

G. CARUSO¹, F. AZZARO¹, F. DECEMBRINI¹, G. MAIMONE¹, A.C. RAPPAZZO¹, M.G. GIACOBBE², C. CAROPPO^{3,4}

¹ Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) - Istituto di Scienze Polari (ISP), Messina

² CNR – IRBIM, Messina

³ CNR-IRSA, Taranto

⁴ NBFC - National Biodiversity Future Center, Palermo

corresponding author: carmela.caroppo@cnr.it

DIVERSITÀ DELLA COMUNITÀ MICROBICA E TURNOVER DI MATERIA ORGANICA NEI SITI COSTIERI DEL MEDITERRANEO

MICROBIAL COMMUNITY DIVERSITY AND ORGANIC MATTER TURNOVER OF COASTAL SITES IN THE MEDITERRANEAN SEA

Abstract - *Within the framework of the Marine Strategy Directive, we conducted a preliminary survey in the Adriatic and Ionian Seas to assess the distribution and diversity of the autotrophic and heterotrophic microbial communities and their role in the organic matter turnover. Thirteen stations were sampled at the surface, deep-chlorophyll maximum and at 100 m depth to evaluate: i) trophic parameters (chlorophyll-a and phaeopigments); ii) abundance and diversity of the phytoplankton community; and iii) total prokaryotic abundance and enzymatic activity rates. Results revealed both vertical and spatial variability, characterized by low autotrophic biomass and high phosphatase activity throughout the sampled area.*

Keywords: *biodiversity, chlorophyll a, phytoplankton, prokaryotes, enzymes*

Introduzione - La Direttiva Quadro sulla Strategia Marina (2008/56/CE, MSFD) si pone come obiettivo generale quello di promuovere l'uso sostenibile dei mari e la conservazione degli ecosistemi marini attraverso il raggiungimento del buono stato ambientale (GES, Good Environmental Status). La valutazione del GES si realizza attraverso l'utilizzo di 11 descrittori qualitativi e relativi indicatori. Nell'ambito dei diversi indicatori planctonici, oltre al fitoplancton ed allo zooplancton, anche le componenti procariotiche possono essere importanti per la valutazione dei cambiamenti nello stato di salute ambientale, considerando il loro significativo contributo alla biodiversità globale ed al funzionamento degli ecosistemi marini (Caroppo *et al.*, 2013; Caruso *et al.*, 2016a, b).

Nel 2015, preliminarmente rispetto all'avvio dei Programmi di monitoraggio della MSFD, è stata condotta una campagna oceanografica nel Mar Adriatico meridionale, nel Canale d'Otranto e nel Mar Ionio per recuperare informazioni di base su questo ambiente poco studiato. In questo contributo riportiamo dati preliminari sulla abbondanza del picoplancton e del fitoplancton, sulla composizione di quest'ultimo nonché sulla attività enzimatica microbica coinvolta nella degradazione dei polimeri organici, con rigenerazione dei nutrienti e mineralizzazione della sostanza organica. L'ipotesi iniziale dello studio era quella che ambienti costieri come quelli esaminati presentassero abbondanze cellulari e livelli di enzimi microbici abbastanza contenuti, riflettendo una condizione di oligotrofia, e che pertanto questi parametri potessero rappresentare validi indicatori dello stato ecologico in ambito MSFD.

Materiali e metodi - La campagna MARINE STRATEGY 2015 è stata condotta dal 6 al 24 novembre 2015 in 13 stazioni localizzate nel Mar Adriatico meridionale, nel Canale d'Otranto e nel Mar Ionio entro le 12 miglia dalla costa (Fig. 1). Temperatura e salinità sono state rilevate con sonda multiparametrica associata alla rosette munita di 16 bottiglie Niskin mediate le quali sono stati raccolti i campioni d'acqua per la determinazione della concentrazione dei seguenti parametri: i) clorofilla *a* attraverso estrazione con acetone e misura fluorimetrica; ii) composizione della comunità

fitoplanctonica utilizzando il metodo di Utermöhl; iii) picoplancton totale con la colorazione con il fluorocromo 4, 6 diamidino-2-fenilindolo (DAPI) e mediante microscopio ad epifluorescenza; iii) tassi di attività enzimatiche (Leucin aminopeptidasi, LAP, Beta-glicosidasi, b-GLU, e Fosfatasi alcalina, AP) utilizzando substrati fluorogenici e lettura fluorimetrica. In ciascuna stazione sono stati eseguiti campionamenti alla quota superficiale, a quella corrispondente al picco di clorofilla *a* (DCM, Deep Chlorophyll *a* Maximum) ed alla profondità di 100 m. La determinazione di tutti i parametri analizzati è stata realizzata in accordo alle schede metodologiche definite nell'ambito dei Programmi di Monitoraggio per la Strategia Marina (Art. 11, D.lgs. 190/2010) (MASE, 2016).

