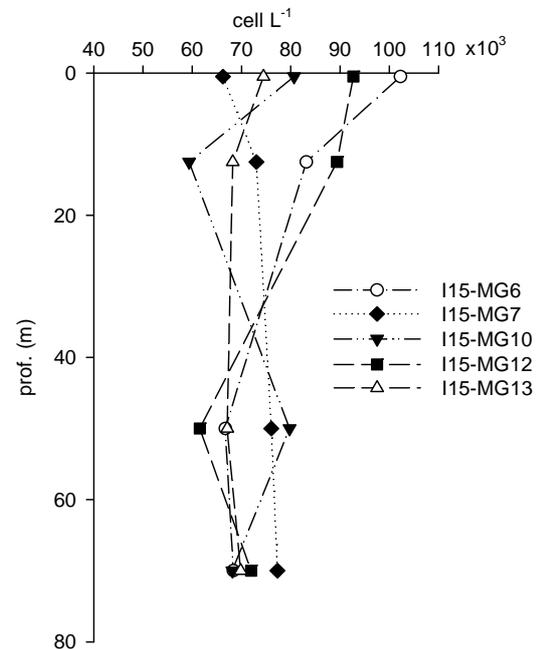

 Figura 60 - Profili verticali delle densità fitoplanctoniche totali ($\text{cell L}^{-1} \cdot 10^3$) nelle diverse stazioni.

Tabella 48 - Densità fitoplanctonica totale e delle classi o gruppi identificati ($\text{cell L}^{-1} \cdot 10^3$)						
Stazione	prof. (m)	Diatomee	Dinoflagellati	Coccolitofori	Altro	Totale
I15 MG6	0,5	9,22	2,54	31,34	59,15	102,25
	12,5	7,04	2,95	26,09	47,08	83,16
	50	6,93	5,88	18,88	35,02	66,71
	70	16,92	6,93	13,39	31,10	68,34
I15 MG7	0,5	8,62	3,99	15,29	38,35	66,25
	12,5	9,69	4,06	15,75	43,52	73,02
	50	12,68	2,59	21,99	38,80	76,05
	70	10,66	4,61	17,43	44,59	77,30
I15 MG10	0,5	5,90	2,55	19,05	53,18	80,68
	12,5	3,66	0,99	15,84	38,87	59,36
	50	7,63	4,61	21,52	46,00	79,76
	70	18,64	5,03	14,62	29,84	68,14
I15 MG12	0,5	7,45	2,81	23,78	58,67	92,71
	12,5	6,91	1,94	25,22	55,33	89,40
	50	17,04	5,00	18,31	21,20	61,54
	70	11,40	8,79	17,30	34,47	71,96
I15 MG13	0,5	15,61	1,44	14,37	43,04	74,46
	12,5	25,04	2,51	11,93	28,74	68,22
	50	18,29	4,47	10,79	33,55	67,11
	70	19,40	4,31	13,59	32,54	69,84

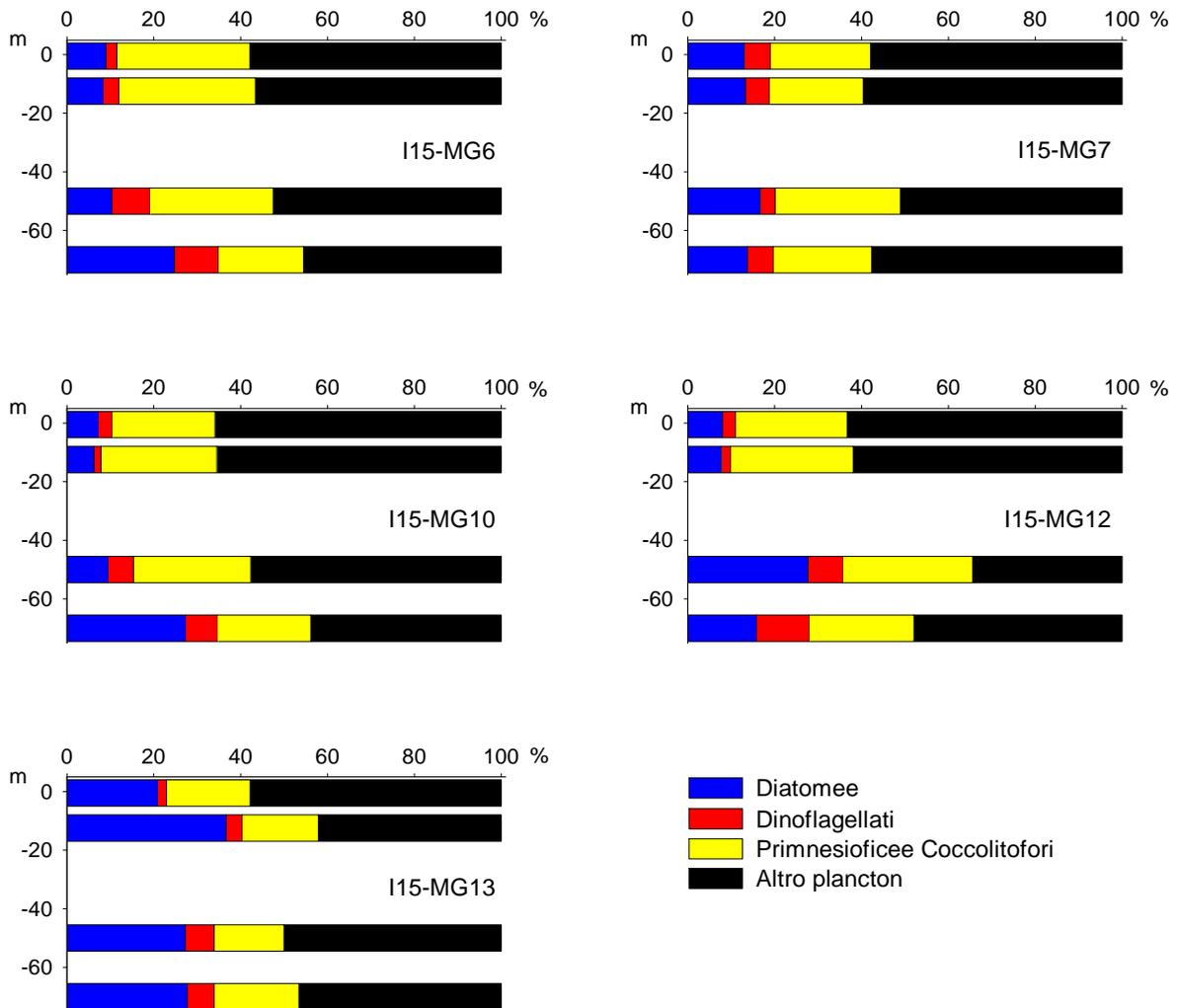


Figura 61- Abbondanza relativa delle classi fitoplanctoniche indicate in legenda nelle diverse stazioni.

In Tabella 49 è mostrata la distribuzione all'interno delle diverse classi di appartenenza dei 133 taxa (più la categoria dei "flagellati non identificati") individuati durante le analisi. I taxa appartengono principalmente a diatomee, dinoflagellati e coccolitofori. La comunità fitoplanctonica invernale si delinea con la maggior parte dei taxa presenti solo saltuariamente e con densità scarse (94 presenti in meno del 50% dei campioni) e con pochi taxa quasi sempre presenti con densità elevate (40 taxa presenti in più del 50% dei campioni). L'indice di diversità di Shannon varia tra 2,9 e 3,8 bit cell⁻¹ mentre l'equitabilità varia tra 0,56 e 0,70, indici di comunità dominate da pochi taxa molto abbondanti. *Emiliana huxleyi* (coccolitofori) infatti è la specie che domina in quasi tutti i campioni, seguita soprattutto da Cryptophyceae sp., *Plagioselmis prolunga*, *Phaeocystis* sp., *Cylindrotheca closterium*, e nanoflagellati di diversa collocazione tassonomica (*Paulinella ovalis*, *Leucocryptos marina*, *Telonema* sp.) (Tabella 32).

Tabella 49 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni osservati.			
Classe	Specie	Generi	Categorie superiori*
Diatomee	30	11	4
Dinoflagellati	33	2	4
Prymnesiophyceae coccolitofori	23	5	1
Cryptophyceae	1		1
Chrysophyceae/Dictyochophyceae	5		
Euglenoidea/Chlorophyta			2
Prasinophyceae	2	2	
Prymnesiophyceae non coccolitofori		1	
Altro	5	1	
Totale	99	22	12

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

Tabella 50 - Lista dei taxa individuati dalle analisi quantitative microscopiche		
DIATOMEE		
Amphiprora gigantea var. sulcata (O'Meara) Cleve 1894	Guinardia delicatula (Cleve) Hasle, 1997	Pleurosigma spp.
Asterionellopsis glacialis (Castracane) Round 1990	Guinardia striata (Stolterfoth) Hasle 1996	Psammodictyon panduriforme (Gregory) Mann 1990
Chaetoceros affinis Lauder 1864	Leptocylindrus danicus Cleve 1889	Pseudo-nitzschia delicatissima (Cleve) Heiden 1928
Chaetoceros neogracile Van Landingham 1968	Lithodesmium undulatum Ehrenberg 1839	Pseudo-nitzschia galaxiae Lundholm & Moestrup 2002
Cylindrotheca closterium (Ehrenberg) Reimann & Lewin 1964	Navicula spp.	Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima (Hasle) Hasle 1993
Diatomee centriche < 20 µm n.i.	Neocalyptrella robusta (Norman ex Ralfs) Hernández-Becerril & Meave del Castillo 1997	Rhizosolenia imbricata Brightwell 1858
Diatomee centriche > 20 µm n.i.	Nitzschia (sez. sigmatae) sp.	Skeletonema menzeli Guillard Carpenter & Reimann 1974
Diatomee pennate < 20 µm n.i.	Nitzschia bicapitata Cleve 1901	Stauroneis sp.
Diatomee pennate > 20 µm n.i.	Nitzschia bilobata Smith 1853	Suirella sp.
Diploneis crabro (Ehrenberg) Ehrenberg 1854	Nitzschia spp.	Tabularia gailionii (Bory de Saint-Vincent) Bukhtiyarova 1995
Diploneis didyma (Ehrenberg) Ehrenberg 1845	Plagiotropis sp.	Thalassionema cf. bacillare (Heiden) Kolbe 1955
Diploneis spp.	Pleurosigma angulatum (Quekett) Smith 1852	Thalassionema frauenfeldii (Grunow) Hallegraeff 1986
Entomoneis spp.	Pleurosigma intermedium Smith 1853	Thalassionema nitzschioides (Grunow) Mereschkowsky 1902
Fragilariopsis doliolus (Wallich) Medlin & Sims 1993	Pleurosigma normanii Ralfs 1861	Thalassiosira cf. nordenskiöldii Cleve 1873
Fragilariopsis spp.	Pleurosigma rigidum Smith 1853	Thalassiosira spp.
DINOFLLAGELLATI		
Alexandrium cf. minutum Halim 1960	Gyrodinium fusiforme Kofoid & Swezy 1921	Oxytoxum scolopax Stein 1883
Amphidinium cf. globosum Schröder 1911	Heterocapsa minima Pomroy 1989	Oxytoxum sphaeroideum Stein 1883
Amphidinium cf. sphenoides Wulff 1916	Heterocapsa niei (Loeblich III) Morrill & Loeblich III 1981	Oxytoxum variabile Schiller 1937
Amphidinium spp.	Heterocapsa rotundata (Lohmann) Hansen 1995	Oxytoxum viride Schiller 1937
Cochlodinium pulchellum Lebour 1917	Heterocapsa triquetra (Ehrenberg) Stein 1883	Phalacroma rotundatum (Claparède & Lachmann) Kofoid & Michener 1911
Cochlodinium sp.	Karenia papilionacea Haywood & Steidinger 2004	Pronoctiluca pelagica Fabre-Domergue 1889
Dicroerisma psilonereia Taylor & Cattell 1969	Lessardia elongata Saldarriga & Taylor 2003	Prorocentrum balticum (Lohmann) Loeblich 1970
Dinoflagellati tecati < 20 µm n.i.	Lingulodinium polyedrum (Stein) Dodge 1989	Prorocentrum compressum (Bailey) Abé ex Dodge 1975
Dinoflagellati tecati > 20 µm n.i.	Mesoporos perforatus (Gran) Lillick 1937	Prorocentrum triestinum Schiller 1918
Dinophysis parva Schiller 1928	Neoceratium compressum (Gran) Gómez, Moreira & López-García 2010	Protoperidinium cf. globulus (Stein) Balech 1974
Gymnodiniaceae < 20 µm n.i.	Neoceratium furca (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	Protoperidinium depressum (Bailey) Balech 1974
Gymnodiniaceae > 20 µm n.i.	Neoceratium fusus (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	Torodinium robustum Kofoid & Swezy 1921
Gyrodinium aciculatum Hansen & Larsen 1992	Neoceratium pentagonum (Gourret) Gómez, Moreira & López-García 2010	
PRYMNESIOPHYCEAE COCCOLITOFORI		
Acanthoica quattrosina Lohmann 1903	Coccolitofori < 10 µm n.i.	Pontosphaera sp.
Acanthoica sp.	Corisphaera spp.	Scyphosphaera apsteinii Lohmann 1902
Algirosphaera robusta (Lohmann) Norris 1984	Coronosphaera binodata (Kamptner) Gaarder 1977	Sphaerocalyptra quadridentata (Schiller) Deflandre 1952
Calcidiscus leptoporus (Murray & Blackman) Loeblich & Tappan 1978	Coronosphaera mediterranea (Lohmann) Gaarder 1977	Syracosphaera cf. molischii Schiller 1925
Calcidiscus sp.	Cyrtosphaera aculeata (Kamptner) Kleijne 1992	Syracosphaera histrica Kamptner 1941
Calciosolenia brasiliensis (Lohmann) Young 2003	Discosphaera tubifer (Murray & Blackman) Ostenfeld 1900	Syracosphaera pulchra Lohmann 1902
Calciosolenia murrayi Gran 1912	Emiliana huxleyi (Lohmann) Hay & Mohler 1967	Syracosphaera sp.
Calyptosphaera sphaeroidea Schiller 1913	Helicosphaera carterii (Wallich) Kamptner 1954	Umbilicosphaera sibogae (Weber-van Bosse) Gaarder 1970
Ceratolithus cristatus Kamptner 1950	Helladosphaera cornifera (Schiller) Kamptner 1937	Zigosphaera hellenica Kamptner 1937
Coccolithus pelagicus (Wallich) Schiller 1930	Ophiaster hydroideus (Lohmann) Lohmann 1913	
CRYPTOPHYCEAE		
Cryptophyceae n.i.	Plagioselmis prolunga Butcher ex Novarino, Lucas & Morrall 1994	
CHRYSOPHYCEAE/DICTYOCOPHYCEAE		
Apedinella radians (Lohmann) Campbell 1973	Meringosphaera mediterranea Lohmann 1902	Ollicola vangoorii (Conrad) Vørs 1992
Dictyocha fibula Ehrenberg 1839	Mesocena polymorpha var. biseptenaria Gemeinhardt	
CHLOROPHYTA		
Chlorophyta n.i.	Euglenoidea n.i.	
PRASINOPHYCEAE		
Halosphaera viridis Schmitz 1878	Pyramimonas spp.	
Pseudoscurfieldia marina (Thronsdon) Manton 1975	Tetraselmis sp.	
PRYMNESIOPHYCEAE NON COCCOLITOFORI		
Phaeocystis forma coloniale	Phaeocystis sp.	
ALTRO		
Flagellati indeterminati < 10 µm	Hermesinum adriaticum Zacharias 1906	Telonema sp.
Commatum cryporinum Thomsen & Larsen 1993	Leucocryptos marina (Braarud) Butcher 1967	
Ebria tripartita (Schumann) Lemmermann 1899	Paulinella ovalis (Wulff) Johnson, Hargraves & Sieburth 1988	

Analisi qualitativa del fitoplancton da retino

Per l'identificazione della comunità microfitorplanctonica lungo tutta la colonna d'acqua, sono stati raccolti con retino 5 campioni nelle stazioni I15 MG6, I15 MG7, I15 MG10, I15 MG12 e I15 MG13.

Sono stati individuati 142 taxa, di cui 121 identificati a livello di specie, 17 taxa a livello di genere e 4 categorie soprageneriche (Tabella 51). Considerando il numero di taxa per ogni classe nell'insieme di tutte le stazioni, 55 appartengono alle diatomee, 65 alle dinofitee, 16 ai coccolitofori, mentre per la componente "altro plancton" sono state identificate 4 taxa appartenenti alle Dictyochophyceae, 2 alle Chrysophyceae ed 1 genere appartenente alla classe Prymnesiophyceae non coccolitofori (Tabella 31). La numerosità dei taxa individuati in ogni stazione va da 60 nella stazione I15 MG10, a 87 in I15 MG13. Non si sono evidenziate particolari differenze nelle diverse stazioni.

Tabella 51 - Numero di specie, generi e altre categorie tassonomiche individuate per ogni classe o raggruppamento fitoplanctonico nei campioni osservati durante il campionamento I15.

Classe	Specie	Generi	Categorie superiori*
Diatomee	41	12	2
Dinoflagellati	60	3	2
Prymnesiophyceae coccolitofori	16		
Dictyochophyceae	3	1	
Chrysophyceae	1		
Prymnesiophyceae non coccolitofori		1	
Totale	121	17	4

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

Tabella 52 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni I15-MG6, I15-MG7, I15-MG10, I15-MG12 e I15-MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13).

Specie	6	7	10	12	13	Specie	6	7	10	12	13	
DIATOMEE												
<i>Amphiprora gigantea</i> var. <i>sulcata</i> (O'Meara) Cleve 1894		x		x	x	<i>Navicula directa</i> (Smith) Ralfs 1861		x	x		x	
<i>Asteromphalus parvulus</i> Karsten 1905	x	x	x	x	x	<i>Navicula</i> (sez. <i>lyrateae</i>) spp.			x		x	
<i>Asterolampra marylandica</i> Ehrenberg 1844				x		<i>Navicula</i> spp.		x	x	x	x	
<i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castracane) Round 1990	x	x	x	x	x	<i>Navicula transitans</i> var. <i>derasa</i> (Grunow) Cleve 1883		x	x	x		
<i>Bacteriastrum</i> spp.		x		x		<i>Neocalyptralla robusta</i> (Norman ex Ralfs) Hernández-Becerril & Meave del Castillo 1997		x		x	x	
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey 1937	x	x		x	x	<i>Nitzschia sicula</i> (Castracane) Hustedt			x		x	
<i>Chaetoceros coarctatus</i> Lauder 1864					x	<i>Nitzschia sigma</i> (Kützing) Smith 1853			x			
<i>Chaetoceros danicus</i> Cleve 1889			x			<i>Nitzschia socialis</i> Gregory 1857			x			
<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve 1873					x	<i>Nitzschia</i> spp.		x	x	x	x	
<i>Chaetoceros neogracile</i> Van Landingham 1968			x		x	<i>Odontella mobilensis</i> (Bailey) Grunow 1884			x		x	
<i>Chaetoceros</i> spp.	x	x	x	x	x	<i>Plagiotropis</i> sp.		x	x	x	x	
<i>Coscinodiscus centralis</i> Ehrenberg 1844	x					<i>Pleurosigma angulatum</i> (Queckett) Smith 1852		x	x	x	x	
<i>Coscinodiscus granii</i> Gough 1905	x	x		x	x	<i>Pleurosigma normanii</i> Ralfs 1861		x	x	x	x	
<i>Coscinodiscus</i> spp.		x				<i>Pleurosigma</i> spp.		x		x	x	
<i>Cyclotella</i> sp.	x	x				<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström 1986				x		
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & Lewin 1964	x	x	x	x	x	<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle 1993		x	x		x	
<i>Dactyliosolen blavyanus</i> (Peraçallo) Hasle 1975					x	<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultze) Sundström 1986					x	
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i> (Bergon) Hasle 1996		x				<i>Rhizosolenia imbricata</i> Brightwell 1858			x			
Diatomee centriche n.i.					x	<i>Rhizosolenia styliformis</i> Brightwell 1858					x	
Diatomee pennate n.i.			x			<i>Suriella fastuosa</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1843				x	x	
<i>Diploneis</i> spp.	x	x	x	x	x	<i>Tabularia gaillonii</i> (Bory de Saint-Vincent) Bukhtiyarova 1995		x	x	x	x	
<i>Entomoneis</i> spp.		x			x	<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Hallegraeff 1986		x	x	x	x	
<i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle 1996				x	x	<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky 1902		x	x	x	x	
<i>Haslea wawriakae</i> (Hustedt) Simonsen 1974	x	x	x	x	x	<i>Thalassiosira</i> spp.		x	x	x	x	
<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow ex Van Heurck 1882	x	x	x	x	x	<i>Toxarium undulatum</i> Bailey 1854			x		x	
<i>Hemidiscus cuneiformis</i> Wallich 1860				x	x	<i>Trigonium alternans</i> (Bailey) Mann 1907					x	
<i>Licmophora gracilis</i> (Ehrenberg) Grunow 1867		x				<i>Tryblionella compressa</i> (Bailey) Poulin 1990			x		x	
<i>Lithodesmium undulatum</i> Ehrenberg 1839					x							
DINOFLAGELLATI												
<i>Actiniscus pentasterias</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1844			x			<i>Neoceratium macroceros</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010					x	x
<i>Alexandrium</i> spp.	x	x	x	x		<i>Neoceratium pentagonum</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-García 2010		x		x	x	x
<i>Azadinium caudatum</i> (Halldal) Nézan et Chomérat	x	x	x	x	x	<i>Neoceratium symmetricum</i> (Pavillard) Gómez, Moreira & López-García 2010		x		x		
<i>Ceratium limulus</i> (Pouchet) Gourret 1883					x	<i>Neoceratium trichoceros</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010						x
<i>Ceratium massiliense</i> var. <i>armatum</i> (Karsten) Jörgensen 191		x		x		<i>Neoceratium tripos</i> (Müller) Gómez, Moreira & López-García 2010						x
<i>Ceratium symmetricum</i> var. <i>coarctatum</i> (Pavillard) Graham & Bronnikovskiy 1944		x				<i>Ornithocercus magnificus</i> Stein 1883						x
<i>Cochlodinium</i> cf. <i>pupa</i> Lebour 1925	x			x		<i>Oxytoxum adriaticum</i> Schiller 1937				x		
<i>Cochlodinium</i> sp.					x	<i>Oxytoxum constrictum</i> (Stein) Bütschli 1885		x				
<i>Dicroerisma psilonereia</i> Taylor & Cattell 1969		x			x	<i>Oxytoxum crassum</i> Schiller 1937		x	x		x	x
Dinoflagellati tecati n.i.	x	x	x	x	x	<i>Oxytoxum laticeps</i> Schiller 1937		x				
<i>Dinophysis ovum</i> (Schütt) Abé					x	<i>Oxytoxum scolopax</i> Stein 1883		x	x	x	x	x
<i>Dinophysis parva</i> Schiller 1928			x		x	<i>Oxytoxum sphaeroideum</i> Stein 1883				x		x
<i>Diplopsalis</i> spp.		x			x	<i>Phalacroma rotundatum</i> (Claparède & Lachmann) Kofoid & Michener 1911		x			x	x
<i>Goniodoma polyedricum</i> (Pouchet) Jörgensen 1899	x	x	x	x	x	<i>Podolampas palmipes</i> Stein 1883				x	x	x
<i>Gonyaulax scrippsae</i> Kofoid 1911					x	<i>Prorocentrum spiniferum</i> (Lohmann) Schiller 1932		x				
<i>Gymnodiniaceae</i> n.i.	x	x	x	x	x	<i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) Abé ex Dodge 1975		x	x	x	x	x
<i>Gyrodinium aciculatum</i> Hansen & Larsen 1992	x	x	x	x		<i>Prorocentrum dentatum</i> Stein 1883						x
<i>Gyrodinium fusiforme</i> Kofoid & Swezy 1921	x	x	x	x		<i>Prorocentrum gracile</i> Schütt 1895						x
<i>Histioneis detonii</i> Rampi 1947	x	x	x	x		<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg 1833		x	x	x	x	x
<i>Histioneis subcarinata</i> Rampi 1947					x	<i>Protoceratium reticulatum</i> (Claparède & Lachmann) Bütschli 1885				x		x
<i>Mesoporos adriaticus</i> (Schiller) Lillick	x	x	x	x	x	<i>Protoperidinium breve</i> Paulsen 1907		x			x	x
<i>Mesoporos perforatus</i> (Gran) Lillick 1937	x	x	x	x	x	<i>Protoperidinium globulus</i> (Stein) Balech 1974				x		
<i>Micracanthodinium setiferum</i> (Lohmann) Deflandre 1937					x	<i>Protoperidinium crassipes</i> (Kofoid) Balech 1974		x			x	
<i>Minuscula bipes</i> (Paulsen) Lebour 1925			x		x	<i>Protoperidinium divergens</i> (Ehrenberg) Balech 1974						x
<i>Nematodinium torpedo</i> Kofoid & Swezy 1921	x			x	x	<i>Protoperidinium leonis</i> (Pavillard) Balech 1974						x
<i>Neoceratium belone</i> (Cleve) F. Gómez, D. Moreira & P. López-García 2010					x	<i>Protoperidinium oceanicum</i> (VanHöffen) Balech 1974						x

Tabella 52 - Lista dei taxa dalle analisi qualitative dei campioni raccolti con retino nelle stazioni I15-MG6, I15-MG7, I15-MG10, I15-MG12 e I15-MG13 (indicate come 6, 7, 10, 12 e 13).										
<i>Neoceratium candelabrum</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010				x		<i>Protopteridinium ovatum</i> Pouchet 1883				x
<i>Neoceratium compressum</i> (Gran) Gómez, Moreira & López-García 2010	x					<i>Protopteridinium ovum</i> (Schiller) Balech 1974				x
<i>Neoceratium declinatum</i> (Karsten) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x		x		<i>Protopteridinium steinii</i> (Jørgensen) Balech 1974			x	x x
<i>Neoceratium extensum</i> (Gourret) Gómez, Moreira & López-García 2010	x					<i>Protopteridinium tuba</i> (Schiller) Balech 1974			x	x
<i>Neoceratium furca</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x		x	x	<i>Pyrocystis lunula</i> (Schütt) Schütt 1896				x x
<i>Neoceratium fuscum</i> (Ehrenberg) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x	x	x	x	<i>Torodinium robustum</i> Kofoid & Swezy 1921			x	x
<i>Neoceratium horridum</i> (Gran) Gómez, Moreira & López-García 2010	x	x								
PRYMNESIOPHYCEAE COCCOLITOFORI										
<i>Alisphaera ordinata</i> (Kamptner) Heimdal 1973		x	x	x	x	<i>Helicosphaera carterii</i> (Wallich) Kamptner 1954			x	x x x x x
<i>Calcidiscus leptoporus</i> (Murray & Blackman) Loeblich & Tappan 1978	x	x	x	x	x	<i>Pontosphaera syracusana</i> Lohmann 1902			x	x
<i>Calcosolenia brasiliensis</i> (Lohmann) Young 2003	x	x	x	x	x	<i>Rhabdosphaera clavigera</i> Murray & Blackman 1898				x x
<i>Calyptrosphaera oblonga</i> Lohmann 1902					x	<i>Scyphosphaera apsteinii</i> Lohmann 1902				x x x
<i>Ceratolithus cristatus</i> Kamptner 1950		x				<i>Syracosphaera histrica</i> Kamptner 1941			x	x
<i>Coronosphaera binodata</i> (Kamptner) Gaarder 1977		x	x	x		<i>Syracosphaera pulchra</i> Lohmann 1902			x	x x x x x
<i>Coronosphaera mediterranea</i> (Lohmann) Gaarder 1977		x				<i>Umbilicosphaera sibogae</i> (Weber-van Bosse) Gaarder 1970			x	x x x x x
<i>Discosphaera tubifer</i> (Murray & Blackman) Ostenfeld 1900		x	x			<i>Zigosphaera hellenica</i> Kamptner 1937				x
DICTYOCOPHYCEAE										
<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg 1839	x	x	x	x	x	<i>Mesocena</i> spp.			x	x x x x x
<i>Dictyocha speculum</i> Ehrenberg 1839		x				<i>Octactis octonaria</i> (Ehrenberg) Hovasse 1946			x	x x x x x
CHRYSOPHYCEAE										
<i>Meringosphaera mediterranea</i> Lohmann 1902		x			x					
PRYMNESIOPHYCEAE NON COCCOLITOFORI										
<i>Phaeocystis</i> sp. (forma coloniale)	x	x	x	x	x					

4.1.3.2 Zooplancton

Oloplancton

I dati ottenuti dall'analisi della comunità oloplanctonica campionata nella stagione invernale del 2015, confermano la dominanza della frazione a Copepodi planctonici, così come registrato in tutte le campagne fino ad oggi realizzate.

Dai dati quali-quantitativi espressi in individui per m³ emerge che il gruppo dei Copepodi è principalmente concentrato nella porzione della colonna d'acqua prossima alla superficie. Il dato medio relativo ai campioni orizzontali raccolti nella porzione superficiale della colonna è di 2491,53 individui per m³; il valore massimo di 2756,47 ind/m³ è stato registrato nella stazione I15 MG12 e quello minimo di 2056 ind/m³ nella stazione I15 MG6. Nel complesso i Copepodi tendono a distribuirsi nella colonna con andamento inversamente proporzionale alla profondità. Spostandosi verso le fasce più profonde del corpo idrico (tra 0 e - 50m) i Copepodi decrescono, in media 1737 individui per m³ (max = 3605,92 ind./m³ I15 MG13; min = 897,47 I15 MG6). I valori più bassi di abbondanza sono stati registrati nel settore più profondo della colonna (tra - 50 e - 100m) con la media pari a 1105,88 individui per m³ (max = 1626,05 ind./m³ I15 MG13; min = 614,44 I15 MG12). In totale i taxa di copepodi identificati sono 85 (Tabella 53) in rappresentanza di 26 famiglie.

La famiglia più rappresentata è quella dei Calanoidi Clausocalanidi, presente con 8 taxa, tutti appartenenti al genere *Clausocalanus*. Nei campioni analizzati questo genere di Copepodi domina la componente oloplanctonica di piattaforma continentale assommando in media il 75,48% della comunità superficiale (80,17% I15 MG6 ÷ 71,11% I15 MG10), il 39,29 % dei campioni raccolti tra la superficie e - 50m (49,90 % I15 MG7 ÷ 35,02 % I5 MG6), e il 41,22 % della porzione più profonda (49,12 % I15 MG13 ÷ 29,54 % I5 MG12).

