

**LAVORI DI DRAGAGGIO DEI FONDALI DEL PORTO COMMERCIALE DI SALERNO E DEL  
CANALE D'INGRESSO. IMMERSIONE A MARE DEI SEDIMENTI.  
MONITORAGGIO AMBIENTALE  
POST OPERAM  
24 mesi dalla fine dei lavori di escavo  
Risultati sulla componente del Benthos**

**GRUPPO DI LAVORO**

**Stazione Zoologica "Anton Dohrn"**

**Relazione effettuata con il contributo di:**

Paolo Fasciglione, Sarah Ciancimino, Rosanna Guglielmo, Maria Beatrice Scipione, Maurizio Lorenti

Stesura relazione tecnico-scientifica: Paolo Fasciglione, Sarah Ciancimino

**Revisione scientifica:** Lugi Musco

**2023**

## Sommario

1. Caratterizzazione biologica .....	3
1.1 Il macrozoobenthos come indicatore di qualità ambientale.....	3
1.2 Caratterizzazione delle comunità macro-zoobentoniche .....	4
2 Analisi trofica .....	6
3 Analisi Strutturale .....	12
3.1 Area d’immersione dei sedimenti dragati.....	12
3.2 Area potenzialmente impattate dalle operazioni di dragaggio.....	15
3.3 Aree potenzialmente impattate dalle operazioni d’immersione dei sedimenti .....	18
Area Costiera Amalfitana .....	18
Area Piana del Sele.....	21
4 Analisi di qualità ambientale .....	24
4.1 Area d’immersione dei sedimenti dragati.....	24
4.2 Area potenzialmente impattate dalle operazioni di dragaggio.....	29
4.3 Aree potenzialmente impattate dalle operazioni d’immersione dei sedimenti dragati.....	33
Area Costiera Amalfitana .....	33
Area Piana del Sele.....	37
5 Conclusioni .....	41
BIBLIOGRAFIA GENERALE.....	44
BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO PER L’IDENTIFICAZIONE TASSONOMICA.....	44

## 1. Caratterizzazione biologica

### 1.1 Il macrozoobenthos come indicatore di qualità ambientale

Il macrozoobenthos comprende organismi aventi dimensioni maggiori di 1 mm che vivono in stretta relazione con il fondo sia dal punto di vista trofico che funzionale (Holme e McIntyre, 1971, 1984; Gray, 1981; Cognetti e Sarà, 1972; Cognetti et al., 2000; Gambi e Dappiano, 2003). La comunità è costituita principalmente da policheti, molluschi, crostacei, echinodermi che dominano sia come numero di specie che come numero di individui.

I popolamenti macrobentonici sono spesso utilizzati come «bioindicatori» perché sono particolarmente adatti nella valutazione della qualità ambientale per una serie di peculiarità che li contraddistinguono:

- Organismi prevalentemente sedentari (relativamente immobili);
- Molte specie hanno cicli vitali relativamente lunghi;
- Comprendono numerose specie con cicli vitali diversi, con ruoli trofici diversi e con differente grado di tolleranza allo stress;
- Sensibili a diversi tipi di inquinanti che si accumulano a livello dei sedimenti;
- Sono delle memorie biologiche in quanto sono capaci di registrare variazioni ambientali su una scala di medio e lungo termine;
- Svolgono un ruolo fondamentale nello scambio di nutrienti e materiale tra sedimento e colonna d'acqua;
- Hanno una stretta relazione con i principali parametri ambientali (natura del substrato, temperatura, ossigeno, salinità, profondità, resistenza all'emersione).

La dinamica e la struttura delle comunità macrobentoniche sono strettamente dipendenti dai fattori biotici (intrinseci alla comunità e legati alle caratteristiche biologiche delle specie) e dai fattori abiotici o ambientali suddivisi a loro volta in climatici ed edafici (idrodinamismo, granulometria del substrato, radiazione luminosa, concentrazione di sostanza organica, torbidità dell'acqua, presenza di sostanze inquinanti), estrinseci alla comunità, caratterizzati da una notevole variabilità sia spaziale che temporale e che influenzano la distribuzione delle specie nel dominio bentonico (Pérès & Picard, 1964).

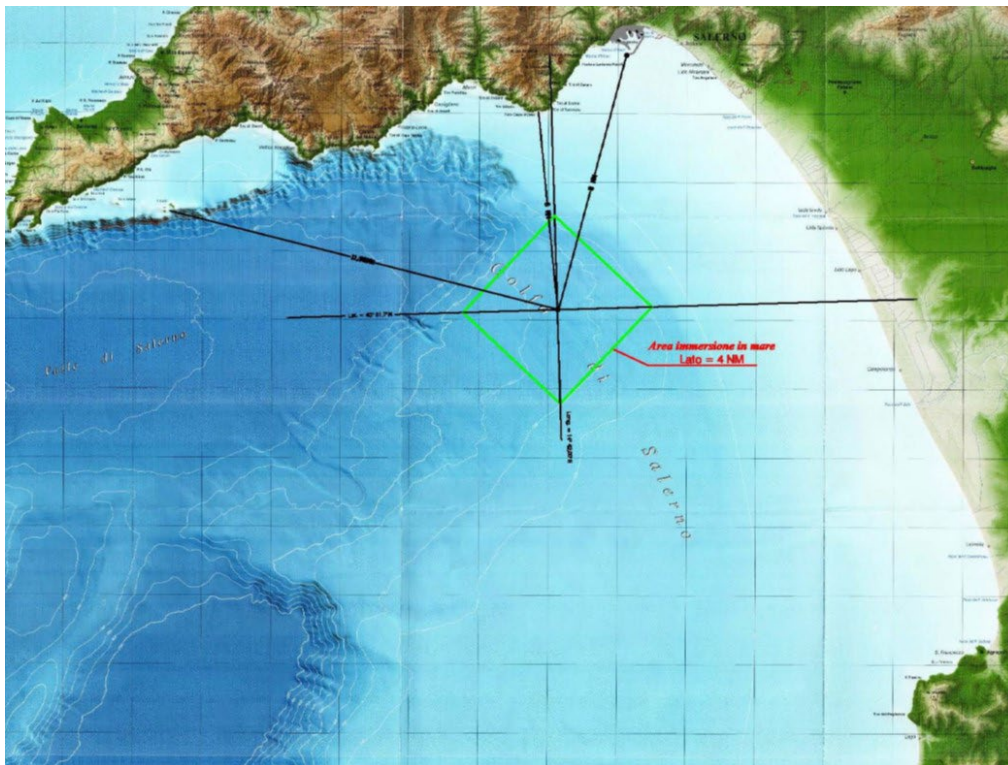
L'estrema eterogeneità trofico-funzionale delle specie che compongono tali comunità e la presenza di cicli vitali complessi fa dello studio delle biocenosi macrozoobentoniche di fondi incoerenti un prezioso strumento di valutazione dell'integrità ecosistemica (Pearson e Rosenberg, 1978). I popolamenti bentonici di fondo mobile giocano un ruolo chiave nell'ambito dei sistemi costieri rappresentandone la memoria storica ed esprimendo dinamiche tali da consentire una valutazione integrata spazio-temporale delle modificazioni dell'ecosistema. Il loro studio assume, quindi, una certa rilevanza nella determinazione degli eventuali impatti sull'ecosistema marino, poiché permettono di rendere evidenti le modificazioni ambientali che

possono verificarsi in relazione alle variazioni dei fattori già menzionati.

## 1.2 Caratterizzazione delle comunità macro-zoobentoniche

L'ultima campagna di monitoraggio del macrobenthos, determinati dall'attività di dragaggio del porto di Salerno, si è svolta a febbraio 2023 (post-operam a due anni dalla fine dell'immissione dei sedimenti dragati). L'attività di monitoraggio si è svolta in quattro aree situate nel golfo di Salerno: Area immersione sedimenti dragati (A20, A21, A22, A23, A24, A74, A75, A76), area potenzialmente impattata dai lavori di dragaggio (A08, A11, A14, A17, A72) e le due aree potenzialmente impattate dai lavori d'immersione dei sedimenti dragati: Area Costiera amalfitana (A47, A50, A53) e Area Piana del Sele (A59, A62, A65 e A68) (Fig. 1).

L'analisi tassonomica del popolamento bentonico dei 60 campioni di macrozoobenthos (20 stazioni per tre repliche ciascuna, Tab. 1) ha portato all'individuazione complessiva di 4168 individui appartenenti ai seguenti gruppi sistematici: anellidi policheti, molluschi (bivalvi, gasteropodi, scafopodi), crostacei (decapodi, anfipodi, isopodi, tanaidacei, misidacei, cumacei, pantopodi), echinodermi (asteroidei, ofiuroidei, echinoidei e oloturioidei), sipunculidi.



**Figura 1** Mappa area

Stazione	Latitudine GG PP.dd	Longitudine GG PP.dd	Profondità (m)
A08	40°39.780' N	14°43.145' E	10
A11	40°38.950' N	14°42.400' E	15
A14	40°40.180' N	14°46.261' E	4.5
A17	40°39.307' N	14°47.745' E	7
A72	40°38.735' N	14°45.045' E	22
A20	40°34.345' N	14°41.855' E	220
A21	40°32.070' N	14°39.135' E	434
A22	40°32.142' N	14°42.033' E	356
A23	40°32.222' N	14°45.130' E	230
A24	40°29.763' N	14°42.164' E	337
A47	40°37.902' N	14°41.328' E	26
A50	40°38.406' N	14°39.552' E	19
A53	40°38.712' N	14°38.0160' E	13.8
A59	40°37.404' N	14°49.662' E	11
A62	40°34.057' N	14°52.009' E	20
A65	40°31.020' N	14°54.519' E	12
A68	40°27.805' N	14°56.489' E	10
A74	40°35.499' N	14°40.704' E	129
A75	40°34.080' N	14°44.019' E	137
A76	40°31.541' N	14°46.212' E	175

**Tabella 1** Stazioni di campionamento e profondità

## 2 Analisi trofica

Nell'area di immersione dei sedimenti dragati (A20, A21, A22, A23, A24, A74, A75, A76), la comunità bentonica dal punto di vista trofico è composta principalmente da carnivori, in misura minore da detritivori e limivori (Fig. 2). Facendo un confronto si nota che la composizione delle specie è nuovamente modificata rispetto alle precedenti campagne post-operam (settembre 2021 e marzo 2022), con un aumento degli organismi dalle abitudini trofiche carnivore e limivore che arrivano rispettivamente al 40% ed al 26% della comunità, inoltre si assiste ad una diminuzione consistente dei detritivori che arrivano ad avere un valore percentuale, 28%, nettamente inferiore ai valori di maggio 2020; i rimanenti gruppi trofici si assestano su percentuali simili a maggio 2020 (Fig. 2).

Ricordiamo che il sito di dumping ha subito l'immissione di sedimenti con classazione diversa rispetto al substrato precedente. Il substrato nell'area di immissione, prima dell'immissione dei sedimenti, risultava costituito esclusivamente da limo. Dopo l'attività d'immissione la granulometria è cambiata considerevolmente rilevando la presenza di percentuali consistenti di sedimento ghiaioso/sabbioso. Già dalle campagne post operam di settembre 2021 e marzo 2022, ed ancora di più nella campagna attuale la situazione è cambiata, con la riduzione dei sedimenti di natura sabbiosa e la scomparsa di quelli ghiaiosi a favore di un nuovo aumento di quelli limosi.

La modifica del substrato con l'immissione dei sedimenti dragati ha molto probabilmente reso meno adatto l'habitat per alcuni organismi favorendo lo sviluppo dei detritivori. Questi ultimi hanno trovato un ambiente idoneo per il loro sviluppo con elevato quantitativo di sostanza organica, a causa dell'apporto di materiale dragato. L'aumento consistente in abbondanza di organismi ha determinato un aumento consequenziale delle specie carnivore determinato dall'aumento di disponibilità di prede. Il ritorno graduale alle condizioni preesistenti, per quanto riguarda il substrato, ha portato ad una graduale modifica del popolamento con riduzione dei detritivori ed aumento dei limivori.

In particolare, da segnalare la presenza del polichete carnivoro *Paradiopatra calliopae* con il 27% del popolamento, specie già presente in abbondanza nelle precedenti campagne. Le altre specie con percentuali di abbondanza più rilevanti sono *Levinsenia gracilis* e *Aricidea simonae*, con rispettivamente il 10% e il 6% del popolamento, entrambe le specie sono limivore e presenti in tutte le precedenti campagne ma con valori di abbondanza inferiori. Infine, fra i detritivori la specie più abbondante è *Prionospio ehlersi* 6%, il cui valore di abbondanza risulta essere molto in calo rispetto alle precedenti campagne, ma è una tendenza già riscontrata nella precedente campagna di marzo 2022.

Il popolamento di macrozoobenthos, dell'area potenzialmente impattata dall'attività di dragaggio (A08, A11, A14, A17, A72), si è rivelato composto soprattutto da sospensivori, detritivori, carnivori ed in misura minore

dagli appartenenti alle altre categorie trofiche (Fig.3).

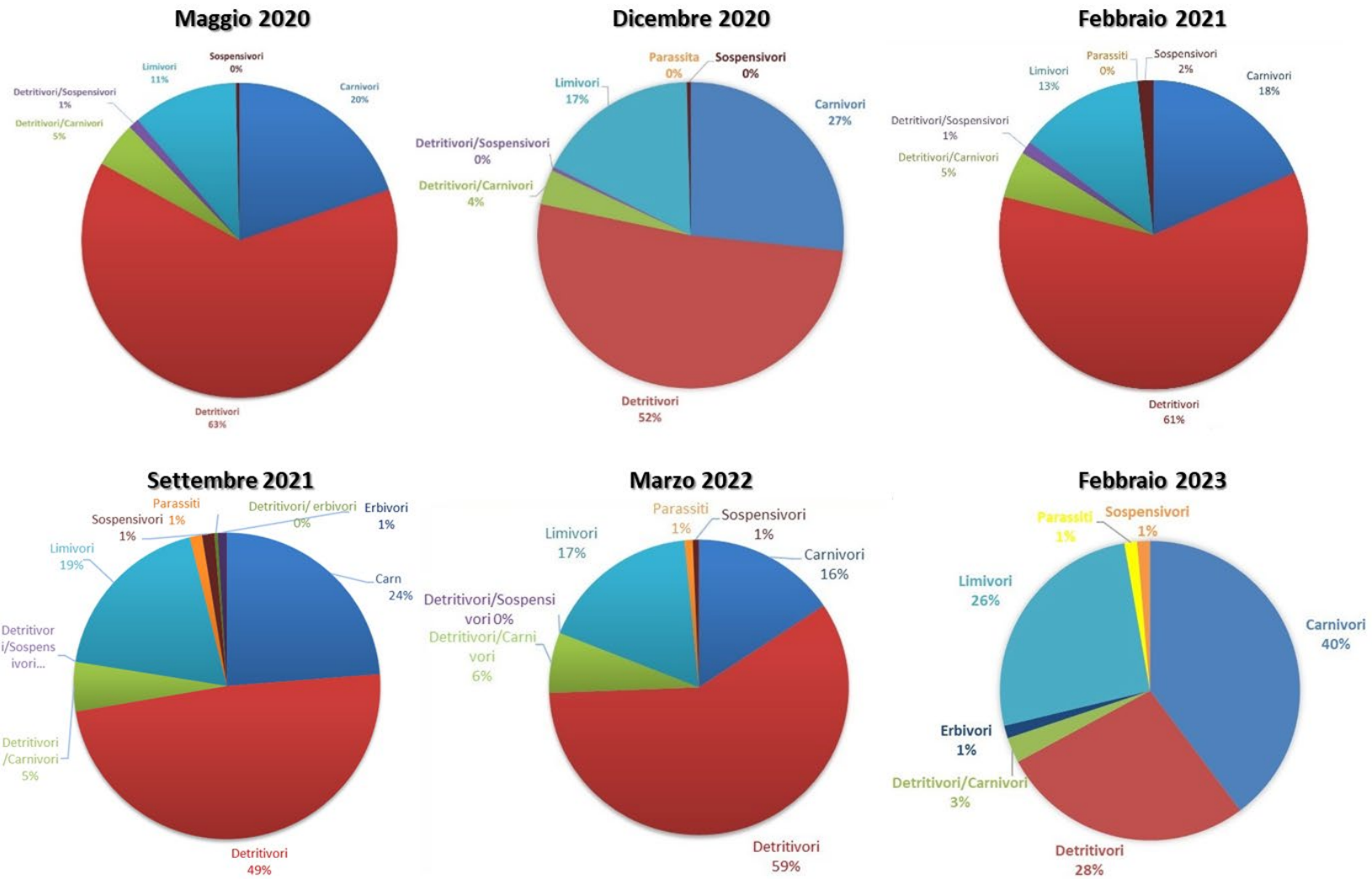
I detritivori, con il 46% degli organismi, costituiscono il gruppo trofico più presente, in particolare con *Prionospio fallax* che con il 10% del popolamento è la specie più abbondante seguita da *Magelona johnstoni* con il 6%. Il secondo gruppo trofico più abbondante è quello dei sospensivori con il 19% la cui specie maggiormente presente è *Pharus legumen* con il 9% del popolamento.

Facendo un confronto con le campagne precedenti, notiamo che la composizione degli organismi, in base alle categorie trofiche, nel tempo varia specialmente nella percentuale di presenza dei sospensivori che hanno dei periodi di maggiore presenza rispetto ad altri. Questo è dovuto specialmente a fasi di crescita esponenziale di poche specie come il mollusco bivalve *Thracia phaseolina* che nella precedente campagna arrivava al 26% ed ora al 1%. Tali periodi di crescita sono dipendenti da numerosi fattori inclusi quelli climatici e fisici quali temperatura, salinità correnti, mareggiate etc.. I detritivori, invece sono un gruppo trofico sempre molto presente nei fondi studiati, probabilmente a causa di fattori edafici, cioè relativi al substrato.

Nell'area della Costiera Amalfitana, potenzialmente impattata dall'attività di immersione dei sedimenti dragati (A47, A50, A53), la composizione della comunità è caratterizzata da una elevata presenza di detritivori con il 50% del popolamento, seguiti dai detritivori/carnivori 15% e dai carnivori 14% (Fig. 4). Rispetto alle campagne precedenti si riscontra un nuovo aumento dei detritivori, grazie anche all'abbondanza di una specie di un mollusco bivalve, *Lucinella divaricata* che da sola rappresenta il 18% del popolamento. Tale mollusco periodicamente è presente nell'area in oggetto con abbondanze molto elevate, dipendenti dai periodi di riproduzione.

