

MONITORAGGIO *Post Operam* 6 mesi dalla fine dei lavori di escavo

Conclusioni



2021

Conclusioni

I risultati dell'attività di monitoraggio *Post Operam*, qui riportati e illustrati, costituiscono parte integrante del contratto di ricerca tra l'Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno Centrale e la Stazione Zoologica Anton Dohrn di Napoli e si riferiscono alla campagna effettuata a sei mesi di distanza dalla fine dei lavori di escavo. I risultati permettono nel loro complesso di formulare un quadro completo ed esaustivo relativamente allo stato di salute degli ecosistemi marini soggetti a impatti potenziali derivanti dalle operazioni di dragaggio trasporto e immersione in mare dei sedimenti del Porto di Salerno e del Canale d'ingresso.

In ulteriore sintesi le conclusioni finali definiranno, sulla base dell'elaborazione dei risultati delle attività di monitoraggio, se vi siano evidenti impatti sugli ecosistemi costieri e di largo del Golfo di Salerno imputabili alle attività condotte in Corso d'Opera.

Di seguito si riporta l'elenco degli elaborati che potranno essere consultati per avere un più esaustivo quadro delle misure e delle analisi effettuate, a distanza di sei mesi dalla fine delle attività di escavo e rilascio dei sedimenti dragati nell'area di immissione. Sono stati prodotti, a tal proposito, un report mare relativo alle attività svolte (0), uno riportante le metodologie utilizzate (1), un report relativo all'idrologia (2) ed infine un report relativo ai risultati delle analisi effettuate sui sedimenti (3):

- 0 - Report_mare_post_opera_2021_6_mesi.pdf
- 1 - Metodologie_post_opera_2021_6_mesi.pdf
- 2 - Report Risultati Idrologia_post_opera_2021_6_mesi.pdf
- 3 - Report Risultati Sedimenti_post_opera_2021_6_mesi.pdf
- 3.1 - Rapporto-di-prova-chimica-set-21.pdf
- 3.2 - Rapporto-di-prova-ecotox-set-21.pdf

Le principali conclusioni, desumibili dall'analisi dei risultati per le singole componenti e attività, sono di seguito riportate in modo sintetico.

Colonna d'acqua

L'analisi delle caratteristiche fisiche della colonna d'acqua effettuate attraverso l'utilizzo di sonda multiparametrica CTD ha evidenziato un chiaro ciclo stagionale caratterizzato prevalentemente dalla stratificazione termica caratteristica del periodo di fine estate. L'analisi delle mappe superficiali di Temperatura, Salinità, Densità, Torbidità e Fluorescenza in tutte le aree oggetto di intervento e di monitoraggio non mostrano anomalie nella distribuzione dei parametri. Solo all'interno dell'area sottoposta alle operazioni di dragaggio e solo per il parametro Torbidità si sono osservati valori più alti nelle stazioni più interne, ed in parte in quelle prossime all'imboccatura, ma con gli stessi in diminuzione nell'area esterna al porto. Tali valori appaiono comunque in linea con quelli che si verificano in ambiente costiero durante fenomeni di risospensione naturale dei sedimenti, dovuti alla circolazione costiera delle masse d'acqua o per effetto di eventi meteorologici accompagnati da piovoschi o temporali. Per quanto riguarda la Fluorescenza (utilizzata come proxy delle concentrazioni di clorofilla e quindi di biomassa fitoplanctonica), come per le precedenti campagne, i dati mostrano condizioni di oligotrofia (bassa concentrazione) praticamente ovunque, come già evidenziato nelle relazioni del primo e secondo anno corso d'opera. Valori superiori sono stati osservati in ambito costiero in aree caratterizzate da apporti terrigeni e con un evidente gradiente decrescente costa-largo.

Le campagne effettuate durante le attività del secondo anno corso d'opera hanno confermato il generale stato di oligotrofia-mesotrofia del Golfo di Salerno anche per quanto riguarda la concentrazione di nutrienti, così come osservato nel corso del monitoraggio *ante operam* e del monitoraggio primo e secondo anno corso d'opera. Si riscontrano fenomeni di arricchimento da nutrienti a carattere locale in prossimità dell'area urbana di Salerno o dell'area in prossimità alla foce del Sele. In generale la concentrazione media dei nutrienti delle stazioni ubicate in prossimità della Costiera Amalfitana risulta essere più bassa rispetto alla media osservata nell'area antistante la piana alluvionale del Sele.