Fra i clausocalanidi le specie dominanti sono quelle di minori dimensioni (< 1mm): *Clausocalanus paululus*, così come nella campagna precedente A14, e *Clausocalanus pergens*, quest'ultimo descritto in letteratura come specie neritica dominante, con più alte abbondanze nei mesi primaverili. Entrambe le specie evidenziano una distribuzione prevalentemente superficiale, con abbondanze sempre significative, ma progressivamente inferiori spostandosi verso la porzione più profonda della colonna d'acqua. Contrariamente ai congenerici sopracitati, *Clausocalanus lividus* e *C. mastigophorus* raggiungono abbondanze rilevanti esclusivamente nelle pescate orizzontali.

Seconda per abbondanza, per la prima volta dall'inizio delle attività di monitoraggio, è la famiglia Acartiidae, rappresentata complessivamente da 5 specie appartenenti al genere *Acartia*. *Acartia negligens*, specie caratteristica di acque neritiche temperate, è maggiormente concentrata nei primi 50m della colonna, in media 176,25 ind/m³ tra 0 e - 50m e 131,73 ind/m³ nelle pescate orizzontali. Risulta invece rara nella porzione più profonda della colonna.

Il centropagide *Centropages typicus*, specie neritica perenne, è complessivamente tra i copepodi più abbondanti lungo l'arco dell'anno. Dopo aver registrato i minimi valori di abbondanza nella stagione autunnale, raggiunge abbondanze significative in tutte le stazioni investigate nel periodo invernale. La distribuzione segue chiaramente un andamento inversamente proporzionale alla profondità, con picchi massimi di abbondanza nel campionamento orizzontale I15 MG10 (86,75 ind/m³). All'interno della famiglia Centropagidae è da rimarcare la regolare presenza in tutte le stazioni, seppur con concentrazioni modeste, di *Isias clavipes*, specie prettamente costiera per la prima volta trovata con continuità nell'area investigata.

Fra le specie appartenenti all'iponeuston, il Pontellidae *Labidocera wollastoni* è presente negli strati più profondi della colonna, esclusivamente con catture sporadiche. Anche la cospicua presenza, oltre i 50m di profondità, del Calanidae *Calanus helgolandicus*, viene segnalata per la prima volta dall'inizio delle attività di monitoraggio.

Nella famiglia Paracalanidae si conferma come specie maggiormente rappresentata *Calocalanus styliremis*, come nella precedenti campagne, con distribuzione preferenzialmente profonda.

Tra i copepodi carnivori della famiglia Candaciidae, rappresentata omogeneamente lunga la colonna, la specie più diffusa è *Candacia giesbrechti*, con abbondanze massime di 25,99 ind/m³ I15 MG13 0-50m.

L'ordine Cyclopoida, è maggiormente rappresentato dalla famiglia dei Corycaeidae con 8 taxa; 7 i taxa identificati all'interno della famiglia Oithonidae e 5 tra le Oncaeidae.

I Corycaeidae più abbondanti sono *Corycaeus brehmi* e *Corycaeus giesbrechti* (entrambi < 1mm), con prevalente distribuzione superficiale. Essi sono presenti con abbondanze significative solo nelle stazioni I15 MG7 (40,90 ind/m³ e 35,91 ind/m³ rispettivamente) e I15 MG10 (19,47 ind/m³ e 20,49 ind/m³ rispettivamente). Il medesimo andamento, se pur con sporadici esemplari, viene confermato per *Farranula rostrata*. *Corycaeus furcifer* conferma invece una distribuzione strettamente profonda.

Presente con valori rilevanti la famiglia Oithonidae, mostra un andamento crescente verso la porzione più superficiale delle pescate. All'interno della famiglia dominano le specie *Oithona decipiens*, con valori superficiali medi di 109,17 ind/m³, e *O. nana*, in media presente nelle pescate orizzontali con 77,36 ind/m³. Valori elevati di abbondanza sono stati registrati anche da *O. plumifera*, specie più abbondante nel precedente survey, presente con andamento inverso alle sopraccitate congeneriche (in media 75,53 ind/m³ tra -50 e - 100m). Gli Oncaeidae, rappresentati da 5 specie, evidenziano un progressivo aumento dei valori di abbondanza in relazione alla profondità. Il più alto numero di individui per m³ è stato registrato da *Oncaea scottodicarloi*.

La famiglia Sapphirinidae è rappresentata esclusivamente da *Sapphirinada angusta* e *Vetoria parva*, con sporadiche catture.

I copepodi Harpacticoida sono rappresentati maggiormente dalla specie *Euterpina acutifrons*, con concentrazioni massime registrate sempre nella porzione della colonna d'acqua compresa tra la superficie e 50m di profondità (max 146,19 ind/m³ I15 MG13).

E' infine costante la presenza del Miraciidae *Distiocolus minor*, presente in tutti i campioni raccolti e a tutte le profondità investigate. Si tratta di una importante segnalazione in considerazione del fatto che solo un anno fa la specie non era segnalata nei mari italiani, dimostrando come le continue attività di monitoraggio permettano anche una crescente conoscenza della biodiversità dell'area investigata.

Tabella 53 - Oloplancton. O.le = orizzontale, 50 - 0 = campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100 - 50 = campionamento verticale da 100 a 50 metri. * presente in almeno un sub-campione, ** presente solo nell'osservazione *in toto*.

	O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50
Famiglia Acartiidae				Famiglia Heterorhabdidae				<i>Corycaeus typicus</i>	*	*	*
<i>Acartia clausi</i>	*	*		<i>Heterorhabdus papilliger</i>	**	*		<i>Corycaeus</i> spp.	*	*	*
<i>Acartia danae</i>	*	*	*	Famiglia Lucicutiidae				<i>Farranula rostrata</i>	*	*	
<i>Acartia longiremis</i>	*	*	*	<i>Lucicutia flavicornis</i>	*	*	*	Famiglia Oithonidae			
<i>Acartia negligens</i>	*	*	*	Famiglia Mecynoceridae				<i>Oithona decipiens</i>	*	*	*
<i>Acartia</i> sp.	*	*	*	<i>Mecynocera clausi</i>		*	*	<i>Oithona longispina</i>	*	*	*
Famiglia Aetididae				Famiglia Metridinidae				<i>Oithona nana</i>	*	*	*
<i>Euchirella rostrata</i>	*	*	*	<i>Pleuromamma abdominalis</i>	*	*	*	<i>Oithona plumifera</i>	*	*	*
Famiglia Augaptilidae				<i>Pleuromamma gracilis</i>	*	*	*	<i>Oithona setigera</i>	*	*	*
<i>Augaptilus longicaudatus</i>			*	Famiglia Paracalanidae				<i>Oithona similis</i>	*	*	*
Famiglia Calanidae				<i>Calocalanus contractus</i>	*	*	*	<i>Oithona tenuis</i>	*	*	*
<i>Calanus helgolandicus</i>	*	*	*	<i>Calocalanus ovalis</i>	*	*	*	<i>Oithona</i> spp.	*	*	*
<i>Mesocalanus tenuicornis</i>	**	*	*	<i>Calocalanus pavo</i>	*	*	*	Famiglia Oncaeidae			
<i>Nannocalanus minor</i>	*	*	*	<i>Calocalanus plumulosus</i>	*	*	*	<i>Oncaea curta</i>	*	*	*
<i>Neocalanus gracilis</i>	*	*	*	<i>Calocalanus styliremis</i>	*	*	*	<i>Oncaea media</i>	*	*	*
Famiglia Candaciidae				<i>Calocalanus</i> sp.	*	*	*	<i>Oncaea mediterranea</i>	*	*	*
<i>Candacia armata</i>	*	*	*	<i>Paracalanus nanus</i>	*	*	*	<i>Oncaea scottodicarloi</i>	*	*	*
<i>Candacia aethiopica</i>	*			<i>Paracalanus parvus</i>	*	*	*	<i>Oncaea venusta</i>	*	*	*
<i>Candacia bipinnata</i>			*	<i>Paracalanus</i> spp.	*	*	*	<i>Oncaea</i> spp.	*	*	*
<i>Candacia giesbrechti</i>	*	*	*	Famiglia Pontellidae				Famiglia Sapphirinidae			
<i>Paracandacia simplex</i>	*	*	*	<i>Anomalocera patersoni</i>	*			<i>Sapphirina angusta</i>		*	
<i>Candacia</i> sp. Juv	*	*	*	<i>Labidocera wollastoni</i>	*	*	*	<i>Vetoria parva</i>			*
Famiglia Centropagidae				<i>Pontella mediterranea</i>	*			Famiglia Clytemnestridae			
<i>Centropages brady</i>	*	*		<i>Pontellina plumata</i>	*			<i>Clytemnestra rostrata</i>	*	*	*
<i>Centropages typicus</i>	*	*	*	<i>Pontellopsis regalis</i>	*			<i>Clytemnestra scutellata</i>	*	*	*
<i>Isias clavipes</i>	*	*	*	<i>Pontellopsis villosa</i>	*			Famiglia Ectinosomatidae			
Famiglia Clausocalanidae				Famiglia Scolecithricidae				<i>Microsetella norvegica</i>			*
<i>Clausocalanus arcuicornis</i>	*	*	*	<i>Scaphocalanus invalidus</i>	*	*	*	<i>Microsetella rosea</i>	*	*	*
<i>Clausocalanus furcatus</i>	*	*	*	<i>Scolecithricella dentata</i>	*	*	*	Famiglia Miraciidae			
<i>Clausocalanus jobei</i>	*	*	*	<i>Scolecithricella</i> sp.	*	*	*	<i>Distiocolus minor</i>	*	*	*
<i>Clausocalanus lividus</i>	*	*	*	<i>Scolecithrix brady</i>			*	Famiglia Euterpinidae			
<i>Clausocalanus mastigophorus</i>	*	*	*	<i>Scolecithrix danae</i>			**	<i>Euterpina acutifrons</i>	*	*	*
<i>Clausocalanus paululus</i>	*	*	*	Famiglia Temoridae							
<i>Clausocalanus parapergens</i>	*	*	*	<i>Temora stylifera</i>	*	*	*				
<i>Clausocalanus pergens</i>	*	*	*	Famiglia Corycaeidae							
<i>Clausocalanus</i> spp.	*	*	*	<i>Corycaeus brehmi</i>	*	*	*				
Famiglia Eucalanidae				<i>Corycaeus flaccus</i>	*	*	*				
<i>Eucalanus elongatus</i>		*	*	<i>Corycaeus furcifer</i>	*	*	*				

Tabella 53 - 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> .					
<i>Rhincalanus nasutus</i>	*	*	**	<i>Corycaeus giesbrechti</i>	* * *
Famiglia Euchaetidae				<i>Corycaeus limbatus</i>	* * *
<i>Euchaeta marina</i>		*		<i>Corycaeus ovalis</i>	* * *

Nella tabella seguente (Tabella 54) sono indicati i volumi di sedimentazione (dopo 24 h), espressi in ml, della componente oloplanctonica raccolta nella campagna invernale 2015. I risultati mostrano generalmente volumi decrescenti, spostandosi dalla superficie verso le stazioni profonde, ad eccezione della stazione 0-50 dell'I15 MG13 che ha raccolto, tra tutte le stazioni, il massimo volume registrato in relazione alla campagna invernale. Il dato può essere giustificato dalla massiccia presenza di sedimento in sospensione e dalla diffusa componente fitoplanctonica.

Tabella 54 - 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.					
	I15 MG6	I15 MG7	I15 MG10	I15 MG12	I15 MG13
OR	115	175	128	132	110
50-0	100	42	26	85	240
100-50	7,5	10	8	5	12,5

Meroplancton

Il meroplancton è rappresentato dalle fasi larvali dei principali gruppi sistematici di animali bentonici.

Nella campagna invernale I15, (Tabella 55), sono stati determinati complessivamente 55 *taxa*. Il 74,5% (41 *taxa*) è rappresentato dai Crostacei Decapodi, che dominano largamente il campionamento meroplanctonico, ai quali seguono, per dominanza qualitativa, i Policheti e gli Echinodermi con 9 *taxa* (16,3%) e gli altri gruppi, Cnidari, (3 *taxa*) Molluschi (3 *taxa*), Nemertini (1), Cirripedi (2) e Foronidei (1) che rappresentano complessivamente il 18,1% della dominanza qualitativa del campione totale.

I 41 *taxa* di Crostacei Decapodi sono distribuiti tra le varie fasce della colonna d'acqua, principalmente nelle stazioni superficiali nelle quali sono stati determinati 36 *taxa*, 27 *taxa* nell'intermedio e 29 nel settore profondo. Il 17% dei *taxa* ha esclusiva distribuzione superficiale. Solo 2 sono le specie reperite esclusivamente nel campione profondo. Sei *taxa* sono stati invece osservati solo nel campione *in toto*. Nella stazione I15 MG7 era presente il maggior numero di specie (23) sulla fascia superficiale, sebbene i dati siano mediamente omogenei anche per le altre stazioni (21 sp. nell'I15 MG12, 19 sp. nell'I15 MG13) e per il controllo (I15 MG10) che raccoglie 20 specie. L'eccezione è rappresentata dalla stazione I15 MG6 nella quale sono stati determinati solo 11 *taxa*. Ciò è principalmente attribuibile alla massiccia presenza di fitoplancton superficiale e alla quantità elevata di sedimento in sospensione che generalmente rappresenta, per i Crostacei Decapodi, il fattore limitante alla dispersione negli strati superiori della colonna d'acqua. Nelle stazioni intermedie il maggior numero di specie (17) è presente nella stazione di controllo (I15 MG10) che presenta risultato identico anche per le stazioni comprese tra 100 e 50m di profondità.

La stazione col minor numero di Crostacei Decapodi è invece la I15 MG13 con soli 5 *taxa* raccolti, nonostante la quantità di volume di sedimentazione espresso in ml sia maggiore rispetto ai campioni raccolti in altre stazioni ad analoga profondità. Anche in questo caso gran parte del volume è rappresentato dalla componente fitoplanctonica del comparto planctonico.

Nessuna delle specie raccolte mostra una spiccata ed esclusiva distribuzione in una sola delle tre fasce del corpo idrico investigate. Per esempio, tra le specie dominanti, dal punto di vista quantitativo, *Primela denticulata* è stata campionata in tutti e tre i settori; stesso andamento per *Processa edulis edulis* che risulta contemporaneamente presente sia nei campioni di superficie, sia nei retinaggi verticali profondi. Complessivamente, sebbene non vi siano specie largamente dominanti tra quelle che mostrano valori più alti di dominanza, è possibile comunque affermare che *Gennadas elegans*, *Alpheus glaber* e *Goneplax rhomboides* abbiano una preferenziale distribuzione superficiale. Non si può invece definire alcuna specie con una distribuzione profonda preferenziale.

In parte ciò è dovuto al fatto che, come già ampiamente dimostrato, i Crostacei Decapodi, in condizioni meteo ideali, ovvero con ridotto/assente moto ondoso tendono a distribuirsi, di notte, nei primi metri della colonna d'acqua.

Altro gruppo meroplanctonico abbondante nel campione invernale è rappresentato dagli Echinodermi che complessivamente presentano 6 *taxa* e le fasi larvali di Asteroidei (Bipinnaria), Ofiuroidei (Brachiolaria) e Oloturoidei (Auricularia).

Gli Echinodermi tendono a distribuirsi in tutte le stazioni investigate e in tutti e tre i comparti della colonna d'acqua esaminati, sebbene concentrino il numero maggiore di esemplari per metro cubo di acqua filtrata nella fascia intermedia tra 50m e la superficie.

Il 55,9% è infatti stato raccolto in questo settore, mentre il 24,8% è stato campionato con il retino di superficie e il 19,2% scaturisce dai retinaggi verticali profondi.

Tra le specie più abbondanti *Echinocardium* sp. è il *taxa* dominante (63,7%). Questi Echinoidi Irregolari registrano percentuali di dominanza che superano sempre il 50% del totale nei campioni verticali (da - 50 a 0m: 57,6%, da - 100m a - 50m: 51,9%), ma raggiungono dominanza di 86,5% nelle stazioni superficiali. In particolare nella stazione I15 MG6 la percentuale supera il 90%, rappresentando in pratica la quasi totalità degli Echinodermi campionati.

Altre specie appartenenti alla classe degli Ofiuroidei come le larve di *Ophiotrix fragilis* e *Ophiura ophiura* e altri Echinoidi Irregolari come *Bryssopsis lyrifera* e *Spatangus purpureus* tendono prevalentemente a concentrarsi nelle fasce intermedie della colonna d'acqua.

Infine nella stagione invernale I15 anche il Phylum Anellida è ben rappresentato. In totale sono stati determinati ben 9 *taxa*.

La complessità del gruppo e la difficoltà nel discriminare la specie nelle fasi larvali precoci consente il riconoscimento specifico solo di alcuni individui ascrivibili a *Myriochele oculata*. Da segnalare invece la massiccia presenza di *Polygordius* sp. fino ad oggi segnalato solo fino al settore 3 delle acque dei mari italiani. Nella presente campagna invece rappresenta il 90,5% del totale dei Policheti campionati. In particolare sono le stazioni intermedie a mostrare percentuali di dominanza più alte (47,2%). Così come per gli Echinodermi, anche per i Policheti si può quindi affermare che le stazioni comprese tra - 50m e la superficie concentrino il contingente larvale maggiore.

Tabella 55 – Meroplancton. O.le=orizzontale, 50-0 = campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100-50 = campionamento verticale da 100 a 50 metri. * presente in almeno un sub-campione, ** presente solo nell'osservazione *in toto*. La lista include specie determinate a fresco.

	O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50
CNIDARIA				<i>Anapagurus laevis</i>	*	*	**	<i>Pirimela denticulata</i>	*	*	*
Efira ind.	*	*		<i>Anapagurus</i> sp.			**	<i>Pisidia</i> sp.	*	*	*
<i>Hydractinia minima</i>	*	*	*	<i>Athelecyclus rotundatus</i>	*	*	*	<i>Plesionika</i> sp.	*	**	**
Actinula ind.	*	*	*	<i>Athanas nitescens</i>	*			<i>Porcellana platycheles</i>	*	*	*
NEMERTEA				<i>Bathynectes maravigna</i>	*	**	**	<i>Portunus hastatus</i>	**		
Pilidium larvae ind.		*	*	<i>Cestopagurus timidus</i>	*		*	<i>Processa edulis edulis</i>	*	*	*
MOLLUSCA				<i>Diogenes pugilator</i>	*			<i>Processa modica carolii</i>	*	*	
Gastropoda larvae ind.				<i>Ebalia nux</i>	*		*	<i>Processa</i> sp.	*	*	*
Bivalvia larvae ind.	*	*	*	<i>Ebalia tuberosa</i>	*	**	**	<i>Sergia robusta</i>	*	*	*
<i>Loligo</i> sp.	**			<i>Ebalia</i> sp.	**			<i>Solenocera membranacea</i>	**	**	*
POLYCHAETA				<i>Eurynome aspera</i>	*	**	*	<i>Spinolambros macrochelos</i>			
Hesionidae ind.				<i>Eusergestes arcticus</i>	*	*	*	Brachyura Megalopa ind.	*		
<i>Magelona</i> sp.		**	**	<i>Galathea</i> sp.	*	**	**	ECHINODERMATA			
<i>Myriochele oculata</i>		*	*	<i>Gennadas elegans</i>	*	**		<i>Brissopsis lyrifera</i>		*	*
<i>Nereis</i> sp.			**	<i>Geryon</i> sp.			**	<i>Echinocardium</i> sp.	*	*	*
Phylodocidae ind.	*			<i>Goneplax rhomboides</i>	*	*	*	<i>Ophiura albida</i>	*	*	*
<i>Polygordius</i> sp.	*	*	*	Hippolytidae ind.	*	*	*	<i>Ophiura ophiura</i>	*	*	*
Polynoidae ind.			**	<i>Inachus</i> sp.	*			<i>Ophiotrix fragilis</i>	*	*	*
Spionidae ind.	*	*	*	<i>Jaxea nocturna</i>	**	**	*	<i>Spatangus purpureus</i>	*	*	*
Trocofora larvae ind.	*	*	*	<i>Liocarcinus</i> sp.	*		*	Auricularia larvae ind.	*	*	*
CRUSTACEA				<i>Lysmata seticaudata</i>	*	**		Bipinnaria larvae ind.	*	*	*
Cirripedia				<i>Monodaeus couchii</i>	*			Brachiolaria larvae ind.	*	*	*
Cypris ind.	*			<i>Parapaeneus longirostris</i>			**	FORONIDEA			
Metanauplio ind.	*	*	*	<i>Philocheras bispinosus</i>	*	*	**	Actinotroca larvae ind.	*	*	*
Decapoda				<i>Philocheras trispinosus</i>	*	*	**				
<i>Alpheus glaber</i>	*	*	**	<i>Philocheras</i> sp.	**						
<i>Anapagurus breviaculeatus</i>	*	*	*	<i>Pilumnus hirtellus</i>	*	*	*				

Ittioplancton

Il campione costituito dalle fasi larvali dell'ittiofauna nella stagione I15 conteneva complessivamente 15 taxa, (Tabella 56) dei quali 9 presenti nei campioni superficiali, 11 negli intermedi e 4 nei profondi.

Solo 2 specie (*Sardina pilchardus* ed *Engraulis encrasicolus*) sono state rinvenute in tutte e tre le fasce di profondità investigate.

Sette sono invece i taxa determinati esclusivamente dall'osservazione *in toto* dei campioni. *Sardina pilchardus* è la specie più abbondante, sebbene quantitativamente il numero complessivo degli esemplari campionato sia ridotto.

E' invece maggiore il contingente di uova indeterminate ma che potrebbe essere ascritto a *S. pilchardus*. In effetti la stagione invernale è indicata, alle latitudini di studio, come periodo riproduttivo e di deposizione della specie, così come l'area interessata dal rigassificatore, al margine della piattaforma continentale, è luogo ideale per la riproduzione delle sardine.

Tra gli esemplari di particolare pregio e valore commerciale ittico si segnala la presenza di *Scopthalmus rhombus* (rombo liscio).

Tabella 56 – Ittioplancton. O.le = orizzontale, 50-0 = campionamento verticale da 50 a 0 metri, 100-50 = campionamento verticale da 100 a 50 metri. * presente in almeno un sub-campione, ** presente solo nell'osservazione *in toto*.

	O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50		O.le	50-0	100-50
BELONIDAE				GADIDAE ind. juv.	**		**	SCOPHTHALMIDAE			
<i>Belone belone</i>	**			<i>Phycis phycis</i>	**	*		<i>Scopthalmus rhombus</i>			*
BOTHIDAE				GOBIDAE ind.	**	*		STERNOPTYCHIDAE			
<i>Arnoglossus laterna</i>		**	**	GONOSTOMATIDAE				<i>Maurolicus muelleri</i>	**	*	
CARANGIDAE				<i>Cylothone braueri</i>	**	*		Larvae ind.	*	*	*
<i>Trachurus trachurus</i>		*		LABRIDAE ind.	*		*	Uova ind.	*	*	*
CLUPEIDAE				MYCTOPHIDAE				Uova di <i>Maurolicus muelleri</i>	*		
<i>Sardina pilchardus</i>	*	*	**	<i>Myctophum punctatum</i>	**						
<i>Sardinella aurita</i>		**		SPARIDAE							
ENGRAULIDAE				Sparidae ind.		**					
<i>Engraulis encrasicolus</i>	**	**	**	SCOMBRIDAE ind. Juv.	*						

4.1.4 Saggi eco tossicologici

Vibrio fischeri

 Nella Tabella 57 sono riportati i risultati relativi al test di inibizione della bioluminescenza batterica di *V. fischeri*.

Tabella 57 - Risultati del test con il *V. fischeri* condotti su campioni di acqua (incubazione 5', 15', 30') prelevati a diverse profondità (esprese in metri). EC_{20/50}, max. effetto 5', effetto 15', max. effetto 30' espressi in %.

Campione	Prof.	EC _{20/50}	max. effetto 5'	max. effetto 15'	max. effetto 30'	Tossicità	Campione	Prof.	EC _{20/50}	max. effetto 5'	max. effetto 15'	max. effetto 30'	Tossicità
I15 MG3	0,5	>90	-1,88	3,67	7,45	assente	I15 MG9	0,5	>90	3,45	6,25	9,19	assente
	12,5	>90	0,56	3,98	8,57			12,5	>90	5,27	10,76	12,26	
	50	>90	2,43	5,79	6,64			50	>90	1,56	4,36	6,64	
I15 MG5	0,5	>90	1,97	6,87	7,13		I15 MG10	0,5	>90	6,78	11,74	13,83	
	12,5	>90	-0,88	3,25	5,28			12,5	>90	5,35	9,76	10,56	
	50	>90	3,76	7,18	11,87			50	>90	1,64	3,56	5,74	
I15 MG6	0,5	>90	5,78	9,65	13,71		I15 MG12	0,5	>90	5,38	9,48	11,34	
	12,5	>90	2,28	8,56	9,39			12,5	>90	1,17	4,87	6,75	
	50	>90	2,97	5,49	7,63			50	>90	2,76	3,62	4,29	
I15 MG7	0,5	>90	4,41	8,16	10,58		I15 MG13	0,5	>90	3,84	7,39	8,66	
	12,5	>90	3,91	9,71	12,62			12,5	>90	4,62	5,98	9,54	
	50	>90	3,14	7,63	8,56			50	>90	-0,53	2,53	5,88	

Il test è stato effettuato con il lotto batterico n. 13F4067 (scadenza 06/15) sui campioni di colonna di acqua. I risultati sono espressi come EC_{20/50} a 15 minuti e come percentuale massima di effetto dopo l'incubazione per 5', 15' e 30' nel campione non diluito. I test sono stati condotti utilizzando almeno 8 diluizioni seriali (1:2) ai fini della ricerca di una EC_{20/50}. I valori di EC₅₀ di 0,93 mg/l (5 minuti di incubazione) e di 0,31 mg/l (15 minuti di incubazione) con il tossico di riferimento (Cu⁺⁺) rientrano nel range di riferimento relativo al test Microtox (0,42 – 1,16 mg/l e 0,03 – 0,75 mg/l rispettivamente per il test a 5' e 15' minuti) (Onorati *et al.*, 2007).

I risultati del test hanno dimostrato l'assenza di tossicità anche nei campioni non diluiti in quanto le percentuali massime di effetto si sono sempre mantenute al di sotto del 20 %, rendendo non calcolabili i valori di EC₂₀ e di EC₅₀.

Phaeodactylum tricornutum

I risultati del test d'inibizione della crescita algale (72 h) con *P. tricornutum* (Tabella 58) sono espressi come media ± DS del numero di cellule (n. di repliche/campione=3) e come EC_{20/50} %. In tabella è anche riportata la media ± DS del numero di cellule di due controlli negativi rappresentati da acqua di mare naturale; ogni controllo è associato a un gruppo di campioni in quanto i test sono stati eseguiti in due differenti incubatori. Il test con il tossico di riferimento (potassio dicromato) ha mostrato un valore di EC₅₀ pari 15,65 mg/l (L.C. 95%: 10,12-21,66), valore che rientra all'interno della carta di controllo del laboratorio (9,04-24,72 mg/l). Le linee guida non individuano un intervallo di riferimento. Il test è stato ritenuto valido in quanto la crescita algale nei controlli negativi, rispetto all'inoculo iniziale, ha superato il fattore 16, come indicato nelle linee guida. In tutti i campioni la crescita algale non ha mostrato differenze statisticamente significative dai propri controlli. In tutti i casi i valori delle EC_{20/50} osservate sono sempre stati superiori al 90% per EC₂₀ e 100% per EC₅₀, indicando assenza di tossicità nei campioni di acqua testati.

Tabella 58 - Test con *P. tricornutum* su campioni di acqua (incubazione 72 h) a diverse profondità (esprese in metri). EC_{20/50} espressa in %.

Campione	Prof.	EC _{20/50}	Media N. cell. ± DS x 10 ⁶ /ml	Tossicità	Campione	Prof.	EC _{20/50} %	Media N. cell. ± DS x 10 ⁶ /ml	Tossicità
I15 MG3	0,5	>90	2,09±0,11	assente	I15 MG9	0,5	>90	1,20±0,47	assente
	12,5	>90	2,12±0,08			12,5	>90	1,40±0,06	
	50	>90	2,12±0,06			50	>90	1,33±0,29	
I15 MG5	0,5	>90	2,17±0,06		I15 MG10	0,5	>90	1,31±0,40	
	12,5	>90	2,12±0,19			12,5	>90	1,49±0,09	
	50	>90	1,97±0,12			50	>90	1,32±0,07	
I15 MG6	0,5	>90	2,10±0,09		I15 MG12	0,5	>90	1,17±0,38	
	12,5	>90	2,17±0,17			12,5	>90	1,41±0,18	
	50	>90	1,87±0,14			50	>90	1,17±0,41	
I15 MG7	0,5	>90	1,97±0,04		I15 MG13	0,5	>90	1,20±0,30	
	12,5	>90	2,11±0,10			12,5	>90	1,37±0,37	
	50	>90	2,15±0,06			50	>90	1,29±0,57	
CTRL gruppo I15 MG3-MG5-MG6-MG7				1,94±0,11	CTRL gruppo I15 MG9-MG10-MG12-MG13				1,13±0,49

Dicentrarchus labrax

Nella Tabella 59 sono riportati i risultati relativi al saggio di tossicità acuta condotto sui campioni di colonna d'acqua utilizzando giovanili di *D. labrax* (47±8mm).

Pur non essendo disponibile una scala di tossicità per questa tipologia di saggio biologico, tutti i campioni hanno mostrato una percentuale di mortalità inferiore al 10%, limite indicato come mortalità accettabile nel controllo. Si può quindi ragionevolmente dedurre che tutti i campioni siano privi di tossicità. Il saggio con tossico di riferimento ha mostrato valori di LC50 pari a 2,48 mg/L (L.C. 95%: 1,26 mg/L-2,84 mg/L), valore che rientra all'interno della carta di controllo del laboratorio (1,64-2,98 mg/L).

Tabella 59 - 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 5000ml, aerazione, % saturazione ossigeno disciolto >90%, pH range 8,18-8,29, salinità ‰ range 38-40, 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	assente									
I15 MG3	0,5	10	10	10	3,3	assente	I15 MG9	0,5	10	10	10	0,0	assente		
	12,5	10	10	10	6,7			12,5	10	10	10	3,3			
	50	10	10	10	0,0			50	10	10	10	3,3			
I15 MG5	0,5	10	10	10	0,0		I15 MG10	0,5	10	10	10	0,0			
	12,5	10	10	10	6,7			12,5	10	10	10	0,0			
	50	10	10	10	3,3			50	10	10	10	3,3			
I15 MG6	0,5	10	10	10	0,0		I15 MG12	0,5	10	10	10	0,0			
	12,5	10	10	10	3,3			12,5	10	10	10	3,3			
	50	10	10	10	0,0			50	10	10	10	0,0			
I15 MG7	0,5	10	10	10	3,3		I15 MG13	0,5	10	10	10	3,3			
	12,5	10	10	10	0,0			12,5	10	10	10	0,0			
	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 EC₅₀ di 16,33 µg/L di Cu (LC=15,38 e UC=17,34), che rientra nei limiti della carta di controllo del laboratorio. La percentuale media di embrioni allo stadio di pluteo (85 ± 0,58%) è risultata conforme, in quanto superiore al limite del 75% e inferiore al limite del 95%.