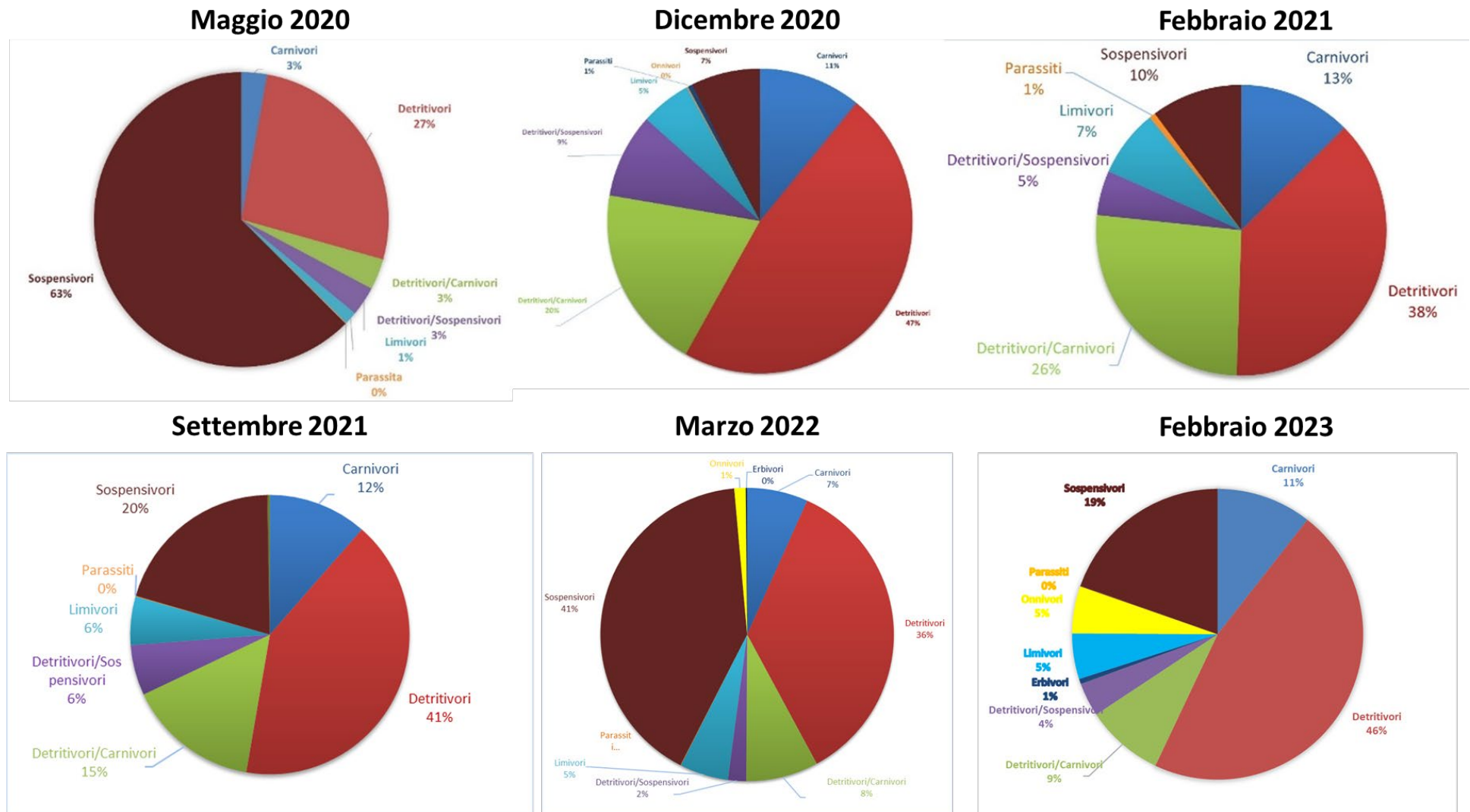
Nell'area del litorale della Piana del Sele potenzialmente impattata dall'attività di immersione dei sedimenti dragati (A59, A62, A65 e A68), la composizione della comunità bentonica dal punto di vista trofico è data soprattutto da detritivori con il 61%, e in misura minore da carnivori 8% e detritivori/sospensivori 7%, (Fig. 5). Il confronto con le precedenti campagne non mostra sostanziali variazioni solo la prima campagna maggio 2020 presenta valori percentuali molto diversi ma in quella campagna ricordiamo che i valori di abbondanza così elevati per i sospensivori erano dovuti alla presenza quasi esclusiva di due molluschi bivalvi.





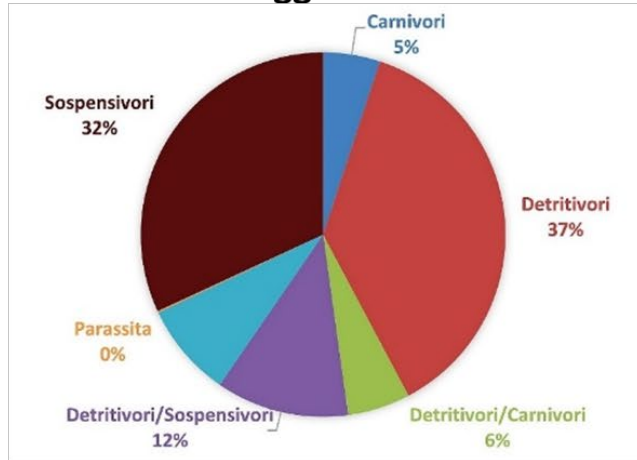
**Fig.2** Suddivisione in categorie trofiche degli organismi presenti nell'area di immissione dei sedimenti dragati e confronto fra le campagne



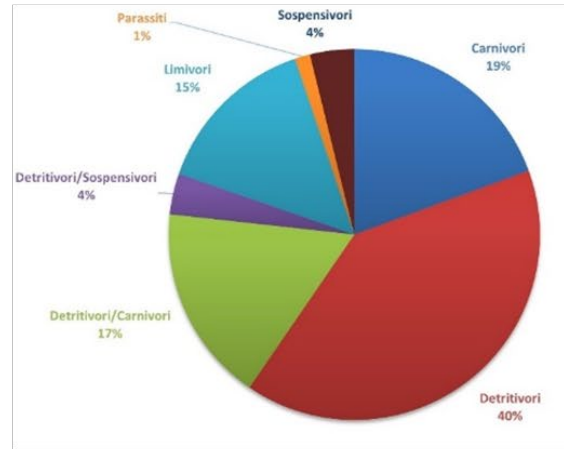


**Fig. 3** Suddivisione in categorie trofiche degli organismi presenti nell'area potenzialmente impattata dalle operazioni di dragaggio e confronto fra le campagne

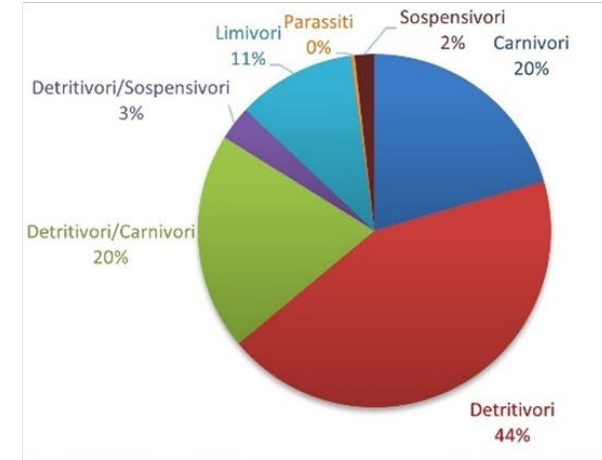
**Maggio 2020**



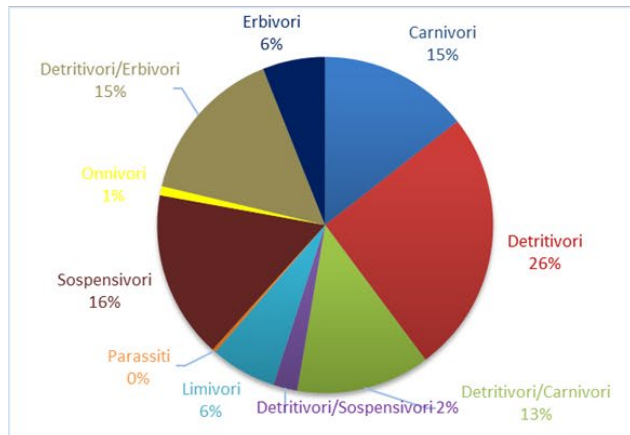
**Dicembre 2020**



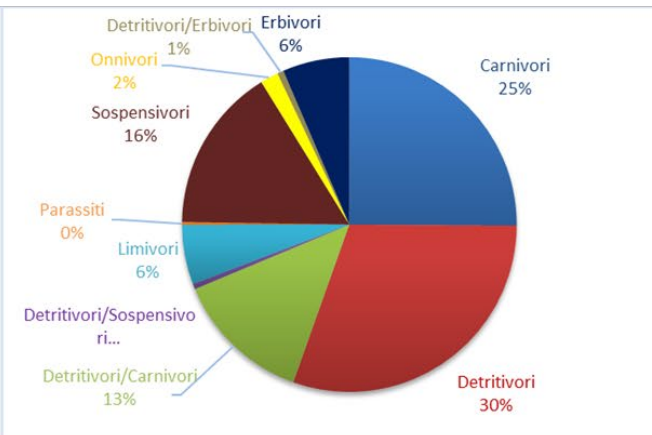
**Febbraio 2021**



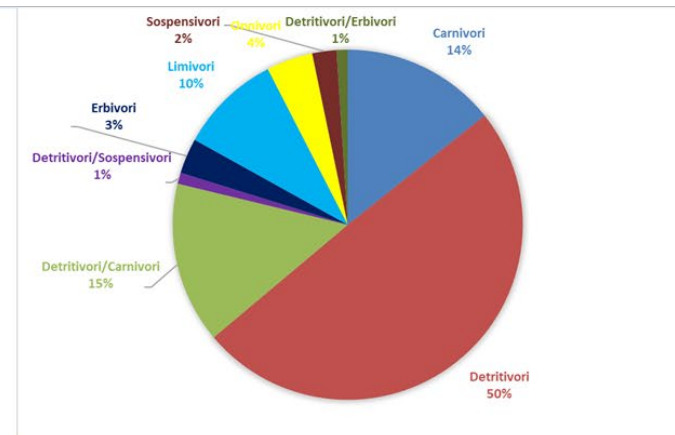
**Settembre 2021**



**Marzo 2022**

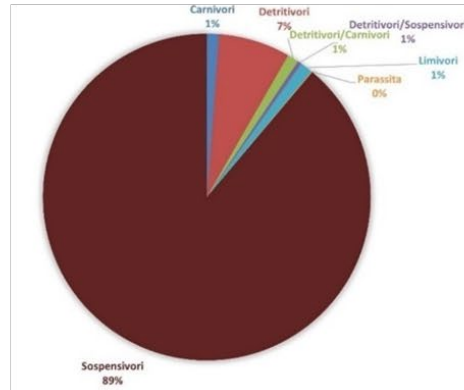


**Febbraio 2023**

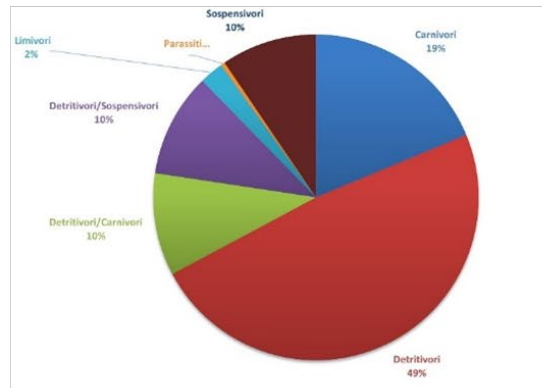


**Fig. 4** Suddivisione in categorie trofiche degli organismi presenti nell'area potenzialmente impattata dalle operazioni d'immersione dei sedimenti e confronto fra le campagne (Area Costiera Amalfitana)

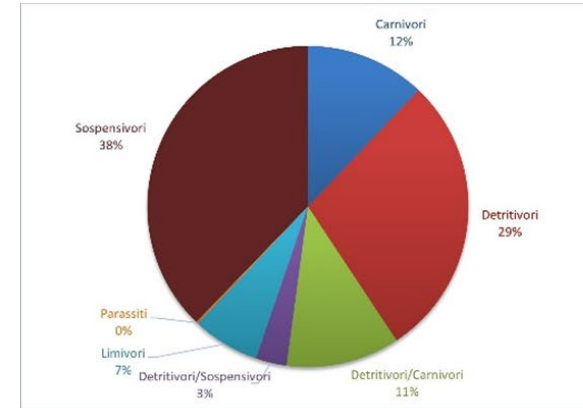
**Maggio 2020**



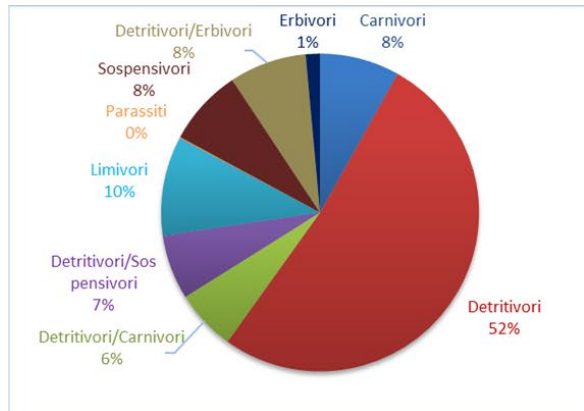
**Dicembre 2020**



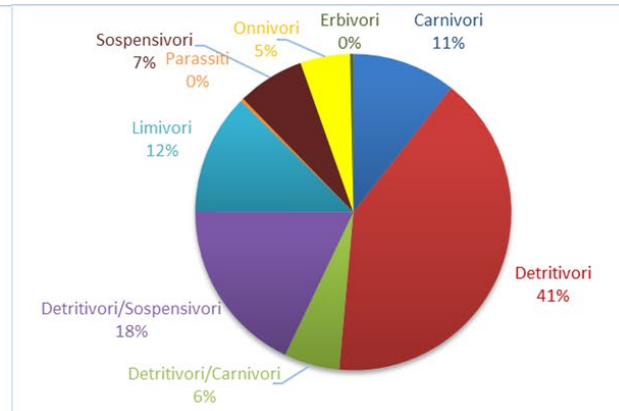
**Febbraio 2021**



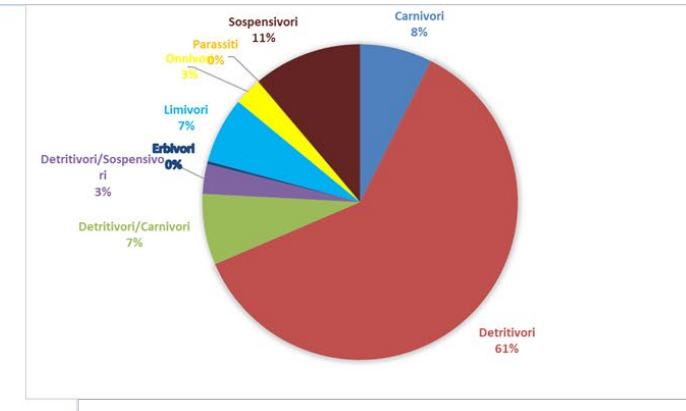
**Settembre 2021**



**Marzo 2022**



**Febbraio 2023**



**Fig. 5** Suddivisione in categorie trofiche degli organismi presenti nell'area potenzialmente impattata dalle operazioni d'immersione dei sedimenti e confronto fra le campagne (Area Piana del Sele)

### 3 Analisi Strutturale

#### 3.1 Area d'immersione dei sedimenti dragati

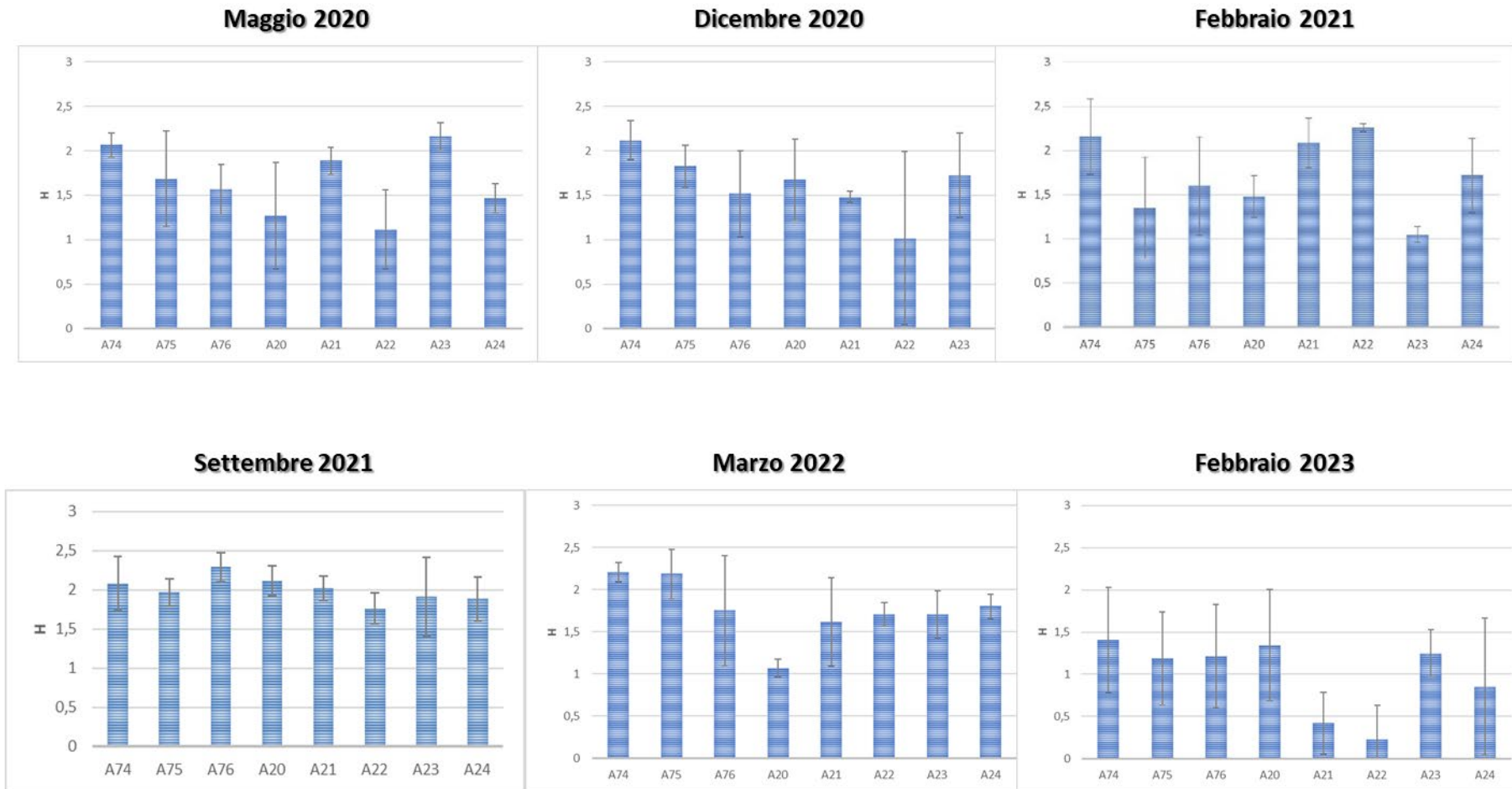
L'analisi tassonomica del popolamento bentonico dell'area di immersione (A20, A21, A22, A23, A24, A74, A75, A76) ha portato all'individuazione di un totale di 119 individui appartenenti a 30 taxa.