Le concentrazioni dei solidi sospesi (TSS) mostrano valori lievemente più alti solo in alcune stazioni interne al Porto (A01- A05) mentre all'esterno (A06 e A07) e nell'area potenzialmente impattata dalle operazioni di dragaggio, i valori di TSS registrati sono più bassi e comunque nella media dei valori riscontrati nelle varie aree del Golfo di Salerno. Come osservato per i nutrienti, ed in linea con le misure effettuate negli anni precedenti, anche il TSS mostra differenze tra le acque costiere della Costiera Amalfitana, con concentrazione media più bassa, e la piana alluvionale del Sele, con concentrazione media leggermente più alta.

La caratterizzazione biologica delle acque del Golfo di Salerno nel corso del monitoraggio della campagna *Post Operam* effettuata a distanza di 6 mesi dalla fine dei lavori di dragaggio ha evidenziato la presenza di una comunità fitoplanctonica che presenta una fisionomia tipica di acque tirreniche costiere oligotrofiche nella stagione autunnale. In generale, sono stati osservati popolamenti con valori di abbondanza relativamente bassi

(tra $5,2 \cdot 10^4$ e $1,6 \cdot 10^6$ cell. l^{-1} , valore medio su tutte le aree campionate pari a $3,2 \cdot 10^5$ cell. l^{-1}) e forte dominanza di forme flagellate di piccole dimensioni. I dinoflagellati e i coccolitofori sono poco rappresentati, mentre le diatomee mostrano una distribuzione piuttosto eterogenea con valori di abbondanza molto bassi nell'area di immersione e più elevati in diverse stazioni costiere.

Lo studio della distribuzione spaziale della comunità mesozooplanctonica nel corso dell'indagine condotta a 6 mesi mostra valori di abbondanza zooplanctonica molto variabili tra costa e largo. Lo zooplancton presenta un mancato gradiente orizzontale e le abbondanze più alte prevalentemente nelle stazioni o molto costiere (batimetria 5 metri) o di largo (oltre 50 metri).

La comunità zooplanctonica è caratterizzata quasi sempre dalla dominanza dei copepodi. In questa fase del monitoraggio, i copepodi seguono, per contributo percentuale, cladoceri, appendicolarie e larve meroplanctoniche.

Nell'area è stata osservata una comunità zooplanctonica molto omogenea, e particolarmente importante è stata l'identificazione, nell'Area di immersione, di un esemplare di copepode non-indigeno *Pseudodiaptomus marinus*, copepode di origine asiatica, definita come specie invasiva nel Mar Mediterraneo. I Cladoceri avevano un contributo molto variabile nelle diverse stazioni campionate, e questo ordine era maggiormente rappresentato dalle Specie della Famiglia Podonidae (*Evadne spinifera*, *Pleopis polyphemoides* e *Pseudevadne tergestina*) e della Famiglia Sididae (*Penilia avirostris*).

Sedimenti, comunità bentoniche e meiofauna

Applicando i criteri di integrazione ponderata recepiti dal D.M. n. 173 del 15 luglio 2016 “Regolamento recante modalità e criteri tecnici per l'autorizzazione all'immersione in mare dei materiali di escavo di fondali marini”, l'elaborazione del pericolo chimico e del pericolo ecotossicologico dei sedimenti sono state integrate per elaborare la “**Classe di Qualità**” dei sedimenti analizzati.

Nella Tabella 3.1 (riportata nel file: 3 - Report Risultati Sedimenti_post_opera_2021_6_mesi.pdf) sono riassunte per ogni campione di sedimento dell'area di immersione, dell'area potenzialmente impattata dalle operazioni di dragaggio e dell'area potenzialmente impattata dalle operazioni di immersione, la percentuale di pelite, la Classe di pericolo ecotossicologico, il contributo percentuale fornito a questo pericolo dall'elutriato, la Classe di pericolo chimico, e la Classe di Qualità complessiva del materiale: sebbene non siano previste attività di movimentazione dei sedimenti di tutte le aree, per una maggior confrontabilità dei risultati, vengono anche indicate quali sarebbero le opzioni gestionali eventualmente previste in seguito alla classificazione dei sedimenti ottenuta mediante DM 173/2016.