Le percentuali degli embrioni che hanno raggiunto lo stadio di pluteo nel test di embriotossicità (72 ore) con *P.lividus* e successiva stima della tossicità cronica (EC20/50) dei campioni della colonna d'acqua sono riportati in Tabella 60.

Tabella 60 - Risultati del test di embriotossicità (72 ore) con *P. lividus* e successiva stima della tossicità cronica.

	Concentrazione (%) del campione	% media di plutei (± dev.st %)	% media di embrioni non sviluppati	Correzione ABBOTT (embrioni non sviluppati)	EC 20 (%)	EC 50 (%)	Tossicità
Controllo		85 ± 0,58	15	0	> 90	>100	Assente
I15 MG3/0,5	100	75 ± 0,58	25	12	> 90	>100	Assente
	50	80 ± 1,15	20	7			
	25	84 ± 0,58	16	2			
I15 MG3/12,5	100	77 ± 1,15	23	9	> 90	>100	Assente
	50	79 ± 1,15	21	7			
	25	83 ± 1,53	17	2			
I15 M3/50	100	72 ± 2,08	28	15	> 90	>100	Assente
	50	79 ± 1,53	21	8			
	25	84 ± 0,58	16	2			
I15 MG5/0.5	100	68 ± 1,53	32	20	> 90	>100	Assente
	50	77 ± 1,15	23	9			
	25	82 ± 1,53	18	4			
I15 MG5/12,5	100	78 ± 0,58	22	9	> 90	>100	Assente
	50	80 ± 1,15	20	7			
	25	84 ± 1,53	16	2			

Tabella 60 - 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
I15 MG5/50	100	74 \pm 1,53	26	14	> 90	>100	Assente
	50	79 \pm 1,53	21	8			
	25	84 \pm 1,00	16	2			
I15 MG6/0,5	100	40 \pm 2,00	60	53	53,6	95,3	Media
	50	71 \pm 1,15	29	17			
	25	82 \pm 1,53	18	4			
I15 MG6/12,5	100	76 \pm 1,15	24	11	> 90	>100	Assente
	50	80 \pm 1,15	20	7			
	25	84 \pm 0,58	16	2			
I15 MG6/50	100	77 \pm 1,15	23	10	> 90	>100	Assente
	50	79 \pm 1,53	21	7			
	25	84 \pm 1,53	16	2			
I15 MG7/0,5	100	78 \pm 0,58	22	9	> 90	>100	Assente
	50	80 \pm 1,73	20	6			
	25	84 \pm 1,00	16	2			
I15 MG7/12,5	100	75 \pm 1,15	25	12	> 90	>100	Assente
	50	80 \pm 1,00	20	6			
	25	83 \pm 1,15	17	2			
I15 MG7/50	100	73 \pm 1,53	27	14	> 90	>100	Assente
	50	79 \pm 1,53	21	8			
	25	84 \pm 1,15	16	2			
I15 MG9/0,5	100	67 \pm 1,15	33	22	> 90	>100	Assente
	50	77 \pm 2,08	23	10			
	25	83 \pm 2,00	17	3			
I15 MG9/12,5	100	77 \pm 1,15	23	9	> 90	>100	Assente
	50	80 \pm 1,15	20	6			
	25	83 \pm 0,58	17	2			
I15 MG9/50	100	68 \pm 0,58	32	21	> 90	>100	Assente
	50	76 \pm 1,15	24	11			
	25	83 \pm 1,53	17	3			
I15 MG10/0,5	100	57 \pm 1,73	43	33	58,8	>100	Bassa
	50	71 \pm 1,53	29	17			
	25	80 \pm 1,53	20	6			
I15 MG10/12,5	100	71 \pm 2,08	29	17	> 90	>100	Assente
	50	77 \pm 1,15	23	10			
	25	83 \pm 0,58	17	3			
I15 MG10/50	100	71 \pm 1,15	29	17	> 90	>100	Assente
	50	77 \pm 0,58	23	10			
	25	83 \pm 1,53	17	2			
I15 MG12/0,5	100	77 \pm 1,15	23	10	> 90	>100	Assente
	50	79 \pm 1,53	21	7			
	25	83 \pm 1,53	17	3			
I15 MG12/12,5	100	77 \pm 0,53	23	9	> 90	>100	Assente
	50	81 \pm 0,58	19	5			
	25	82 \pm 0,58	17	3			
I15 MG12/50	100	73 \pm 1,00	27	14	> 90	>100	Assente
	50	79 \pm 1,00	21	7			
	25	82 \pm 1,15	17	2			
I15 MG13/0,5	100	76 \pm 0,58	24	11	> 90	>100	Assente
	50	79 \pm 1,73	21	7			
	25	83 \pm 1,73	17	3			
I15 MG13/12,5	100	65 \pm 1,53	35	24	83	>100	Bassa
	50	76 \pm 2,00	24	11			
	25	82 \pm 2,08	18	4			
I15 MG13/50	100	75 \pm 1,15	25	13	> 90	>100	Assente
	50	80 \pm 0,58	20	7			
	25	84 \pm 1,53	16	2			

Le riduzioni delle percentuali degli embrioni a stadio plutei rispetto al controllo negativo e i valori dell'EC20/50 determinati nel campione di acqua I15 MG6/0,5 evidenziano una tossicità cronica di medio livello. I valori dell'EC20 relativi ai campioni I15 MG10/0,5 e I15 MG13/12,5 dimostrano un basso livello di tossicità.

Nei campioni restanti non si osservano riduzioni rilevanti delle percentuali degli embrioni a stadio di pluteo rispetto al controllo negativo, ciò conferma l'assenza di tossicità cronica.

4.2 BIOTA

4.2.1 Macrozoobenthos

L'indagine condotta nell'inverno 2015 ha portato alla raccolta e determinazione di 4666 individui appartenenti a 188 specie (Tabella 61) comprendenti policheti, molluschi, crostacei, sipunculidi, echinodermi e nemertini.

Tabella 61 - Lista delle specie macrobentoniche rinvenute nell'inverno 2015 (115).

Tabella 61 - Lista delle specie macrobentoniche rinvenute nell'inverno 2015 (115).		
Policheti		
<i>Amage adspersa</i> (Grube, 1863)	<i>Glycera rouxii</i> Quatrefages, 1865	<i>Pectinaria koreni</i> (Malmgren, 1866)
<i>Ampharete acutifrons</i> (Grube, 1860)	<i>Glycera tessellata</i> Grube, 1863	<i>Pholoe minuta</i> (Fabricius, 1780)
Ampharetidae ind.	<i>Glycinde nordmanni</i> (Malmgren, 1866)	<i>Phyllodoce</i> sp.
<i>Amphicteis gunneri</i> (M. Sars, 1835)	<i>Harmothoe antilopes</i> Mc Intosh, 1876	<i>Pilargis verrucosa</i> Saint-Joseph, 1899
<i>Amphicteis midas</i> (Gosse, 1855)	<i>Harmothoe spinifera</i> (Ehlers, 1864)	<i>Pista cristata</i> (O.F. Müller, 1776)
<i>Ancistrosyllis groenlandica</i> Mc Intosh, 1879	<i>Harmotoe</i> sp.	<i>Poecilochaetus fauchaldi</i> Pilato & Cantone, 1976
<i>Aphelochaeta filiformis</i> (Keferstein, 1862)	<i>Heterospio mediterranea</i> Laubier, Picard & Ramos, 1972	<i>Poecilochaetus serpens</i> Allen, 1904
<i>Aphelochaeta marioni</i> (de Saint Joseph, 1894)	<i>Hyalinoecia tubicola</i> (O.F. Müller, 1776)	<i>Polycirrus</i> sp.
<i>Apomatus similis</i> Philippi, 1844	<i>Kefersteinia cirrata</i> (Keferstein, 1862)	<i>Praxillella gracilis</i> (M. Sars, 1861)
<i>Aponuphis bilineata</i> (Baird, 1870)	<i>Laonice cirrata</i> L. Sars, 1851	<i>Prionospio ehlersi</i> Fauvel, 1928
<i>Aponuphis brementi</i> (Fauvel, 1916)	<i>Levinsenia gracilis</i> (Tauber, 1879)	<i>Prionospio steenstrupi</i> Malmgren, 1867
<i>Aricidea fragilis mediterranea</i> Laubier & Ramos, 1974	<i>Levinsenia oculata</i> (Hartman, 1957)	<i>Pseudopolydora</i> sp.
<i>Aricidea</i> sp.	<i>Lumbrineris gracilis</i> (Ehlers, 1868)	Sabellidae ind.
<i>Branchiommma bombyx</i> (Dalyell, 1853)	<i>Maldane glebiflex</i> Grube, 1860	<i>Scalibregma inflatum</i> Rathke, 1843
<i>Branchiommma</i> sp.	<i>Marphysa bellii</i> (Audouin & Milne-Edwards, 1833)	<i>Scolecopsis (Scolecopsis) squamata</i> (O.F. Müller, 1806)
<i>Chaetozone caputesocis</i> (Saint-Joseph, 1894)	<i>Melinna palmata</i> Grube, 1870	<i>Scolecopsis foliosa</i> (Audouin & Milne-Edwards, 1833)
<i>Chirimia biceps</i> (M. Sars, 1861)	<i>Micronephthys sphaerocirrata</i> (Wesenberg-Lund, 1949)	<i>Scoletoma emandibulata mabiti</i> (Ramos, 1976)
<i>Chloeia venusta</i> Quatrefages, 1865	<i>Monticellina dorsobranchialis</i> (Kirkegaard, 1959)	<i>Scoletoma fragilis</i> (O.F. Müller, 1776)
<i>Chone</i> sp.	<i>Myriochele oculata</i> Spencer, 1975	<i>Scoletoma impatiens</i> (Claparède, 1868)
<i>Diplocirrus glaucus</i> (Malmgren, 1867)	<i>Nematoneis unicoloris</i> (Schmarda, 1861)	<i>Scoloplos armiger</i> (Müller, 1776)
<i>Dorvillea (Schistomeringos) rudolphii</i> (Delle Chiaje, 1828)	<i>Nephtys hombergi</i> Savigny, 1818	<i>Sphaerodoron flavum</i> Örsted, 1845
<i>Driloneis filum</i> (Claparède, 1868)	<i>Nephtys hystricis</i> Mc Intosh, 1900	<i>Sphaerosyllis claparedii</i> Ehlers, 1864
<i>Eteone</i> sp.	<i>Nephtys incisa</i> Malmgren, 1865	<i>Sphaerosyllis</i> sp.
<i>Euclymene lumbricoides</i> (Quatrefages, 1865)	<i>Nereiphylla castanea</i> (Marenzeller, 1879)	<i>Spio decoratus</i> Bobretzky, 1870
<i>Euclymene oerstedii</i> (Claparède, 1863)	<i>Notomastus aberans</i> Day, 1963	<i>Spiochaetopterus costarum</i> (Claparède, 1868)
<i>Euchone</i> sp.	<i>Ophelina acuminata</i> Örsted, 1843	<i>Spiophanes bombyx</i> (Claparède, 1870)
<i>Eumida sanguinea</i> (Örsted, 1843)	<i>Ophelina cylindricaudata</i> (Hansen, 1879)	<i>Stemaspis scutata</i> (Renier 1807)
<i>Eunice pennata</i> (Müller, 1776)	<i>Panthalys oerstedii</i> Kinberg, 1855	<i>Syllis garciai</i> (Campoy, 1982)
<i>Eunice vittata</i> (Delle Chiaje, 1828)	<i>Paradiopatra calliopae</i> Arvanitidis & Koukouras, 1997	<i>Syllis</i> sp.
<i>Fimbriosthenelais minor</i> (Pruvot & Racovitza, 1895)	<i>Paralacydonia paradoxa</i> Fauvel, 1913	<i>Terebellides stroemi</i> M. Sars, 1835
<i>Glycera alba</i> (O.F. Müller, 1776)	<i>Parapriospio pinnata</i> (Ehlers, 1901)	
Molluschi		
<i>Abra alba</i> (W. Wood, 1802)	<i>Eulima glabra</i> (Da Costa, 1778)	<i>Pandora pinna</i> (Montagu, 1803)
<i>Abra nitida</i> (O.F. Müller, 1776)	<i>Falciensis gutturosus</i> (Kowalevsky, 1901)	<i>Parvicardium minimum</i> (Philippi, 1836)
<i>Abra prismatica</i> (Montagu, 1808)	<i>Hiattella rugosa</i> (Linnaeus, 1767)	<i>Pitar rudis</i> (Poli, 1759)
<i>Antalis inaequicostata</i> (Dautzenberg, 1891)	<i>Hyalia vitrea</i> (Montagu, 1803)	<i>Saccella (ex Nuculana) commutata</i> (Philippi, 1844)
<i>Bathyarca pectunculoides</i> (Scacchi, 1834)	<i>Mangelia nuperrima</i> (Tiberi, 1855)	<i>Thyasira alleni</i> Carozza, 1981
<i>Bathyarca</i> sp. Juv	<i>Mendicula (ex Thyasira) ferruginosa</i> (Forbes, 1844)	<i>Thyasira biplicata</i> (Philippi, 1836)
<i>Capulus ungaricus</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Modiolula phaseolina</i> (Philippi, 1844)	<i>Thyasira granulosa</i> (Monterosato, 1874)
<i>Cardiomya costellata</i> (Deshayes, 1835)	<i>Myrtea spinifera</i> juv. (Montagu, 1803)	<i>Timoclea ovata</i> (Pennant, 1777)
<i>Cuspidaria cuspidata</i> (Olivi, 1792)	<i>Nucula nitidosa</i> Winckworth, 1930	
<i>Cuspidaria rostrata</i> (Spengler, 1793)	<i>Nucula sulcata</i> Bronn, 1831	
Crostacei		
<i>Alpheus glaber</i> (Olivi, 1792)	<i>Goneplax rhomboides</i> (Pennant, 1777)	<i>Monodaeus couchii</i> (Couch, 1851)
<i>Ampelisca</i> cfr <i>pseudospinimana</i> Bellan-Santini & K. Malka, 1977	<i>Halice walkeri</i> (Ledoyer, 1973)	<i>Nymphon gracile</i> Leach, 1814
<i>Ampelisca</i> sp.	<i>Haploops dellavallei</i> Chevreux, 1900	<i>Orchomene grimaldii</i> Chevreux, 1890
<i>Anapagurus petiti</i> Dechancé & Forest 1962	<i>Haploops nirae</i> Kaim Malka, 1976	<i>Orchomene massiliensis</i> Ledoyer, 1977
<i>Anapagurus</i> sp.	<i>Harpinia antennaria</i> Meinert, 1890	<i>Paraphoxus ocellatus</i> (G.O. Sars, 1879)
<i>Anthura gracilis</i> (Montagu, 1808)	<i>Harpinia crenulata</i> (Boeck, 1871)	<i>Pardaliscoella boeckii</i> (Malm, 1870)
<i>Callianassa</i> sp.	<i>Harpinia dellavallei</i> Chevreux, 1910	<i>Periculodes l. longimanus</i> (Bate & Westwood, 1868)
<i>Campylaspis macrophthalma</i> Sars, 1879	<i>Harpinia pectinata</i> G.O. Sars, 1891	<i>Photis longicaudata</i> (Bate & Westwood, 1862)
<i>Carangoliopsis spinulosa</i> Ledoyer, 1970	<i>Hippomedon bidentatus</i> Chevreux, 1903	<i>Phtisica marina</i> Slabber, 1769
<i>Desmosoma</i> sp.	<i>Hippomedon massiliensis</i> Bellan-Santini, 1965	<i>Processa canaliculata</i> Leach, 1315
<i>Diastylis cornuta</i> (Boeck, 1864)	<i>Leptochelia savignyi</i> (Kroyer, 1842)	<i>Processa</i> sp.

<i>Ebalia cranchii</i> Leach, 1817	<i>Leucon (Epileucon) longirostris</i> Sars, 1871	<i>Solenocera membranacea</i> (Risso, 1816)
<i>Eudorella nana</i> Sars, 1879	<i>Leucothoe lilljeborgi</i> Boeck, 1861	<i>Stenothoe</i> sp.
<i>Eurydice affinis</i> Hansen, 1905	<i>Lophogaster typicus</i> M. Sars, 1857	<i>Tmetonyx similis</i> (G.O. Sars, 1891)
<i>Eurydice spinigera</i> Hansen, 1890	<i>Maera grossimana</i> (Montagu, 1808)	<i>Tuberapseudes echinatus</i> (G.O. Sars, 1882)
<i>Euryrome aspera</i> (Pennant, 1777)	<i>Medicorophium rotundirostre</i> (Stephensen, 1915)	<i>Urothoe elegans</i> Bate, 1857
<i>Gnathia oxyuraea</i> (Lilljeborg, 1855)	<i>Metaphoxus simplex</i> (Bate, 1857)	<i>Westwoodilla rectirostris</i> (Delle Valle, 1892)
Echinodermi		
<i>Amphipholis squamata</i> (Delle Chiaje, 1828)	<i>Astropecten i. pentacanthus</i> (Delle Chiaje, 1825)	<i>Ophiura grubei</i> Heller, 1863
<i>Amphiura chiajei</i> Forbes, 1843	<i>Labidoplax digitata</i> (Montagu, 1815)	<i>Thyone fusus</i> (O. F. Müller, 1788)
<i>Amphiura filiformis</i> (O. F. Müller, 1776)	<i>Neocucumis marioni</i> (Marenzeller, 1878)	<i>Trachythone tergestina</i> (M. Sars, 1857)
<i>Astropecten aranciacus</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Ophiura albida</i> juv. Forbes, 1839	
Sipunculidi		
<i>Aspidosiphon muelleri</i> Diesing, 1851	<i>Golfingia elongata</i> (Keferstein, 1863)	<i>Phascolion strombus</i> (Montagu, 1804)
<i>Golfingia (Golfingia) vulgaris</i> (Blainville, 1827)	<i>Onchnesoma s. steenstrupii</i> Koren & Danielssen, 1875	
Nemertini		

La classe dei policheti risulta essere il gruppo dominante che con 3840 individui costituisce oltre l'80% dell'abbondanza totale. I crostacei, secondi unicamente ai policheti, rappresentano solo il 9% dell'abbondanza totale. Seguono, nell'ordine, molluschi e echinodermi, i primi con 6%, i secondi con appena l'1% di contributo all'abbondanza totale (Figura 62).

Più equilibrata risulta la ripartizione delle specie tra i vari gruppi, sebbene anche da questo punto di vista i policheti si confermano il taxon dominante fornendo da soli quasi la metà delle specie rinvenute (49%). Circa un terzo del panorama faunistico è fornito dai crostacei (27%) seguiti dai molluschi che rappresentano il 15% delle specie totali.

Ai policheti appartengono le specie rinvenute col maggior numero di individui, tra le quali *Levinsenia gracilis*, la più abbondante costituisce da sola, più di un quarto dell'abbondanza totale (Figura 63). Ad essa segue *Paradiopatra calliope* che costituisce il 17,6% dell'abbondanza totale.

Ampharete acutifrons, la terza specie in ordine di abbondanza rappresenta, con le specie più abbondanti, oltre la metà (52%) dell'abbondanza totale. Questo risultato, che conferma quanto già sottolineato nelle campagne precedenti, 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 173 specie (ossia 92% del totale) contribuiscono per meno dell'1% all'abbondanza totale. Inoltre circa un quarto delle specie sono presenti con un solo individuo.

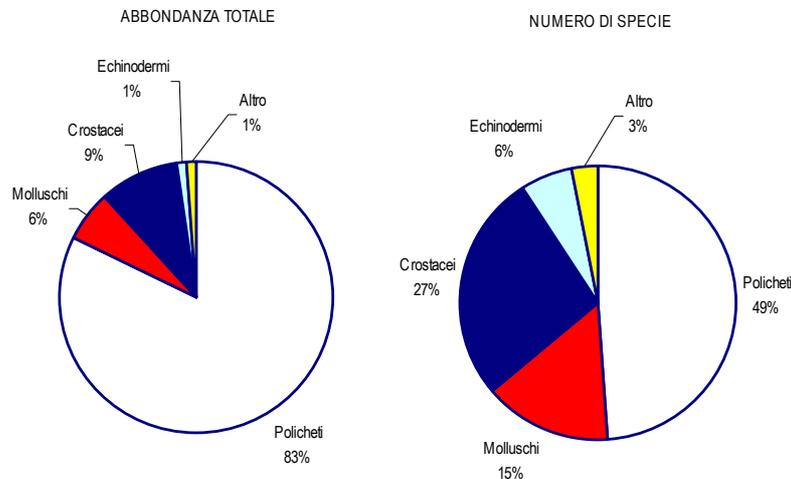


Figura 62 - Ripartizione dell'abbondanza totale e del numero di specie tra i principali taxa rinvenuti. Altro=nemertini, sipunculidi.

Dall'analisi delle similarità si evince che *L. gracilis*, *P. calliope*, *A. acutifrons* sono le specie che apportano il maggior contributo alla similarità tra repliche che risulta minima in I15 MG9 (40,29%) e massima in I15 MG13 (66,54%).

Tale contributo complessivo è piuttosto variabile e compreso tra circa il 55% (I15 MG9) e il 70% (I15 MG12). Le differenze tra le stazioni dipendono, pertanto, dai valori di abbondanza con cui sono presenti queste specie. Tali considerazioni non valgono per la stazione I15 MG2. In questo caso *Lumbrineris gracilis* occupa il terzo posto in ordine di contributo alla similarità totale sostituendo *A. acutifrons* che in questa stazione risulta meno abbondante.

Nel piano di ordinamento ottenuto tramite non-Metric Multidimensional Scaling (n-MDS) basato sui valori di abbondanza non trasformati le stazioni I15 MG2 e I15 MG9 sono collocate nella parte destra plot e contrapposte a tutte le altre. Tra loro esibiscono una dissimilarità abbastanza elevata pari al 59,61%.

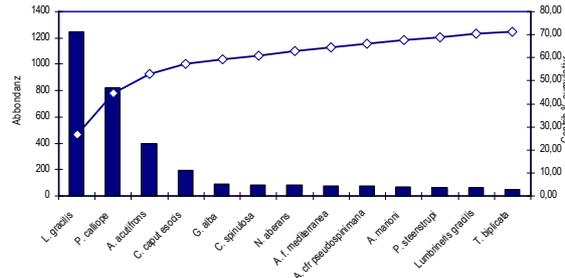


Figura 63 - Abbondanza totale e contributo percentuale cumulativo delle specie dominanti.

Inverno 2015

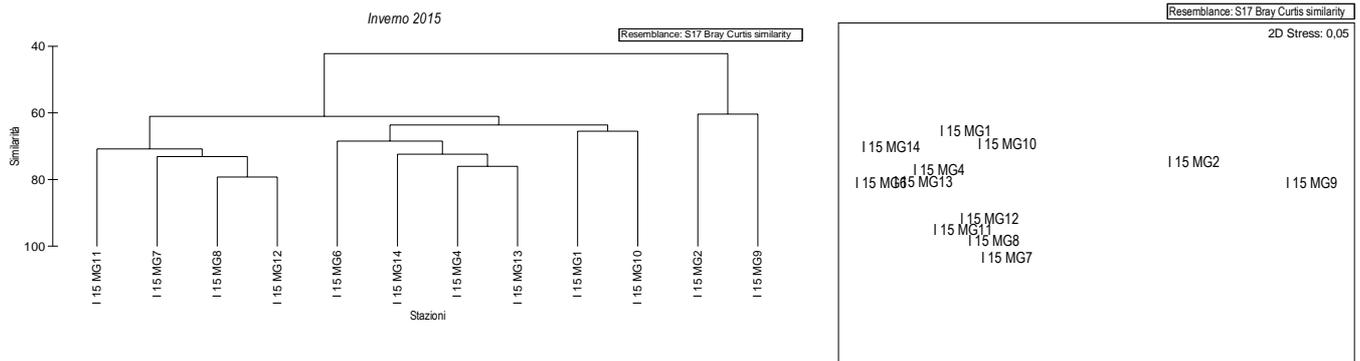


Figura 64 - Risultati della cluster analysis (group average) a sinistra e piano di ordinamento ottenuto dal n-MDS, a destra. La matrice triangolare è stata ottenuta tramite l'indice di Bray-Curtis.

Come osservato anche nella campagna I14 la stazione I14 MG9 risulta va separata dalle altre. Questa stazione esibisce anche nell'inverno 2015 la più alta variabilità tra repliche (similarità media pari a 40,29%).

Dalla parte opposta del piano si identifica un gruppo di stazioni costituito da quelle prossime al terminale lungo i settori N ed E dei transetti (I15 MG13, I15 MG6) e da quelle situate a 300m da esso lungo i medesimi transetti (I15 MG14, I15 MG4).

Si identifica, inoltre, un altro gruppo comprendente stazioni prossime al terminale lungo i settori S e W dei transetti (I15 MG12, I15 MG7) e da quelle situate a 300m lungo i medesimi transetti (I15 MG11, I15 MG8).

Anche questo pattern è dovuto essenzialmente al comportamento delle specie dominanti.

La distribuzione delle stazioni nel piano di ordinamento segue, da sinistra a destra, un gradiente decrescente dei valori di abbondanza di tali specie.

Anche i dati dell'inverno 2015 confermano che i campioni sono caratterizzati da una tipologia di biodetrito variabile da stazione a stazione.

Questa eterogeneità dei sedimenti e del detrito associato spiega la variabilità osservata nel popolamento bentonico.

Per quanto riguarda I15 MG9, stazione a più alta variabilità tra repliche e meno simile alle altre, i dati mostrano che essa è la più povera sia in termini di numero di specie sia in numero di individui.

Dalla Tabella 62, infatti, si evince che sia S sia N subiscono un brusco calo proprio in corrispondenza di I15 MG9.

Tabella 62 - Numero di taxa (S), Numero di individui (N), Ricchezza specifica di Margalef (d), Diversità specifica di Shannon-Weaver (H'), Equitabilità di Pielou (J). Medie ± Deviazione standard.							
	S	N	d	J'	H'(log2)		
I15 MG1	34,75 ± 6,08	126,00 ± 21,77	3,85 ± 1,28	7,00 ± 1,28	0,754 ± 0,06		
I15 MG2	22 ± 2,45	55,25 ± 6,65	3,84 ± 0,66	5,25 ± 0,66	0,862 ± 0,03		
I15 MG4	25,75 ± 6,40	110,50 ± 40,96	3,32 ± 1,01	5,27 ± 1,01	0,717 ± 0,04		
I15 MG6	41,25 ± 5,68	151,50 ± 8,43	4,05 ± 1,10	8,02 ± 1,10	0,756 ± 0,04		
I15 MG7	28,25 ± 4,03	81,50 ± 40,63	3,94 ± 0,86	6,33 ± 0,86	0,819 ± 0,07		
I15 MG8	26,25 ± 2,63	79,00 ± 22,46	3,74 ± 0,47	5,82 ± 0,47	0,795 ± 0,05		
I15 MG9	17,5 ± 3,70	36,75 ± 15,65	3,61 ± 0,80	4,64 ± 0,80	0,882 ± 0,07		
I15 MG10	32,25 ± 7,14	95,50 ± 17,10	4,05 ± 1,41	6,86 ± 1,41	0,812 ± 0,02		
I15 MG11	32 ± 9,59	92,00 ± 24,73	3,89 ± 1,81	6,84 ± 1,81	0,783 ± 0,07		
I15 MG12	27,25 ± 3,50	84,50 ± 26,26	3,75 ± 0,59	5,95 ± 0,59	0,789 ± 0,08		
I15 MG13	34,5 ± 4,12	123,75 ± 11,79	3,80 ± 0,75	6,95 ± 0,75	0,744 ± 0,03		
I15 MG14	29 ± 2,16	130,25 ± 37,44	3,28 ± 0,65	5,80 ± 0,65	0,674 ± 0,11		

4.2.2 Meiobenthos

Dati delle singole stazioni

La stazione I15 MG1 si caratterizza per il sedimento di tipo sabbioso con silt e detrito vegetale. La meiofauna è costituita da quattordici gruppi tassonomici, per un popolamento complessivo di $305,3 \pm 123,5$ ind./10 cm². I Nematodi sono il taxon dominante ($237,5 \pm 88,3$ ind./10 cm²) e rappresentano il 77,8% della meiofauna totale. Seguono i Copepodi ($21,9 \pm 17,6$ ind./10 cm²; 7,2%) e i Policheti ($21,9 \pm 7,8$ ind./10 cm²; 7,2%). Le fasi larvali dei Copepodi, cioè i Nauplii, costituiscono il quarto gruppo per abbondanza ($13,9 \pm 15,8$ ind./10 cm²; 4,6%). I dieci taxa numericamente meno abbondanti, raggruppati nella categoria "Altri", presentano una densità complessiva pari a $10,1 \pm 6,3$ ind./10 cm² con un apporto percentuale del 3,3%; nessuno di questi raggiunge l'1% del popolamento (Tabella 63; Figura 65). I valori degli indici di diversità di Shannon-Wiener e ricchezza di Margalef risultano superiori alla media riscontrata nell'area, mentre l'equitabilità di Pielou corrisponde ad essa (Tabella 65).