Il 27% del popolamento è costituito dal polichete *Paradiopatra calliopae*. Le altre specie, con percentuali di abbondanza più rilevanti, sono il polichete *Levinsenia gracilis* con il 10% ed i policheti *Aricidea simonae*, *Prionospio ehlersi* e *Spio decorata* con il 6%. Il restante 45% del popolamento è costituito in prevalenza da policheti e molluschi bivalvi. La composizione del popolamento in termini di preferenze ecologiche evidenzia una riduzione sostanziale degli organismi detritivori indicatori di disturbo. Tale riduzione è un andamento già riscontrato nelle campagne precedenti e che nell'ultima si manifesta in maniera più evidente. Ricordiamo che la tipologia di sedimento riscontrato è andato modificandosi nel tempo.

La classazione del sedimento in tutte le stazioni del sito d'immersione è cambiata dal limoso al ghiaioso/sabbioso in tutte le campagne del Corso D'Opera, ma a partire dalla campagna marzo 2022 e poi ancora nel febbraio 2023, la percentuale di sedimento limoso è tornata ad aumentare con la graduale scomparsa del sedimento ghiaioso/sabbioso.

L'andamento dell'indice di Shannon Weaver ( $H'$ ) presenta valori abbastanza elevati in quasi tutte le stazioni, ma in riduzione rispetto alla campagna post operam settembre 2021 e post operam 2022, inoltre sia la stazione A21 che la stazione A22 presentano valori bassi, indicando una scarsa biodiversità, questo si collega al rinvenimento di pochissimi organismi nei campioni di tali stazioni (Fig. 6). Il confronto con le campagne del Corso d'opera mostra quindi un peggioramento significativo dei valori di biodiversità (Fig. 6).

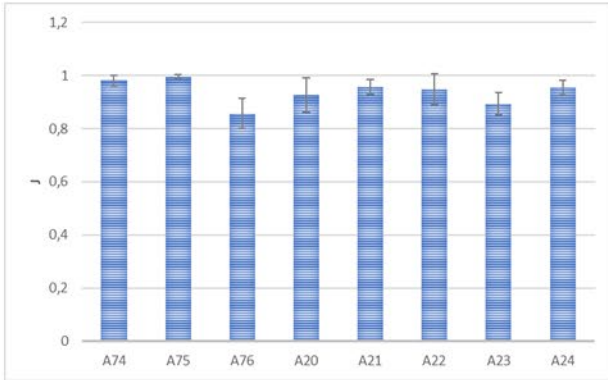
L'indice di equitabilità di Pielou ( $J$ ) mostra un andamento abbastanza costante in quasi tutte le stazioni campionate e con valori che mostrano un'equidistribuzione quantitativa delle specie, tutte le stazioni si posizionano nell'intervallo fra 0,8 ed 1 ad eccezione delle stazioni A21 e A22 che hanno valori molto più bassi (Fig. 4). Il confronto con le campagne precedenti del Corso d'opera mostra un andamento simile, tranne che per le stazioni A21 e A22 (Fig. 7). Anche in questo caso i valori bassi dell'indice dipendono dalla scarsa presenza di organismi, tale riduzione di organismi riscontrata in tutte le stazioni, ma più evidente nelle stazioni A21 e A22, è correlata al graduale ritorno ai valori precedenti l'arricchimento organico dovuto all'immissione dei sedimenti dragati.



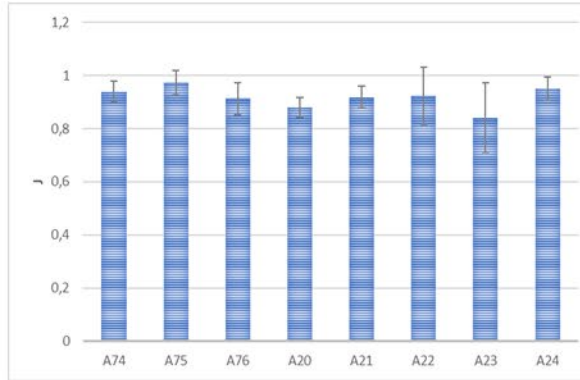
**Fig. 6** Indice di diversità specifica di Shannon Weaver (media +/- deviazione standard) nell'area di immersione, e confronto tra le campagne



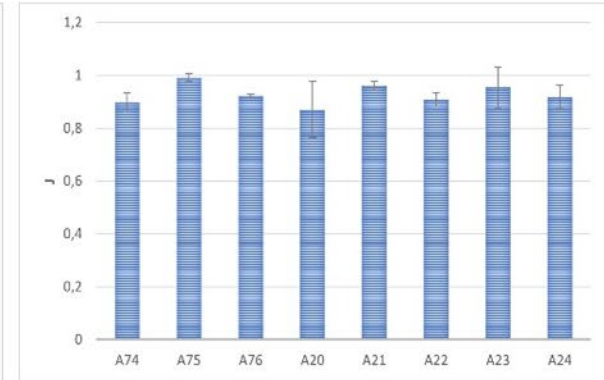
**Maggio 2020**



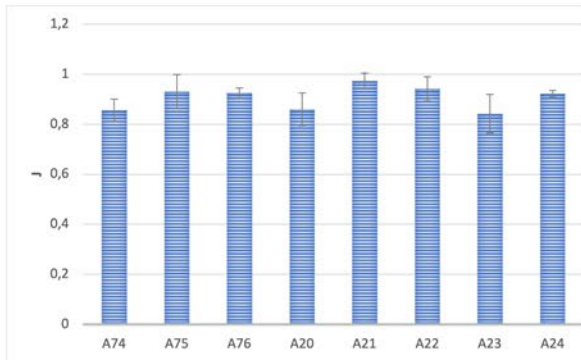
**Dicembre 2020**



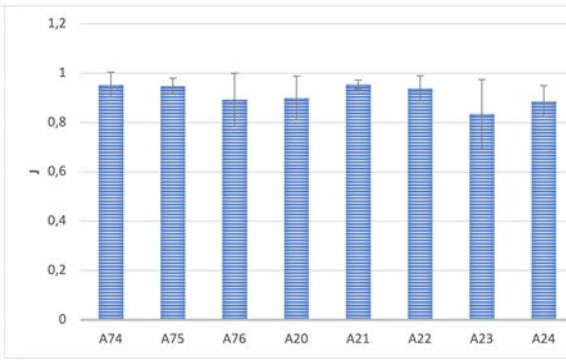
**Febbraio 2021**



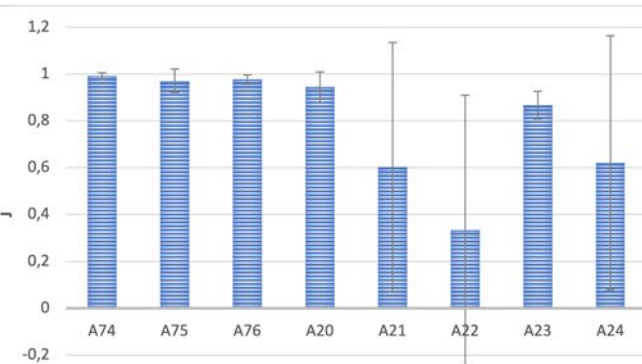
**Settembre 2021**



**Marzo 2022**



**Febbraio 2023**



**Fig. 7** Indice di equitabilità di Pielou (media +/- deviazione standard) nell'area di immersione e confronto tra le campagne

### 3.2 Area potenzialmente impattate dalle operazioni di dragaggio

L'analisi tassonomica del popolamento bentonico dell'area potenzialmente impattata dalle operazioni di dragaggio (A08, A11, A14, A17, A72) ha condotto all'individuazione complessiva di 1269 individui appartenenti a 119 taxa.

L'area è caratterizzata da un popolamento vario con specie appartenenti a gruppi tassonomici uniformemente distribuiti, le specie più presenti sono *Prionospio fallax*, polichete spionide esclusivista delle sabbie fini ben calibrate, con il 10% del popolamento, e *Pharus legumen*, mollusco bivalve tipico delle biocenosi delle sabbie fini ben calibrate con il 9%.

In termini di preferenze ecologiche la comunità è caratterizzata da specie appartenenti a differenti categorie bionomiche, da un elevato numero di specie strettamente sabulicole e vasicole, da specie a larga ripartizione ecologica e altre descritte in letteratura come indicatrici di instabilità.

L'analisi degli indici strutturali ha evidenziato un popolamento mediamente ricco in specie in tutte le stazioni.

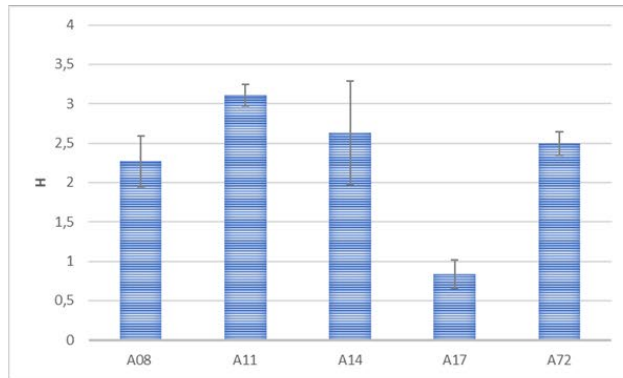
I valori più elevati si riscontrano nella stazione A72, il valore più basso in A08 (Fig. 8). Mettendo in confronto la campagna di febbraio 2023 con marzo 2022 si notano valori simili tranne che nella stazione A08, il cui indice di diversità è diminuito, mentre il confronto con le altre campagne conferma l'aumento percentuale in specie già evidenziato a partire dalla campagna di febbraio 2021 (Fig. 8).

Valori abbastanza elevati dell'indice di equiripartizione di Pielou (J) sono presenti in tutte le stazioni con valori pari o superiori a 0,8, dimostrando un'uniforme distribuzione degli organismi e l'assenza di picchi di abbondanza di specie dominanti (Fig. 9).

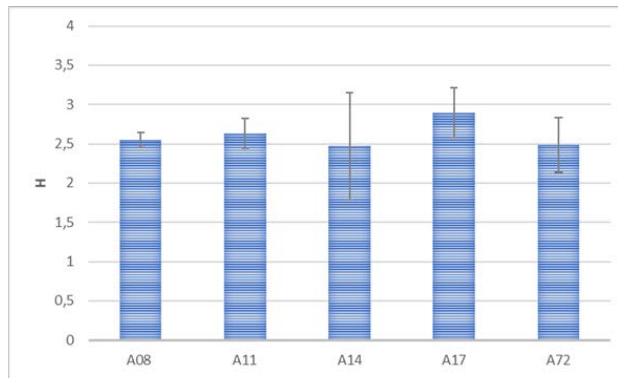
Il confronto dei dati con le campagne precedenti conferma l'aumento costante dei valori di questo indice (Fig. 9)



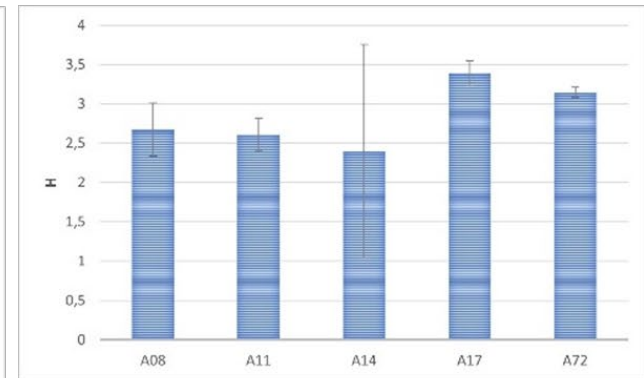
**Maggio 2020**



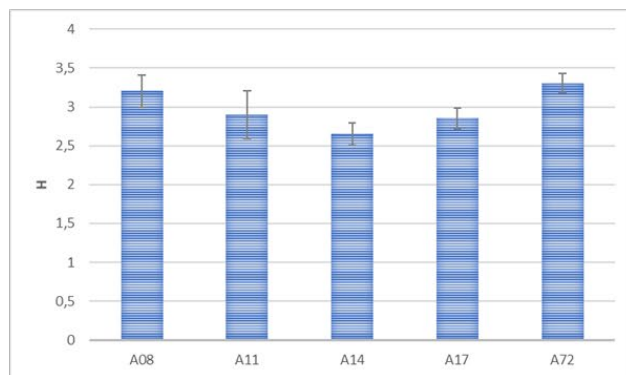
**Dicembre 2020**



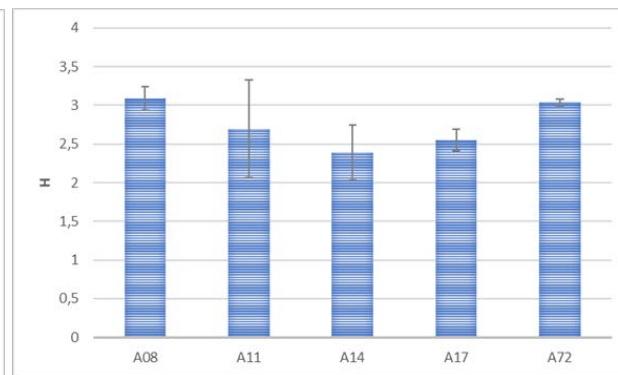
**Febbraio 2021**



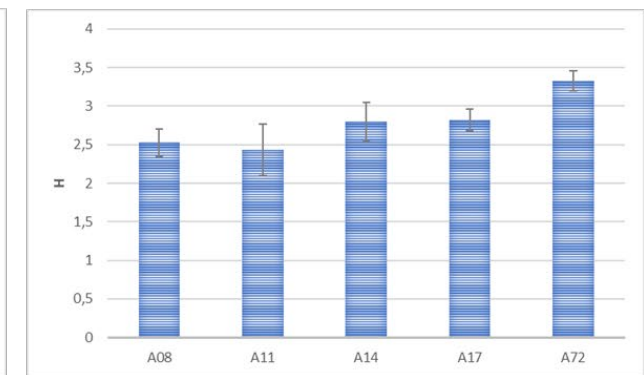
**Settembre 2021**



**Marzo 2022**



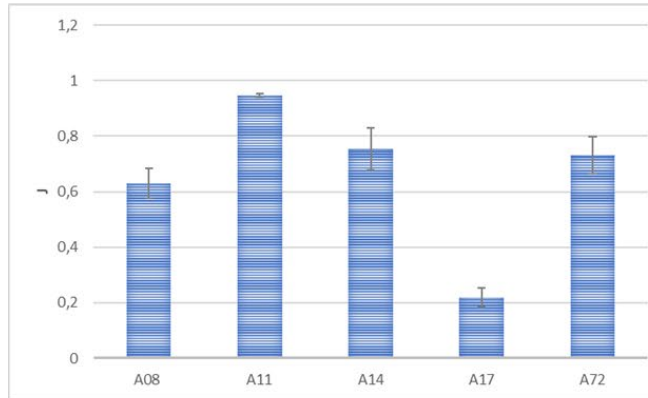
**Febbraio 2023**



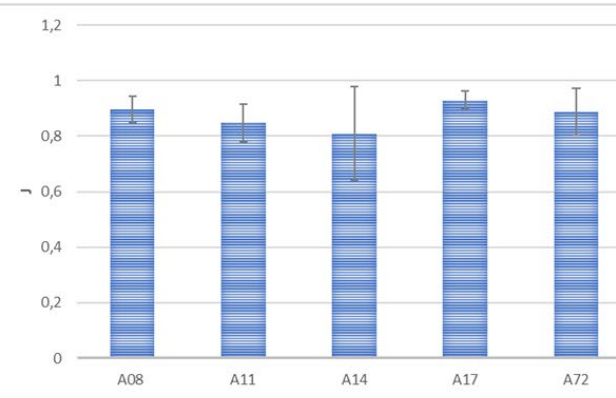
**Fig. 8** Indice di diversità specifica di Shannon Weaver (media +/- deviazione standard) nell'area potenzialmente impattata dai lavori di dragaggio e confronto tra le campagne



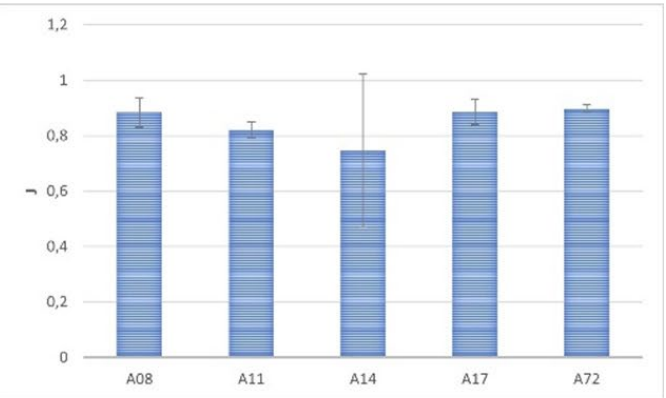
**Maggio 2020**



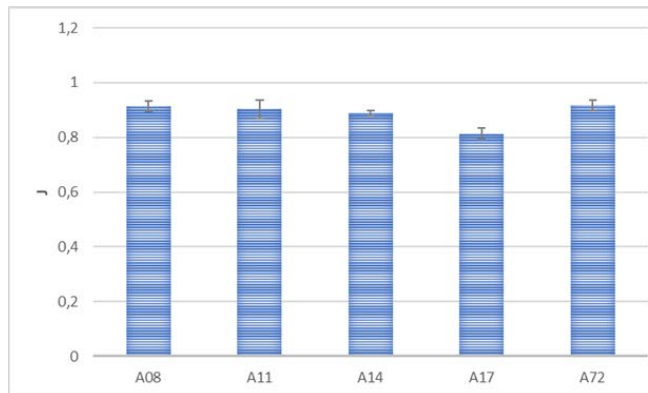
**Dicembre 2020**



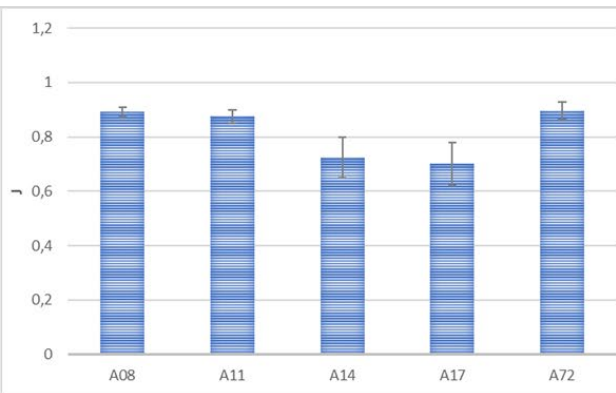
**Febbraio 2021**



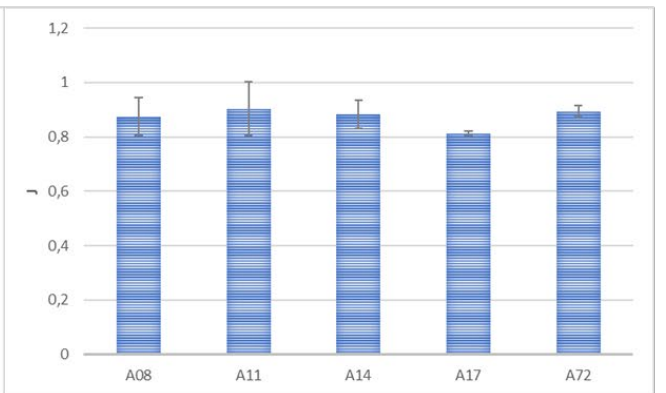
**Settembre 2021**



**Marzo 2022**



**Febbraio 2023**



**Fig. 9** Indice di equità di Pielou (media +/- deviazione standard) nell'area potenzialmente impattata dai lavori di dragaggio e confronto tra le campagne

### 3.3 Aree potenzialmente impattate dalle operazioni d'immersione dei sedimenti

L'analisi tassonomica delle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione è stata fatta identificando due aree, diverse per substrato e molto distanziate fra di loro spazialmente.