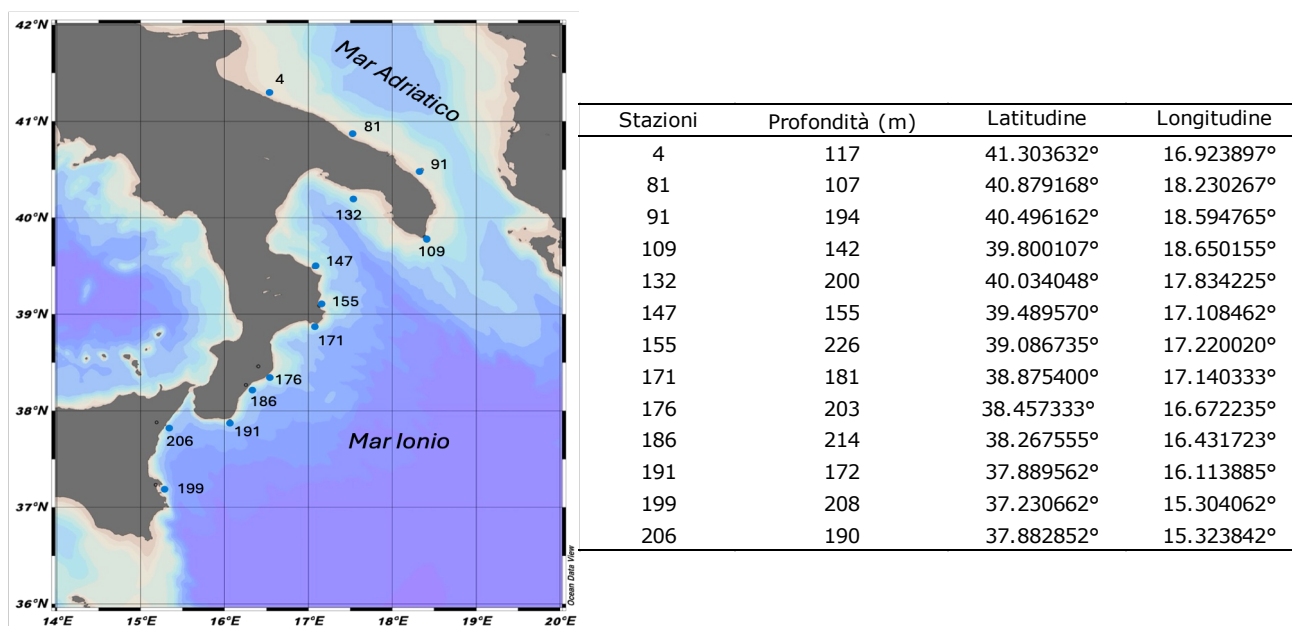


Fig. 1 – Mappa dell'area di studio e tabella riportante la localizzazione geografica e profondità delle tredici stazioni campionate.

Map of the study area and table reporting geographical location and depth of the thirteen sampled stations.

Risultati – Anche se preliminare, il set di dati raccolto nell'ambito della campagna oceanografica oggetto di questo studio ha fornito un quadro dello stato dell'area marina esaminata sotto il profilo della composizione della comunità planctonica e del ruolo ecologico svolto nel funzionamento dell'ecosistema. La concentrazione media della clorofilla *a* nello strato 0-100m è risultata generalmente bassa ($0,12 \pm 0,09 \text{ mg m}^{-3}$), con valori più elevati riscontrati nello strato superficiale (fino a $0,43 \text{ mg m}^{-3}$). La struttura dimensionale della comunità fitoplanctonica ha mostrato la prevalenza della frazione pico- ($0,2-2 \mu\text{m}$) con un contributo pari al 63% della comunità totale, mentre le frazioni nano- ($2,0-10 \mu\text{m}$) e micro-fitoplanctonica ($> 10 \mu\text{m}$) hanno presentato percentuali simili (contribuendo rispettivamente per il 18% ed il 19%) (Tab. 1).