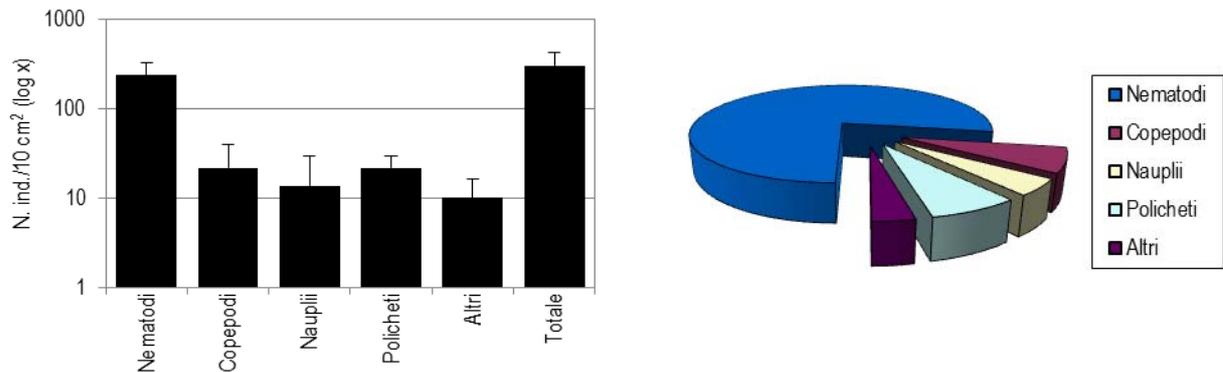


Figura 65 - Stazione I15 MG1. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

	I15 MG1		I15 MG2		I15 MG4		I15 MG6		I15 MG7		I15 MG8	
	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%
Nematodi	237,5 \pm 88,3	77,8	45,1 \pm 26,5	89,2	212,2 \pm 193,1	85,1	204,7 \pm 170,1	82,5	143,6 \pm 105,5	78,6	208,5 \pm 125,3	84,0
Copepodi	21,9 \pm 17,6	7,2	-	-	6,7 \pm 7,1	2,7	10,9 \pm 16,3	4,4	5,9 \pm 6,4	3,2	10,1 \pm 4,3	4,1
Nauplii	13,9 \pm 15,8	4,6	-	-	7,6 \pm 5,8	3,0	13,1 \pm 19,4	5,3	2,5 \pm 1,7	1,4	7,6 \pm 7,8	3,1
Policheti	21,9 \pm 7,8	7,2	2,5 \pm 4,0	5,0	16,8 \pm 11,6	6,8	11,8 \pm 12,7	4,8	20,6 \pm 9,7	11,3	17,3 \pm 8,4	7,0
Turbellari	1,7 \pm 0,0	0,6	2,9 \pm 1,6	5,8	1,3 \pm 1,6	0,5	1,3 \pm 2,5	0,5	2,9 \pm 4,0	1,6	0,4 \pm 0,8	0,2
Chinorinchi	2,5 \pm 2,9	0,8	-	-	0,4 \pm 0,8	0,2	1,3 \pm 2,5	0,5	0,4 \pm 0,8	0,2	-	-
Tanaidacei	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,2	0,4 \pm 0,8	0,2	-	-	-	-
Ostracodi	2,1 \pm 3,2	0,7	-	-	0,8 \pm 1,7	0,3	1,3 \pm 1,6	0,5	1,7 \pm 1,4	0,9	1,3 \pm 1,6	0,5
Anfipodi	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,2	-	-	-	-	-	-
Isopodi	0,4 \pm 0,8	0,1	-	-	0,4 \pm 0,8	0,2	-	-	0,4 \pm 0,8	0,2	-	-
Cumacei	-	-	-	-	-	-	-	-	0,8 \pm 1,0	0,5	-	-
Acari	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gasteropodi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bivalvi	0,4 \pm 0,8	0,1	-	-	0,4 \pm 0,8	0,2	0,4 \pm 0,8	0,2	-	-	-	-
Solenogastri	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,2	-	-	-	-	-	-
Nemertini	1,3 \pm 1,6	0,4	-	-	0,4 \pm 0,8	0,2	1,3 \pm 1,6	0,5	-	-	0,8 \pm 1,7	0,3
Priapulidi	-	-	-	-	0,8 \pm 1,0	0,3	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,2
Loriciferi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oligocheti	0,4 \pm 0,8	0,1	-	-	-	-	0,8 \pm 1,0	0,3	2,9 \pm 2,9	1,6	1,3 \pm 0,8	0,5
Ofiuroidi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,2
Scafopodi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sipunculidi	0,4 \pm 0,8	0,1	-	-	-	-	-	-	0,8 \pm 1,7	0,5	-	-
Rotiferi	0,4 \pm 0,8	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ciliati	0,4 \pm 0,8	0,1	-	-	-	-	0,8 \pm 1,7	0,3	-	-	-	-
Altri (Σ Tur-Cil)	10,1 \pm 6,3	3,3	2,9 \pm 1,6	5,8	5,9 \pm 4,0	2,4	7,6 \pm 6,8	3,1	10,1 \pm 5,0	5,5	4,6 \pm 4,2	1,9
Meiofauna totale	305,3 \pm 123,5	-	50,5 \pm 30,4	-	249,3 \pm 216,9	-	248,0 \pm 221,9	-	182,8 \pm 117,1	-	248,0 \pm 147,0	-

La stazione I15 MG2 si caratterizza per il sedimento di tipo sabbioso con silt e detrito grossolano. Lo studio della popolazione meiobentonica ha evidenziato la presenza di soli tre taxa principali per una densità complessiva di $50,5 \pm 30,4$ ind./10 cm². Il taxon dominante è quello dei Nematodi, che formano l'89,2% del popolamento meiobentonico complessivo, con una densità di $45,1 \pm 26,5$ ind./10 cm². Segue il gruppo dei Turbellari ($2,9 \pm 1,6$ ind./10 cm²; 5,8%) mentre i Policheti risultano il terzo e ultimo taxon di questo sito ($2,5 \pm 4,0$ ind./10 cm²; 5,0%). Assenti i Copepodi ed i loro stadi giovanili (Tabella 63; Figura 66). I valori degli indici di diversità di Shannon-Wiener e ricchezza di Margalef risultano inferiori alla media riscontrata nell'area, mentre l'equitabilità di Pielou è al di sopra di essa (Tabella 65).

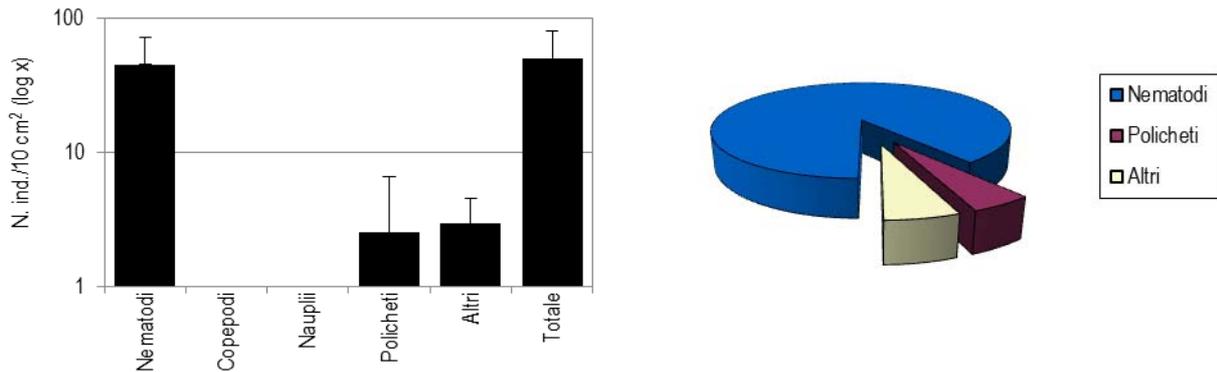


Figura 66 - Stazione I15 MG2. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il sedimento della stazione I15 MG4 è costituito da sabbia con silt e detrito vegetale. Sono stati rinvenuti quattordici gruppi meiobentonici per una densità media complessiva di $249,3 \pm 216,9$ ind./10 cm² (Tabella 63). Come nei siti precedenti, i Nematodi sono il gruppo dominante con una percentuale totale del 85,1% e densità pari a $212,2 \pm 193,1$ ind./10 cm². Seguono i Policheti, con una densità media di $16,8 \pm 11,6$ ind./10 cm² (6,8%), i Nauplii, con abbondanza pari a $7,6 \pm 5,8$ ind./10 cm² (3,0%), e infine i Copepodi, che costituiscono il 2,7% del popolamento ($6,7 \pm 7,1$ ind./10 cm²). I restanti dieci taxa costituiscono il 2,4% della biocenosi; nessuno di questi raggiunge l'1% del popolamento (Tabella 63; Figura 67). Si segnala il rinvenimento di Priapulidi nel sito. I valori degli indici di diversità di Shannon-Wiener e l'equitabilità di Pielou risultano pari alla media riscontrata nell'area, mentre la ricchezza di Margalef è al di sopra di essa (Tabella 65).

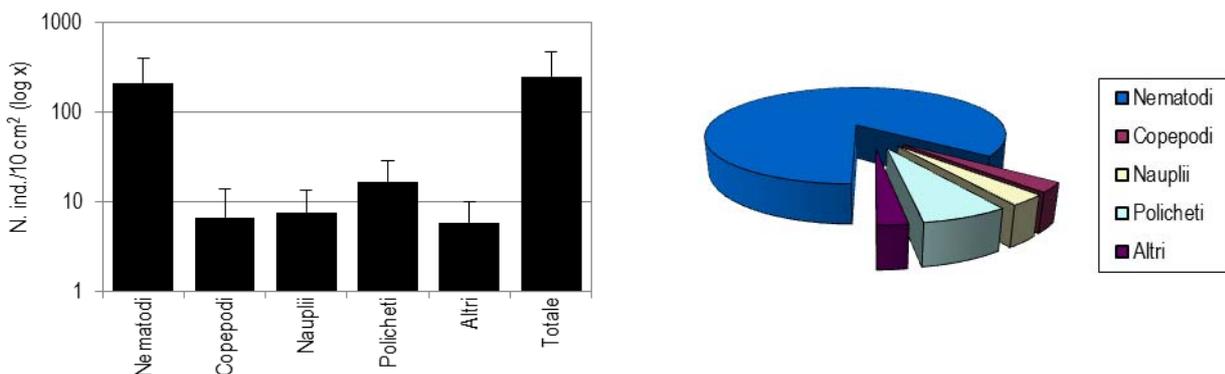


Figura 67 - Stazione I15 MG4. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il sedimento prelevato in I15 MG6 è costituito da sabbia molto fine mista a silt e a detrito vegetale. Nei campioni sono stati rinvenuti i rappresentanti di dodici gruppi tassonomici per una densità complessiva di $248,0 \pm 221,9$ ind./10 cm² (Tabella 63). Il gruppo dei Nematodi, taxon dominante, raggiunge la densità di $204,7 \pm 170,1$ ind./10 cm², contribuendo per l'82,5% al popolamento complessivo; seguono i Nauplii ($13,1 \pm 19,4$ ind./10 cm²; 5,3%) e i Policheti ($11,8 \pm 12,7$ ind./10 cm²; 4,8%). I Copepodi si collocano al quarto posto per abbondanza e percentuale ($10,9 \pm 16,3$ ind./10 cm²; 4,4%). I rimanenti otto taxa con contributo singolo inferiore all'1% complessivo, rappresentano globalmente il 3,1% della meiofauna totale (Tabella 63; Figura 68). I valori degli indici di diversità di Shannon-Wiener e ricchezza di Margalef risultano superiori alla media riscontrata nell'area, mentre l'equitabilità di Pielou corrisponde ad essa (Tabella 65).

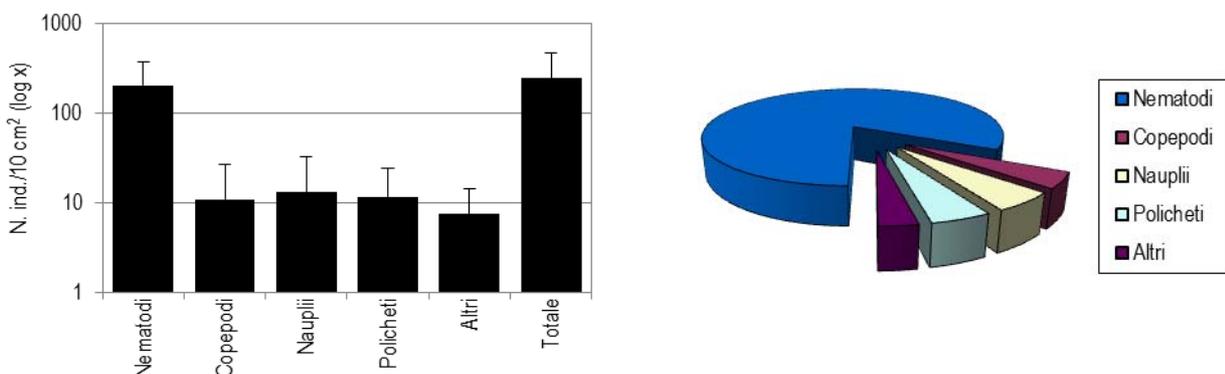


Figura 68 - Stazione I15 MG6. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

La biocenosi meiobentonica rinvenuta nel sedimento della stazione I15 MG7, di tipo sabbioso-fine misto a silt, con piccole quantità di detrito più grossolano e vegetale, risulta costituita da undici major taxa, con una densità media totale di $182,8 \pm 117,1$ ind./10 cm². Il gruppo dominante è quello dei Nematodi, che contribuisce con il 78,6% al popolamento complessivo ($143,6 \pm 105,5$ ind./10 cm²). Seguono i Policheti ($20,6 \pm 9,7$ ind./10 cm²; 11,3%), i Copepodi ($5,9 \pm 6,4$ ind./10 cm²; 3,2%) e, infine, i Nauplii ($2,5 \pm 1,7$ ind./10 cm²; 1,4%). I rimanenti sette gruppi presenti costituiscono ben il 5,5% della meiofauna totale; di questi solo Turbellari e Oligocheti superano l'1,0% del popolamento (Tabella 63; Figura 69). I valori degli indici strutturali calcolati per questa stazione risultano superiori alla media (Tabella 65).

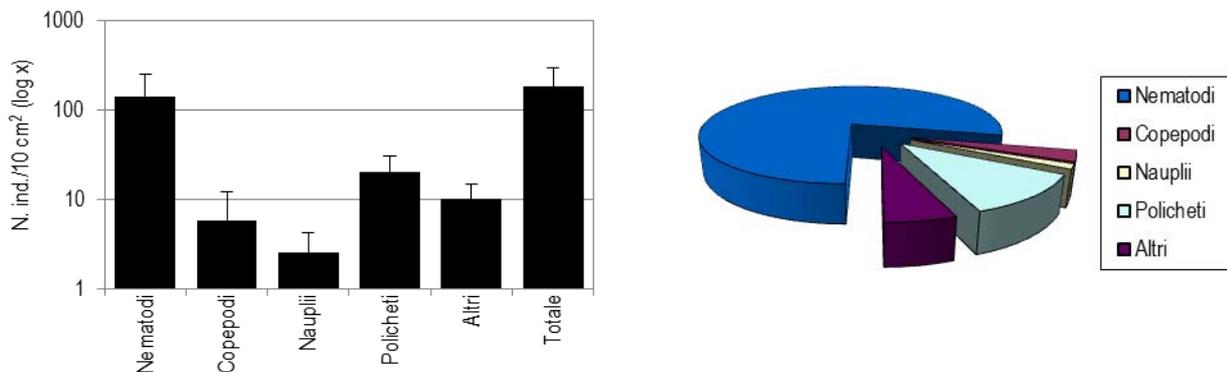


Figura 69 - Stazione I15MG7. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

La stazione I15 MG8 è caratterizzata dalla presenza di un sedimento di tipo sabbioso con una frazione di silt e detrito vegetale. La meiofauna è presente con dieci gruppi tassonomici la cui densità complessiva raggiunge i $248,0 \pm 147,0$ ind./10 cm² (Tabella 63, Tabella 64). Ancora una volta i Nematodi risultano il gruppo dominante, con una percentuale che raggiunge l'84 % (densità = $208,5 \pm 125,3$ ind./10 cm²). Seguono per abbondanza i Policheti ($17,3 \pm 8,4$ ind./10 cm²; 7,0%), i Copepodi ($10,1 \pm 4,3$ ind./10 cm²; 4,1%) ed infine i Nauplii ($7,6 \pm 7,8$ ind./10 cm²; 3,1%), che chiudono la quaterna dei gruppi più rappresentati. I rimanenti sei taxa rappresentano nel complesso l'1,9% della biocenosi (Figura 70). In questa stazione l'indice di ricchezza di Margalef risulta inferiore alla media, mentre gli indici di diversità Shannon-Wiener e di equitabilità di Pielou risultano pari ad essa (Tabella 65).

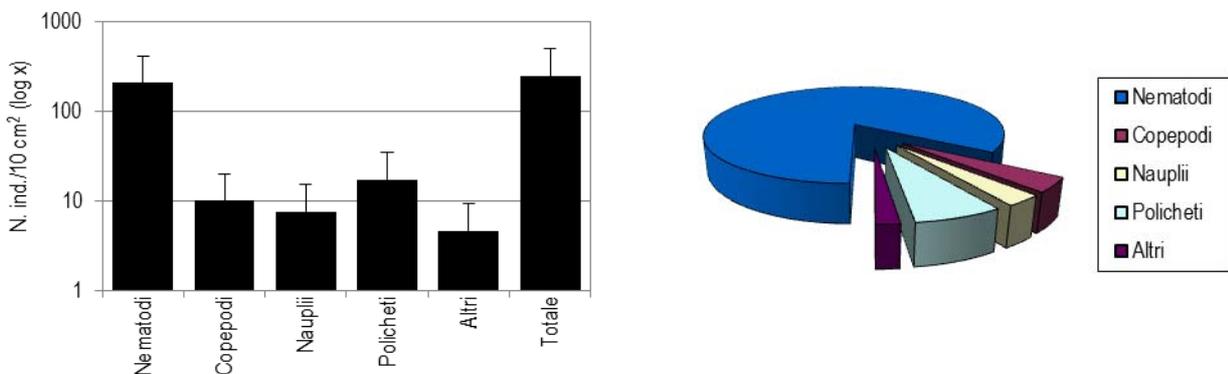


Figura 70 - Stazione I15MG8. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

La stazione I15 MG9 è caratterizzata da un sedimento di tipo sabbioso molto fine, ricco di fango e limo. La comunità meiobentonica è costituita da nove gruppi tassonomici, per una densità complessiva pari a $123,0 \pm 71,2$ ind./10 cm², che risulta la più bassa dell'area (Tabella 64, Tabella 65). I Nematodi sono il taxon dominante ($115,8 \pm 67,1$ ind./10 cm²) con il 94,2% della meiofauna totale. Seguono, nell'ordine, Copepodi ($1,7 \pm 2,4$ ind./10 cm²; 1,4%), Nauplii ($1,7 \pm 1,4$ ind./10 cm²; 1,4%) e Policheti ($1,3 \pm 2,5$ ind./10 cm²; 1,0%). I restanti cinque taxa, con un contributo inferiore all'1%, costituiscono nel complesso il 2,1% della biocenosi (Tabella 64; Figura 71). I valori degli indici strutturali risultano inferiori alla media (Tabella 65).

La stazione I15 MG10 è caratterizzata dalla presenza di sabbia fine mista a silt e detrito vegetale. Sono stati classificati quattordici taxa meiobentonici, con una densità media totale di $244,3 \pm 165,3$ ind./10 cm² (Tabella 64). I Nematodi, con l'80% dell'abbondanza totale, rappresentano gruppo dominante, con una densità media pari a $195,4 \pm 132,8$ ind./10 cm². Seguono i Policheti ($20,2 \pm 15,7$ ind./10 cm²; 8,3%), più abbondanti rispetto ad altri siti, i Copepodi ($10,9 \pm 13,2$ ind./10 cm²; 4,5%) e i Nauplii ($9,3 \pm 7,3$ ind./10 cm²; 3,8%). Questi primi quattro gruppi rappresentano oltre il 96% del meiobenthos complessivo (Tabella 64; Figura 72). Il restante 3,4% è costituito da dieci taxa, con contributo inferiore all'1% del totale. In questo sito è stato rinvenuto il raro taxon dei Loriciferi (Tabella 64). Gli indici di ricchezza di Margalef e di diversità Shannon-Wiener risultano superiori alla media, mentre l'equitabilità di Pielou risulta pari ad essa (Tabella 65).

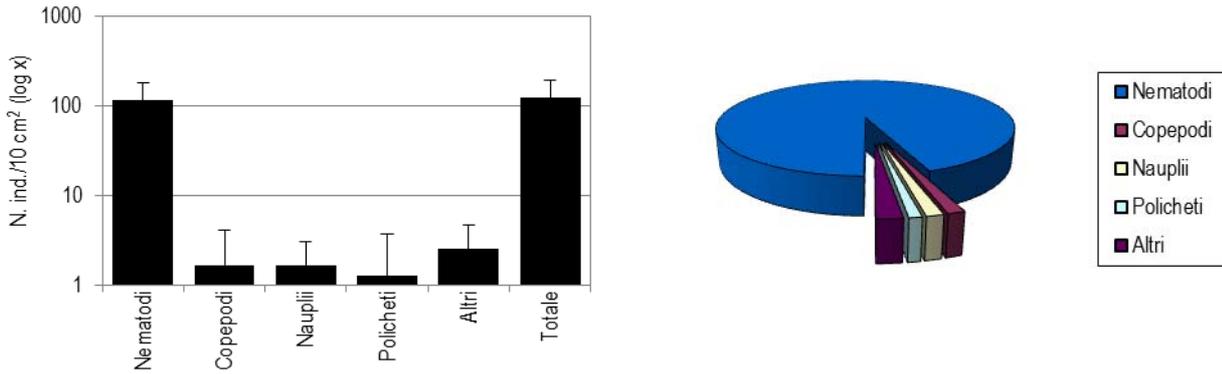


Figura 71 - Stazione I15 MG9. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Tabella 64 - Struttura della comunità meiobentonica nelle stazioni I15 MG9, I15 MG10, I15 MG11, I15 MG12, I15 MG13, I15 MG14. Densità media (\pm DS) (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. L'abbondanza relativa (%) dei singoli taxa è stata calcolata in relazione alla densità totale.

	I15 MG9		I15 MG10		I15 MG11		I15 MG12		I15 MG13		I15 MG14	
	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%	Media \pm DS	%
Nematodi	115,8 \pm 67,1	94,2	195,4 \pm 132,8	80,0	200,9 \pm 136,3	82,2	192,5 \pm 103,5	77,9	194,1 \pm 74,1	82,3	176,5 \pm 86,3	80,4
Copepodi	1,7 \pm 2,4	1,4	10,9 \pm 13,2	4,5	11,4 \pm 14,7	4,7	15,2 \pm 7,0	6,1	9,3 \pm 10,4	3,9	11,4 \pm 8,2	5,2
Nauplii	1,7 \pm 1,4	1,4	9,3 \pm 7,3	3,8	8,4 \pm 11,2	3,4	9,3 \pm 6,2	3,7	3,4 \pm 4,1	1,4	10,1 \pm 6,3	4,6
Policheti	1,3 \pm 2,5	1,0	20,2 \pm 15,7	8,3	20,2 \pm 14,8	8,3	21,5 \pm 11,5	8,7	13,9 \pm 6,5	5,9	14,7 \pm 12,9	6,7
Turbellari	0,8 \pm 1,7	0,7	1,3 \pm 0,8	0,5	0,4 \pm 0,8	0,2	2,1 \pm 0,8	0,9	1,3 \pm 1,6	0,5	1,3 \pm 1,6	0,6
Chinorinchi	-	-	0,4 \pm 0,8	0,2	-	-	0,8 \pm 1,0	0,3	0,4 \pm 0,8	0,2	0,4 \pm 0,8	0,2
Tanaidacei	0,4 \pm 0,8	0,3	0,4 \pm 0,8	0,2	1,3 \pm 0,8	0,5	0,8 \pm 1,0	0,3	0,4 \pm 0,8	0,2	0,8 \pm 1,7	0,4
Ostracodi	0,4 \pm 0,8	0,3	1,7 \pm 1,4	0,7	0,8 \pm 1,0	0,3	0,8 \pm 1,0	0,3	2,1 \pm 4,2	0,9	0,8 \pm 1,0	0,4
Anfipodi	0,4 \pm 0,8	0,3	-	-	-	-	-	-	0,8 \pm 1,7	0,4	0,4 \pm 0,8	0,2
Isopodi	-	-	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,2	-	-	-	-
Cumacei	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Acari	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gasteropodi	-	-	0,8 \pm 1,0	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-
Bivalvi	0,4 \pm 0,8	0,3	1,7 \pm 1,9	0,7	0,8 \pm 1,7	0,3	1,7 \pm 1,4	0,7	-	-	0,8 \pm 1,0	0,4
Solenogastri	-	-	0,4 \pm 0,8	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-
Nemertini	-	-	0,8 \pm 1,0	0,3	-	-	1,7 \pm 3,4	0,7	8,0 \pm 16,0	3,4	1,7 \pm 3,4	0,8
Priapulidi	-	-	-	-	-	-	0,4 \pm 0,8	0,2	-	-	-	-
Loriciferi	-	-	0,4 \pm 0,8	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-
Oligocheti	-	-	-	-	-	-	-	-	1,3 \pm 1,6	0,5	0,4 \pm 0,8	0,2
Ofiuroidi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Scafopodi	-	-	0,4 \pm 0,8	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-
Sipunculidi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rotiferi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ciliati	-	-	-	-	-	-	-	-	0,8 \pm 1,7	0,4	-	-
Altri (Σ Tur-Cil)	2,5 \pm 2,2	2,1	8,4 \pm 6,0	3,4	3,4 \pm 2,4	1,4	8,8 \pm 5,4	3,6	15,2 \pm 16,6	6,4	6,7 \pm 4,1	3,1
Meiofauna totale	123,0 \pm 71,2	-	244,3 \pm 165,3	-	244,3 \pm 176,6	-	247,2 \pm 124,2	-	235,8 \pm 100,2	-	219,4 \pm 110,9	-

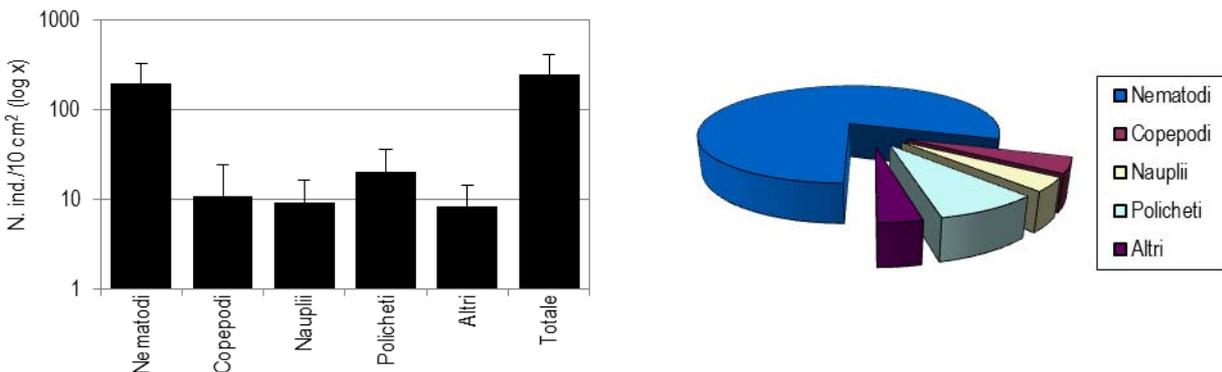


Figura 72 - Stazione I15 MG10. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il sedimento della stazione I15 MG11 è costituito soprattutto da sabbia fine mista a silt e da una frazione più grossolana, con ulteriore detrito vegetale. Nei campioni analizzati sono stati rinvenuti i rappresentanti di otto gruppi meiobentonici, per una densità media complessiva pari a 244,3 \pm 176,6 ind./10 cm². I Nematodi risultano dominanti (densità media = 200,9 \pm 136,3 ind./10 cm²), con un apporto complessivo dell'82,2% (Tabella 64). Seguono i Policheti (densità = 20,2 \pm 14,8 ind./10 cm²; 8,3%), i Copepodi (11,4 \pm 14,7 ind./10 cm²; 4,7%) e gli stadi naupliari di questi (8,4 \pm 11,2 ind./10 cm²; 3,4%). I rimanenti quattro taxa (complessivamente 1,4% del totale) hanno un

contributo singolo inferiore all'1% (Tabella 64, Figura 73). L'indice di ricchezza di Margalef risulta inferiore alla media, mentre la diversità Shannon-Wiener e l'equitabilità di Pielou risultano pari ad essa (Tabella 65).

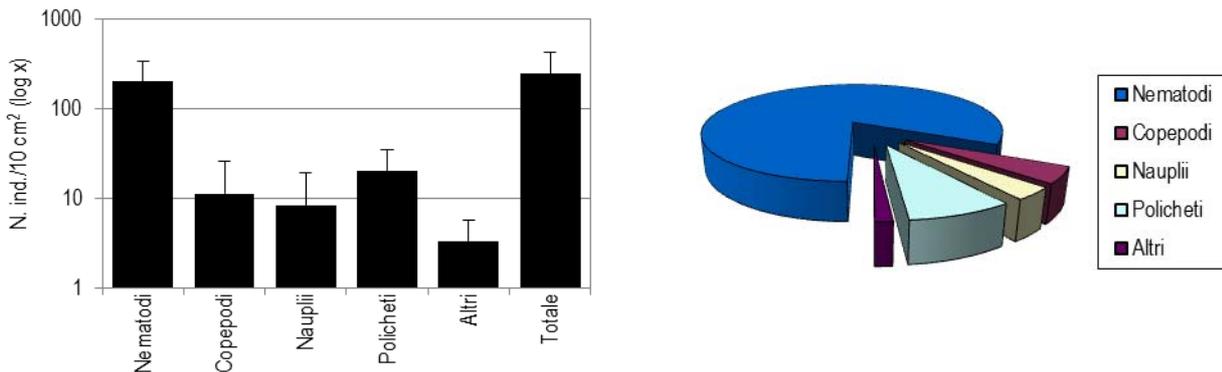


Figura 73 - Stazione I15 MG11. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il sedimento prelevato nella stazione I15 MG12 è costituito da sabbia, con una discreta quantità di detrito grossolano e vegetale. Sono stati rinvenuti dodici taxa, con abbondanza media totale pari a $247,2 \pm 124,2$ ind./10 cm². Anche in questo caso i Nematodi risultano dominanti, con densità media pari a $192,5 \pm 103,5$ ind./10 cm², corrispondente al 77,9% del popolamento complessivo. Seguono i Policheti ($21,5 \pm 11,5$ ind./10 cm²; 8,7%), i Copepodi ($15,2 \pm 7,0$ ind./10 cm²; 6,1%) e i Nauplii ($9,3 \pm 6,2$ ind./10 cm²; 3,7%). Tra i rimanenti otto taxa (complessivamente il 3,6% della meiofauna totale) solo i Turbellari raggiungono quasi l'1% del popolamento. In questo sito sono stati rinvenimenti di Priapulidi (Tabella 64; Figura 74). I valori degli indici strutturali risultano superiori alla media (Tabella 65).