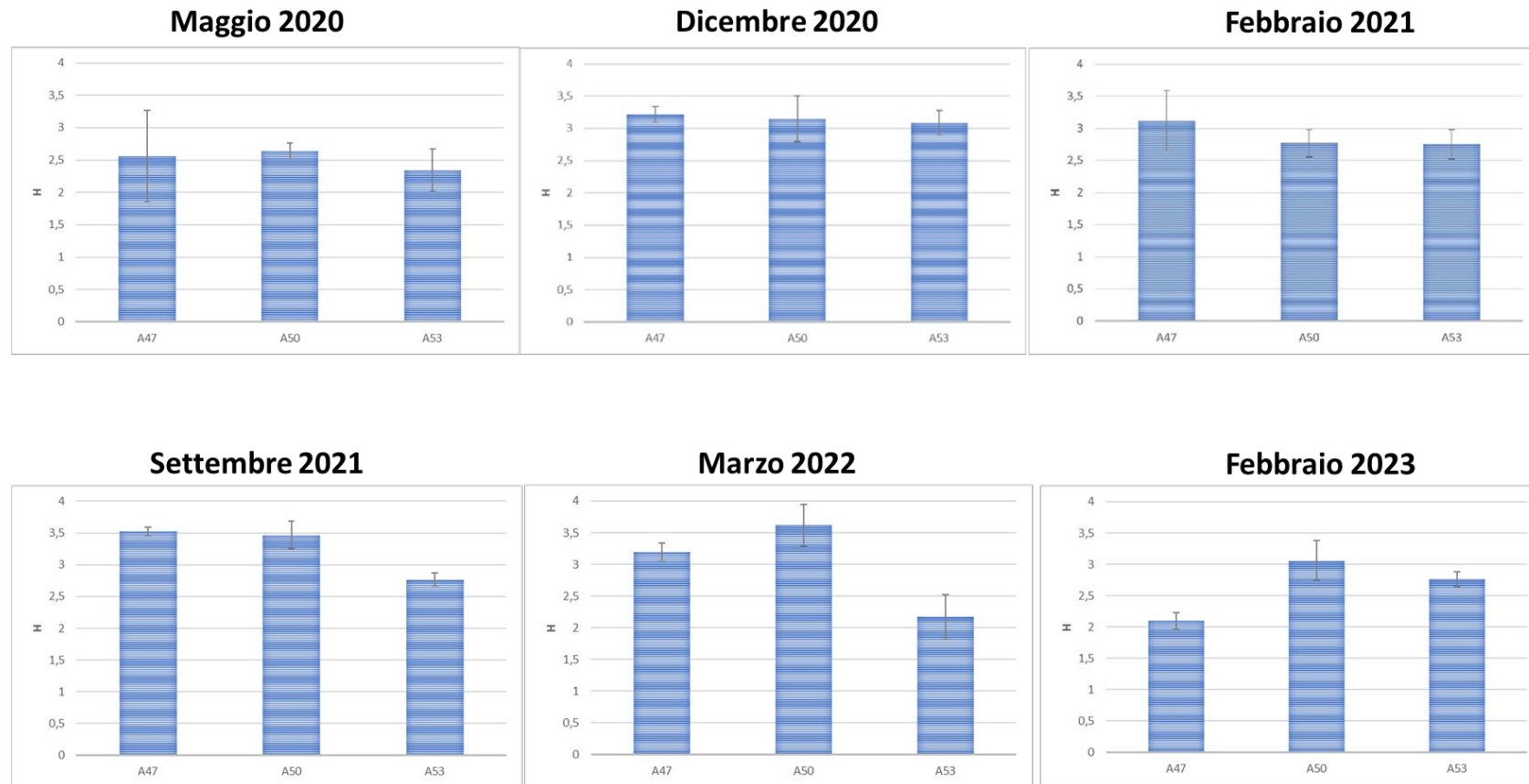
L'area corrispondente la costiera amalfitana (A47, A50, A53) e l'area del litorale della Piana del Sele (A59, A62, A65, A68).

#### Area Costiera Amalfitana

L'analisi tassonomica del popolamento bentonico dell'area della Costiera Amalfitana ha condotto all'individuazione complessiva di 508 individui appartenenti a 95 taxa. Rispetto alla campagna precedente marzo 2022 si osserva una riduzione sia in abbondanza sia in numero di taxa. Questo dipende sia dalla stagionalità, che ha un ruolo importante sui cicli di riproduzione degli organismi bentonici, con picchi di riproduzione in primavera ed autunno e riduzioni in tardo autunno e inverno, sia dagli eventi meteorici locali. Le stazioni di campionamento sono ubicate molto a ridosso della costiera amalfitana risentendo degli eventi meteorici locali che comportano lo sversamento di grossi volumi di sedimento e materia organica dall'entroterra a seguito di precipitazioni.

L'analisi degli indici strutturali ha evidenziato un popolamento abbastanza ricco e diversificato nelle tre stazioni dell'area con valori di diversità specifica (H) fra 2 e 3 per le stazioni A50 e A53, poco al di sopra di 2 per A47. Il confronto con le precedenti campagne conferma che il popolamento presenta una buona variabilità. Il popolamento dell'area, quindi, è ben diversificato con un solo picco in abbondanza costituito dal mollusco bivalve *Lucinella divaricata*, comune detritivoro che vive su fondi sabbiosi del piano infralitorale, che rappresenta il 18% degli individui totali (Fig. 10).

L'indice di equiripartizione di Pielou (J) mostra valori abbastanza alti, superiori a 0,8 per tutte le stazioni indicando una buona distribuzione delle specie all'interno delle stazioni. Il confronto con le campagne precedenti non mostra significativi cambiamenti (Fig. 11).



**Fig. 10** Indice di diversità specifica di Shannon Weaver (media +/- deviazione standard) nell'area potenzialmente impattata dall'immersione dei sedimenti e confronto tra le campagne (Area Costiera Amalfitana)



**Fig. 11** Indice di equità di Pielou (media +/- deviazione standard) nell'area potenzialmente impattata dall'immersione dei sedimenti e confronto tra le campagne (Area Costiera Amalfitana)

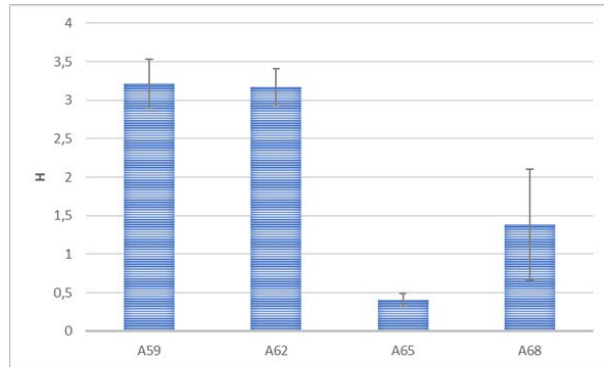
## Area Piana del Sele

L'analisi tassonomica del popolamento bentonico dell'area del litorale della Piana del Sele ha condotto all'individuazione complessiva di 2272 individui appartenenti a 129 taxa. I valori di abbondanza e di numero di taxa sono simili a quelli delle precedenti campagne.

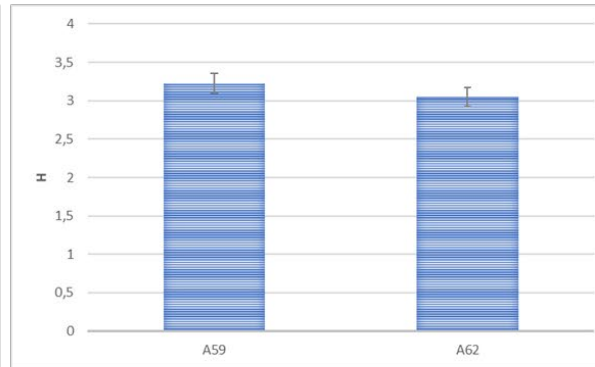
L'analisi degli indici strutturali ha evidenziato un popolamento abbastanza ricco e diversificato. L'indice di diversità di Shannon Weaver ( $H'$ ) mostra valori che si assestano intorno a 3 in tutte le stazioni tranne che nella A68 che supera di poco 2, questo è dovuto in particolare all'abbondanza di un polichete spionide *Prionospio ehlersi* che rappresenta il 23% di individui totali del popolamento e che nella stazione A68 raggiunge i valori di abbondanza maggiori, quasi la metà degli individui di questa specie sono presenti in questa stazione. Confrontando i dati con le campagne precedenti del corso d'opera si nota una sostanziale similitudine con i valori di diversità specifica. (Fig. 12). Da notare anche la presenza del mollusco bivalve *Pharus legumen* con il 6% degli individui. Entrambe le specie prediligono substrati di sabbia fangosa e periodicamente possono andare incontro a fasi intense di reclutamento.

L'indice di equiripartizione di Pielou ( $J$ ) mostra valori abbastanza elevati in tutte le stazioni, solo nella stazione A68 ha un valore di poco superiore a 0,6 determinato proprio dal picco di abbondanza delle due specie suddette e di poche altre specie (Fig. 13).

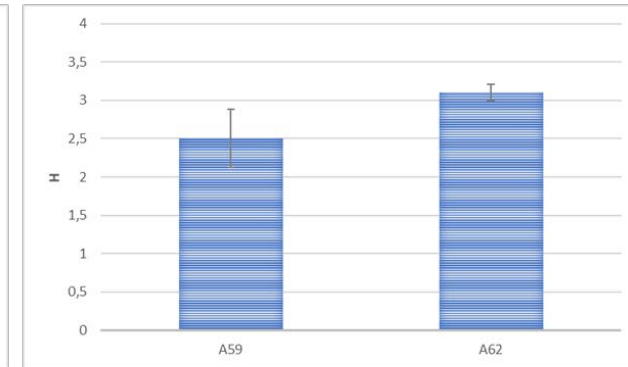
**Maggio 2020**



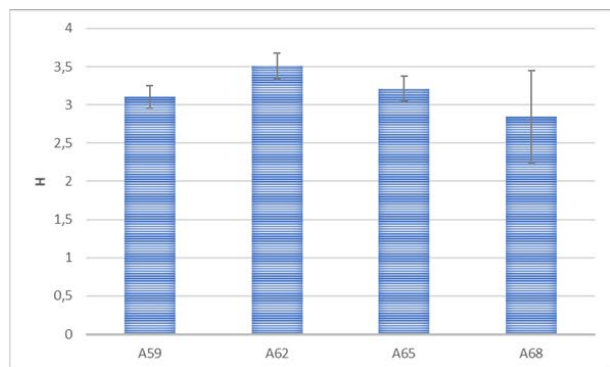
**Dicembre 2020**



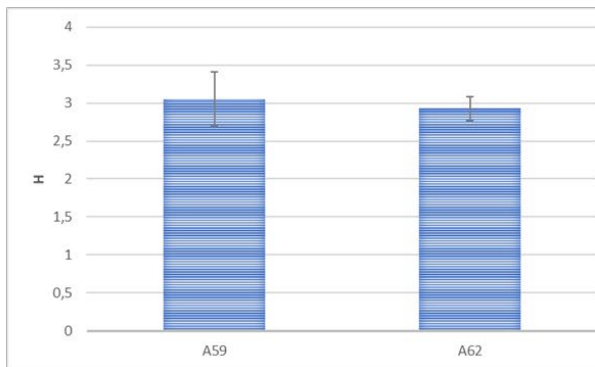
**Febbraio 2021**



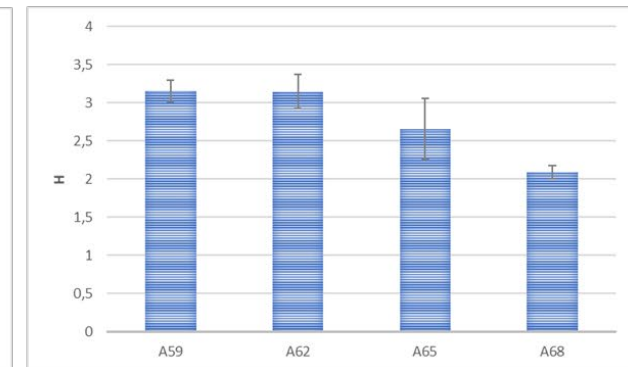
**Settembre 2021**



**Marzo 2022**



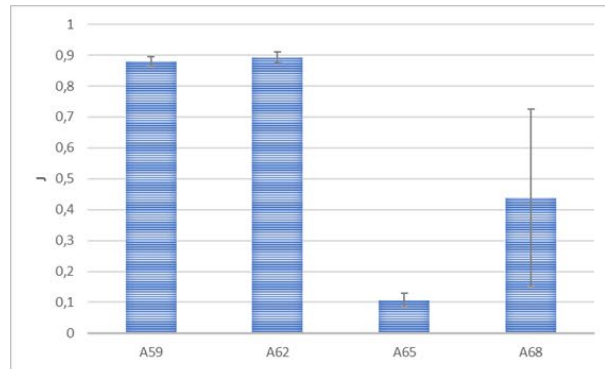
**Febbraio 2023**



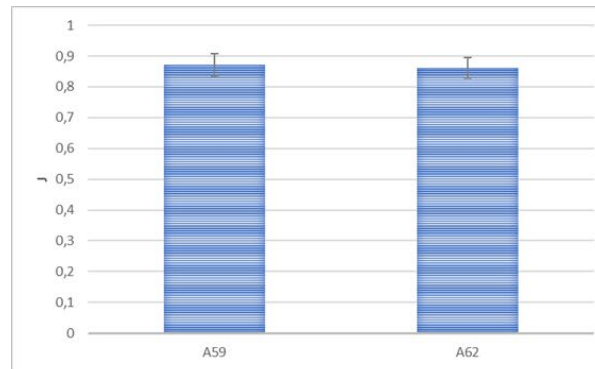
**Fig. 12** Indice di diversità specifica di Shannon Weaver (media +/- deviazione standard) nell'area potenzialmente impattata dall'immersione dei sedimenti e confronto tra le campagne (Area Piana del Sele)



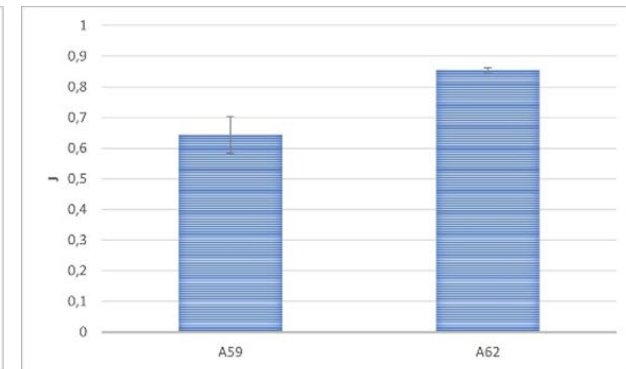
**Maggio 2020**



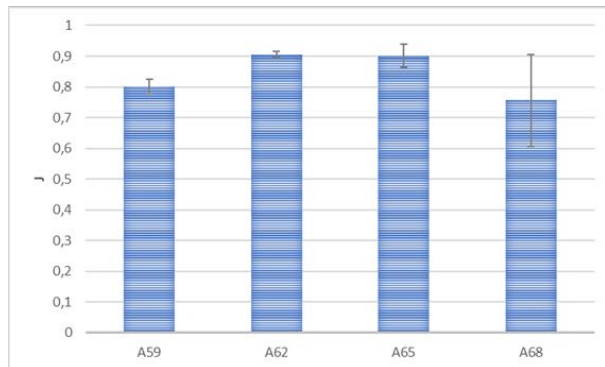
**Dicembre 2020**



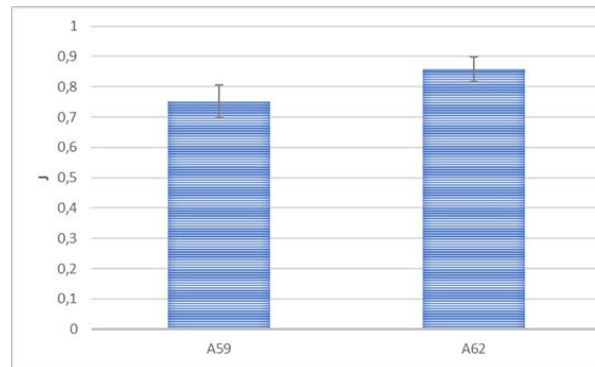
**Febbraio 2021**



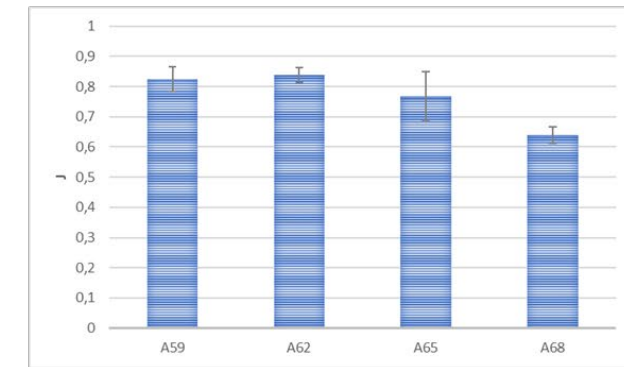
**Settembre 2021**



**Marzo 2022**



**Febbraio 2023**



**Fig. 13** Indice di equità di Pielou (media +/- deviazione standard) nell'area potenzialmente impattata dall'immersione dei sedimenti e confronto tra le campagne (Area Piana del Sele)

## 4 Analisi di qualità ambientale

L'analisi di qualità ambientale è stata valutata mediante l'applicazione dell'indice AMBI che esprime il grado di disturbo ecologico attraverso il calcolo della proporzione tra le specie sensibili, tolleranti e opportuniste presenti nella zona di studio. Tale indice si basa sulla classificazione di specie o gruppi di specie in 5 gruppi ecologici rappresentanti livelli di sensibilità o tolleranza ai diversi tipi di inquinamento e sulla distribuzione degli stessi, in accordo con la loro sensibilità allo stress d'inquinamento e fornisce una "Disturbance Classification" di otto livelli (da 0 a 7) con valori crescenti di disturbo e un "Ecological Quality Status (ECoQ)" di cinque livelli.