Le densità del picoplancton totale sono variate fra un valore minimo ed uno massimo di $0,39$ e $2,61 \text{ cellule} \times 10^6 \text{ mL}^{-1}$ (Tab. 1), con valori significativamente più elevati nel DCM e più ridotti alla profondità di 100 m. Il picoplancton autotrofo ha rappresentato mediamente circa il 2% del totale.

Le abbondanze fitoplanctoniche hanno mostrato un'elevata variabilità con valori piuttosto ridotti (Tab. 1). La comunità è apparsa piuttosto eterogenea nelle stazioni indagate, con percentuali più elevate di fitoflagellate mentre diatomee, dinoflagellate e coccolitine hanno contribuito con valori piuttosto ridotti (Tab. 1).

Tab. 1 – Valori minimi, massimi, medi con relativa deviazione standard delle variabili misurate durante la campagna MARINE STRATEGY 2015 condotta dal 6 al 24 novembre 2015.

Minimum, maximum, average values with relative standard deviation of the variables measured during the MARINE STRATEGY 2015 survey carried out from 6 to 24 November 2015.

			min	max	media	dev.st
Clorofilla-a	pico (0.5-2 μm)	%	37,65	90,48	62,93	14,52
	nano (2-10 μm)	%	3,17	45,16	18,06	10,08
	micro (>10 μm)	%	3,80	55,29	19,02	12,12
	Totale	mg m ⁻³	0,01	0,43	0,12	0,10
Fitoplancton	diatomee	%	0,08	97,57	14,65	19,30
	dinoflagellate	%	0,00	47,55	7,78	10,83
	coccolitine	%	0,00	59,53	4,76	10,61
	altre fitoflagellate	%	0,00	97,97	72,82	26,73
	Totale	cellule x10 ⁴ L ⁻¹	1,54	118,77	38,78	32,07
Picoplancton	Totale	cellule x 10 ⁶ mL ⁻¹	0,39	2,61	1,06	0,54
Attività enzimatiche	LAP	nmol L ⁻¹ h ⁻¹	0,09	4,79	2,28	1,24
	GLU	nmol L ⁻¹ h ⁻¹	0,11	11,23	3,08	3,17
	AP	nmol L ⁻¹ h ⁻¹	0,38	200,52	37,52	45,11

I tassi di attività enzimatica sono variati tra 0,09 e 4,788 nmol L⁻¹ h⁻¹ per la leucina aminopeptidasi (LAP), tra 0,113 e 11,23 nmol L⁻¹ h⁻¹ per la β -glucosidasi (B-GLU) e tra 0,378 e 200,52 nmol L⁻¹ h⁻¹ per la fosfatasi alcalina (AP). Sono stati riscontrati valori maggiori di LAP in superficie; livelli lievemente più bassi ed omogenei sono stati registrati nell'area ionica. L'enzima B-GLU ha presentato massimi di attività nelle stazioni 81 (Brindisi), 132, 171 e 191 (sottoregione Ionica). L'enzima AP ha mostrato un picco di attività nella stazione 81 (Brindisi) e valori più bassi nella sottoregione Ionica. Considerando la colonna d'acqua, l'attività di LAP è apparsa più ridotta nel DCM a differenza di B-GLU e AP che hanno seguito un andamento decrescente dalla superficie al fondo, riflettendo probabilmente una minore disponibilità di substrati organici degradabili.

Conclusioni - Le dinamiche spaziali rilevate risultano in accordo con studi precedenti sulla variabilità verticale delle popolazioni microbiche e delle loro attività metaboliche nei processi di produzione e degradazione della materia organica.

I valori di biomassa risultano confrontabili con quelli riportati in studi precedenti condotti nel bacino mediterraneo (i.e., Caroppo *et al.*, 2022). La dominanza del pico-fitoplancton (clorofilla *a* frazionata) e delle nano- fitoflagellate rispetto alle altre componenti dimensionali sembra suggerire uno stato oligotrofico degli ambienti indagati, confermando la natura oligotrofica dei siti studiati, in linea con precedenti studi nel bacino del Mediterraneo (Caroppo *et al.*, 2022). L'area di studio presenta valori dei tassi enzimatici confrontabili per ordine di grandezza con altre zone del Mediterraneo (Caruso *et al.*, 2016b; Caroppo *et al.*, 2022). Inoltre, i tassi notevolmente più elevati di AP rispetto a LAP e B-GLU suggeriscono una condizione di scarsità di fosforo ed il ruolo dell'AP nell'idrolisi dei composti organici del fosforo. La variabilità spaziale, con picchi di

AP nelle stazioni adriatiche e valori inferiori nella subregione ionica, indica differenze localizzate nella disponibilità di nutrienti.