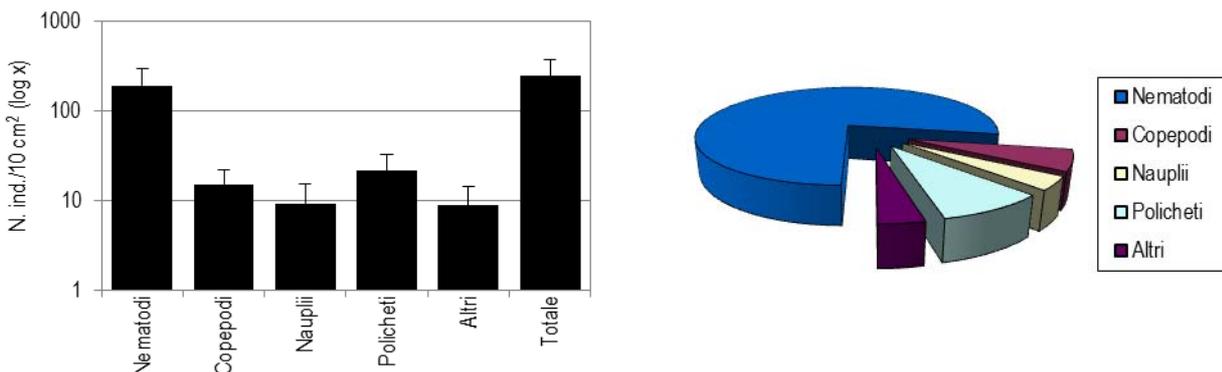


Figura 74 - Stazione I15 MG12. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Il sedimento della stazione I15 MG13, costituito sabbia fine mista a silt e con presenza di detrito vegetale, ospita dodici taxa, con una densità complessiva pari a $235,8 \pm 100,2$ ind./10 cm². Ai Nematodi ($194,1 \pm 74,1$ ind./10 cm²), costituenti l'82,3% del popolamento totale, seguono Policheti ($13,9 \pm 6,5$ ind./10 cm²; 5,9%), Copepodi ($9,3 \pm 10,4$ ind./10 cm²; 3,9%) e Nauplii ($3,4 \pm 4,1$ ind./10 cm²; 3,4%). I rimanenti otto gruppi costituiscono il 6,4% della meiofauna totale; tra essi dominano i Nemertini, che costituiscono il 3,4% del popolamento (Tabella 64; Figura 75). Gli indici strutturali sono superiori alla media, tranne l'equitabilità di Pielou che risulta pari ad essa (Tabella 65).

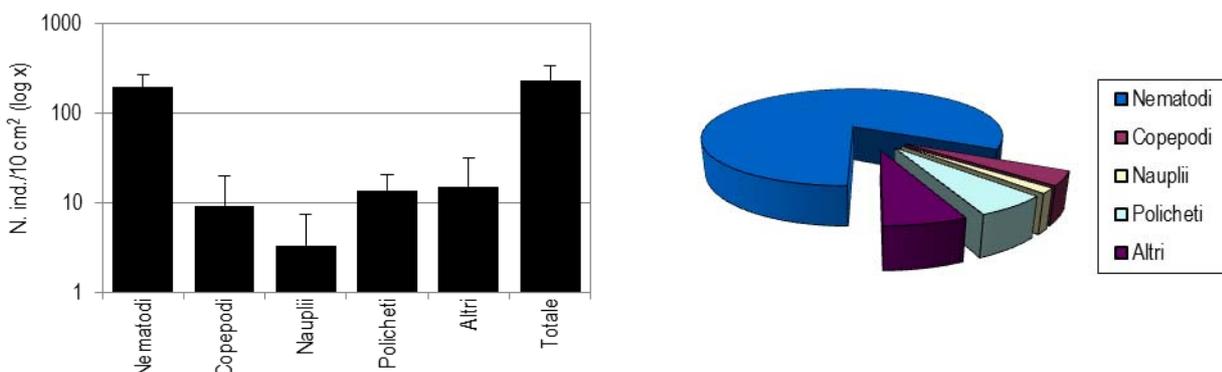


Figura 75 - Stazione I15MG13. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

La stazione I15 MG14 si caratterizza per il sedimento di tipo sabbioso misto a silt contenente detrito di origine vegetale. Nei campioni raccolti sono stati rinvenuti dodici taxa meiobentonici, con densità media complessiva pari a $219,4 \pm 110,9$ ind./10 cm² (Tabella 65). Anche in questo caso i Nematodi risultano il taxon dominante, con una densità di $176,5 \pm 86,3$ ind./10 cm² pari all'80,4% della comunità globale. Seguono Policheti ($14,7 \pm 12,9$ ind./10 cm²; 6,7%), Copepodi ($11,4 \pm 8,2$ ind./10 cm²; 5,2%) e Nauplii ($10,1 \pm 6,3$ ind./10 cm²; 4,6%). I rimanenti otto taxa insieme formano il 3,1% dell'intera meiofauna; nessuno di questi raggiunge l'1% della biocenosi (Tabella 64, Figura 76). I valori degli indici di diversità Shannon-Wiener e di ricchezza di Margalef risultano superiori alla media, mentre l'indice di equità di Pielou risulta corrispondente ad essa (Tabella 65).

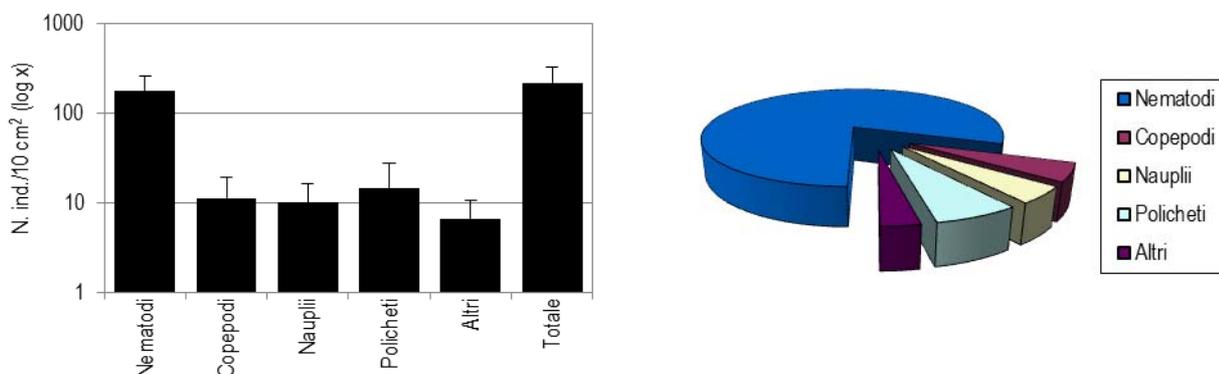


Figura 76 - Stazione I15 MG14. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo. Valori in scala logaritmica (sx). Apporto percentuale dei diversi taxa al popolamento meiobentonico complessivo (dx).

Dati complessivi

In totale nell'area investigata sono stati rinvenuti organismi appartenenti a ventitre gruppi tassonomici, di cui solo tre presenti in tutte le stazioni: Nematodi, Policheti e Turbellari. I Copepodi e i loro stadi giovanili, Nauplii, sono assenti in un unico sito. Dei rimanenti taxa, alcuni, come Ostracodi, Chinorinchi, Bivalvi e Nemertini, sono abbastanza frequenti, risultando assenti solo in poche stazioni, al contrario di Loriciferi, Rotiferi, Cumacei, Scafopodi, Gasteropodi e Ofiuroidi, rinvenuti in singole stazioni e in numeri molto bassi.

La densità media totale dell'area investigata è pari a $216,5 \pm 142,4$ ind./10 cm². I Nematodi sono risultati il taxon dominante, con una densità media complessiva di $177,2 \pm 114,8$ pari a quasi l'82% del popolamento totale, seguiti nell'ordine dai Policheti (densità media = $15,2 \pm 11,5$ ind./10 cm²; 7,0%), dai Copepodi ($9,6 \pm 10,7$ ind./10 cm²; 4,4%) e infine dai Nauplii ($7,2 \pm 9,1$ ind./10 cm²; 3,3%). I primi quattro gruppi costituiscono nel complesso oltre il 96% della biocenosi. Gli altri diciannove taxa sono presenti con abbondanze e percentuali molto basse, fornendo un valore di densità complessiva pari al 3,3% dell'intero popolamento meiobentonico; nessuno di questi raggiunge l'1% della biocenosi (Tabella 66).

L'analisi della varianza (ANOVA) condotta per verificare la significatività delle eventuali differenze nei valori medi delle abbondanze riscontrate nelle 12 stazioni ha evidenziato differenze statisticamente significative relativamente a Copepodi e Nauplii; non appaiono invece significativamente diverse le densità dei Nematodi, Policheti, taxa meno abbondanti e meiofauna totale. Occorre tuttavia sottolineare che le differenze statisticamente significative riguardano unicamente la stazione I15 MG2.

In questa stazione si evidenzia l'assenza di Copepodi e Nauplii, e la bassa densità di Nematodi e Policheti; inoltre è presente un solo altro taxon, Turbellari, a rappresentare la categoria 'Altri': Il motivo della presenza di tre soli taxa e delle basse densità della stazione I15 MG2 rispetto alle altre non è riconducibile alla presenza del Terminale.

Nella Tabella 65 sono riportati i parametri strutturali calcolati per le singole stazioni. Numero di taxa (S) e abbondanza media (N) appaiono alquanto variabili, da 3 a 14 taxa il primo, e da 50 a 305 ind./10 cm² il secondo. La stazione I15MG2 ospita il numero più basso di taxa, mentre I15 MG1, I15 MG4, I15 MG10 ospitano il numero più alto.

Data la distanza reciproca tra queste stazioni e la loro distanza relativa rispetto al rigassificatore al momento non emerge nessuna relazione evidente tra le differenze osservate e la collocazione geografica delle stazioni in relazione al terminale.

Tabella 65 - 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'), Equità di Pielou (J).

	S	N	d	H'	J
I15 MG1	14,0	305,3	2,3	0,9	0,3
I15 MG2	3,0	50,5	0,5	0,4	0,4
I15 MG4	14,0	249,3	2,4	0,7	0,3
I15 MG6	12,0	248,0	2,0	0,8	0,3
I15 MG7	11,0	182,8	1,9	0,9	0,4
I15 MG8	10,0	248,0	1,6	0,7	0,3
I15 MG9	9,0	123,0	1,7	0,3	0,2
I15 MG10	14,0	244,3	2,4	0,8	0,3
I15 MG11	8,0	244,3	1,3	0,7	0,3
I15 MG12	12,0	247,2	2,0	0,9	0,4
I15 MG13	12,0	235,8	2,0	0,8	0,3
I15 MG14	12,0	219,4	2,0	0,8	0,3

Tabella 66 - Struttura della comunità meiobentonica dell'area interessata dal posizionamento del terminale rigassificatore, incluse le stazioni di controllo. Densità media \pm deviazione standard (ind./10 cm²) dei taxa principali e del popolamento complessivo rinvenuto. L'abbondanza relativa (%) dei singoli taxa è stata calcolata in relazione alla densità totale.

Taxon	Media \pm DS	%	Taxon	Media \pm DS	%
Nematodi	177,2 \pm 114,8	81,9	Gasteropodi	0,1 \pm 0,3	<0,1
Copepodi	9,6 \pm 10,7	4,4	Bivalvi	0,6 \pm 1,1	0,3
Nauplii	7,2 \pm 9,1	3,3	Solenogastri	0,1 \pm 0,3	<0,1
Policheti	15,2 \pm 11,5	7,0	Nemertini	1,3 \pm 4,8	0,6
Turbellari	1,5 \pm 1,8	0,7	Priapulidi	0,1 \pm 0,5	0,1
Chinorinchi	0,6 \pm 1,3	0,3	Loriciferi	0,1 \pm 0,2	<0,1
Tanaidacei	0,4 \pm 0,8	0,2	Oligocheti	0,6 \pm 1,3	0,3
Ostracodi	1,2 \pm 1,8	0,5	Ofiuroidi	0,1 \pm 0,2	0,0
Anfipodi	0,2 \pm 0,6	0,1	Scafopodi	0,1 \pm 0,2	<0,1
Isopodi	0,1 \pm 0,5	0,1	Sipunculidi	0,1 \pm 0,5	<0,1
Cumacei	0,1 \pm 0,3	<0,1	Rotiferi	0,1 \pm 0,2	<0,1
Gasteropodi	0,1 \pm 0,3	<0,1	Ciliati	0,2 \pm 0,7	0,1
			Altri (Σ Tur-Cil)	7,2 \pm 6,7	3,3

Meiofauna totale: 216,5 \pm 142,4

La ricchezza specifica (d) non differisce sostanzialmente nelle stazioni investigate, ad eccezione del sito I15 MG2, che presenta il valore più basso riscontrato: 0,5. La diversità di Shannon-Wiener (H') è risultata massima nelle stazioni I15 MG1, I15 MG7 e I15 M12, e minima nel sito I15 MG9, il quale presenta anche il più basso valore dell'indice di equitabilità di Pielou (Tabella 65).

Dalle analisi multivariate è emerso che complessivamente le stazioni investigate sono caratterizzate da una bassa similarità faunistica, imputabile principalmente a una stazione, I15 MG2, la cui anomalia in termini faunistici è stata sopra discussa e, in misura minore, alla stazione I15 MG9, per la quale si sono riscontrati bassi valori di alcuni indici strutturali. L'analisi dei cluster, basata sulle abbondanze medie dei diversi taxa e sulla matrice di similarità di Bray-Curtis, evidenzia una prima dicotomia a un valore di similarità faunistica tra le stazioni prossimo al 50% (Figura 77); in corrispondenza di tale valore il sito I15 MG2 risulta nettamente separato dagli altri. La successiva dicotomia si attesta ad un valore di similarità di circa 65%; a tale nodo il sito I15MG9 viene separato dalle restanti dieci stazioni. Queste ultime presentano tra loro una similarità di oltre 75%, valore a cui il sito I15 MG7, caratterizzato da densità numeriche non particolarmente elevate, viene separato dagli altri. Questi ultimi, raggruppati a un valore di similarità superiore all'80%, tendono globalmente ad esibire una buona diversificazione in termini di taxa rinvenuti unita ad abbondanze relativamente elevate.

Al momento non sembra emergere alcuna relazione tra raggruppamento e posizione geografica delle stazioni, mentre si sottolineano ancora una volta le anomalie in termini faunistici della stazione I15 MG2 e, in misura minore, di I15 MG9. Quanto appena indicato è riflesso anche nel piano di ordinamento bidimensionale ottenuto dall'analisi nMDS, riportato in Figura 77. Anche in questo caso la disposizione dei punti-stazione nel piano prescinde dalla loro collocazione geografica. Il nMDS separa molto chiaramente la stazione I15 MG2, a motivo della scarsa diversità e basse abbondanze che questa presenta. Anche il sito I15 MG9 viene separato dai rimanenti dieci, in quanto caratterizzato da densità inferiori rispetto agli altri. Peraltro, i restanti dieci siti esibiscono tra loro una similarità faunistica medio-alta.

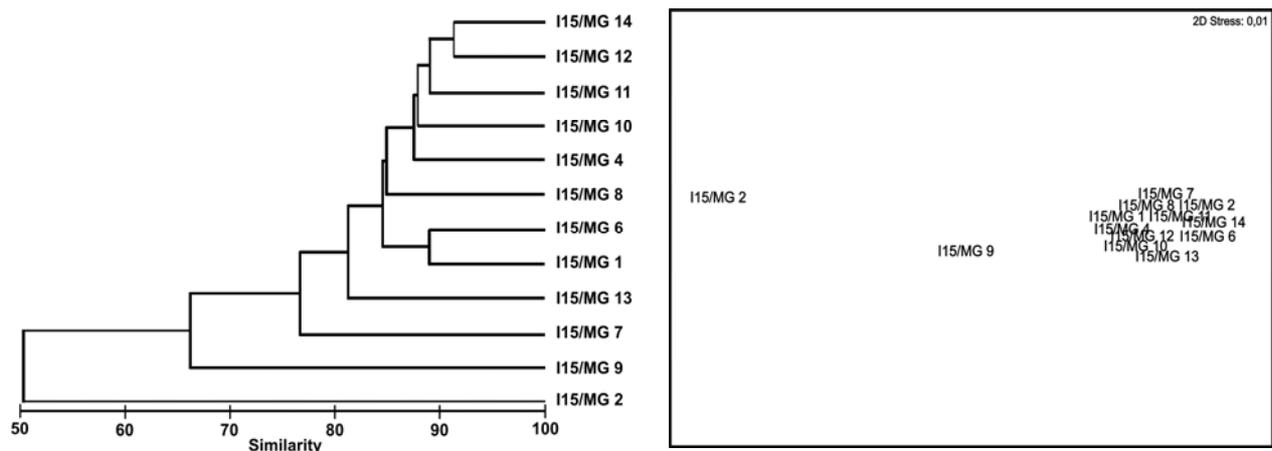


Figura 77 - A sinistra dendrogramma per il raggruppamento gerarchico delle stazioni basato sul valore delle abbondanze medie dei taxa principali e similarità di Bray-Curtis, previa trasformazione logaritmica dei dati. A destra piano di ordinamento ottenuto dal non-metric Multi Dimensional Scaling (n-MDS), basato sul valore delle abbondanze medie dei taxa principali e similarità di Bray-Curtis, previa trasformazione logaritmica dei dati.

4.2.3 Bioaccumulo

Metalli

I risultati della ricerca dei metalli in *Mytilus galloprovincialis* sono riportati nella Tabella 67. Le concentrazioni di molti metalli (Ba, Cr, Fe, Ni, Mn) risultano più elevate al tempo zero rispetto ai campioni successivi. Cd, Cu, Pb, Zn e Hg presentano il picco nella stazione C (pos. 3). As e V esibiscono un incremento (tranne As nella stazione D Pos. 4) rispetto al tempo zero sia nelle stazioni poste sull'FSRU sia nel controllo in Gorgona (Stazione E).

	Tempo zero	Stazione A Pos. 1	Stazione B Pos. 2	Stazione C Pos. 3	Stazione D Pos. 4	Stazione E (Bianco Gorgona)
Arsenico	1,45	6,80	4,83	5,85	1,07	5,14
Bario	6,71	2,75	4,84	6,84	4,50	4,66
Cadmio	0,34	0,52	0,65	0,71	0,52	0,60
Rame	10,27	5,62	9,31	12,25	7,73	9,82
Cromo	10,10	6,38	6,46	7,43	5,67	6,64
Ferro	1493,76	572,41	1004,28	1391,84	944,83	1127,78
Nichel	4,49	2,23	3,26	4,36	2,82	3,64
Manganese	44,28	11,40	22,31	37,55	31,11	29,01
Piombo	0,95	0,58	0,91	1,63	0,74	0,76
Vanadio	5,28	12,76	10,18	12,41	6,96	12,50
Zinco	214,81	194,82	268,02	358,78	216,90	257,86
Mercurio	0,16	0,20	0,20	0,22	0,13	0,19

Idrocarburi totali

Nella Tabella 68 sono riportati i risultati ottenuti dalla ricerca degli idrocarburi (C<10 e C10-C40). Questi composti sono risultati tutti inferiori al limite di rilevabilità del metodo.

	Tempo zero	Stazione A Pos. 1	Stazione B Pos. 2	Stazione C Pos. 3	Stazione D Pos. 4	Stazione E (Bianco Gorgona)
Idrocarburi C<10 (µg/kg)	< 500	< 500	< 500	< 500	< 500	< 500
Idrocarburi C10-C40 (mg/kg)	39	51	57	58	53	55

IPA ed composti organo stannici

Dalla Tabella 69 si osserva una sostanziale assenza di contaminazione da IPA e composti organostannici. Si rileva la presenza di naftalene nelle stazioni C (Pos. 3) e D (Pos. 4) e nel Bianco Gorgona (Stazione E).

	Tempo zero	Stazione A Pos. 1	Stazione B Pos. 2	Stazione C Pos. 3	Stazione D Pos. 4	Stazione E (Bianco Gorgona)
Acenafte	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Acenafte	< 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,e) pirene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Dibenzo (a,h) pirene	< 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	< 0,001
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	0,0024	0,0024	< 0,001	0,0022	0,0024	0,0025
Pirene	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Dibutilstagno	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Monobutilstagno	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Tributilstagno	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5

Cloroderivati

I risultati della ricerca dei cloroderivati sono riportati nella Tabella 70.

Si osserva una sostanziale assenza di contaminazione da questi composti. L'Acido Monobromoacetico e l'Acido Dicloroacetico sono presenti in tutti i campioni analizzati. Anche il Bromoformio è diffusamente presente, risulta assente unicamente nella stazione D.

L'Acido Monocloroacetico è presente nelle stazioni C e D, nonché nel Bianco Gorgona (E). Infine il Tetracloro Etilene è presente nelle stazioni C e B, nonché nel Bianco Gorgona (E).

Tabella 70 - Concentrazione degli cloroderivati presenti nei campioni di mitili. I dati relativi alla campagna I15 sono espressi in µg/kg. Per il calcolo delle medie, nel caso di valori al di sotto del limite di quantificazione, è stato usata una concentrazione pari alla metà di quest'ultimo.						
	Tempo zero	Stazione A Pos. 1	Stazione B Pos. 2	Stazione C Pos. 3	Stazione D Pos. 4	Stazione E (Bianco Gorgona)
Acidi Aloacetici						
Dalapon	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Acido Dibromoacetico	6,67	3,67	2,33	3,33	2,67	11,67
Acido Tribromoacetico	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Acido Monobromoacetico	<2	2,00	2,00	2,33	2,33	3,67
Acido Bromodichloroacetico	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Acido Bromocloroacetico	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Acido Dicloroacetico	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Acido Tricloroacetico	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Acido Monocloroacetico	<3	<3	<3	32,33	19,67	31,33
Acido Clorodibromoacetico	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Fenoli						
2,4,6-tricloro fenolo	<5	<5	<5	<5	<5	<5
2,4-dicloro fenolo	<5	<5	<5	<5	<5	<5
4-cloro-3-metil fenolo	<5	<5	<5	<5	<5	<5
pentacloro fenolo	<5	<5	<5	<5	<5	<5
V.O.C.						
1,1,1-Tricloro Etano	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
1,1,2-Tricloro Etano	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Bromo Dicloro Metano	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Bromoformio	0,57	0,58	0,58	0,37	<0,50	1,87
Carbonio Tetracloruro	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Cloroformio	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Dibromo Cloro Metano	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Tetracloro Etilene	<0,15	<0,15	0,27	0,22	<0,15	0,40
Tricloro Etilene	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25
1,2,3-Tricloro propano	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60
1,2-Dibromo Etano	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25
Dicloroacetoneitrile	<0,80	<0,80	<0,80	<0,80	<0,80	<0,80
Tricloroacetoneitrile	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50

Analisi microbiologiche

Dall'analisi microbiologica emerge l'assenza di contaminazione fecale nell'intorno dell'FSRU (Tabella 71).

Tabella 71 - Risultati delle analisi microbiologiche effettuate sui campioni di mitili. I dati relativi alla campagna I15 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)	40	<10	<10	<10	<10	<10
Coliformi totali	<10	<10	<10	<10	<10	<10

4.2.4 Biomarkers
Neutral Red Retention Time (NRRT)

Il tempo medio di ritenzione del colorante vitale Neutral Red nei lisosomi degli emociti dei mitili di controllo (Stazione E Bianco Gorgona) è risultato ≥ 180 minuti (tempo massimo di durata del test) in tutti gli individui analizzati (Figura 78).

Questo dato evidenzia un elevato grado di integrità cellulare, superiore a quello misurato nei mitili subito dopo il prelievo dall'allevamento (Tempo zero), nei quali è stato registrato un valore leggermente inferiore, sebbene la differenza non sia risultata significativa da un punto di vista statistico.

Nei mitili traslocati presso il terminale FRSU è stato misurato un calo statisticamente significativo del tempo medio di ritenzione del Rosso Neutro nelle stazioni B (Pos. 2), C (Pos. 3) e D (Pos. 4).

Fanno eccezione gli organismi posizionati presso la stazione A (Pos. 1) che non hanno mostrato variazioni significative rispetto agli individui di controllo.

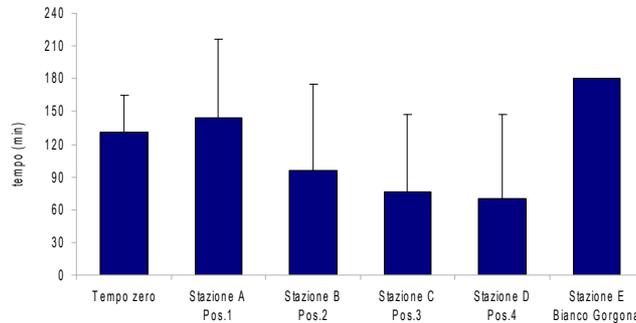


Figura 78 - Valutazione del danno cellulare mediante la misura del tempo di ritenzione del colorante vitale Rosso Neutro nei lisosomi degli emociti di mitilo. Valori alti del tempo di ritenzione corrispondono ad una maggiore integrità.

Comet Assay

Il grado di frammentazione del DNA nelle cellule branchiali è risultato elevato nei mitili al momento del prelievo dall'allevamento (tempo zero), come appare evidente dalla percentuale (> 30) di DNA migrato durante la corsa elettroforetica (Figura 79). Questo dato conferma che l'area marina del Golfo di La Spezia, dove è collocato l'impianto di mitilicoltura, non è esente da fattori di disturbo ambientale che in qualche caso si possono tradurre in risposte biologiche più o meno marcatamente alterate, soprattutto per i biomarker molto sensibili come nel caso del Comet assay. Nei mitili della stazione E (Bianco Gorgona) si è assistito ad un modesto recupero (non significativo) del danno al DNA, come dimostra la percentuale di DNA migrato, scesa di poche unità. I mitili traslocati presso il terminale FRSU hanno mostrato un livello di integrità sostanzialmente simile a quello dei controlli (Stazione E Bianco Gorgona) e, nel caso della Stazione A (Pos.1) il grado di integrità è risultato significativamente maggiore rispetto agli individui di controllo.

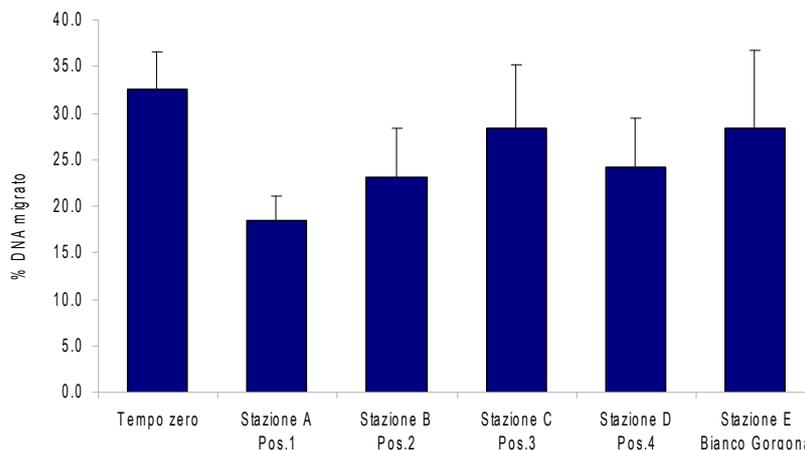


Figura 79 - Valutazione del grado di integrità del DNA mediante Comet assay. Valori elevati della percentuale di DNA migrato corrispondono ad una maggiore entità del danno.

Analisi istologia del tessuto branchiale. Le branchie dei mitili di controllo (Stazione E Bianco Gorgona) hanno mostrato una normale istologia, come evidenziato dal punteggio 1 (assenza di alterazioni) in tutti gli individui analizzati (Tabella 72). Anche in questo caso la permanenza presso la stazione di Gorgona ha portato ad un miglioramento della condizione dell'apparato branchiale rispetto a quanto osservato nei mitili Tempo zero (punteggio tra 2 e 2.5). Nei mitili mantenuti presso il terminale FRSU si è osservata una riduzione del grado di integrità delle branchie, ad eccezione di quelli della stazione C (Pos.3). In particolare l'alterazione dell'istologia branchiale è risultata contenuta nel caso della stazione B (Pos. 2), maggiore nella stazione A (Pos. 1) e rilevante nella stazione D (Pos.4) (Figura 80).

Tabella 72 – 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.

Nome sito	replica	Score epitelio	Nome sito	replica	Score epitelio
Mitili tempo zero	1	3	Stazione C (Pos. 3)	1	1
	2	2		2	2
	3	2		3	2
	4	2		4	2
	5	2		5	2
Stazione A (Pos. 1)	1	5	Stazione D (Pos. 4)	1	4
	2	5		2	4
	3	4		3	5
	4	3		4	4
	5	1		5	5
Stazione B (Pos. 2)	1	1	Stazione E (Bianco Gorgona)	1	1
	2	5		2	1
	3	2		3	1
	4	3		4	1
	5	3		5	1

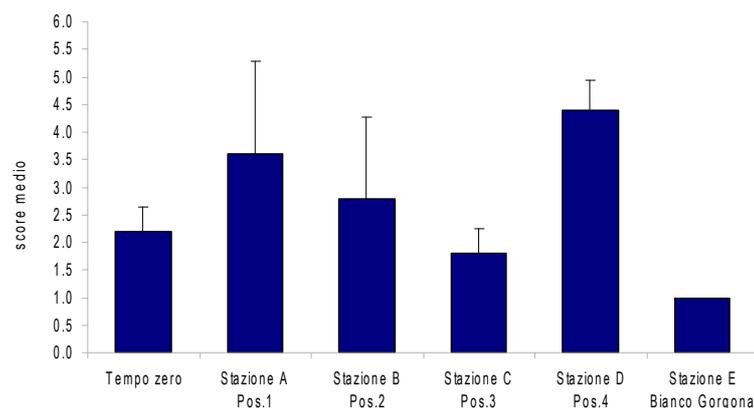


Figura 80 - Analisi istologica delle branchie di mitilo. Il parametro rappresentato nel grafico è il punteggio medio (*score*) per ciascuna delle stazioni indagate. La scala va da 1 a 5; il punteggio 1 indica una condizione di integrità, mentre il punteggio 5 indica una forte compromissione della struttura dei filamenti branchiali.

4.2.5 Fauna ittica bentonectonica

Nella Tabella 73 sono indicate le specie catturate durante i campionamenti effettuati con la rete a strascico e con le reti da posta, sia nell'area di trattamento (T) che nell'area di controllo (C) per la campagna Inverno 2015.

In totale, durante tutto il periodo di campionamento, sono state catturate 65 specie.

Nel corso del campionamento effettuato con la rete a strascico sono state raccolte 32 specie di Osteitti, 3 di Condroitti, 4 di Crostacei Decapodi e 12 di Molluschi Cefalopodi.

Nel caso delle reti da posta, in totale sono state campionate 9 specie di Osteitti, 4 di Condroitti e 1 di Crostacei Decapodi. Non sono stati catturati Molluschi Cefalopodi.

La differenza nel numero di specie riscontrata tra i siti di trattamento e quello di controllo è da collegarsi al numero delle cale effettuate: 4 per il "Trattamento", 1 sola per il "Controllo". L'assenza completa dei Molluschi Cefalopodi e lo scarso numero di organismi bento-nectonici (riuniti nella categoria "Altro") nella lista faunistica delle reti da posta è una conseguenza dell'operatività di questa tipologia di rete: le reti da posta sono un attrezzo da pesca passivo, per il quale la cattura dipende esclusivamente dal movimento delle specie.

La rete a strascico, invece, opera attivamente in contatto con il fondo e quindi ha maggiori possibilità di catturare organismi della fauna bento-nectonica.