### 4.1 Area d'immersione dei sedimenti dragati

Il calcolo dell'indice AMBI, la distribuzione delle specie all'interno di ciascun gruppo ecologico ed il confronto con le precedenti campagne, sono stati riportati nei grafici di figura 14.

I gruppi ecologici maggiormente rappresentati sono il gruppo GI e GIII, seguito dal gruppo GII e dal GIV nella stazione A23 la percentuale di specie afferenti al gruppo GI è addirittura vicina al 70%. Non ci sono specie appartenenti al gruppo GV.

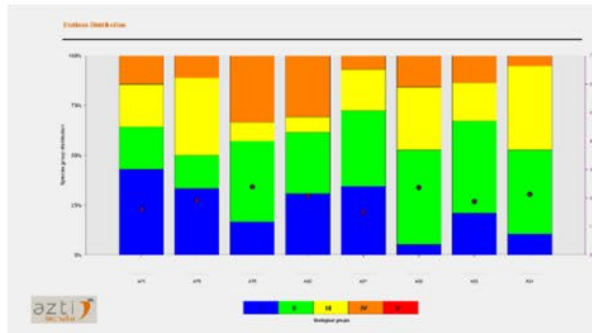
In tutte le stazioni, tranne che nelle stazioni A22 e A23, l'indice ha evidenziato valori di AMBI compresi tra 1,2 e 3 indicanti un ambiente leggermente disturbato ed un ECoQ buono, mentre le stazioni A22 e A23 presentano valori inferiori ad uno con ECoQ Ottimo (Fig. 15).

Il confronto con le precedenti campagne del Corso d'Opera mostra una sostanziale similarità con percentuali di specie del gruppo GI e GII abbastanza elevate e l'assenza di specie del gruppo GV (Fig. 15).

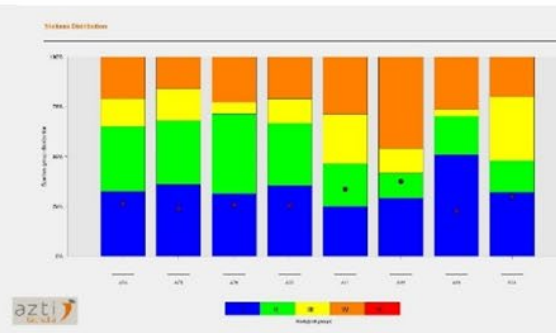
In figura 16 vengono riportati i valori dell'indice M-AMBI nelle stazioni considerate e il Rapporto di Qualità Ecologica (RQE). Le stazioni A74, A75, A76, A20 e A23 presentano un RQE *High* (Blu), mentre le stazioni A21, A22 e A24 presentano un RQE *Good* (verde). Il confronto dei valori del M-AMBI attuali con quelli delle campagne precedenti, mostra un leggero peggioramento per la stazione A24 che torna ad avere un RQE *Good* (verde) ed un miglioramento per la stazione A20 che presenta un RQE *High* (Blu) (Fig. 16).

Un dato da considerare è che l'area è sottoposta a disturbo da pesca a strascico e non si può escludere un suo effetto sui risultati che potrebbe giustificare le variazioni periodiche nei valori di AMBI ed M-AMBI riscontrate nel corso delle campagne.

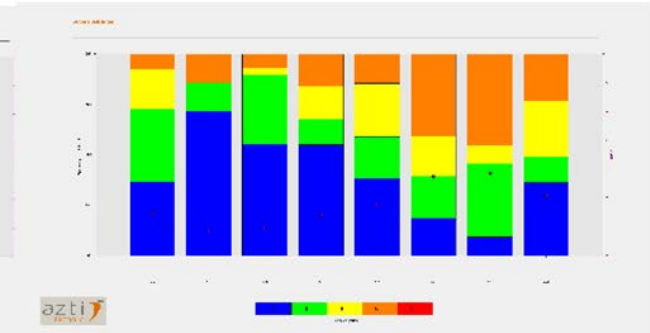
Maggio 2020



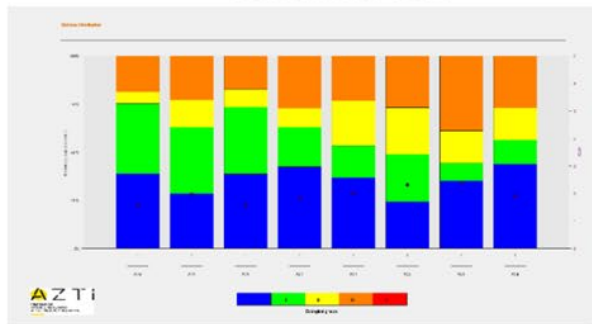
Dicembre 2020



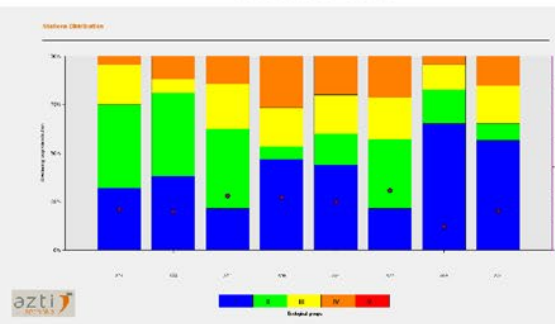
Febbraio 2021



Settembre 2021



Marzo 2022



Febbraio 2023

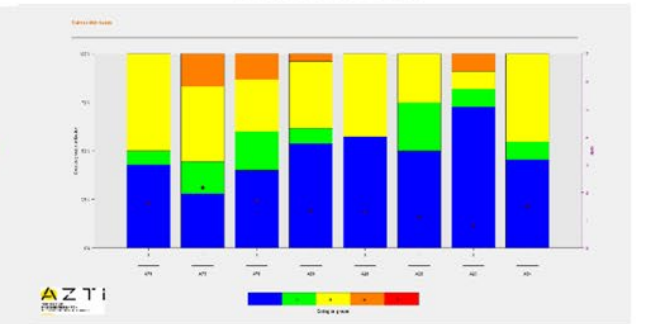
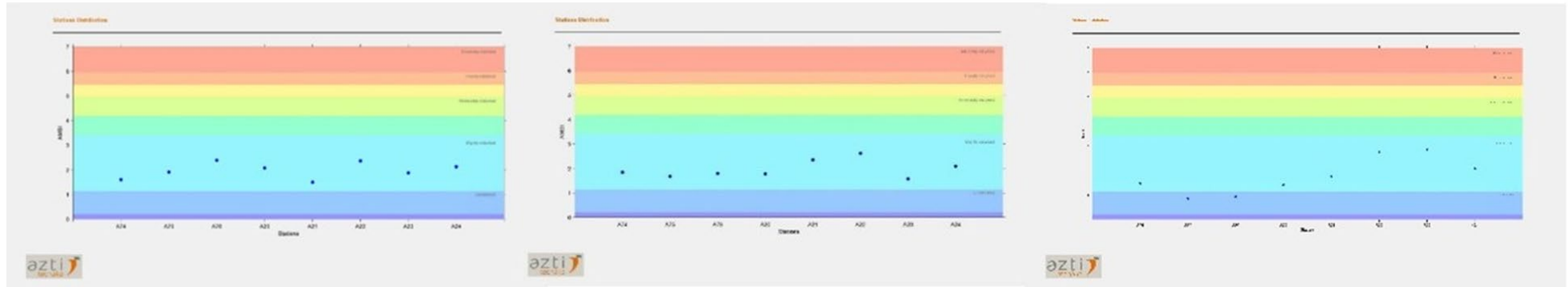


Figura 14 Confronto dell'Indice AMBI e distribuzione delle specie nei 5 gruppi ecologici (G) all'interno di ciascuna stazione dell'area d'immersione.

**Maggio 2020**

**Dicembre 2020**

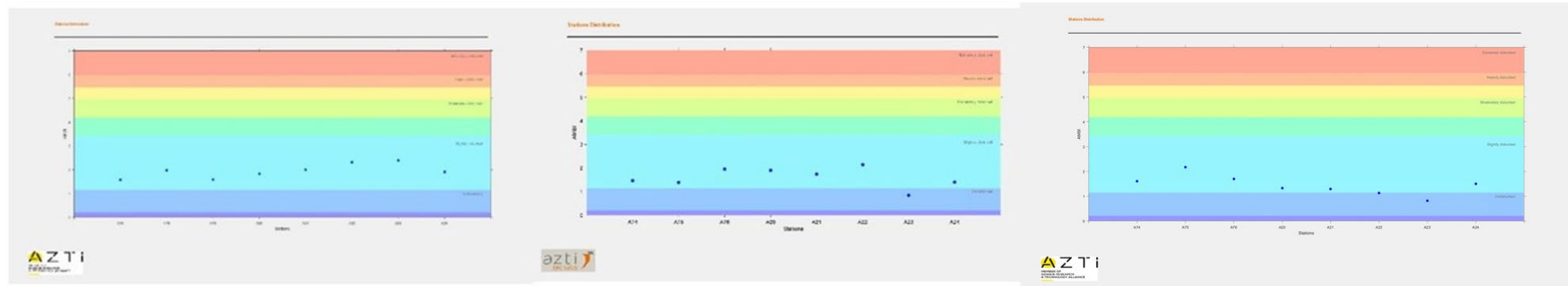
**Febbraio 2021**



**Settembre 2021**

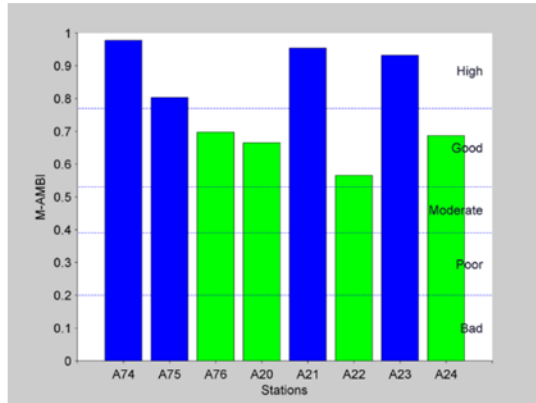
**Marzo 2022**

**Febbraio 2023**

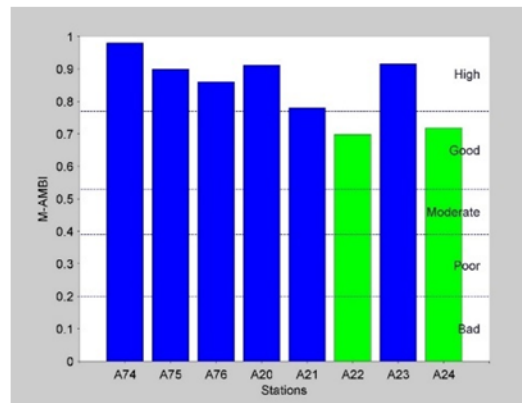


**Figura 15** Indice AMBI, valori di ECoQ in tutte le stazioni nell'area di immersione e confronto fra le campagne

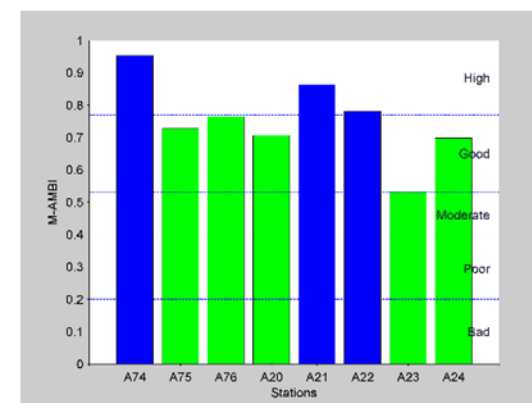
**Maggio 2020**



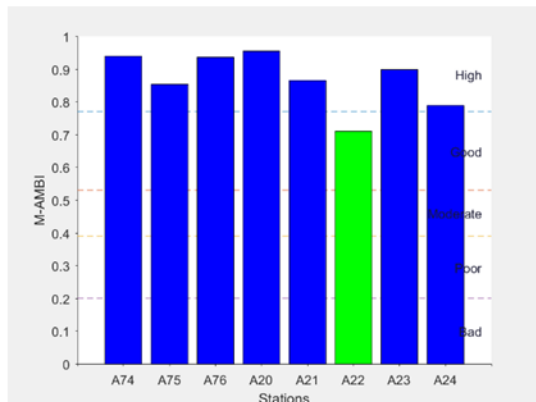
**Dicembre 2020**



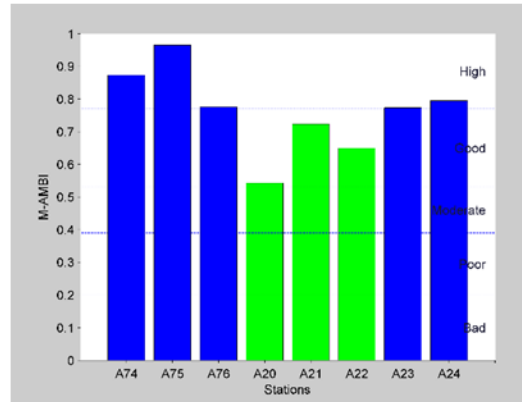
**Febbraio 2021**



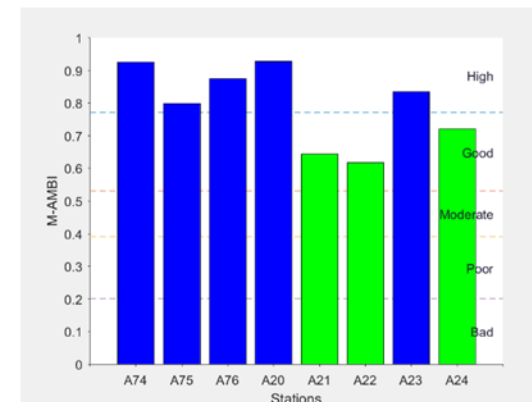
**Settembre 2021**



**Marzo 2022**



**Febbraio 2023**



**Figura 16** Indice M-AMBI nelle stazioni campionate, Rapporto di Qualità Ecologica (RQE) e confronto fra le campagne

Come nelle campagne precedenti l'elaborazione dei dati ha fornito un'analisi sulla composizione e sulla struttura della comunità. La composizione bionomica nelle precedenti campagne aveva messo in evidenza come il popolamento fosse estremamente influenzato dalla variazione di classazione dei sedimenti, dovuta all'immissione dei sedimenti dragati che ha modificato la tipologia di substrato da limoso a ghiaioso/sabbioso.

Nell'ultima campagna questa evidenza diminuisce notevolmente: infatti, si nota una considerevole riduzione delle specie detritivore ed indicatrici di instabilità. Questo dato confermerebbe che, a distanza di tempo dalla fine dell'immissione di sedimenti dragati, l'ambiente stia gradualmente tornando ai valori iniziali di composizione bionomica. Questo sarebbe in accordo con la dinamica delle popolazioni e gli impatti determinati su di esse. Infatti, il disturbo fisico dell'ambiente sedimentario marino determina un forte grado di dominanza di poche specie sulle altre, in particolare favorisce un incremento delle specie opportuniste, in seguito si assiste ad una riduzione delle loro densità con un progressivo aumento della diversità specifica. Nel caso del sito d'immissione dei sedimenti, il forte disturbo fisico (immissione sedimenti dragati) ha determinato un aumento di specie opportuniste come gli spionidi della specie *Prionospio ehlersi*, specie opportunistica e detritivora, e di conseguenza di specie carnivore che hanno trovato una grande disponibilità alimentare. La fine del disturbo comporta una riduzione delle specie opportuniste, quello che abbiamo registrato nell'ultima campagna di febbraio 2023 (*Prionospio ehlersi* con il 6% del popolamento rispetto a valori precedenti che sono arrivati a quasi il 20%) a cui dovrebbe seguire successivamente anche una diminuzione delle specie carnivore. Questa ipotesi è supportata anche dall'espansione di specie limivore con abitudini di vita vasicole, espansione registrata a partire dalla campagna post operam 2021, proseguita con la campagna post operam di marzo 2022 e che adesso raggiungono il 26% del popolamento. Le altre specie maggiormente presenti nella campagna post operam di febbraio 2023 sono *Paradiopatra calliopae*, specie carnivora a larga ripartizione ecologica, con il 27% e *Levinsenia gracilis*, polichete paraonide a larga ripartizione ecologica con il 10% degli individui del popolamento.

Infine, da notare che nell'ultima campagna, per la prima volta, da quando è avvenuto il disturbo dell'immissione dei sedimenti, le specie opportuniste hanno valori molto bassi o trascurabili di presenza e tornano ad essere maggiormente presenti specie vasicole e limivore tipiche dei fondali limosi.

Questo confermerebbe che il disturbo fisico dell'ambiente sedimentario, sia in regressione e gradualmente ritornando a valori precedenti l'immissione dei sedimenti dragati.

#### 4.2 Area potenzialmente impattate dalle operazioni di dragaggio

Il calcolo dell'indice AMBI e la distribuzione delle specie all'interno di ciascun gruppo ecologico sono riportati nel grafico di figura 14. I gruppi ecologici presenti in tutte le stazioni sono il gruppo GI, GII, GIII, GIV, con i primi due che risultano essere i due gruppi più rappresentati mentre GIII e GIV sono caratterizzati da valori molto bassi, per quanto riguarda GV è presente nelle stazioni A08, A11 e A72 ma la sua presenza è trascurabile (Fig. 14).

L'indice AMBI presenta invece valori fra 1 e 2 in tutte le stazioni, (Fig. 15) indicanti un ambiente leggermente disturbato con un ECoQ abbastanza buono.

Il confronto dell'indice AMBI e la distribuzione delle specie all'interno di ciascun gruppo ecologico nell'ultima campagna con le precedenti, mostra una sostanziale similarità con valori in miglioramento per la stazione A11 con un aumento consistente delle specie appartenenti al gruppo GI.

In figura 19 sono riportati i valori dell'indice M-AMBI nelle stazioni considerate e il Rapporto di Qualità Ecologica (RQE). Quasi tutte le stazioni presentano un RQE High (blu), le stazioni A08 ed A11 presentano un valore di RQE Good (verde) ma prossimi al blu.

Il confronto dei valori dell'AMBI e del M-AMBI attuali con quelli delle campagne precedenti mostra valori simili con un leggero peggioramento nelle stazioni A08 e A11 RQE Good (verde) ed un valore di RQE High (blu) nelle stazioni A14, A17 e A72 (Fig. 19).