Per quanto riguarda i risultati delle attività di monitoraggio dopo sei mesi dal termine delle attività di immersione (settembre 2021), i campioni delle diverse aree hanno evidenziato le seguenti Classi di qualità (vedi Tab. 3.1 riportata nel file: 3 - Report Risultati Sedimenti_post_opera_2021_6_mesi.pdf):

Campioni dell'area di immersione (A20, A21, A22, A23, A24, A74, A75 e A76):

- I campioni **A20, A22, A23 e A74** sono risultati di **Classe A** ma con valori di pelite superiori a quanto previsto per ripascimento emerso. Secondo le indicazioni del DM 173/2016, questi sedimenti sarebbero compatibili con opzioni di gestione quali il ripascimento sommerso, l'immersione deliberata in aree marine non costiere o in ambiente conterminato marino-costiero.
- Il campione **A76** è risultato di **Classe B** e dunque compatibile con l'immersione deliberata in aree marine non costiere o in ambiente conterminato marino-costiero.
- I campioni **A21, A24 e A75** sono risultati di **Classe C**, e sarebbero compatibili con l'immersione in ambiente conterminato.

Campioni dell'area potenzialmente impattata dalle operazioni di dragaggio (A08, A11, A14, A17, A72):

- tutti i campioni sono risultati di **Classe A**. Secondo quanto previsto dal DM 173/2016, i campioni A08, A14 e A17 hanno un contenuto di pelite tale da renderli idonei anche con il ripascimento della spiaggia emersa: tutti gli altri campioni sarebbero invece compatibili per opzioni di gestione quali il ripascimento sommerso, l'immersione deliberata in aree marine non costiere o in ambiente conterminato.

Campioni dell'area potenzialmente impattata dalle operazioni di immersione (A47, A50, A53, A59, A62, A65, A68):

- tutti i campioni sono risultati di **Classe A**. Secondo quanto previsto dal DM 173/2016, i campioni A47 e A53 hanno un contenuto di pelite tale da renderli idonei anche con il ripascimento della spiaggia emersa, mentre gli altri

campioni sarebbero compatibili per ripascimento sommerso, immersione deliberata in aree marine non costiere o in ambiente conterminato.

Tabella 3.1 Classificazione di qualità dei sedimenti (classe di pericolo ecotossicologico, classificazione chimica, classe di qualità del materiale). Campagna settembre 2021.

Area	Campione	% Pelite	Classe di pericolo ecotossicologico	Contributo % elutriato	Classe di pericolo chimico	Classe di qualità del materiale	Note
Area di immersione	A20	92.8	ASSENTE	100	HQc(L2) <= Trascurabile	A	Valori superiori a quanto indicato per ripascimento emerso
	A21	100	MEDIO	63.4	HQc(L2) <= Basso	C	
	A22	87.9	BASSO	100	HQc(L2) <= Basso	A	Pelite superiore a quanto indicato per ripascimento emerso
	A23	79.2	BASSO	100	HQc(L2) <= Basso	A	Pelite superiore a quanto indicato per ripascimento emerso
	A24	52.2	MEDIO	5.1	HQc(L2) <= Basso	C	
	A74	95.5	ASSENTE	100	HQc(L2) <= Trascurabile	A	Valori superiori a quanto indicato per ripascimento emerso
	A75	99.3	MEDIO	14.4	HQc(L2) <= Basso	C	
	A76	96	BASSO	100	HQc(L2) >= Basso e HQc(L2) <= Medio	B	
Aree potenzialmente impattate dalle operazioni di dragaggio	A08	1.3	ASSENTE	100	HQc(L2) <= Trascurabile	A	
	A11	48.2	ASSENTE	100	HQc(L2) <= Trascurabile	A	Pelite superiore a quanto indicato per ripascimento emerso
	A14	4.7	ASSENTE	100	HQc(L2) <= Trascurabile	A	
	A17	7	ASSENTE	100	HQc(L2) <= Trascurabile	A	
	A72	37.1	ASSENTE	100	HQc(L2) <= Trascurabile	A	Pelite superiore a quanto indicato per ripascimento emerso
Aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione	A47	7.3	ASSENTE	100	HQc(L2) <= Trascurabile	A	
	A50	16.9	ASSENTE	100	HQc(L2) <= Trascurabile	A	Pelite superiore a quanto indicato per ripascimento emerso
	A53	4	ASSENTE	100	HQc(L2) <= Trascurabile	A	
	A59	27.5	BASSO	100	HQc(L2) <= Basso	A	Pelite superiore a quanto indicato per ripascimento emerso
	A62	33.7	ASSENTE	100	HQc(L2) <= Trascurabile	A	Pelite superiore a quanto indicato per ripascimento emerso
	A65	39.6	ASSENTE	100	HQc(L2) <= Trascurabile	A	Pelite superiore a quanto indicato per ripascimento emerso
	A68	41.4	ASSENTE	100	HQc(L2) <= Trascurabile	A	Pelite superiore a quanto indicato per ripascimento emerso