Tabella 73 – Lista delle specie catturate con la rete a strascico e le reti da posta. T: siti di trattamento; C: siti di controllo									
Osteitti	Strascico		Reti da posta		Condroitti	Strascico		Reti da posta	
	T	C	T	C		T	C	T	C
<i>Argentina sphyraena</i> Linnaeus, 1758	*	*			<i>Galeus melastomus</i> Rafinesque, 1810		*		
<i>Aspitrigla cuculus</i> (Linnaeus, 1758)		*			<i>Raja asterias</i> Delaroche, 1809			*	*
<i>Blennius ocellaris</i> Linnaeus, 1758	*				<i>Raja clavata</i> Linnaeus, 1758	*		*	
<i>Boops boops</i> (Linnaeus, 1758)	*	*			<i>Scyliorhinus canicula</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	*	*
<i>Callionymus maculatus</i> Rafinesque, 1810	*				<i>Torpedo marmorata</i> Risso, 1810			*	
<i>Capros aper</i> (Linnaeus, 1758)	*				Crostacei decapodi				
<i>Citharus linguatula</i> (Linnaeus, 1758)			*	*	<i>Anamathia rissoana</i> (Roux, 1828)		*		
<i>Engraulis encrasicolus</i> (Linnaeus, 1758)	*				<i>Medorippe lanata</i> (Linnaeus, 1767)			*	
<i>Gadiculus argenteus argenteus</i> Guichenot, 1850	*				<i>Munida intermedia</i> A. Milne- Edwards & Bouvier, 1899	*			
<i>Helicolenus d. dactylopterus</i> (Delaroche, 1809)	*				<i>Palinurus elephas</i> (Fabricius, 1787)		*		
<i>Lepidorhombus boschii</i> (Risso, 1810)	*	*	*		<i>Parapenaeus longirostris</i> (H. Lucas, 1846)	*	*		
<i>Lepidotrigla cavillone</i> (Lacépède, 1801)	*	*	*		Molluschi cefalopodi				
<i>Lophius budegassa</i> Spinola, 1807	*	*	*	*	<i>Alloteuthis</i> sp. Wülker, 1920	*			
<i>Macroramphosus scolopax</i> (Linnaeus, 1758)	*				<i>Eledone cirrhosa</i> (Lamarck, 1798)	*			
<i>Merluccius merluccius</i> (Linnaeus, 1758)	*	*			<i>Eledone moschata</i> (Lamarck, 1798)	*			
<i>Mullus barbatus</i> Linnaeus, 1758	*	*	*		<i>Illex coindetii</i> (Vérany, 1839)	*			
<i>Pagellus bogaraveo</i> (Brünnich, 1768)	*	*	*		<i>Loligo vulgaris</i> Lamarck, 1798	*	*		
<i>Pagellus erythrinus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	*		<i>Neorossia caroli</i> (Joubin, 1902)	*			
<i>Peristedion cataphractum</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	*		<i>Octopus salutii</i> Vérany, 1839	*			
<i>Phycis blennoides</i> (Brünnich, 1768)	*				<i>Octopus vulgaris</i> Cuvier, 1798	*	*		
<i>Phycis phycis</i> (Linnaeus, 1758)			*		<i>Rossia macrosoma</i> (Delle Chiaje, 1830)	*			
<i>Scorpaena elongata</i> Cadenat, 1943	*				<i>Sepia orbignyana</i> Férussac, 1826	*	*		
<i>Scorpaena notata</i> Rafinesque, 1810	*				<i>Sepietta oweniana</i> (d'Orbigny, 1841)	*			
<i>Scorpaena porcus</i> Linnaeus, 1758		*			<i>Todaropsis eblanae</i> (Ball, 1841)	*	*		
<i>Scorpaena scrofa</i> Linnaeus, 1758	*	*	*		Altro				
<i>Serranus cabrilla</i> (Linnaeus, 1758)		*			<i>Aegaeon (Pontocaris) cataphractus</i> (Olivi, 1792)			*	
<i>Serranus hepatus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*			<i>Alcyonium palmatum</i> Pallas, 1766	*		*	
<i>Spicara flexuosa</i> Rafinesque, 1810	*				<i>Cidaris cidaris</i> (Linnaeus, 1758)			*	
<i>Spicara smaris</i> (Linnaeus, 1758)	*	*			<i>Echinus melo</i> Lamarck, 1816	*			
<i>Trachurus m. mediterraneus</i> (Steindachner, 1868)	*	*			<i>Galeodea echinofora</i> (Linnaeus, 1758)	*			
<i>Trachurus trachurus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*			<i>Leptomera phalangium</i> (J. Müller, 1841)	*			
<i>Trachinus draco</i> Linnaeus, 1758	*				Ophiuroidea indet.	*			
<i>Trisopterus minutus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*			<i>Pontobdella muricata</i> (Linnaeus, 1758)				*
<i>Zeus faber</i> Linnaeus, 1758	*				<i>Squilla mantis</i> (Linnaeus, 1758)			*	
					<i>Stichopus regalis</i> (Cuvier, 1817)	*	*		

Indici di densità e biomassa per gruppi tassonomici

Nella Figura 81 è illustrata la composizione delle catture, in percentuale, dei principali gruppi tassonomici campionati con le reti da posta. Il gruppo tassonomico più rappresentativo, sia nei siti di trattamento che nel sito di controllo, è risultato quello dei Condroitti con percentuali in numero pari all'87% per il trattamento e al 95% per il controllo. Sempre per il gruppo dei Condroitti le percentuali in peso nei siti di trattamento e di controllo si sono attestate sul 82% e 85% rispettivamente. Il secondo gruppo tassonomico più importante è risultato essere quello degli Osteitti, con percentuali in numero pari al 12% nel trattamento e al 5% nel controllo e percentuali in peso del 18% nel trattamento e 15% nel controllo. I Crostacei Decapodi sono risultati presenti solamente nei siti di controllo, con percentuali molto basse (1% in numero e 0,1% in peso). Il gruppo tassonomico dei Molluschi Cefalopodi è risultato assente in entrambi i siti di campionamento.

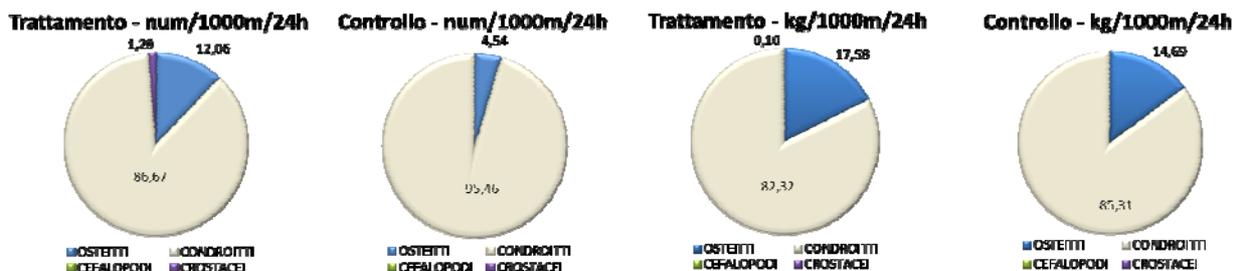


Figura 81 – Reti da posta: composizione delle catture, espressa come percentuale, dei principali gruppi tassonomici campionati nell'area di trattamento e controllo.

Nella Figura 82 è riportata la composizione in percentuale delle catture dei principali gruppi tassonomici campionati con la rete a strascico. Gli Osteitti sono risultati il gruppo tassonomico più importante, sia nei siti di trattamento che nel sito di controllo. Le percentuali in numero si sono attestate sul 75,5% nel trattamento e sul 91,5% nel controllo. Per quanto riguarda invece la biomassa sono state registrate percentuali pari al 59% e al 72% nel trattamento e nel controllo rispettivamente. Il secondo gruppo più importante è risultato essere quello dei Condroititi con percentuali in numero del 10,5% nel trattamento e 6% nel controllo. Nel caso della biomassa i valori sono risultati pari al 33% del peso totale nel trattamento e al 20% del peso totale nel controllo. Le percentuali relative al gruppo tassonomico dei Crostacei Decapodi sono risultate abbastanza basse: 9% e 1% in numero per il trattamento e controllo rispettivamente, mentre per la biomassa i valori sono risultati pari a 2% nel trattamento e a 3% nel controllo. Nelle catture con la rete a strascico è risultato presente anche il gruppo dei Molluschi Cefalopodi. Le percentuali in numero sono risultate pari al 5% del numero totale nel trattamento e al 2% del numero totale nel controllo, mentre per quanto riguarda la biomassa, i valori per il trattamento ed il controllo sono stati pari al 6,5% e 4% del peso totale rispettivamente.

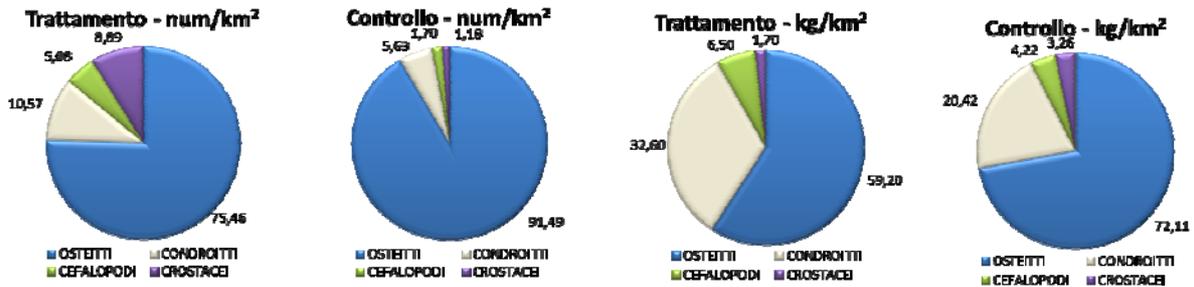


Figura 82 – Rete a strascico: composizione delle catture, espressa come percentuale, dei principali gruppi tassonomici campionati nell'area di trattamento e controllo.

Reti da posta - Indici di densità e biomassa per specie

Nella Tabella 74 sono riportati gli indici di abbondanza in num/1000m/24h e in kg/1000m/24h per le specie catturate con le reti da posta. La specie più abbondante catturata nei siti di trattamento è risultata il gattuccio, *Scyliorhinus canicula*, con valori in numero di 69 ind./1000m/24h e in peso di 14,308 kg/1000m/24h. Per quanto riguarda le altre specie catturate nei siti di trattamento i valori sono risultati nettamente inferiori rispetto a quelli del gattuccio. La seconda specie più abbondante è risultata essere un altro Condroitito, la razza chiodata *Raja clavata*, con 4 ind./1000m/24h e 9,100 kg/1000m/24h. Tra gli Osteitti le specie più abbondanti sono state la rana pescatrice, *Lophius budegassa*, con 3 ind./1000m/24h e 4,136 kg/1000m/24h, il caviglione, *Lepidotrigla cavillone* con valori in numero di 2 ind./1000m/24h ed in peso di 0,035 kg/1000m/24h e il rombo quattrocchi, *Lepidorhombus boscii*, con 2 ind./1000m/24h e 0,111 kg/1000m/24h.

Il gattuccio *S. canicula* è risultata la specie più abbondante anche nel controllo, con valori in numero di 62 ind./1000m/24h ed in peso di 12,712 kg/1000m/24h. Nel sito di controllo sono risultate presenti solamente 4 delle specie presenti nel trattamento, con indici di densità molto bassi (2 ind./1000m/24h). Solo per la rana pescatrice *L. budegassa* l'indice di biomassa è risultato abbastanza significativo (2,353 kg/1000m/24h).

Tabella 74 - Reti da posta: indici di densità e abbondanza (\pm DS), espressi in num/1000m/24h e kg/1000m/24h, stimati per le specie catturate nei siti di trattamento e di controllo.

	Trattamento		Controllo	
	num/1000m/24h	kg/1000m/24h	num/1000m/24h	kg/1000m/24h
OSTEITTI				
<i>Citharus linguatula</i>	1,12 \pm 1,3	0,072 \pm 0,085	1,52	0,072
<i>Lepidorhombus boscii</i>	1,54 \pm 2,123	0,111 \pm 0,185		
<i>Lepidotrigla cavillone</i>	1,83 \pm 2,364	0,035 \pm 0,045		
<i>Lophius budegassa</i>	2,72 \pm 6,212	4,136 \pm 9,027	1,52	2,353
<i>Mullus barbatus</i>	1,09 \pm 2,470	0,079 \pm 0,173		
<i>Pagellus bogaraveo</i>	0,39 \pm 1,353	0,019 \pm 0,065		
<i>Pagellus erythrinus</i>	0,39 \pm 1,353	0,094 \pm 0,325		
<i>Phycis phycis</i>	0,39 \pm 1,353	0,020 \pm 0,068		
<i>Scorpaena scrofa</i>	0,73 \pm 1,471	0,546 \pm 1,396		
CONDROITTI				
<i>Scyliorhinus canicula</i>	68,97 \pm 37,741	14,308 \pm 7,617	62,41	12,712
<i>Torpedo marmorata</i>	0,34 \pm 1,184	0,029 \pm 0,102		
<i>Raja asterias</i>	0,39 \pm 1,353	0,492 \pm 1,704	1,52	1,340
<i>Raja clavata</i>	3,61 \pm 5,762	9,100 \pm 14,727		

Tabella 74 - Reti da posta: indici di densità e abbondanza (\pm DS), espressi in num/1000m/24h e kg/1000m/24h, stimati per le specie catturate nei siti di trattamento e di controllo.

	Trattamento		Controllo	
	num/1000m/24h	kg/1000m/24h	num/1000m/24h	kg/1000m/24h
CROSTACEI DECAPODI				
<i>Medorippe lanata</i>	0,34 \pm 1,184	0,005 \pm 0,018		
ALTRO				
<i>Aegon (Pontocaris) cataphracta</i>	0,34 \pm 0,184	0,009 \pm 0,030		
<i>Alcyonium palmatum</i>	0,40 \pm 1,386	0,016 \pm 0,054		
<i>Cidaris cidaris</i>	0,34 \pm 1,184	0,009 \pm 0,031		
<i>Pontobdella muricata</i>			1,52	

Reti a strascico - Indici di densità e biomassa per specie

Nella Tabella 75 sono riportati gli indici di abbondanza in num/km² e in kg/km² per le specie catturate con la rete a strascico.

Nei siti di trattamento la specie più abbondante in assoluto è stata la triglia di fango, *Mullus barbatus*, con indici in numero e peso pari a 3964 ind./km² e 133,112 kg/km² rispettivamente. Nel gruppo tassonomico degli Osteitti altre specie particolarmente abbondanti sono state il sugarello, *Trachurus trachurus*, con una densità di 1200 ind./km² e una biomassa di 33,180 kg/km², il caviglione *L. cavillone*, con un indice in numero di 1074 ind./km² e un indice in peso di 12,422 kg/km², il sugarello maggiore, *Trachurus mediterraneus mediterraneus*, con 964 ind./km² e 13,903 kg/km², la boga *Boops boops*, con valori in numero e peso di 617 ind./km² e 27,480 kg/km² rispettivamente ed il merluzzetto cappellano *Trisopterus minutus capelanus* (394 ind./km² e 10,761 kg/km²). Tra i Condroitti la specie più abbondante è risultata il gattuccio *S. canicula*, con una densità di 1480 ind./km² e 164,738 kg/km². Il gambero Bianco, *Parapenaeus longirostris*, è risultata la specie più abbondante tra i Crostacei Decapodi, con un indice in numero di 1221 ind./km² e un indice in peso di 9,264 kg/km². Nel gruppo tassonomico dei Molluschi Cefalopodi la specie più abbondante è stata il totano *Illex coindetii* con una densità di 434 ind./km² e una biomassa di 11,043 kg/km², seguito dal moscardino *Eledone cirrhosa* (55 ind./km² e 3,661 kg/km²) e dal totano tozzo *Todaropsis eblanae* (32 ind./km² e 1,319 kg/km²). Nel gruppo classificato come "Altro" la specie più importante in numero e peso è stata l'oloturoideo *Sticopus regalis* con valori di 174 ind./km² e 30,603 kg/km². Da segnalare anche una notevole abbondanza del crinoide *Leptometra phalangium*, con un valore in peso di 24,219 kg/km². Nel sito di controllo la specie più abbondante in assoluto è il pesce osseo sugarello *T. trachurus*, con valori di abbondanza e biomassa pari a 6377 ind./km² e 96,632 kg/km² rispettivamente. Tra gli Osteitti sono da segnalare anche i valori elevati per la triglia di fango *M. barbatus* con un indice in numero di 4707 ind./km² e un indice in peso di 139,695 kg/km², il pagello rovello *Pagellus bogaraveo* con una densità di 3006 ind./km² e una biomassa di 145,465 kg/km², il sugarello maggiore *T. m. mediterraneus*, con indici in numero e peso pari a 2278 ind./km² e 58,975 kg/km² rispettivamente, la boga *B. boops* (1306 ind./km² e 54,208 kg/km²) e il caviglione *L. cavillone* (850 ind./km² e 11,479 kg/km²). Anche nel sito di controllo la specie più abbondante tra i Condroitti è risultata il gattuccio *S. canicula* con valori di densità di 1275 ind./km² e di abbondanza di 201,959 kg/km². Lo stesso può essere detto per il gruppo tassonomico dei Crostacei Decapodi: anche in questo caso la specie più abbondante, il gambero Bianco *P. longirostris*, è la stessa rinvenuta nel trattamento. I valori in numero e peso stimati per questa specie sono stati 213 ind./km² e 1,822 kg/km² rispettivamente. Tra i Molluschi Cefalopodi la specie più abbondante è stata il totano *I. coindetii*, con una densità di 273 ind./km² e una biomassa di 7,744 kg/km². Da segnalare anche gli indici piuttosto elevati stimati per il polpo comune *Octopus vulgaris* (61 ind./km² e 30,794 kg/km²). Nel sito di controllo l'unica specie presente nel gruppo indicato come "Altro" è, anche in questo caso, l'oloturoideo *S. regalis* per il quale sono stati registrati indici di densità e biomassa pari a 243 ind./km² e 54,663 kg/km² rispettivamente.

Tabella 75 - Rete a strascico: indici di densità e abbondanza (\pm DS), espressi in num/km² e kg/km², stimati per le specie catturate nei siti di trattamento e di controllo.

	Trattamento		Controllo	
	num/km ²	kg/km ²	num/km ²	kg/km ²
OSTEITTI				
<i>Argentina sphyraena</i>	27,10 \pm 70,530	0,401 \pm 1,002	60,74	0,547
<i>Aspitrigla cuculus</i>			30,37	1,124
<i>Blennius ocellaris</i>	5,57 \pm 19,287	0,161 \pm 0,559		
<i>Boops boops</i>	616,88 \pm 687,947	27,480 \pm 33,318	1305,84	54,208
<i>Callionymus maculatus</i>	21,71 \pm 30,452	0,071 \pm 0,093		
<i>Capros aper</i>	360,59 \pm 702,464	1,658 \pm 3,125		
<i>Citharus linguatula</i>	5,38 \pm 18,644	0,188 \pm 0,653		
<i>Engraulis encrasicolus</i>	259,63 \pm 730,562	2,525 \pm 7,240		
<i>Gadiculus argenteus argenteus</i>	80,73 \pm 162,175	0,264 \pm 0,529		
<i>Helicolenus dactylopterus dactylopterus</i>	5,38 \pm 18,664	0,118 \pm 0,410		
<i>Lepidorhombus boscii</i>	151,44 \pm 89,248	4,692 \pm 2,710	30,37	1,184
<i>Lepidotrigla cavillone</i>	1073,98 \pm 786,266	12,422 \pm 8,692	850,32	11,479
<i>Lophius budegassa</i>	43,06 \pm 60,980	13,299 \pm 27,460		
<i>Macroramphosus scolopax</i>	263,72 \pm 771,631	2,314 \pm 6,524		

Tabella 75 - Rete a strascico: indici di densità e abbondanza (\pm DS), espressi in num/km² e kg/km², stimati per le specie catturate nei siti di trattamento e di controllo.

	Trattamento		Controllo	
	num/km ²	kg/km ²	num/km ²	kg/km ²
<i>Merluccius merluccius</i>	313,45 \pm 317,434	11,857 \pm 11,222	242,95	9,809
<i>Mullus barbatus</i>	3964,09 \pm 2214,279	133,112 \pm 76,556	4707,11	139,695
<i>Pagellus bogaraveo</i>	102,44 \pm 329,659	5,313 \pm 17,492	3006,47	145,465
<i>Pagellus erythrinus</i>	353,91 \pm 519,310	16,393 \pm 22,022	607,37	44,945
<i>Peristedion cataphractum</i>	10,76 \pm 21,528	0,188 \pm 0,392		
<i>Phycis blennoides</i>	26,91 \pm 70,584	5,371 \pm 17,674		
<i>Scorpaena elongata</i>	10,76 \pm 37,287	0,307 \pm 1,063		
<i>Scorpaena notata</i>	5,57 \pm 19,287	0,033 \pm 0,116		
<i>Scorpaena porcus</i>			30,37	7,714
<i>Scorpaena scrofa</i>	10,76 \pm 21,528	2,540 \pm 5,125	121,47	91,530
<i>Serranus cabrilla</i>			394,79	25,813
<i>Serranus hepatus</i>	264,46 \pm 422,126	2,823 \pm 4,418	485,89	5,588
<i>Spicara flexuosa</i>	5,38 \pm 18,664	0,172 \pm 0,597		
<i>Spicara smaris</i>	43,43 \pm 105,472	1,530 \pm 3,815	60,74	1,944
<i>Trachinus draco</i>	5,38 \pm 18,644	0,156 \pm 0,541		
<i>Trachurus mediterraneus mediterraneus</i>	964,48 \pm 1059,284	13,903 \pm 15,421	2277,63	58,975
<i>Trachurus trachurus</i>	1200,18 \pm 2454,245	33,180 \pm 63,790	6377,37	96,632
<i>Trisopterus minutus capelanus</i>	394,00 \pm 304,231	10,761 \pm 7,984	637,74	18,373
<i>Zeus faber</i>	49,37 \pm 73,701	21,677 \pm 35,508		
CONDROITTI				
<i>Galeus melastomus</i>			30,37	0,516
<i>Raja clavata</i>	10,76 \pm 21,528	14,214 \pm 31,630		
<i>Scylliorhinus canicula</i>	1479,85 \pm 276,885	164,738 \pm 49,756	1275,47	201,950
CROSTACEI DECAPODI				
<i>Anamathia rissoana</i>			30,37	0,121
<i>Munida intermedia</i>	32,29 \pm 64,584	0,075 \pm 0,154		
<i>Palinurus elephas</i>			30,37	30,368
<i>Parapenaeus longirostris</i>	1221,89 \pm 2440,625	9,264 \pm 18,040	212,58	1,822
MOLLUSCHI CEFALOPODI				
<i>Alloteuthis sp.</i>	5,38 \pm 18,644	0,038 \pm 0,131		
<i>Eledone cirrhosa</i>	54,56 \pm 66,102	3,661 \pm 5,151		
<i>Eledone moschata</i>	21,53 \pm 52,732	0,883 \pm 2,031		
<i>Illex coindetii</i>	434,08 \pm 173,578	11,043 \pm 1,445	273,32	7,744
<i>Loligo vulgaris</i>	49,18 \pm 78,354	6,057 \pm 9,181		
<i>Neorossia caroli</i>	26,91 \pm 93,218	0,818 \pm 2,834		
<i>Octopus salutii</i>	5,38 \pm 18,644	0,640 \pm 2,219		
<i>Octopus vulgaris</i>	22,08 \pm 54,554	9,619 \pm 21,898	60,74	30,794
<i>Rossia macrosoma</i>	10,76 \pm 37,287	0,328 \pm 1,137		
<i>Sepia orbignyana</i>	48,81 \pm 97,991	1,219 \pm 1,986	30,37	1,215
<i>Sepietta oweniana</i>	5,38 \pm 18,644	0,027 \pm 0,093		
<i>Todaropsis eblanae</i>	32,29 \pm 111,862	1,319 \pm 4,568	30,37	2,065
ALTRO				
<i>Alcyonium palmatum</i>	16,70 \pm 57,860	0,278 \pm 0,964		
<i>Echinus melo</i>	27,47 \pm 57,444	5,493 \pm 11,489		
<i>Galeodea echinofora</i>	5,57 \pm 19,287	0,111 \pm 0,386		
<i>Leptometra phalangium</i>		24,219 \pm 49,032		
Ophiuroidea indet.	55,68 \pm 192,865	0,334 \pm 1,157		
<i>Stichopus regalis</i>	174,08 \pm 166,014	30,603 \pm 31,604	242,95	54,663

Reti da posta - Indici di densità e biomassa delle specie più rappresentative

Nella Figura 83 sono riportati gli indici in numero e peso per le specie indicatrici catturate con le reti da posta. In particolare vengono rappresentati i valori delle medie e la deviazione standard sia per specie che per sito.

Sia il gattuccio, *S. canicula*, che la rana pescatrice *L. budegassa*, non hanno mostrato differenze significative tra i siti di trattamento ed il sito di controllo. Nel caso della razza stellata *Raja asterias* gli indici di densità e di abbondanza sono risultati più elevati nel sito di controllo. Per la linguattola *Citharus linguatula* i valori di abbondanza sono risultati simili sia nel trattamento che nel controllo, mentre, per quanto riguarda l'indice in numero, questo è risultato più elevato nel sito di controllo.

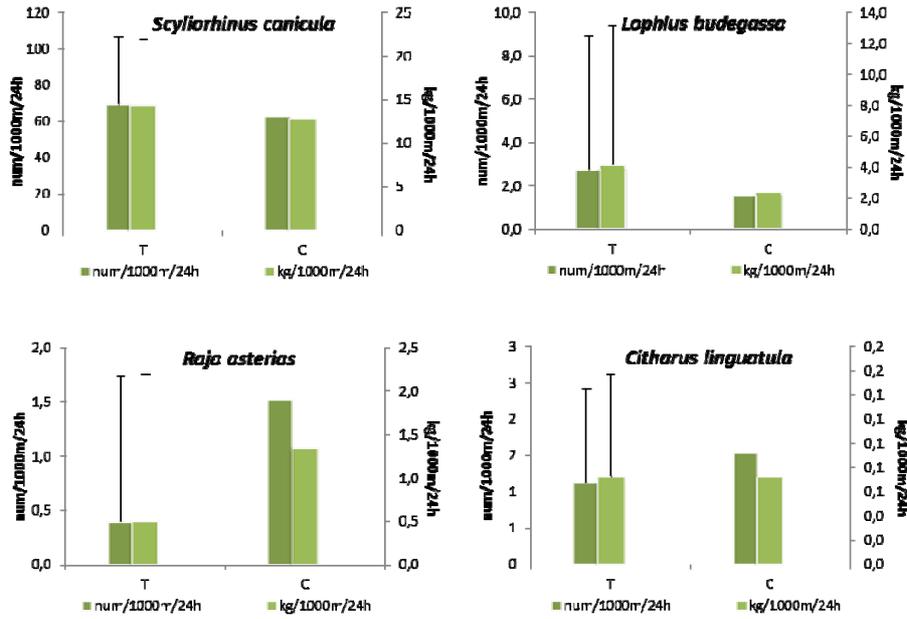


Figura 83 – Reti da posta: indici di abbondanza in numero e peso, stimati per i siti di trattamento (T) e controllo (C), delle specie indicatrici. Sono riportati i valori delle medie + la deviazione standard, per specie e per sito. In verde scuro num/1000m/24h, in verde chiaro kg/1000m/24h.

Reti a strascico - Indici di densità e biomassa delle specie più rappresentative

Nella Figura 84 sono riportati gli indici in numero e peso per le specie indicatrici catturate con la rete a strascico.

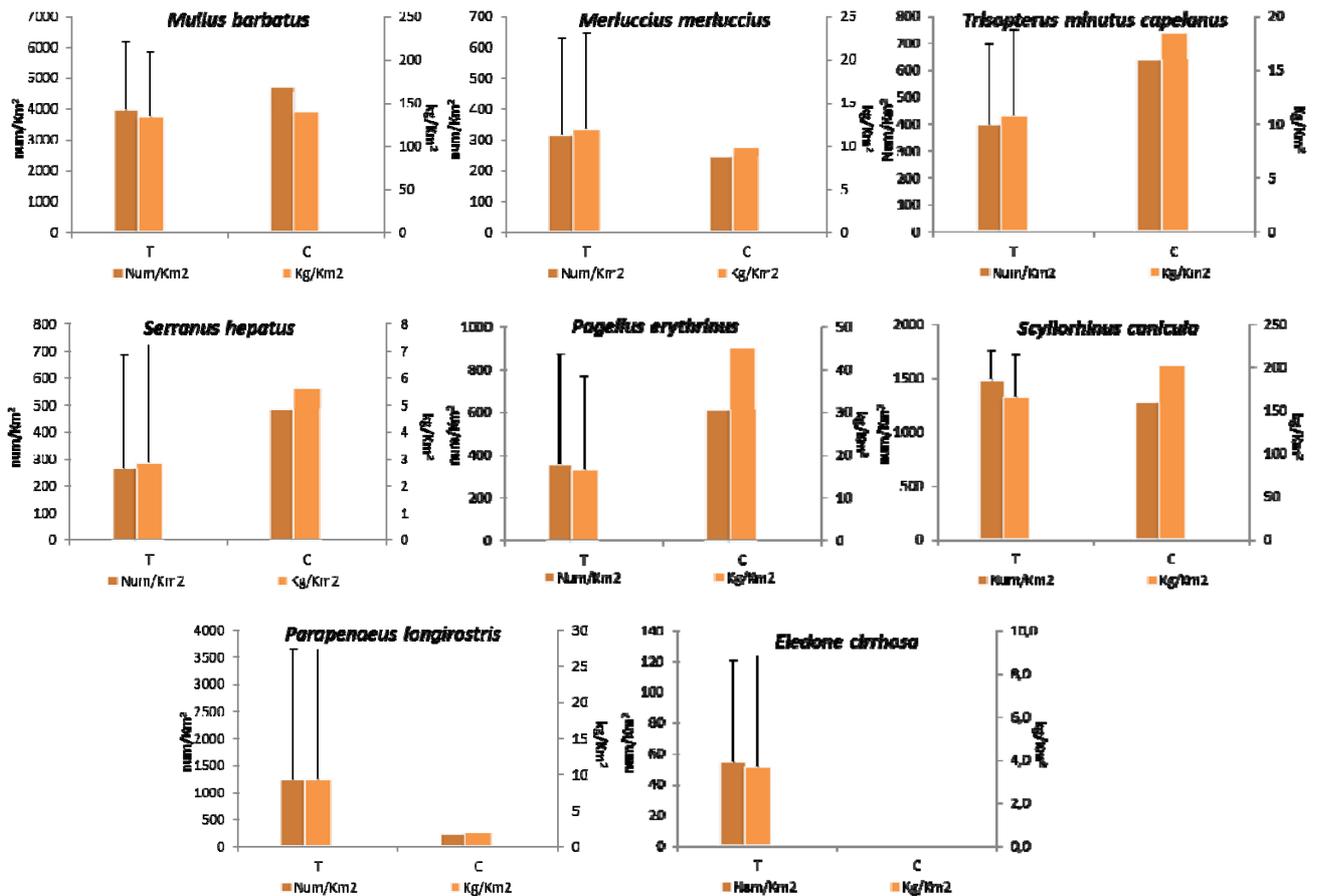


Figura 84 – Reti a strascico: indici di abbondanza in numero e peso, stimati per i siti di trattamento (T) e controllo (C), delle specie indicatrici. Sono riportati i valori delle medie + la deviazione standard, per specie e per sito. In marrone scuro num/km², in marrone chiaro kg/km².