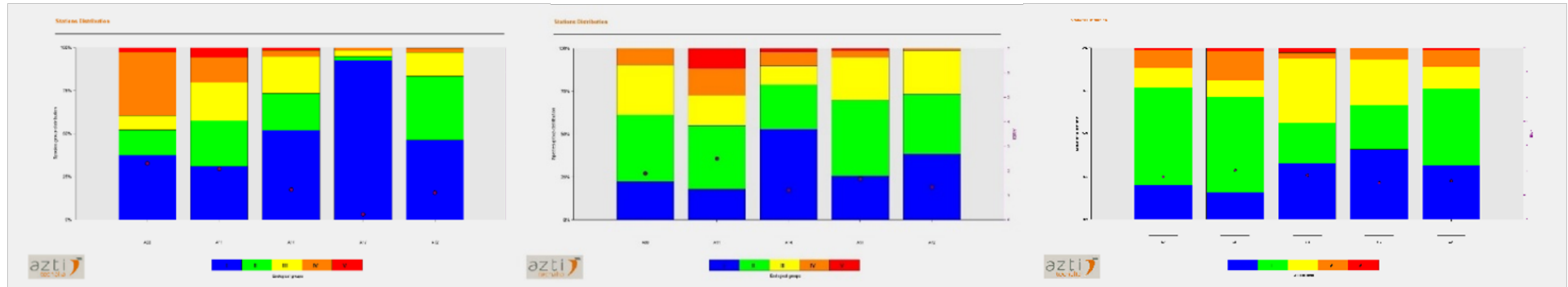
Ricordiamo che le ultime due campagne del Corso d'Opera sono state effettuate nel periodo invernale, dicembre 2020 e febbraio 2021, periodi di naturale riduzione delle specie dato che la gran parte degli organismi in questione risente della stagionalità. La campagna Post operam a sei mesi dalla fine dei lavori, settembre 2021, invece è stata effettuata in periodo estivo, quando i valori strutturali della comunità tendono naturalmente ad aumentare grazie alle condizioni climatiche più favorevoli. Le ultime due campagne invece sono state realizzate in periodo invernale in un periodo di riduzione naturale di abbondanza delle specie ma i valori sono risultati essere ugualmente ottimi.



Maggio 2020

Dicembre 2020

Febbraio 2021



Settembre 2021

Marzo 2022

Febbraio 2023

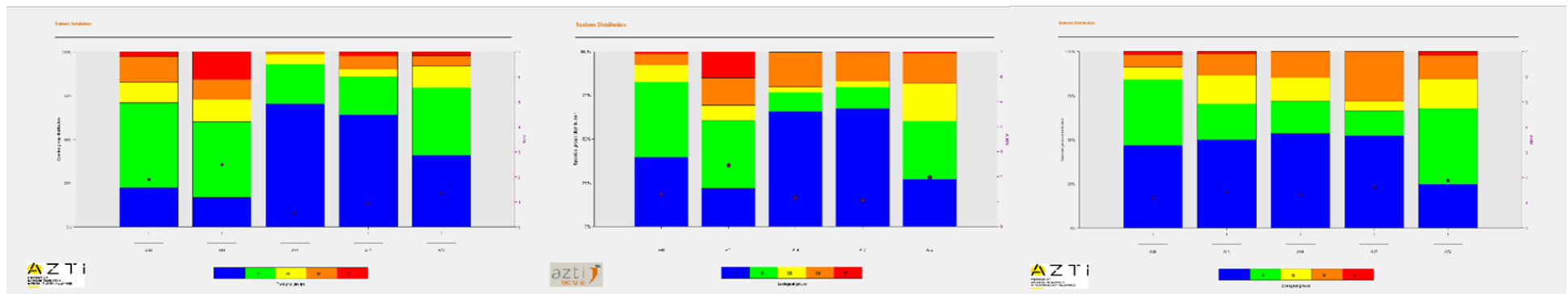
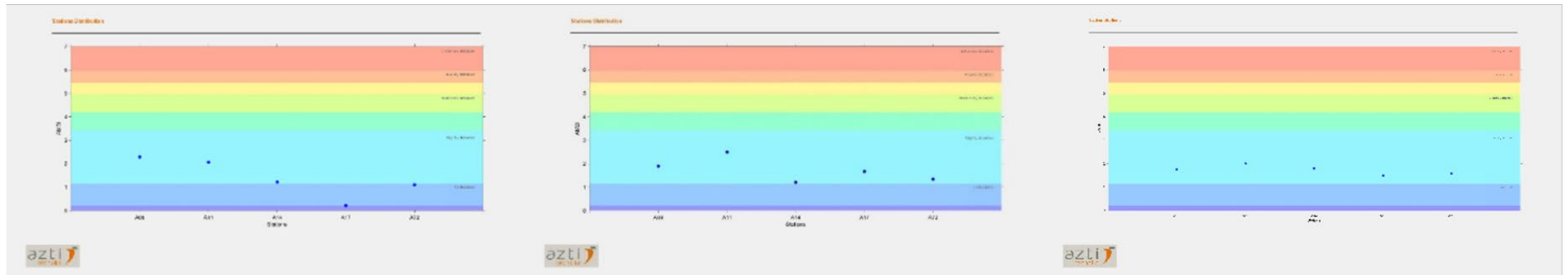


Fig. 17 Confronto dell'Indice AMBI e distribuzione delle specie nei 5 gruppi ecologici (G) all'interno di ciascuna stazione dell'area potenzialmente impattata dalle operazioni di dragaggio e confronto fra le campagne

**Maggio 2020**

**Dicembre 2020**

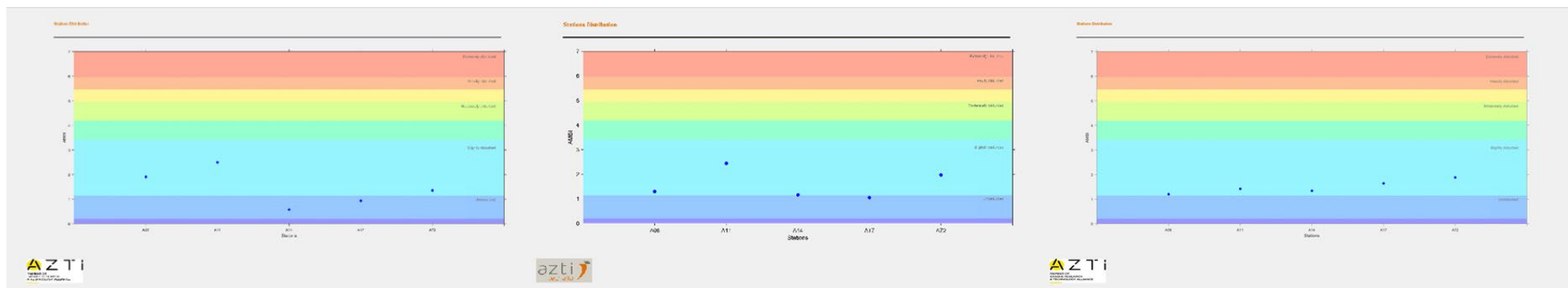
**Febbraio 2021**



**Settembre 2021**

**Marzo 2022**

**Febbraio 2023**



**Figura 18** Indice AMBI, valori di ECoQ in tutte le stazioni nell'area potenzialmente impattate dalle operazioni di dragaggio e confronto fra le campagne

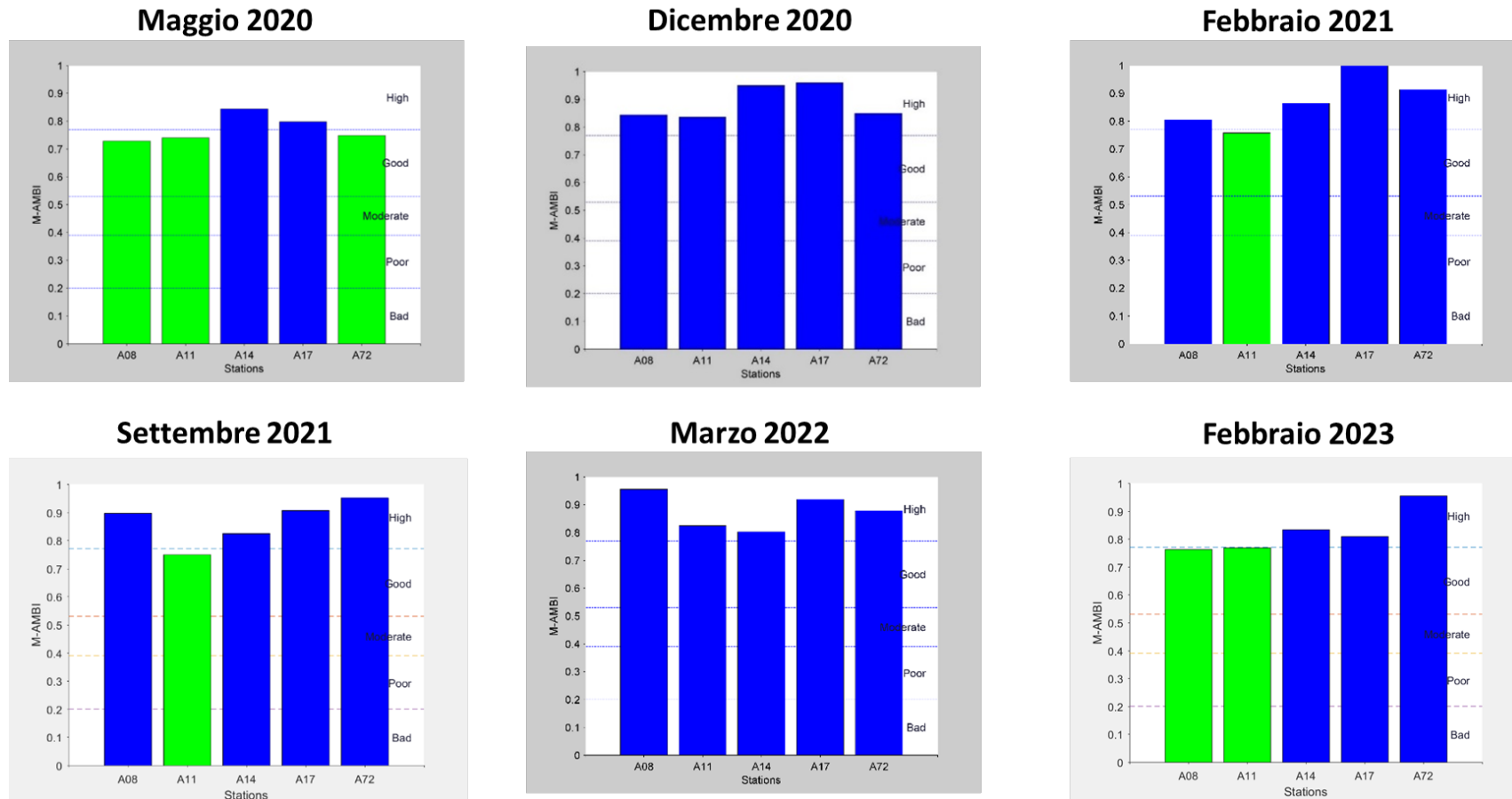


Figura 19 Indice M-AMBI nelle stazioni campionate, Rapporto di Qualità Ecologica (RQE) e confronto fra le campagne

### 4.3 Aree potenzialmente impattate dalle operazioni d'immersione dei sedimenti dragati

L'analisi ambientale delle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione è stata fatta identificando due aree, diverse per substrato e molto distanziate fra di loro spazialmente.

L'area corrispondente alla Costiera Amalfitana (A47, A50, A53) e l'area del litorale della Piana del Sele (A59, A62, A65, A68).

#### Area Costiera Amalfitana

Il calcolo dell'indice AMBI, la distribuzione delle specie all'interno di ciascun gruppo ecologico ed il confronto con le precedenti campagne, sono stati riportati nei seguenti grafici. I gruppi ecologici GI, GII e GIII hanno i più alti valori percentuali, in tutte e tre le stazioni la percentuale di distribuzione delle specie afferenti al gruppo GI è molto elevata raggiungendo e superando il 50%. I rimanenti gruppi si distribuiscono in maniera inferiore in ciascuna stazione (Fig. 20). Il confronto con le precedenti campagne mostra una sostanziale similarità con un incremento delle specie afferenti al gruppo GI per la stazione A47 e la scomparsa delle specie afferenti al gruppo GV (Fig. 20).

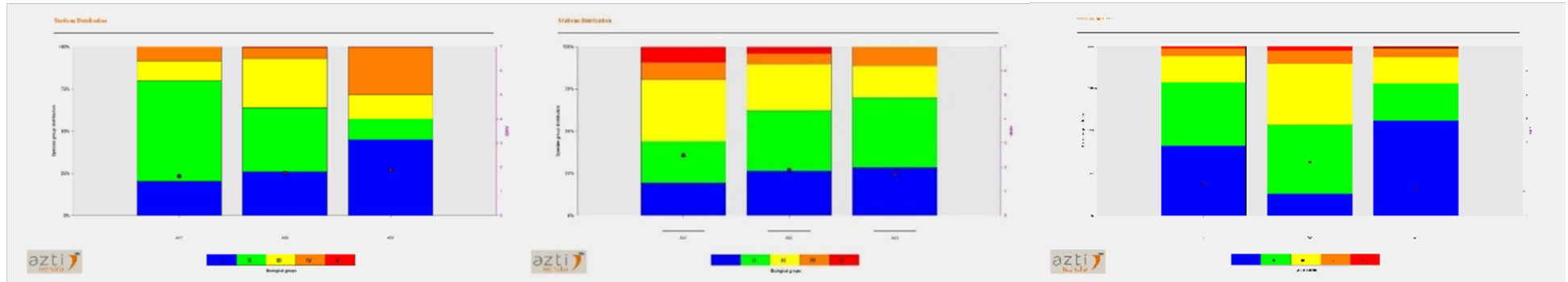
L'indice AMBI, riguardo alla distribuzione delle specie, presenta valori leggermente superiori ad 1 nelle stazioni A50 e A53, indicanti un ambiente leggermente disturbato, mentre presenta valori che indicano un ambiente non disturbato per le stazioni A47 e A53 con un ECoQ ottimale (Fig. 21).

In figura 22 sono riportati i valori dell'indice M-AMBI nelle stazioni considerate e il Rapporto di Qualità Ecologica (RQE). Le stazioni presentano un RQE High (blu) nelle stazioni A50 e A53, ed un RQE Good (verde) per la stazione A47. Il confronto dei valori dell'AMBI e del M-AMBI attuali con quelli delle campagne precedenti mostra una grande similarità avendo valori di RQE sempre Good o High (Fig. 22).

Maggio 2020

Dicembre 2020

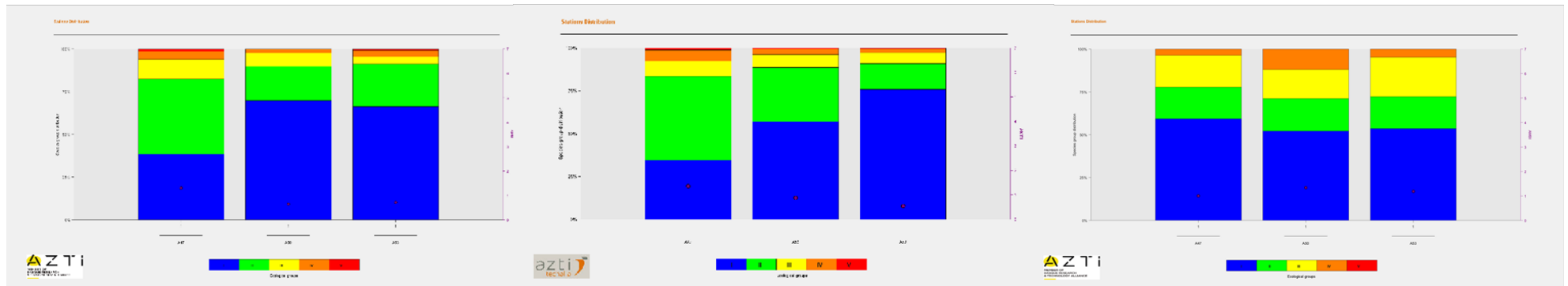
Febbraio 2021



Settembre 2021

Marzo 2022

Febbraio 2023

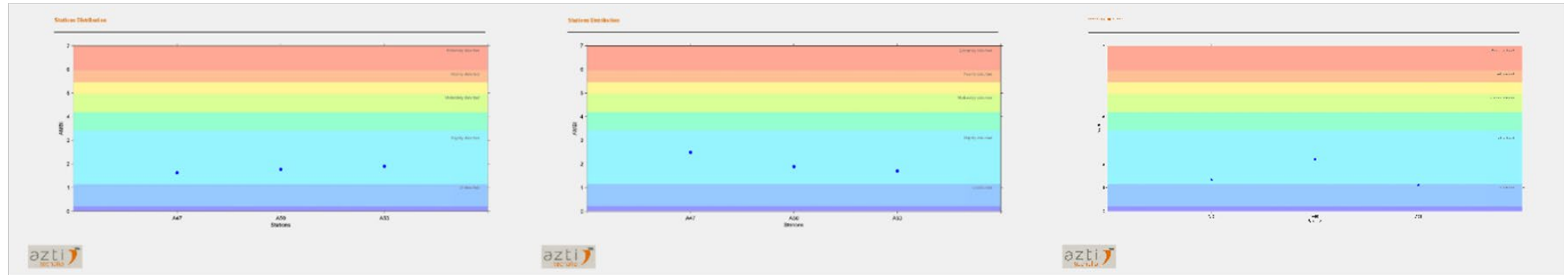


**Fig. 20** Confronto dell'Indice AMBI e distribuzione delle specie nei 5 gruppi ecologici (G) all'interno di ciascuna stazione dell'area potenzialmente impattata dalle operazioni d'immersione dei sedimenti e confronto fra le campagne (Area Costiera Amalfitana)