In conclusione, i dati misurati non evidenziano la presenza di particolari condizioni di criticità dal punto di vista trofico e, sebbene preliminari, confermano l'idoneità delle variabili microbiche e trofiche come descrittori dello stato di qualità ecologica degli ecosistemi marini, in analogia a quanto già evidenziato da Caroppo *et al.* (2013) e Caruso *et al.* (2016a, b) e più recentemente da Decembrini *et al.* (2021). Lo studio condotto, nonostante necessiti di maggiore approfondimento mediante implementazione di ulteriori dati ambientali e di elaborazione statistica, sembra confermare come l'integrazione di indicatori microbici nei quadri di monitoraggio della MSFD potrebbe migliorare la valutazione del buono stato ambientale collegando le stime di biodiversità al funzionamento biogeochimico.

References

- CAROPPO C., BUTTINO I., CAMATTI E., CARUSO G., DE ANGELIS R., FACCA C., GIOVANARDI F., LAZZARA L., MANGONI O., MAGALETTI E. (2013) - State of the art and perspectives on the use of planktonic communities as indicators of environmental status in relation to the EU Marine Strategy Framework Directive. *Biol. Mar. Mediterr.*, **20** (1): 65-73.
- CAROPPO C., AZZARO F., BERGAMASCO A., CARUSO G., DECEMBRINI F. (2022) - Phytoplankton and Bacterial Communities' Patterns in a Highly Dynamic Ecosystem (Central Mediterranean Sea). *Water*, **14**: 2057. <https://doi.org/10.3390/w14132057>.
- CARUSO G., AZZARO M., CAROPPO C., DECEMBRINI F., MONTICELLI L.S., LEONARDI M., MAIMONE G., ZACCONE R., LA FERLA R. (2016a) - Microbial community and its potential as descriptor of environmental status. *ICES J. Mar. Sci.*, **73** (9): 2174-2177. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsw101>
- CARUSO G., LA FERLA R., AZZARO M., ZOPPINI A., MARINO G., PETOCHI T., CORINALDESI C., LEONARDI M., ZACCONE R., FONDA-UMANI S., CAROPPO C., MONTICELLI L., AZZARO F., DECEMBRINI F., MAIMONE G., CAVALLO RA, STABILI L., TODOROVA N., KARAMFILOV V., RASTELLI E., CAPPELLO S., ACQUAVIVA M.I., NARRACCI M., DE ANGELIS R., DEL NEGRO P., LATINI M., DANOVARO R. (2016b) - Microbial assemblages for environmental quality assessment: knowledge, gaps and usefulness in the European Marine Strategy Framework Directive. *Crit. Rev. Microbiol.*, **42** (6): 883-904. <https://doi.org/10.3109/1040841X.2015.1087380>
- DECEMBRINI F., CAROPPO C., CARUSO G., BERGAMASCO A. (2021) - Linking Microbial Functioning and Trophic Pathways to Ecological Status in a Coastal Mediterranean Ecosystem. *Water*, **13**: 1325. <https://doi.org/10.3390/w13091325>
- MASE (Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica) (2016) - Programmi di Monitoraggio per la Strategia Marina (Art. 11, D.lgs. 190/2010). Schede metodologiche. https://www.mase.gov.it/portale/documents/d/guest/scheda_mon_mod_5i-pdf

Ringraziamenti - La ricerca è stata condotta nell'ambito della Convenzione 2016 MATTM-CNR sulla Strategia Marina per l'attuazione di Piani di monitoraggio "Strategia Marina" in attuazione dell'art. 11 del D.lgs. 190/2010. Ulteriore supporto è stato fornito nell'ambito del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), "National Biodiversity Future Center - NBFC» Missione 4 Componente 2 Investimento 1.4 - Bando n. 3138 del 16 dicembre 2021, Decreto n. 3175 del 18 dicembre 2021 del Ministero dell'Università e della Ricerca finanziato dall'Unione Euro- NextGeneration EU.