Gli indici di densità e biomassa della triglia di fango *M. barbatus*, del nasello *Merluccius merluccius* e del gattuccio *S. canicula* non hanno mostrato sostanziali differenze tra il trattamento ed il controllo. Nel caso del merluzzetto cappellano *T. m. capellanus*, del sacchetto *Serranus hepatus* e del pagello fragolino *Pagellus erythrinus* gli indici di densità e biomassa sono risultati più elevati nel sito di controllo. Solo nel caso del gambero Bianco *P. longirostris* questi indici sono risultati più elevati nel trattamento. Il moscardino *E. cirrhosa* invece è stato catturato solo nei siti di trattamento.

Reti da posta - Distribuzioni taglia/frequenza delle specie indicatrici

La specie più abbondante catturata con le reti da posta è stata il gattuccio, *S. canicula* (Figura 85), con 183 individui catturati nei siti di trattamento e 41 individui in quello di controllo. Le taglie degli esemplari catturati nei siti di trattamento erano comprese tra 26 e 47 cm LT, mentre per gli individui catturati nel sito di controllo le taglie erano comprese tra 30 e 44 cm LT. Gli organismi del trattamento hanno mostrato una moda a 41 cm LT, mentre nel controllo la moda si è attestata sui 38 cm LT.

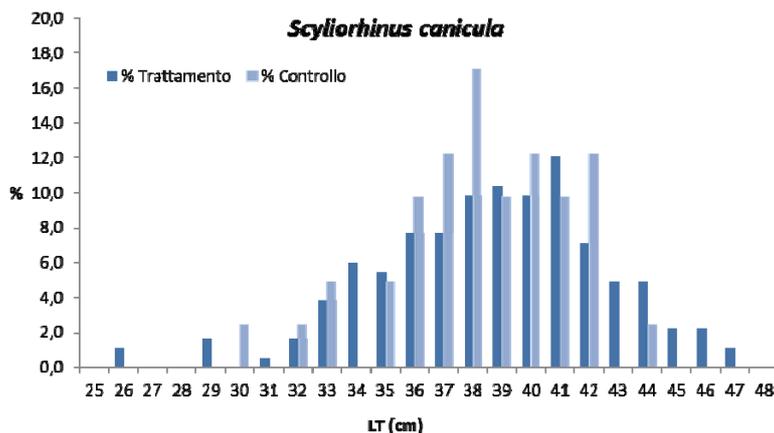


Figura 85 - Rete da posta: distribuzione taglia-frequenza del gattuccio (*Scyliorhinus canicula*). Num. individui: 183 (trattamento), 41 (controllo).

Non vengono fornite le distribuzioni taglia-frequenza delle altre specie indicatrici scelte per la piccola pesca, visto lo scarso numero di individui catturati. Nel caso della razza stellata *R. asterias* sono stati catturati 2 soli individui, 1 nel trattamento e 1 nel controllo, di 58 e 55 cm LT rispettivamente. Per la rana pescatrice *L. budegassa* sono stati catturati 7 individui, 6 nel trattamento, con taglia compresa tra 37 e 62cm LT e 1 nel controllo (51cm LT). Passando alla linguattola *C. linguatula* in totale sono stati catturati 4 esemplari, 3 nel controllo con taglie comprese tra 19,5 e 21cm LT ed 1 nel controllo, avente taglia di 19,5 cm LT.

Rete a strascico - Distribuzioni taglia/frequenza delle specie indicatrici

La specie più abbondante catturata con la rete a strascico è stata la triglia di fango *M. barbatus* con un totale di 885 esemplari di cui 730 nel trattamento e 155 nel controllo (Figura 86). La taglia degli animali catturati nei siti di trattamento è compresa tra 9 e 22,5cm LT, mentre la taglia degli animali catturati nel controllo è compresa tra 9 e 21,5cm LT. L'analisi della distribuzione di taglia-frequenza del trattamento ha permesso di individuare 3 mode: la prima a 12cm LT, la seconda a 14,5cm LT e la terza, meno evidente, a 20cm LT. Anche nella distribuzione di taglia-frequenza del controllo è possibile identificare 3 mode: a 11,5cm LT, a 15cm LT e a 17,5cm LT.

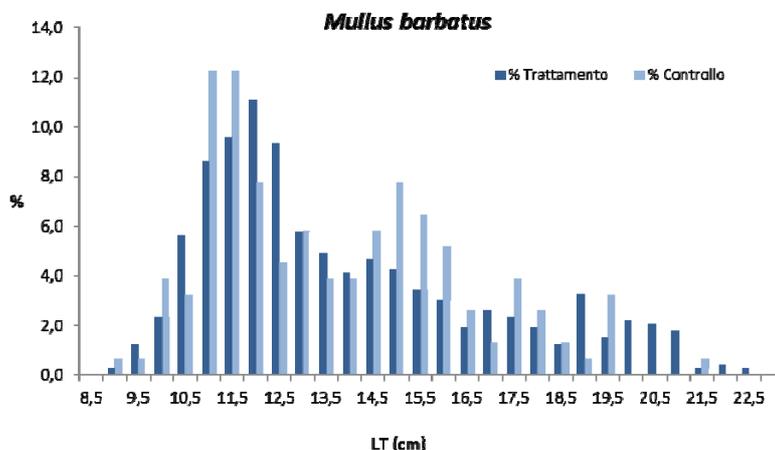


Figura 86 – Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza della triglia di fango (*Mullus barbatus*). Num. individui: 730 (trattamento), 155 (controllo).

Tra gli Osteitti la seconda specie più abbondante è risultata il nasello *M. merluccius* con un totale di 89 individui, 80 presenti nei siti di trattamento, 9 nel sito di controllo. Nella Figura 87 si è scelto di illustrare solamente la distribuzione taglia-frequenza degli esemplari catturati nei siti di trattamento in quanto lo scarso numero di quelli catturati nel controllo non forniva una distribuzione significativa. L'intervallo di taglia degli esemplari catturati nei siti di trattamento è compreso tra 7 e 39cm LT. Nonostante il numero abbastanza elevato di esemplari, l'analisi della distribuzione taglia-frequenza del trattamento non ha permesso di evidenziare delle mode ben definite. Nel caso degli individui di nasello catturati nel sito di controllo le taglie dei 9 animali erano comprese tra 10 e 27cm LT.

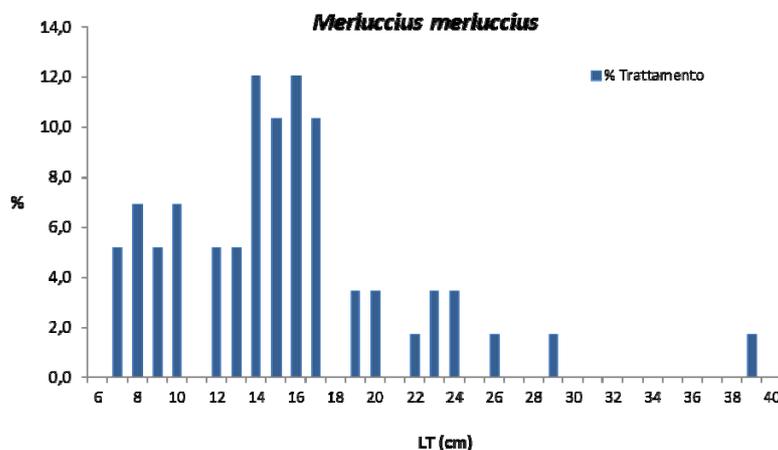


Figura 87 – Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del nasello (*Merluccius merluccius*). Num. individui: 80 (trattamento).

Per quanto riguarda il merluzzetto, *T. m. capelanus* (Figura 88), sono stati catturati 65 esemplari nei siti di trattamento e 21 nel sito di controllo. L'intervallo di taglia degli organismi presenti nel trattamento è risultato compreso tra 9 e 22cm LT, mentre per gli animali del controllo, l'intervallo di taglia era compreso tra 11 e 19,5cm LT. Per entrambe le distribuzioni non è stato possibile evidenziare delle mode definite.

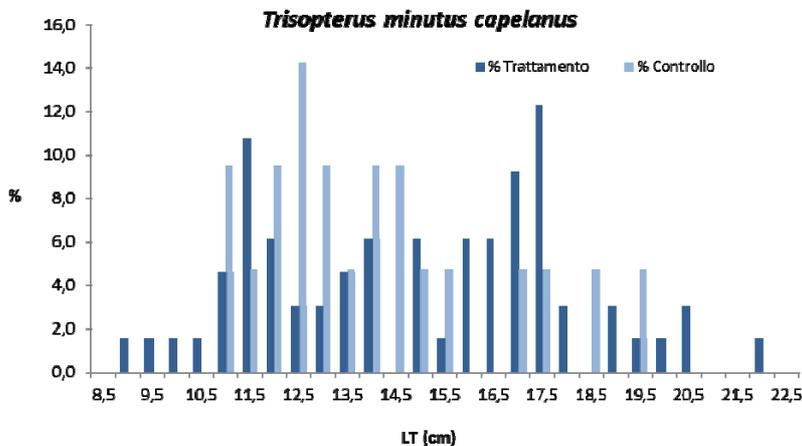


Figura 88 – Reti a strascico: distribuzione taglia-frequenza del merluzzetto (*Trisopterus minutus capelanus*). Num. individui: 65 (trattamento), 21 (controllo).

Nel caso del pagello fragolino, *P. erythrinus*, in totale sono stati campionati 85 esemplari, di cui 65 nei siti di trattamento e 20 nel sito di controllo (Figura 89). L'intervallo di taglia è risultato compreso tra 9 e 22cm LT per gli animali catturati nei siti di trattamento, mentre per gli animali del controllo le taglie sono risultate comprese tra 12,5 e 22,5cm LT. Nella distribuzione di taglia-frequenza del trattamento è possibile mettere in evidenza due mode, una a 11,5cm LT ed una a 17,5cm LT. Per quanto riguarda la distribuzione di taglia del controllo non è possibile identificare delle mode.

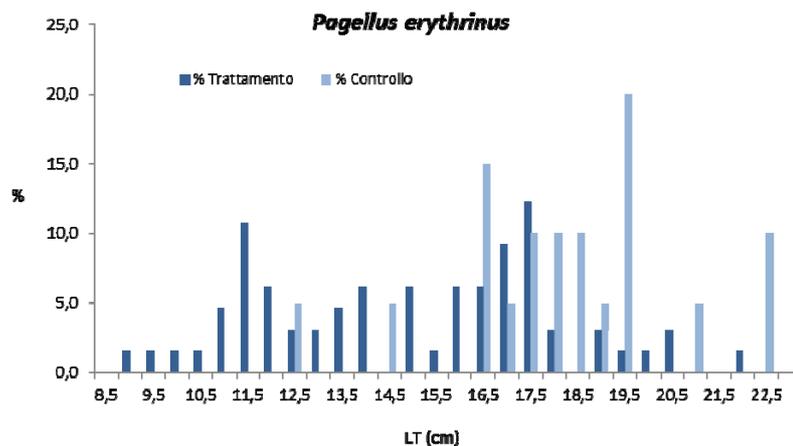


Figura 89 – Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del pagello fragolino (*Pagellus erythrinus*). Num. individui: 65 (trattamento), 20 (controllo).

Passando al sacchetto, *S. hepatus*, in totale sono stati catturati 65 esemplari di cui 49 nei siti di trattamento e 16 nel sito di controllo (Figura 90). Le taglie degli organismi catturati nei siti di controllo è risultata compresa tra 5,5 e 10,5cm LT; è stato possibile individuare anche una moda a 9,5cm LT. Nel caso degli organismi catturati nel controllo l'intervallo di taglia è risultato compreso tra 7 e 10cm LT, ma non è stato possibile individuare nessuna moda.

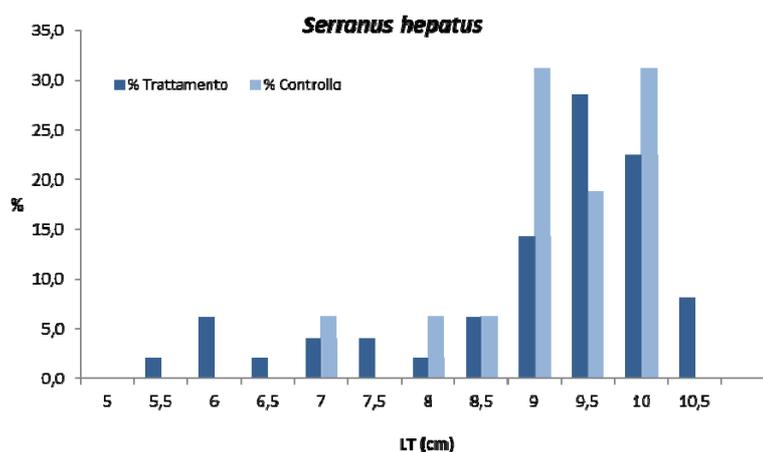


Figura 90 – Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del sacchetto (*Serranus hepatus*). Num. individui: 49 (trattamento), 16 (controllo).

Passando ai Condroitti il numero totale di gattucci (*S. canicula*) campionati è stato di 315: 273 nel trattamento e 42 nel controllo (Figura 91). L'intervallo di taglia per questa specie è molto ampio: tra 19 e 44cm LT per il trattamento e tra 29 e 46cm LT per il controllo. L'analisi della distribuzione di taglia-frequenza ottenuta con i dati raccolti nei siti di trattamento ha permesso di evidenziare tre mode: una a 27cm LT, una a 35cm LT ed una a 40cm LT. Per quanto riguarda la distribuzione taglia-frequenza degli individui catturati nel controllo non è stato possibile identificare delle mode.

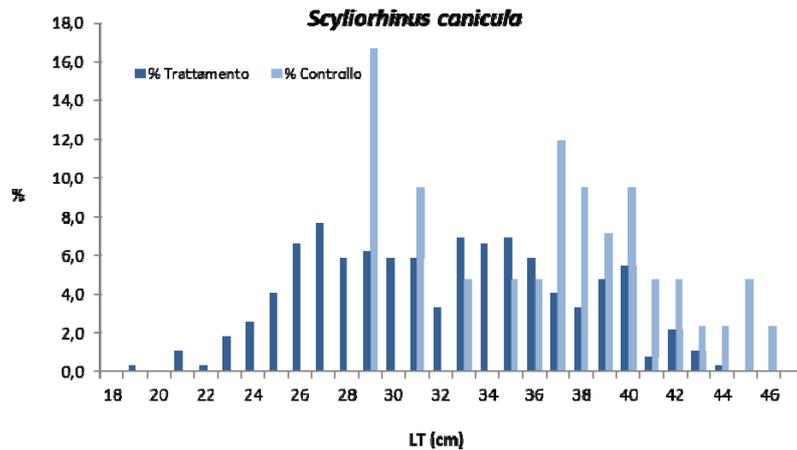


Figura 91 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del gattuccio (*Scylliorhinus canicula*). Num. individui: 273 (trattamento), 42 (controllo).

La cattura del gambero Bianco, *Parapenaeus longirostris*, era costituita da 234 individui: 227 campionati nei siti di trattamento e 7 nel sito di controllo (Figura 92). L'intervallo di taglia degli organismi presenti nel trattamento è risultato compreso tra 15 e 23mm LC, prevalentemente concentrati tra 19 e 26mm LC, con una moda a 22mm LC. Il numero esiguo degli organismi catturati nel controllo non ha permesso di elaborare una distribuzione taglia-frequenza. La taglia dei 7 individui del controllo è risultata compresa in un ampio intervallo di taglia (19 - 33mm LC).

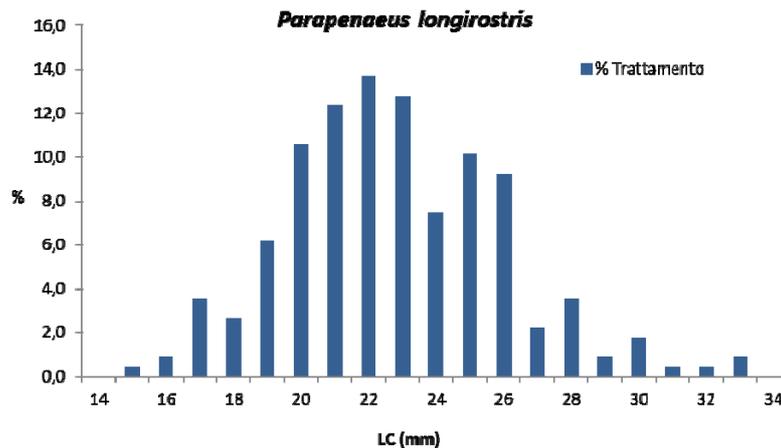


Figura 92 - Rete a strascico: distribuzione taglia-frequenza del gambero Bianco (*Parapenaeus longirostris*). Num. individui: 227 (trattamento).

Il moscardino *E. cirrhosa* è stato catturato esclusivamente nei siti di trattamento, per un totale di 10 animali con taglia compresa tra 6 e 8,5 cm LM. Non è stato possibile elaborare una distribuzione di taglia-frequenza.

4.2.6 Cetacei e tartarughe marine

Nell'inverno 2015 non ci sono stati avvistamenti.

4.3 INDAGINI GENERALI

4.3.1 Misura del rumore

In questa sezione sono riportati i grafici relativi ai dati acustici acquisiti nei punti più vicini (a 100m e a 1000m di distanza dalla posizione della piattaforma) alla profondità di 55m, con rappresentazione della funzione di densità spettrale di potenza (PSDf) basata sul calcolo della FFT, e analisi in terzi d'ottava sovrapposta.

Tra le misure a 10km di distanza, sono state selezionate qui quelle registrate nei punti E10K (Figura 102) e S10K (Figura 103) per permettere il confronto sulle direttrici Est e Sud con le misure a 100 e 1000m.

Nel range di frequenze superiore a 17 kHz si evidenziano spesso righe spettrali che rappresentano interferenze elettromagnetiche derivanti da strumentazioni dell'imbarcazione di supporto. Esse non sono significative per l'analisi acustica.

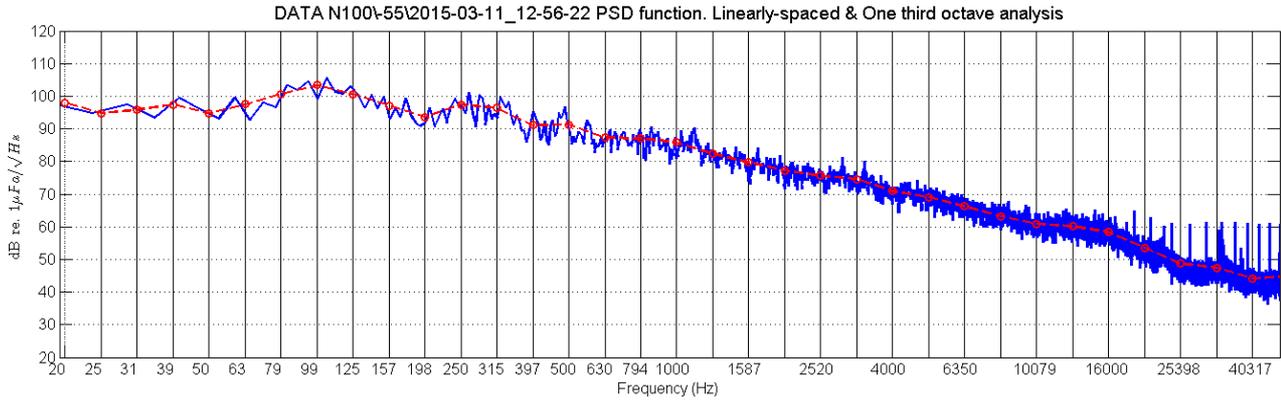


Figura 93- PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N100 a 55m di profondità.

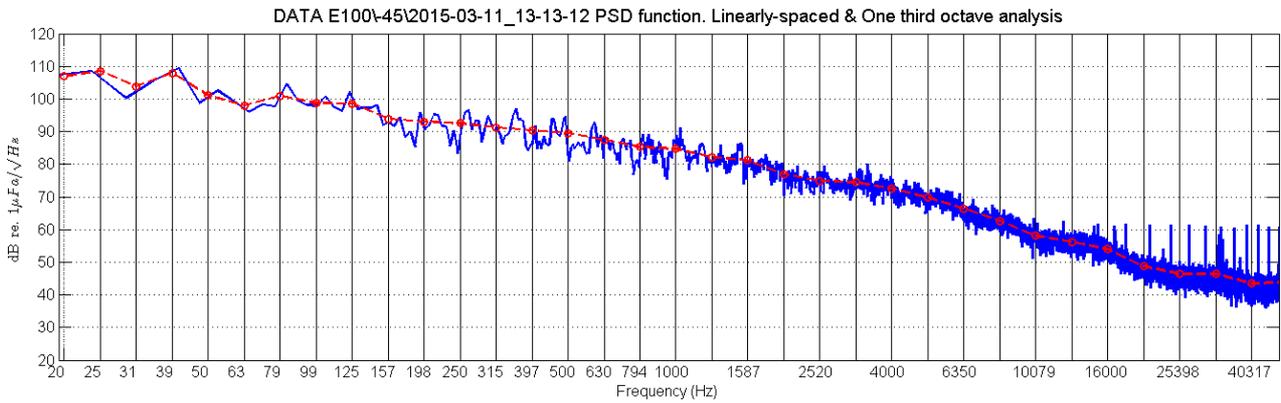


Figura 94 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto E100 a 45m di profondità.

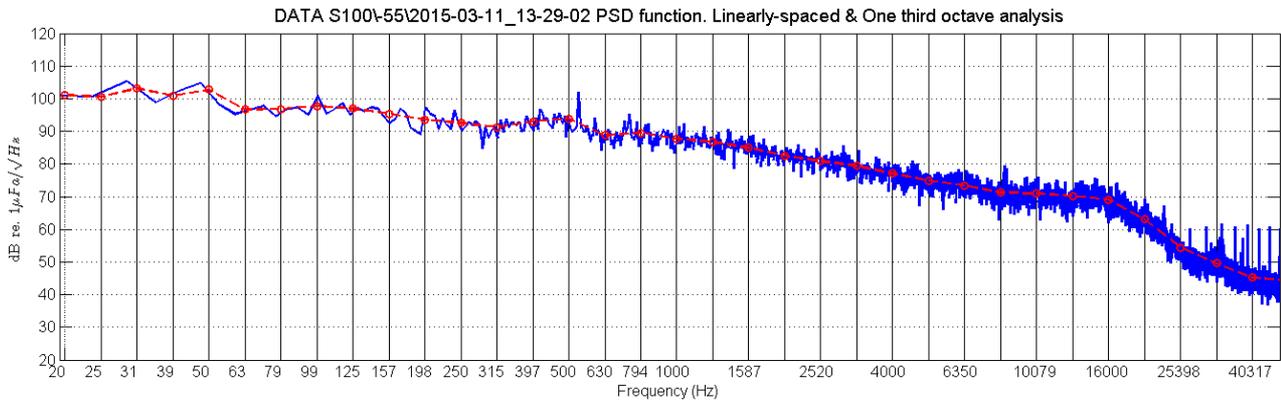


Figura 95 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S100 a 55m di profondità.

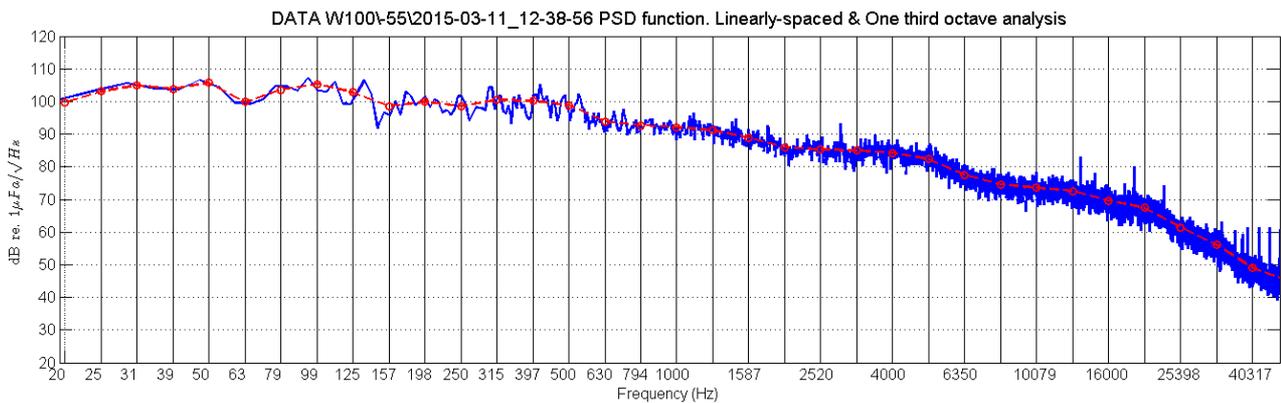


Figura 96 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto W100 a 55m di profondità. Dalla forma dello spettro a larga banda e dall'innalzamento dei livelli di rumore è evidente il passaggio di una barca nelle vicinanze.

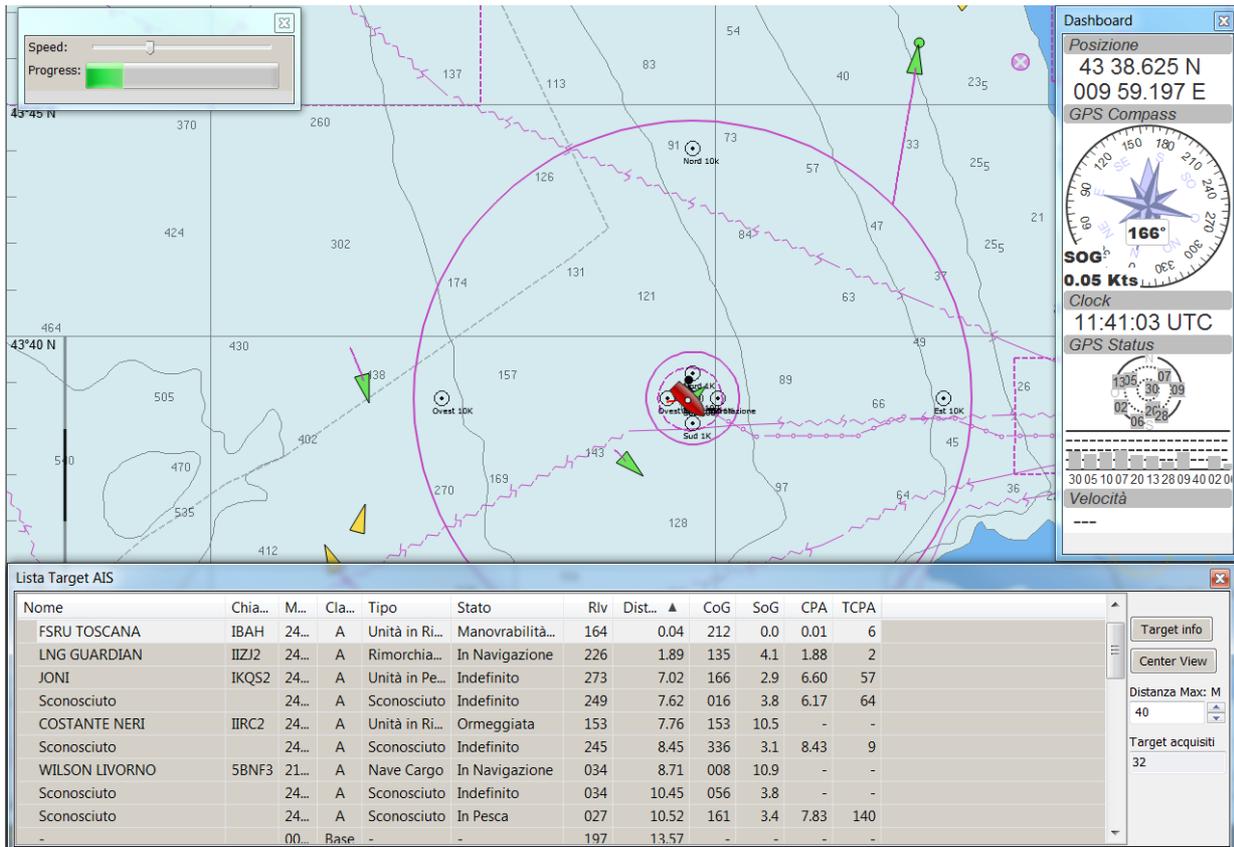


Figura 97 - Ricostruzione AIS del traffico al momento della misura. Il rimorchiatore di appoggio LNG Guardian transita a 1.89 NM dal punto di misura alla velocità di 4,1 Kn.

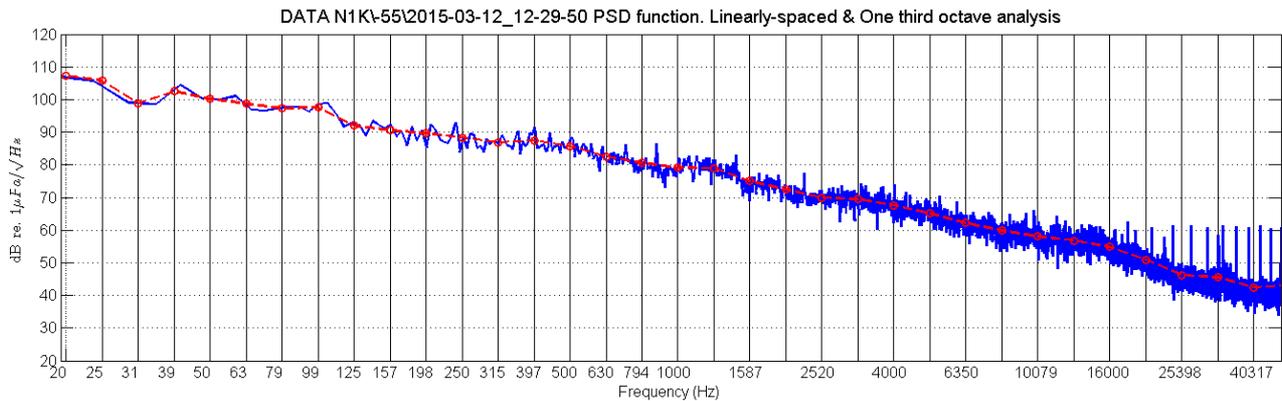


Figura 98 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto N1K a 55m di profondità.