Maggio 2020

Dicembre 2020

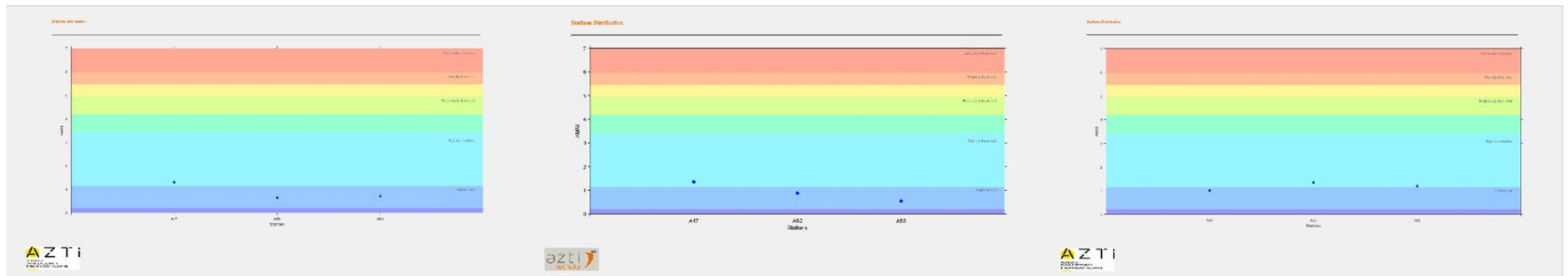
Febbraio 2021



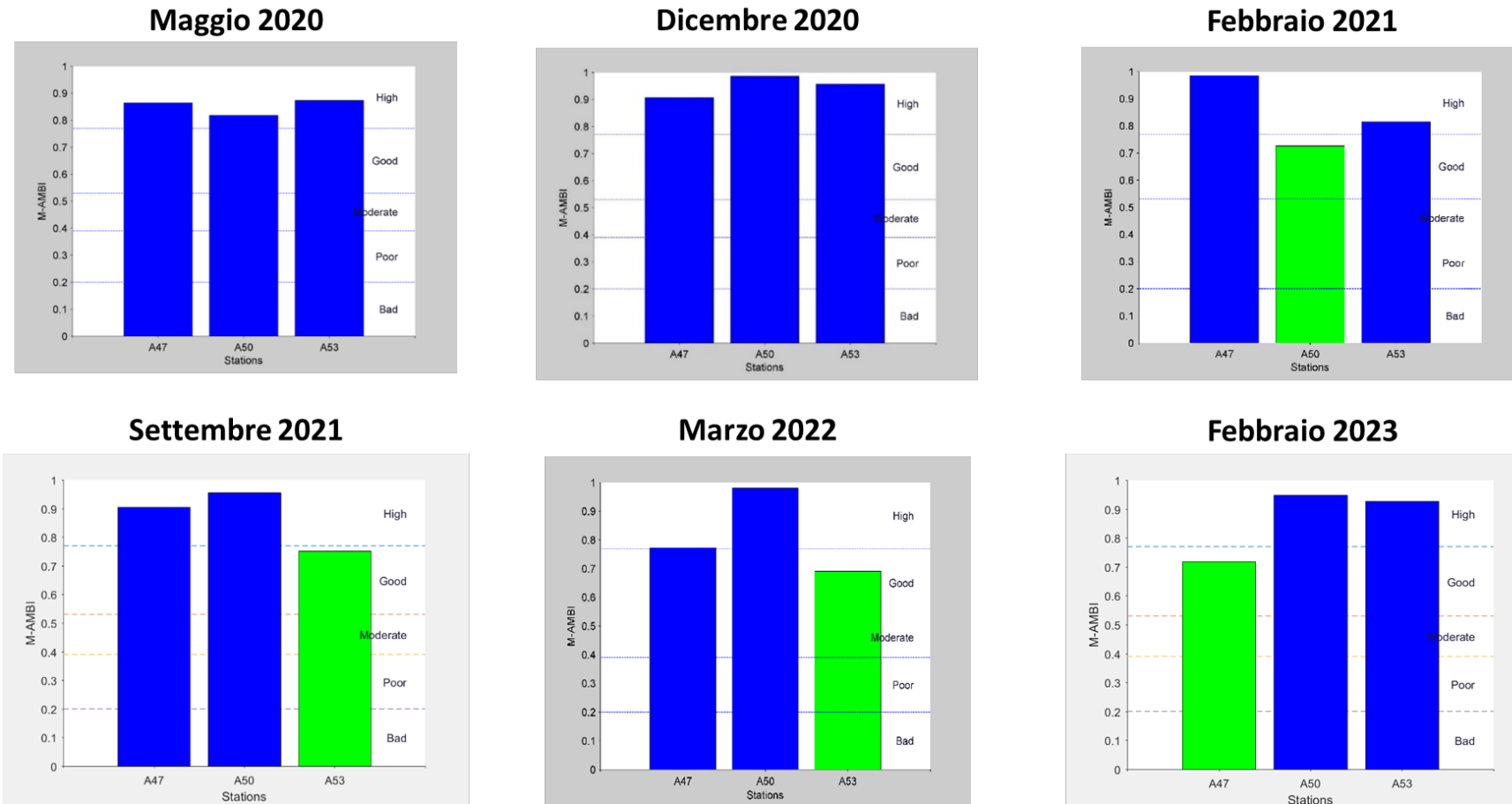
Settembre 2021

Marzo 2022

Febbraio 2023



**Figura 21** Indice AMBI, valori di ECoQ in tutte le stazioni nell'area potenzialmente impattate dalle operazioni d'immersione dei sedimenti e confronto fra le campagne (Area Costiera Amalfitana)



**Figura 22** Indice M-AMBI Rapporto di Qualità Ecologica (RQE) nelle stazioni dell'area potenzialmente impattata dalle operazioni d'immersione dei sedimenti e confronto fra le campagne (Area Costiera Amalfitana)



#### Area Piana del Sele

Nell'area potenzialmente impattata dalle operazioni di dragaggio (litorale Piana del Sele) il calcolo dell'indice AMBI, la distribuzione delle specie all'interno di ciascun gruppo ecologico ed il confronto con le precedenti campagne Corso d'Opera, sono stati riportati nei seguenti grafici.

Sono presenti tutti i gruppi ecologici anche se il GV in maniera trascurabile, da notare che il GIV è presente con una percentuale molto elevata solo nella stazione A68 a causa di una elevata presenza di una specie afferente a questa categoria di qualità ambientale che è *Prionospio ehlersi*.

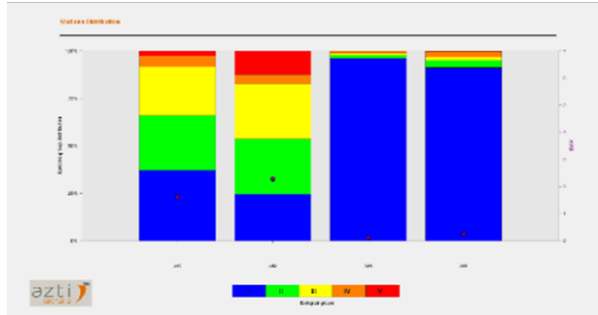
I gruppi ecologici GI, GII hanno comunque valori percentuali abbastanza elevati (Fig. 23)

L'indice AMBI presenta valori compresi fra 1 e 3 in tutte le stazioni, indicanti un ambiente leggermente disturbato con un ECoQ buono (Fig. 24). Il confronto con le precedenti campagne del Corso d'Opera mostra una sostanziale similarità nelle stazioni A59 e A62 mentre nelle stazioni A65 e A68 si nota un peggioramento della qualità ecologica, da tenere conto però che gli unici altri due campionamenti effettuati nelle due stazioni sono avvenuti in periodo primaverile ed estivo, quindi in piena fase di ripresa dopo il naturale decadimento invernale (Figura 24).

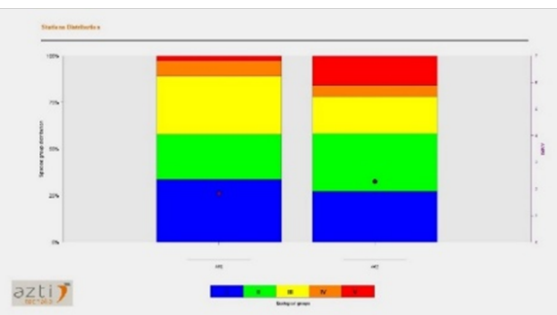
In figura 25 sono riportati i valori dell'indice M-AMBI nelle stazioni considerate, il Rapporto di Qualità Ecologica (RQE) e il confronto con le precedenti campagne. Tutte le stazioni considerate hanno un RQE High (blu) tranne la stazione A68 che ha un RQE Good (Verde): da notare che i valori delle stazioni A59 ed A62 sono molto alti, prossimi al massimo.

Anche il confronto dei valori del M-AMBI attuali con quelli delle campagne precedenti del Corso d'Opera mostra una sostanziale similarità fra tutte le campagne, con il rapporto di Qualità ecologica (RQE) che si assesta per tutte le stazioni su valori elevati con un RQE *High* (blu): unica differenza è per la stazione A68 che mostra un RQE in leggera diminuzione che, come detto in precedenza, è riconducibile al differente periodo di campionamento e del conseguente effetto del "fall out" invernale (Fig. 25).

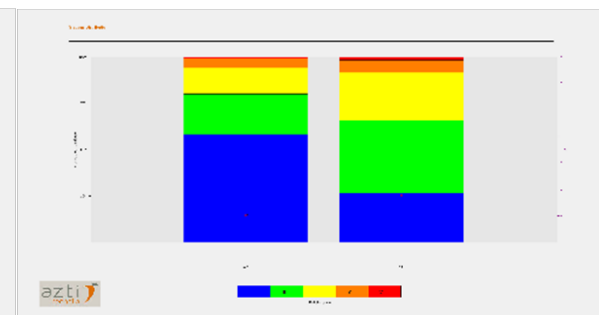
Maggio 2020



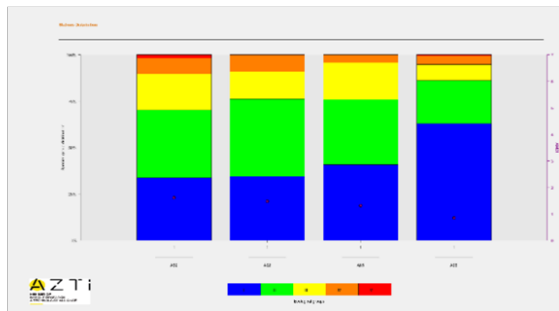
Dicembre 2020



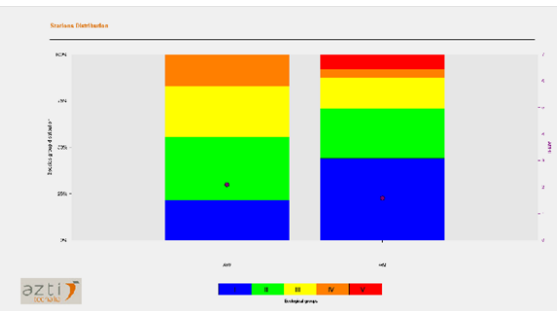
Febbraio 2021



Settembre 2021



Marzo 2022



Febbraio 2023

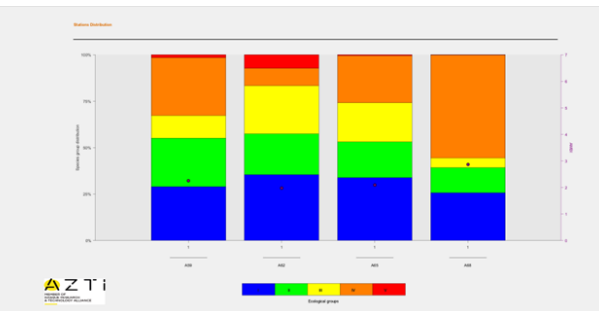
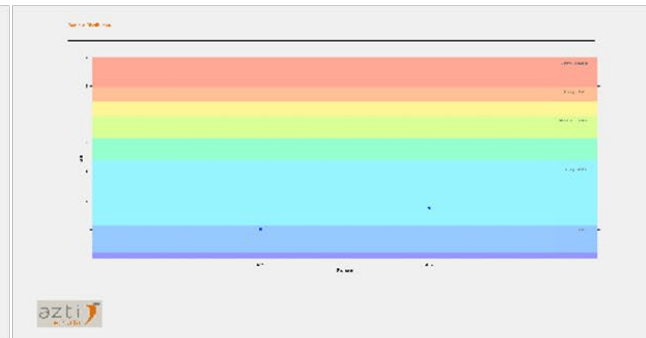
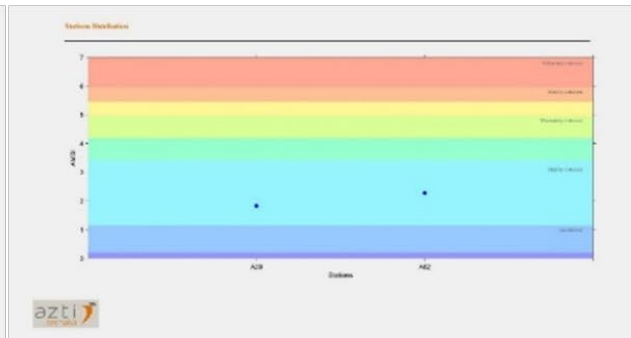
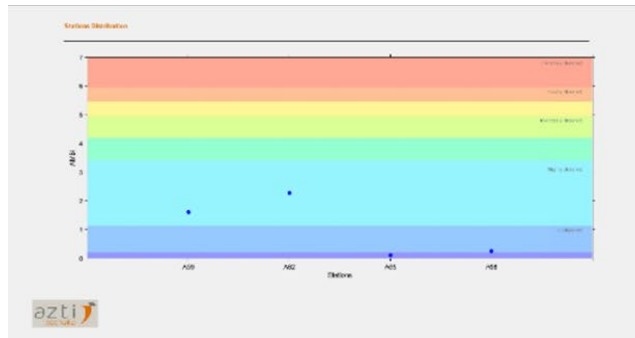


Fig. 23 Confronto dell'Indice AMBI e distribuzione delle specie nei 5 gruppi ecologici (G) all'interno di ciascuna stazione dell'area potenzialmente impattata dalle operazioni d'immersione dei sedimenti e confronto fra le campagne (Area Piana del Sele)

Maggio 2020

Dicembre 2020

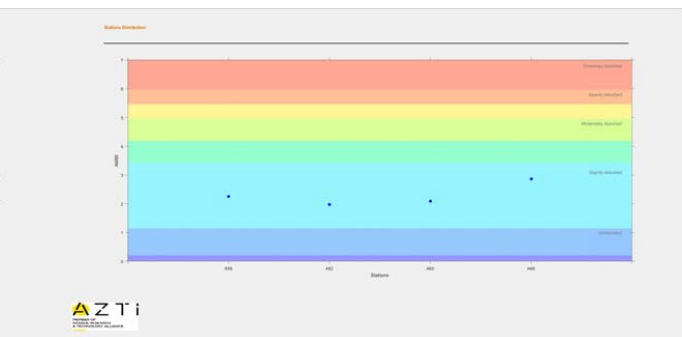
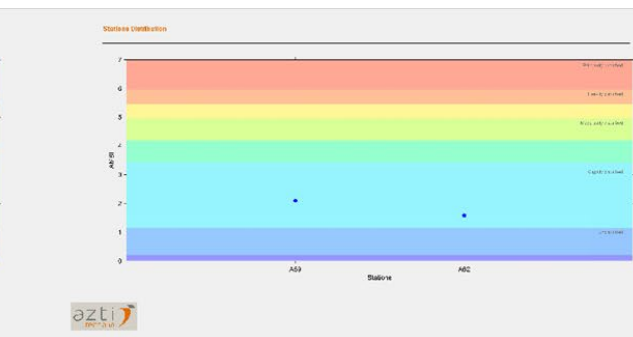
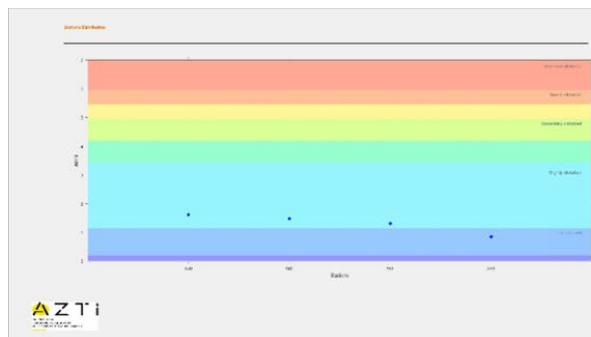
Febbraio 2021



Settembre 2021

Marzo 2022

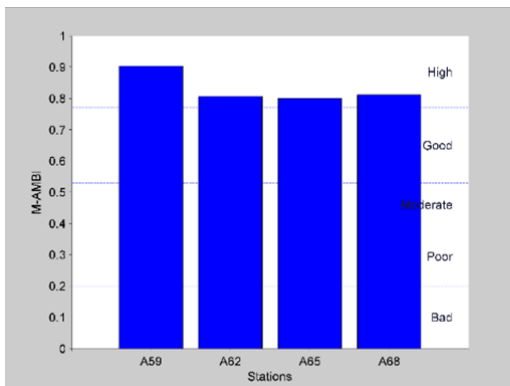
Febbraio 2023



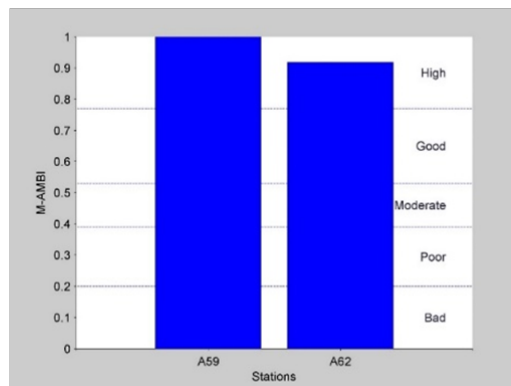
**Figura 24** Indice AMBI, valori di EcoQ in tutte le stazioni nell'area potenzialmente impattate dalle operazioni d'immersione dei sedimenti e confronto fra le campagne (Area Piana del Sele)



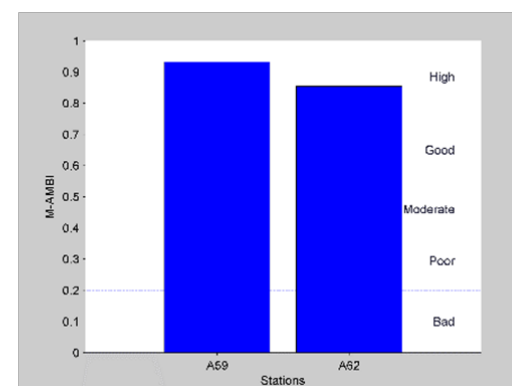
**Maggio 2020**



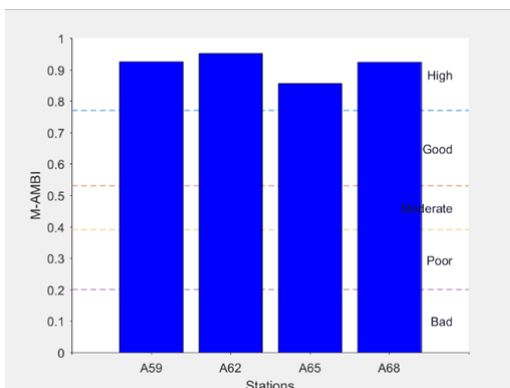
**Dicembre 2020**



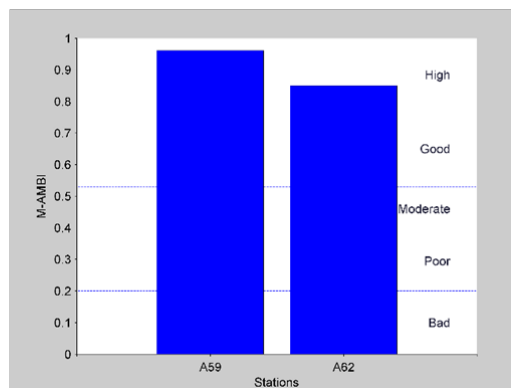
**Febbraio 2021**



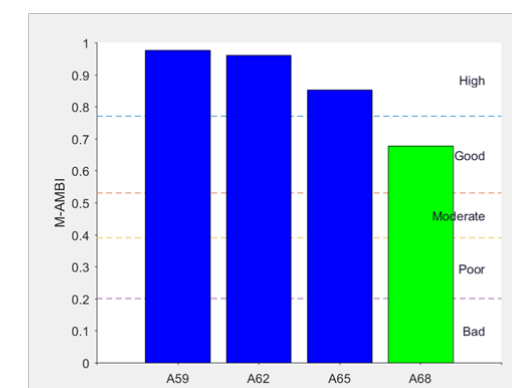
**Settembre 2021**



**Marzo 2022**



**Febbraio 2023**



**Figura 25** Indice M-AMBI Rapporto di Qualità Ecologica (RQE) nelle stazioni dell'area potenzialmente impattata dalle operazioni d'immersione dei sedimenti e confronto fra le campagne (Area Piana del Sele)

## 5 Conclusioni

L'analisi dei valori dell'indice AMBI e M-AMBI sui 60 campioni di macrozoobenthos (20 stazioni per tre repliche ciascuno) non ha evidenziato particolari condizioni di stress nelle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di dragaggio e nelle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione, come emerso dai livelli di *Ecological Quality Status* (ECoQ) e i Rapporti di Qualità Ecologica (RQE) riscontrati. Tutte le stazioni presentano un ECoQ che riporta ad ambienti non disturbati o leggermente disturbati ed un RQE *Hight* (Blu) oppure un RQE *Good* (Verde). Inoltre, il confronto dei valori dell'AMBI e del M-AMBI attuali con quelli delle campagne precedenti mostra valori simili.

L'analisi strutturale ha altresì evidenziato in tutte le aree una buona diversità specifica. Il numero di individui è abbastanza elevato sia nell'area potenzialmente impattata dalle attività di dragaggio sia nelle aree potenzialmente impattate dall'attività di immissione dei sedimenti dragati.

Per quanto concerne il sito d'immersione dei sedimenti dragati, l'analisi dei valori dell'indice AMBI e M-AMBI non ha evidenziato particolari condizioni di stress, come emerso dai livelli di *Ecological Quality Status* (ECoQ) e i Rapporti di Qualità Ecologica (RQE) riscontrati. Tutte le stazioni presentano un ECoQ che riporta ad ambienti non disturbati o leggermente disturbati ed un RQE *Hight* (Blu) oppure un RQE *Good* (Verde). Inoltre, il confronto dei valori dell'AMBI e del M-AMBI attuali con quelli delle campagne precedenti mostra, nella campagna *Post Operam* di febbraio 2023, valori simili o superiori in qualità.

L'analisi strutturale ha altresì evidenziato una modifica nel popolamento. Infatti, la composizione di quest'ultimo in termini di preferenze ecologiche evidenzia una riduzione sostanziale degli organismi detritivori indicatori di disturbo ed una generale riduzione delle abbondanze di tutte le specie. Tale riduzione, che è un andamento già riscontrato nelle campagne precedenti, è da considerarsi un fattore positivo, la crescita esponenziale avvenuta in precedenza, con una palese dominanza di poche specie, è con elevata probabilità dipesa dalla modifica dell'ambiente originario. Con il ritorno alle condizioni preesistenti del substrato, come confermato dalle analisi granulometriche, anche la diversità specifica e la densità di popolazione rientrano nei valori pre-disturbo. Infatti, nel sito d'immersione sono stati rinvenuti un totale di 30 taxa e 119 individui (media 5 individui +/- 4,3 SD, n =24) con una densità pari a 50 individui/m<sup>2</sup> (Tab. 2).

Per quanto riguarda l'area potenzialmente impattata dalle attività di dragaggio, sono stati rinvenuti 119 taxa e 1269 individui (media 84,6 individui +/- 60,79 SD, n =15) con una densità pari a 846 individui/m<sup>2</sup>. Nelle due aree potenzialmente impattate dall'attività di immissione dei sedimenti dragati sono stati

rinvenuti un totale 95 taxa e 508 individui (media 56,44 individui +/- 49,56 SD, n =9) con una densità pari a 564,4 individui/m<sup>2</sup> nell'area prospiciente la Costiera Amalfitana, e un totale di 129 taxa e 2272 individui (media 189,3 individui +/- 58,6 SD, n =12) con una densità pari a 1893 individui/m<sup>2</sup> nell'area del litorale della Piana del Sele.

**Tabella 2** Confronto delle densità per m<sup>2</sup> degli organismi nelle quattro aree nelle campagne Corso d'Opera: maggio 2020, dicembre 2020, febbraio 2021 e Post Operam: settembre 2021, marzo 2022, febbraio 2023.

Area	05/2020	12/2020	02/2021	09/2021	03/2022	02/2023
	Densità (Numero di individui/m <sup>2</sup> )					
Sito di immissione dei sedimenti dragati	104 individui/m <sup>2</sup>	119,2 individui/m <sup>2</sup>	130,83 individui/m <sup>2</sup>	193 individui/m <sup>2</sup>	128 individui/m <sup>2</sup>	50 individui/m <sup>2</sup>
Area potenzialmente impattata dalle attività di dragaggio	3.412,7 individui/m <sup>2</sup>	580,7 individui/m <sup>2</sup>	828,67 individui/m <sup>2</sup>	862,67 individui/m <sup>2</sup>	1.355 individui/m <sup>2</sup>	846 individui/m <sup>2</sup>
Area potenzialmente impattata dall'attività di immissione dei sedimenti dragati (Costiera Amalfitana)	1.718 individui/m <sup>2</sup>	783,3 individui/m <sup>2</sup>	821,11 individui/m <sup>2</sup>	1.740 individui/m <sup>2</sup>	1.308 individui/m <sup>2</sup>	564,4 individui/m <sup>2</sup>
Area potenzialmente impattata dall'attività di immissione dei sedimenti dragati (Piana del Sele)	9.310 individui/m <sup>2</sup>	1271,7 individui/m <sup>2</sup>	2548,33 individui/m <sup>2</sup>	966,8 individui/m <sup>2</sup>	2.718 individui/m <sup>2</sup>	1893 individui/m <sup>2</sup>

Per quanto riguarda le tre aree costiere (area potenzialmente impattata dalle attività di dragaggio ed area potenzialmente impattata dalle attività di immersione dei sedimenti, Costiera Amalfitana e Piana del Sele) il flusso di energia che sostiene la comunità bentonica di substrato mobile appare veicolato soprattutto dal detrito organogeno proveniente dalle biocenosi limitrofe delle alghe fotofile e dalle fanerogame marine, a cui si aggiungono apporti alloctoni di particolato organico di origine terrigena per le stazioni a minore profondità. In queste tre aree il confronto con le precedenti campagne conferma la modifica dei popolamenti già verificata nel confronto con la campagna Corso d'Opera maggio 2020, imputabile principalmente alla stagionalità del prelievo (Tab. 2).

Il sito d'immersione dei sedimenti dragati presenta, invece, una ricchezza specifica ed abbondanze non più correlate strettamente alla tipologia di disturbo registrato, ovvero l'immissione di grandi quantitativi di sedimenti con classazione diversa rispetto al substrato precedente. Si nota, infatti, una riduzione considerevole delle specie opportuniste e detritivore cui corrisponde un'espansione di specie limivore dalle abitudini di vita vasicole. Tutte indicazioni che confermano che l'ambiente sta ritornando alle condizioni preesistenti come dimostrato dalle analisi granulometriche che mostrano un aumento del substrato limoso rispetto a quello sabbioso e la scomparsa del substrato ghiaioso.

Questo è in accordo con la dinamica delle popolazioni. Infatti, il disturbo fisico dell'ambiente sedimentario marino determina un forte grado di dominanza di poche specie sulle altre, in particolare favorisce un incremento delle specie opportuniste. Dopo il disturbo, con il ritorno alle condizioni preesistenti, si assiste ad una riduzione delle densità degli organismi opportunisti con un progressivo rientro alle condizioni originarie del popolamento.



## BIBLIOGRAFIA GENERALE

- Borja A., Franco J., Pèrez V. 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Mar. Pollut. Bull.*, 40: 1100-1114.
- Borja A., Muxica I., Franco J. 2003. The application of a Marine Biotic Index to different impact sources affecting soft-bottom benthic communities along European coasts. *Mar. Pollut. Bull.*, 46: 835-845.
- Fresi E., Gambi M.C., Focardi S., Bargagli R., Baldi F., Falciai L. 1983. Benthic communities and sediment types: a structural analysis. *P.S.Z.N.I. Marine Ecology*, 4(2): 101- 121.
- Gambi M.C., Dappiano M. 2003. Manuale di metodologie di campionamento e studio del benthos mediterraneo. *Biol. Mar. Medit.*, 10 (suppl.): 109-144.
- Gray J.S. 1981. Detecting pollution induced changes in communities using the log-normal distribution of individuals among species. *Mar. Pollut. Bull.*, 12 (5): 173-176.
- Holme N.A., McIntyre A.D. 1971. *Methods for the study of marine benthos*. Blackwell Scientific Publications, Oxford: 334 pp.
- Margalef R. 1958. Information theory in ecology. *Gen. Syst.*, 3: 36-71.
- Pèrès J.M., Picard J. 1964. Nouveau manuel de bionomie benthique de la Mer Méditerranée. *Rec. Trav. St. Mar. Endoume*, 31 (47): 5-137.
- Pearson T.H., Rosenberg R. 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 16: 229-311.
- Pielou E.C. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. *J. Theor. Biol.*, 13: 131-144.
- Shannon C.E., Weaver W. 1949. *The mathematical theory of communication*. Urbana University Press, 122 pp.

## BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO PER L'IDENTIFICAZIONE TASSONOMICA

- Al-Adhub A.H.Y., Williamson, D.I. 1975. Some European Processidae (Crustacea, Decapoda, Caridea). *J. Nat. Hist*, 9: 693-703.
- Argano R., Ferrara F., Guglielmo L., Raggio S., Ruffo S. 1995. Crustacea Malacostraca II (Tanaidacea, Isopoda, Amphipoda, Euphausiacea). *Calderini. Fascicolo 30*, 52 pp.
- Bacescu M. 1961. Contribution a la connaissance des Tanaidaces de la Mediterranée orientale – 1. les Apeseudidae et kalliapseudidae des cotes d'Israel. *Bull. Res. Counc. Of Israel*, 10(B): 137-170.

- Barnich R., Fiege D. 2003. The Aphroditoidea (Annelida: Polychaeta) of the Mediterranean Sea. *Abh. senckenberg. Naturforsch. Ges.*, 559: 1-167.
- Barnich R., Fiege D. 2009. Revision of the genus *Harmothoe* Kinberg, 1856 (Polycheta: Polynoidae) in the Northeast Atlantic. *Zootaxa*, 2104, 1–76.
- Barnich R., Van Haaren T. 2021. Revision of *Sthenelais* Kinberg, 1856, *Fimbriosthenelais* Pettibone, 1971 and *Eusthenelais* McIntosh, 1876 (Polychaeta, Sigalionidae) in the Northeast Atlantic. *Eur. J. Taxon.*, 740: 138-171.
- Böggemann M. 2002. Revision of the Glyceridae Grube 1850 (Annelida: Polychaeta). *Abh. senckenberg. Naturforsch. Ges.*, 555, 1-249.
- Carrera-Parra L.F. 2006. Revision of *Lumbrineris* de Blainville, 1828 (Polychaeta: Lumbrineridae). *Zootaxa*, 1336: 1-64.
- Cossignani T., Cossignani V., Di Nisio A., Passamonti M. 1992. Atlante delle conchiglie del Medio Adriatico. *L'informatore Piceno*, Ancona, 120 pp.
- D'Angelo G., Gargiullo S. 1978. Guida alle conchiglie mediterranee. Fabbri Ed., 223 pp.
- De Saint Laurent M., Le Loeuff P. 1979. Campagnes de la Calypso au large des cotes atlantiques africaines (1956 et 1959) – Crustaces Decapodes Thalassinidea. I. Upogebiidae et Callianassidae. *Ann. Inst. Oceanogr.*, t. 55 fasc. suppl.
- Erdogan-Dereli D., Cinar M.E. 2019. The genus *Paradoneis* (Polychaeta: Paraonidae) from the Sea of Marmara, with descriptions of two new species. *Zootaxa*, 4686: 465-496.
- Erdogan-Dereli D., Cinar M.E. 2020. The diversity of the genus *Aricidea* (Polychaeta: Paraonidae) from the Sea of Marmara, with descriptions of two species and two new records for the Mediterranean fauna. *Zootaxa*, 4844: 1-73.
- Erdogan-Dereli D., Cinar M.E., Dagli E. 2017. *Cirrophorus* species (Annelida: Polychaeta: Paraonidae) from the Sea of Marmara, with descriptions of a new species. *Zootaxa*, 4347: 137-150.
- Fage L. 1951. Faune de France. Cumacés. - Paul Lechevalier, 12, rue de Tournon (Vie), 136 pp.
- Falciai L., Minervini R. 1992. Guida dei crostacei decapodi d'Europa. Ed. Muzzio F., 282pp.
- Parapar J., Alos C., Nunez J., Moreira J., Lopez E., Aguirrezabalaga F., Besteiro C., Martinez A. 2012. Annelida Polychaeta III. Fauna Iberica vol. 36. Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC. Madrid, 413 pp.
- Parapar J., Moreira J., Nunez J., Barnich R., Brito M. Del C., Fiege D., Capaccioni-Azzati R., El-Haddad M. 2015. Annelida Polychaeta IV. Fauna Iberica vol. 41. Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC. Madrid. 416 pp.

- Parapar J., Adarraga I., Aguado M.T., Aguirrezabalaga F., Arias A., Besteiro C., Bleidorn C., Capa M., Capaccioni-Azzati R., El-Haddad M., Fernandez-Alamo M.A., Lopez E., Martinez J., Martinez-Ansemil E., Moreira J., Nunez J., Ravara A. 2018. Annelida Polychaeta V. Fauna Iberica vol. 45. Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC. Madrid, 631pp.
- Imajima M., Shiraki Y. 1982. Maldanidae (Annelida: Polychaeta) from Japan (Part 1). Bull. Nat. Sci Mus., Ser. A., 8 (1): 7-46.
- Imajima M., Shiraki Y. 1982. Maldanidae (Annelida: Polychaeta) from Japan (Part 2). Bull. Nat. Sci Mus., Ser. A., 8 (2): 47-88.
- Ingle R. 1993. Hermit crabs of the northeastern Atlantic Ocean and Mediterranean Sea. Natural History Museum Publications, Chapman & Hall, 495 pp.
- Jones N. S. 1976. British Cumaceans. Academic press London and New York, 63 pp
- Lavesque N., Hutchings P., Daffe G., Nygren A. & Londono-Mesa M.H. 2019a. A revision of the French Trichobranchidae (Polychaeta), with descriptions of nine new species. Zootaxa, 4664 (2): 151–190.
- Lavesque N., Londono-Mesa M.H., Daffe G. & Hutchings P. 2020a. A revision of the French Telothelepodidae and Thelepodidae (Annelida, Terebelliformia), with descriptions of three species and first European record of a non-indigenous species. Zootaxa, 4810 (2): 305–327.
- Lavesque N., Londono-Mesa M.H., Daffe G. & Hutchings P. 2020b. Revision of the French Polycirridae (Annelida, Terebelliformia), with descriptions of eight new species. Zootaxa, 4869 (2):151–186.
- Lavesque N., Daffe G., Londono-Mesa M.H., Hutchings P. 2021. Revision of the French Terebellidae sensu stricto (Annelida, Terebelliformia), with descriptions of nine new species. Zootaxa, 5038 (1): 1-63.
- O'Connor B.D.S. 1987. The Glyceridae (Polychaeta) of the North Atlantic and Mediterranean, with descriptions of two new species. Journal of Natural History, 21: 167-189.
- Pancucci-Papadopoulou M.A., Murina G.V.V., Zenetos A. 1999. The Phylum Sipuncula in the Mediterranean Sea. Monogr. Mar. Sci., 2: 109 pp.
- Poppe G.T., Goto Y. 1993. Europeans Seashells, vol. II (Scaphopoda, Bivalvia, Cephalopoda). Verlag Christa Hemmen Ed., 221 pp.
- Poppe G.T., Goto Y. 1991. Europeans Seashells, vol. I (Polyplacophora, Caudofoveata, Solenogastrea, Gastropoda). Verlag Christa Hemmen Ed., 352 pp.
- Ravara A., Cunha M.R., Pleijel F. 2010. Nephtyidae (Annelida, Polychaeta) from southern Europe. Zootaxa, 2682: 1-68.
- Riggio S. 1996. I Tanaidacei dei mari italiani: quadro delle conoscenze. Boll. Mus. Civ. ST. Nat. Verona, 20: 583-698.

- Rouse G.W., Pleijel F. 2001. Polychaetes. Oxford University Press, 345 pp.
- Ricci Lucchi F. 1980. Sedimentologia. CLUEB Ed.
- Ruffo S. 1982. The Amphipoda of the Mediterranean. Part 1. Gammaridea (Acanthonotozomatidae to Gammaridae), Sandro Ruffo Ed., Memoires de l'Institut oceanographique, Monaco, pp. 364.
- Ruffo S. 1989. The Amphipoda of the Mediterranean. Part 2. Gammaridea (Haustoriidae to Lysianassidae), Sandro Ruffo Ed., Memoires de l'Institut oceanographique, Monaco, 365-576.
- Ruffo S. 1993. The Amphipoda of the Mediterranean. Part 3. Gammaridea (Melphippidae to Talitridae), Sandro Ruffo Ed., Memoires de l'Institut oceanographique, Monaco, 577-813.
- San Martin G. 2003. Annelida Polychaeta II. Fauna Iberica vol. 21. Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC, Madrid, 554 pp.
- Simboura N. & Nicolaidou A. 2001. The Polychaetes (Annelida, Polychaeta) of Greece: Checklist, Distribution and Ecological Characteristics. Monographs on Marine Sciences, 4: 1-115.
- Tomassetti P., Chimenz Gusso C. 1998. Distribuzione dei crostacei decapodi nella zona costiera del Mar Tirreno laziale. Boll. Mus. Ist. Biol. Univ. Genova, 62-63: 31-38.
- Tortonese E. 1965. Fauna d'Italia. Echinodermata. Calderini Bologna, 422 pp.
- Vieitez J.M., Alos C., Parapar J., Besteiro C., Moreira J., Nunez J., Laborda J. And San Martin G. 2004. Annelida Polychaeta I. Fauna Iberica vol. 25. Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC, Madrid, 530 pp.
- Zariquiey Alvarez R. 1968. Crustaceos Decapodos Ibericos. Investigacion Pesquera, 510 pp.