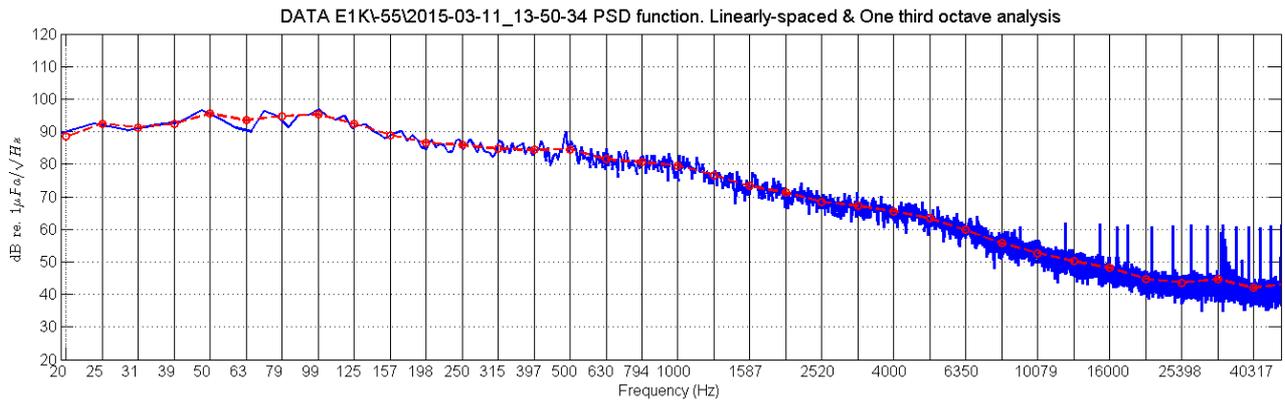


Figura 99 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto E1K a 55m di profondità.

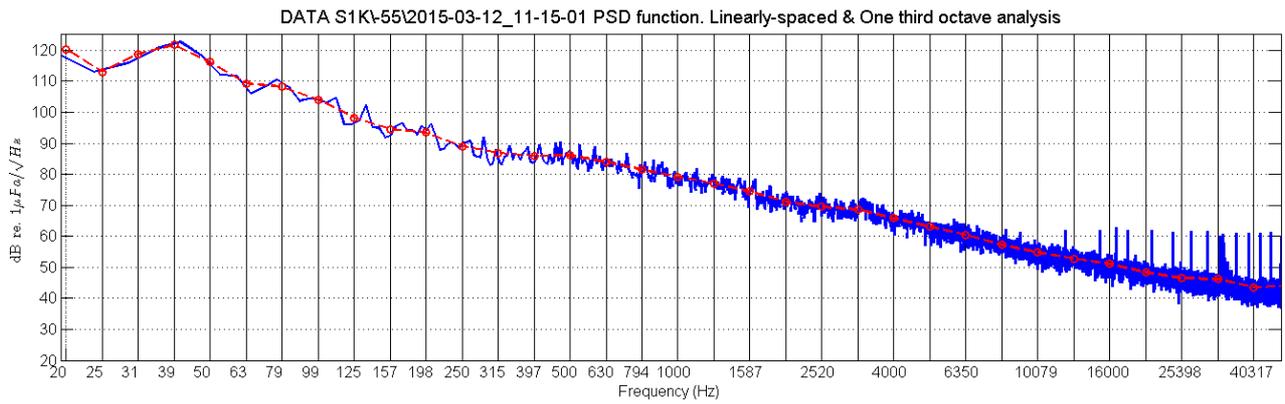


Figura 100 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S1K a 55m di profondità.

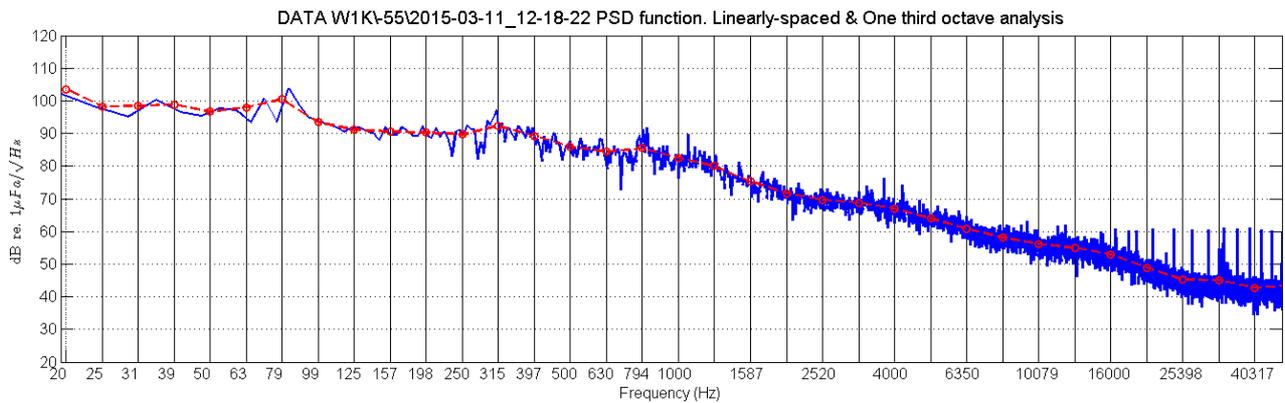


Figura 101 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto W1K a 55 m di profondità.

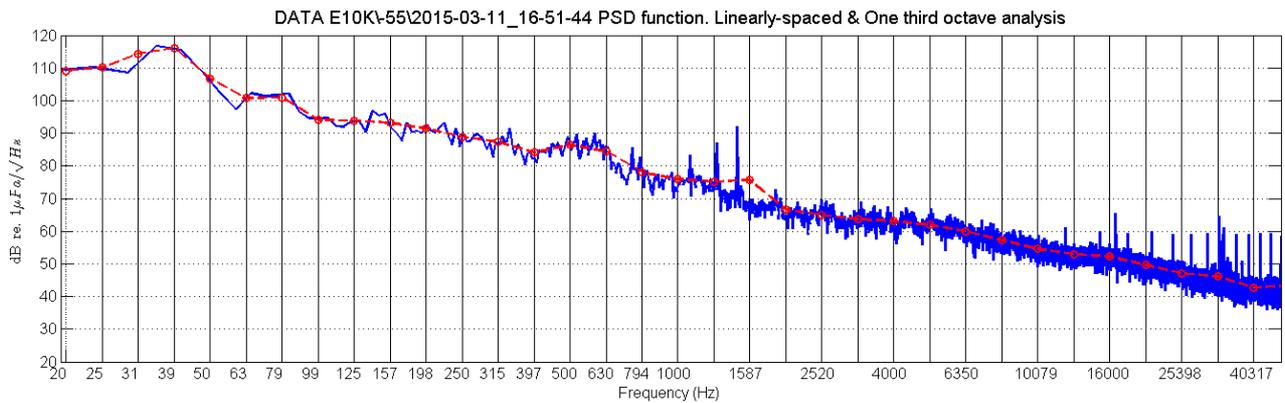


Figura 102 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto E10K a 55m di profondità.

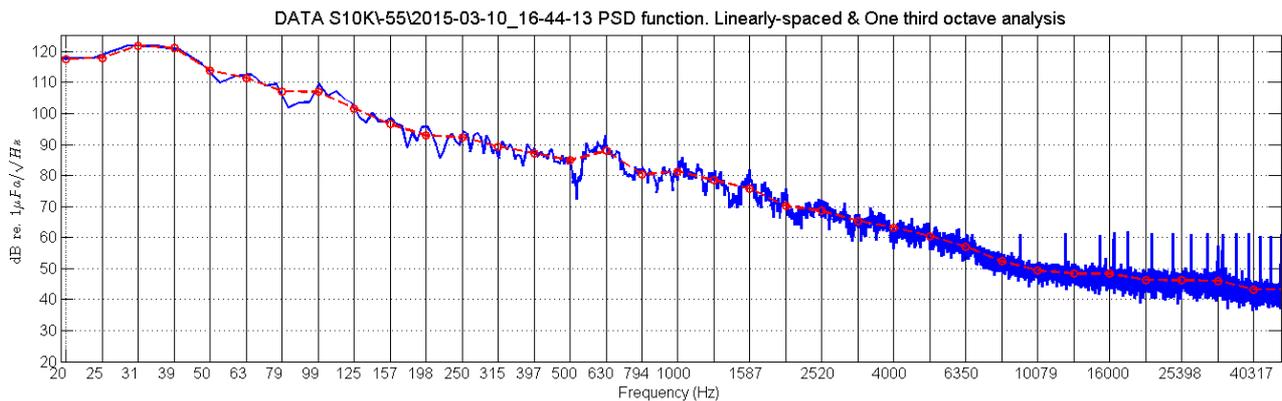


Figura 103 - PSDf del rumore acustico subacqueo misurato nel punto S10K a 55m di profondità. È evidente il passaggio di una barca nelle vicinanze del punto di misura, visti gli elevati livelli di rumore, specialmente alle basse frequenze.

Come nelle precedenti relazioni, per cercare di individuare possibili componenti di rumore che provengano dal Terminale, è stata seguita una procedura di confronto tra misure. Si sono quindi:

- confrontati gli spettri registrati alla distanza minore, quella dei 100m, per esempio a 55m di profondità, per trovare possibili correlazioni;
- confrontati gli spettri registrati a distanza 100m con il Bianco corrispettivo (misura di B12);
- confrontati gli spettri registrati sulla stessa direttrice a diverse distanze (100, 1000 e 10000m) per individuare possibili cadute di segnale con la distanza;
- confrontati gli spettri registrati a distanze 100 e 1000m su quella direttrice con misure precedenti nelle stesse località, per trovare possibili correlazioni temporali. Le correlazioni temporali sono significative in particolare se si riesce a confrontare dati collezionati in condizioni ambientali simili. Il confronto viene effettuato tra i dati attuali (I15) e quelli della campagna I14.

Il confronto con il "Bianco" registrato sul punto nominale della piattaforma ad agosto 2012, e la cui curva di PSDf di rumore è stata sovrapposta allo stesso plot (Figura 104), indica un generale innalzamento di livelli di rumore su tutte le direttrici in quasi tutta la banda (frequenza > 60Hz). Come in precedenti analisi la misura sulla direttrice Sud appare particolarmente interessante, perchè risulta caratterizzata da livelli di rumore più alti di altre, in particolare nella banda tra 8 e 20 kHz. Anche il livello di rumore registrato nella stazione W100 è molto più elevato degli altri, ma su tutta la banda sopra i 50Hz (e anche oltre i 25kHz), che fa pendere per il passaggio di una barca vicino al punto di misura.

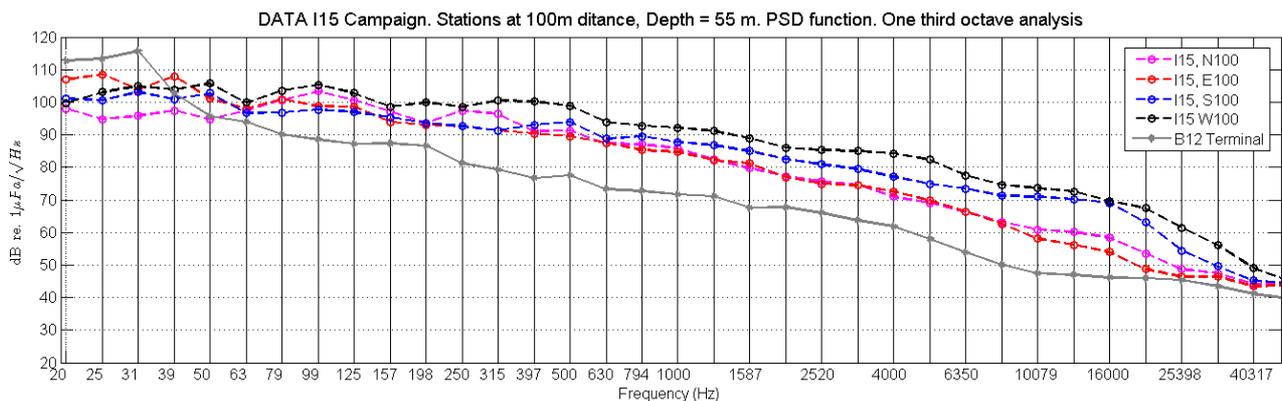


Figura 104 -Confronto delle funzioni PSD in terzi d'ottava, relative a dati raccolti nei punti N, S, E, W a distanza 100m dal terminale e a profondità 55m. La curva del Bianco registrato sul punto nominale del Terminale è stata sovrapposta per riferimento.

La Figura 105 mostra il confronto dei livelli di rumore a 55m registrati sulla direttrice Sud a 100, 1000 e 10000m. A bassa frequenza (almeno sotto i 200Hz) i dati a 1km e 10km di distanza sono caratterizzati da un notevole traffico marittimo di fondo. Al contrario, il rumore nelle stazioni più lontane è decisamente inferiore a quello misurato a 100m su una larga banda superiore a 630 Hz. La discrepanza più evidente rispetto alla curva di PSD a 100 m è a 16 kHz. Sicuramente i dati a 10km non contengono più componenti di rumore prodotto dal Terminale.

Molto interessante è il confronto tra periodi diversi di misura, mostrato in Figura 106 tra le campagne invernali del 2015 (attuale) e del 2014. La corrispondenza tra i dati presi in periodi temporali diversi nella stessa località è piuttosto buona sulle due campagne; questo è un risultato molto confortante perchè in tutti i dati la banda di attenzione per possibili emissioni di segnale acustico è la stessa (circa tra 7000 e 20000Hz). I risultati confermano ciò che si è osservato in Figura 105: i livelli a S100 nella campagna I15 sono particolarmente elevati.

A ulteriore conferma della possibile presenza di emissioni nella banda indicata, in Figura 107 il confronto tra campagne successive a distanze di 100 e 1000m dalla piattaforma vengono mostrate anche sulla direttrice Est. Le differenze tra 100 e 1000 m sono meno evidenti, ma la tendenza è la stessa. Il confronto è consistente.

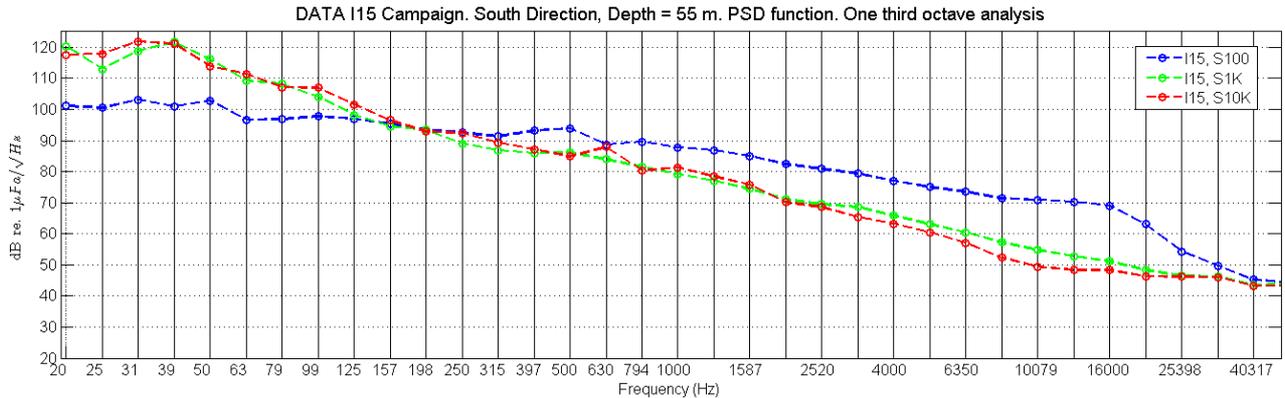


Figura 105 - Confronto delle funzioni PSD in terzi d'ottava, relative a dati raccolti sulla direttrice Sud a distanza 100, 1000 e 10000m dal Terminale e a profondità 55m.

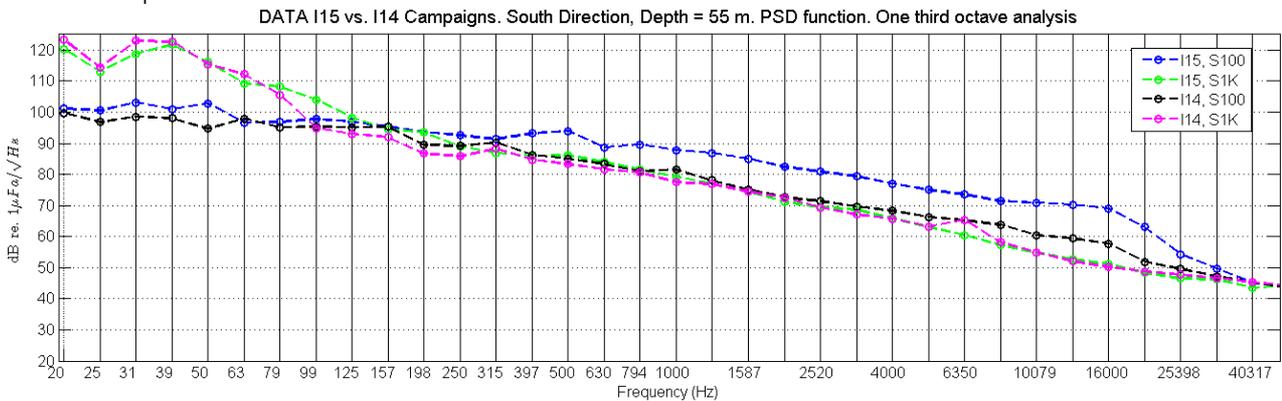


Figura 106 - Confronto delle funzioni PSD in terzi d'ottava, relative ai dati raccolti sulla direttrice Sud a distanza 100 e 1000m nelle campagne I15 e I14 (profondità 55m).

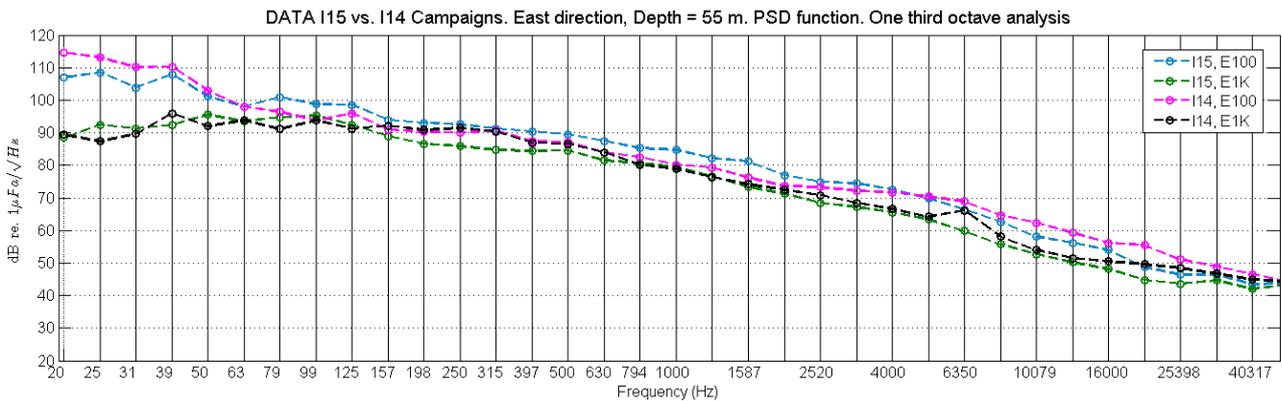


Figura 107 - Confronto tra le funzioni PSD calcolate dai dati I15 e I14 sui punti a 100 e 1000m sulla direttrice Est (misure a 55m di profondità).

Verifica mediante simulazione

Tutte le ipotesi e assunzioni proposte nei lavori precedenti rimangono valide, perciò i parametri geometrici, geofisici e relativi alla sorgente rimangono inalterati. Poichè anche nelle attuali misure e dal confronto con le campagne precedenti risulta che la banda in cui si rileva una certa variazione è centrata a circa 12kHz, questa è la frequenza del modello di emissione della sorgente, e quindi a cui vengono calcolati i risultati di Transmission Loss (TL).

Definizione dei parametri oceanografici

Dal confronto dei profili misurati nell'inverno 2015 (Figura 108) si desume che il range di variabilità di velocità è estremamente limitato da un punto all'altro. La forma delle curve è simile, tranne che per il punto O10K, in cui si misura velocità praticamente costante lungo tutta la colonna fino a 55m di profondità.

La maggior parte dei profili è caratterizzata da gradiente positivo fino ad una profondità di circa 25m fatto che implica una curvatura dei raggi sonori verso l'alto. Il termoclino principale non è accentuato e si estende in media da circa 5 a 20m di profondità.

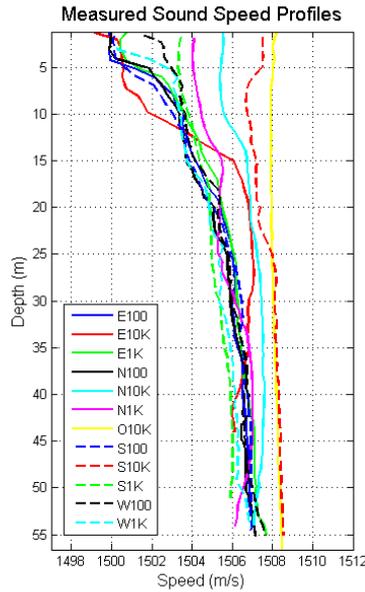


Figura 108 - Confronto dei profili di velocità del suono misurati durante la campagna sperimentale nell'inverno 2015.

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 di propagazione del suono Bellhop a 12kHz di frequenza (prendiamo la direttrice Sud come riferimento, poichè, come descritto nella Sezione di presentazione dei dati, le misure sulla direttrice Sud sono interessanti). I risultati ottenuti a frequenza 12kHz (Figura 110 e Figura 112) possono essere considerati validi per tutta la banda di interesse 7-20kHz con piccole variazioni.

Il profilo di velocità, caratterizzato da gradiente positivo, piuttosto marcato in superficie, da origine ad un pattern di propagazione caratterizzato da un cosiddetto "surface duct", cioè un canale privilegiato vicino alla superficie, poichè la sorgente si trova in quella zona: molti raggi, che indicano le direzioni di propagazione delle onde sonore che si irradiano dalla sorgente (Figura 111), vengono incanalati sotto la superficie in una sorta di guida d'onda, specialmente di fronte alla quota della sorgente, e poi, in numero minore, per una profondità pari al termine della regione del termoclino (qui all'incirca 40m), il che facilita propagazioni del suono a lunga distanza. Tuttavia per profondità maggiori si verifica una zona d'ombra in cui il suono è quasi assente.

La perdita di segnale tra 100 e 1000m a 55m di profondità è predetta intorno a 22dB, valore in buon accordo con i dati realmente misurati (circa 18 dB di differenza misurati tra 100 e 1000m a 55m di profondità tra le stazioni S100 e S1K).

Simile comportamento presenta la simulazione della propagazione del suono lungo la direttrice Est, basata sul profilo di velocità del suono misurato alla stazione E100. La concentrazione del suono nel condotto superficiale è ancora più intensa

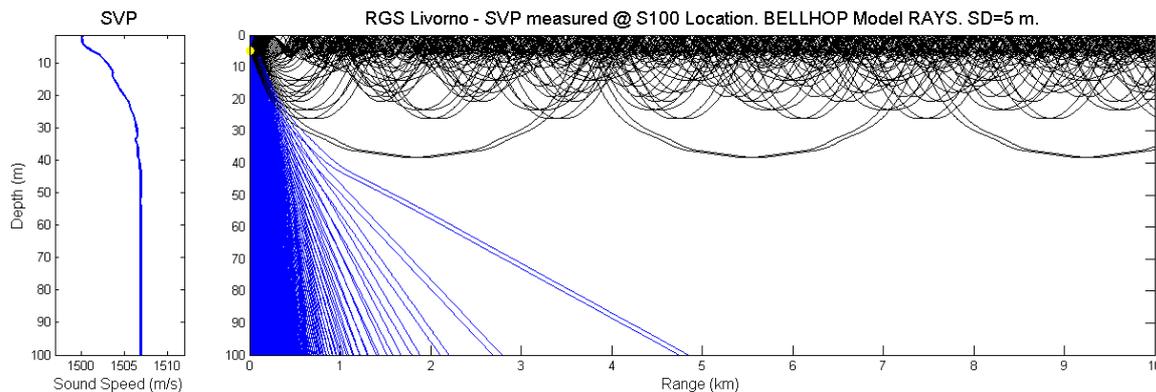


Figura 109 - Simulazione dei percorsi dei raggi/beam lanciati da una sorgente a 5m di profondità sulla direttrice Sud, assunto il profilo di velocità misurato in S100 (modello Bellhop). I valori a 100 e 1000m di distanza orizzontale dalla sorgente a profondità 55m sono evidenziati per poter permettere un confronto con i dati reali misurati.

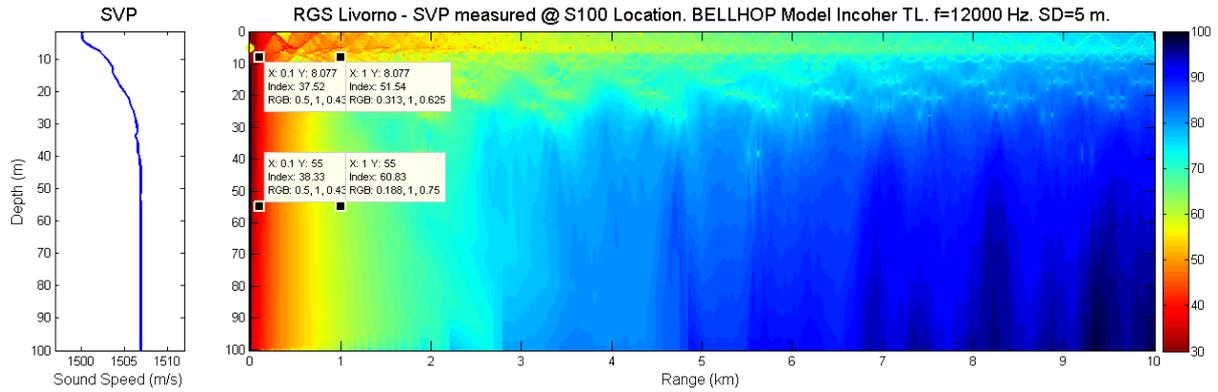


Figura 110 - Simulazione della Transmission Loss TL alla frequenza di 12kHz, corrispondente al modello creato (modello Bellhop).

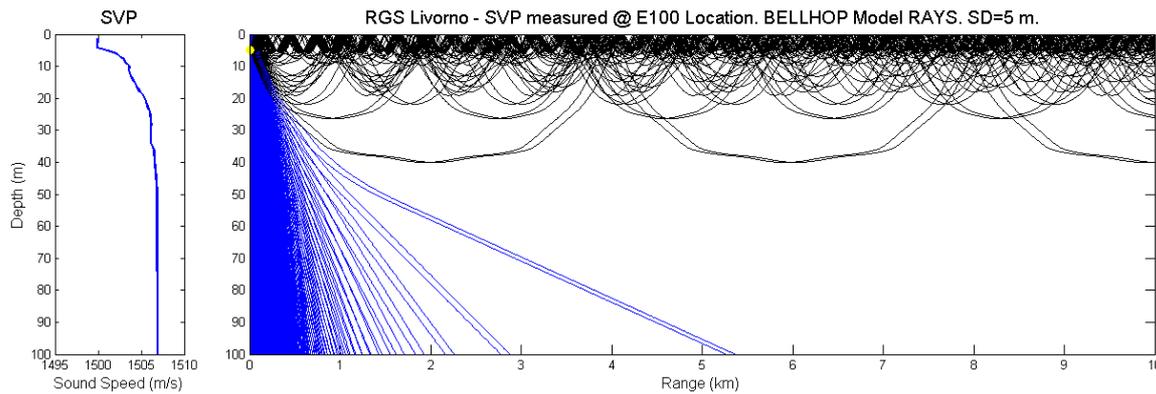


Figura 111 - Simulazione dei percorsi dei raggi/beam lanciati da una sorgente a 5m di profondità, assunto il profilo di velocità misurato in E100 (modello Bellhop).

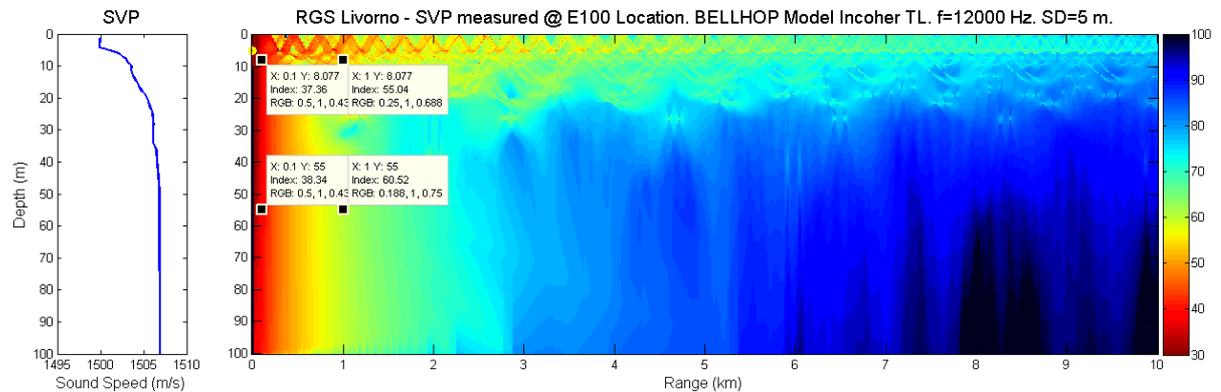


Figura 112 - Simulazione della Transmission Loss TL alla frequenza di 12 kHz, corrispondente al modello creato (modello Bellhop) sulla direttrice Est.

Poichè dai dati sperimentali a 100m di distanza dalla sorgente e 55m di profondità sulla direttrice Est si misura un livello di rumore di circa 69 dB re $1\mu\text{Pa}/\sqrt{\text{Hz}}$ sulla direttrice di riferimento (Est), e il modello predice una TL di 38 dB, si può dedurre che il Source Level a 12 kHz sia attorno a 107 dB re $1\mu\text{Pa}$ @ 1m. Questo valore è comparabile con i valori ricavati dalle misure e dai modelli riferiti alla campagne precedenti. Tale emissione di rumore del Terminale, individuata con un livello di 107 dB re $1\mu\text{Pa}$ @ 1m, è al di sotto del valore soglia di 110-120 dB re $1\mu\text{Pa}/\sqrt{\text{Hz}}$ riportato nella tabella 7 delle Linee Guida (V. materiali e metodi) per "rumori capaci di originare le prime significative risposte comportamentali" nel caso di "rumori non impulsivi" per "cetacei a media frequenza".

4.3.2 Bioacustica

Nella campagna invernale (2015) non sono stati effettuati né avvistamenti né registrazioni.

VOLUME II

- 5 **RISULTATI SURVEY PRIMAVERA 2015**
 - 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 2015**
 - 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**