I risultati complessivi di questa indagine hanno evidenziato un livello di pericolo chimico Assente nei confronti di L2 per tutti i campioni delle tre aree.

Analogamente la classe di pericolo ecotossicologico elaborata per i campioni di sedimento durante la campagna di settembre 2021 è risultata generalmente Assente o Bassa nei campioni dell'area di immersione e delle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di dragaggio o dalle operazioni di immersione, con l'unica eccezione dei campioni A21, A24 e A75 che hanno evidenziato una classe di pericolo ecotossicologico Medio.

La Tabella 3.2 (riportata nel file: 3 - Report Risultati Sedimenti_post_opera_2021_6_mesi.pdf) mostra la classificazione della qualità dei sedimenti campionati nelle campagne di settembre 2021 mentre la Tabella 3.3 (inclusa nel file: 3 - Report Risultati Sedimenti_post_opera_2021_6_mesi.pdf) riporta la classificazione della qualità elaborata nelle stesse aree nel dicembre 2020 e febbraio 2021 (rispettivamente al 50% e al 100% delle attività di immersione), nel maggio 2020 (corso d'opera del I anno) e nel febbraio e luglio 2018 (*ante operam*).

Nell'area di immersione si osserva nel settembre 2021 un miglioramento della classe di qualità dei sedimenti rispetto alla campagna precedente (febbraio 2021). I sedimenti risultano tutti di classe "A", con l'eccezione dei campioni A76 (classe "B"), A21, A24 e A75 (classe "C").

Per quanto riguarda i sedimenti delle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di dragaggio e di quelli delle aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione si osserva un generale miglioramento della classe di qualità dei sedimenti che risultano tutti di classe "A". Confrontando questi risultati con quelli ottenuti al 50% e 100% delle attività di immersione (dicembre 2020 e febbraio 2021), ma anche con quelli della fase corso d'opera I anno (maggio 2020) o *ante operam* (febbraio e luglio 2018), la situazione complessiva rimane sostanzialmente paragonabile.

Tabella 3.2 Classificazione di qualità dei sedimenti: campagna settembre 2021.

Area	Campione	Classe di qualità del materiale
		settembre 21
Area di immersione	A20	A
	A21	C
	A22	A
	A23	A
	A24	C
	A74	A
	A75	C
	A76	B
Aree potenzialmente impattate dalle operazioni di dragaggio	A08	A
	A11	A
	A14	A
	A17	A
	A72	A
Aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione	A47	A
	A50	A
	A53	A
	A59	A
	A62	A
	A65	A
	A68	A

Tabella 3.3 Confronto delle elaborazioni della classe di qualità dei sedimenti ottenute nel 2018 (*ante operam*), maggio 2020 (corso d'opera I anno), dicembre 2020 e febbraio 2021 (corso d'opera II anno)

Area	Campione	Classe di qualità del materiale			
		<i>ante operam</i>	<i>corso d'opera I anno</i>	<i>corso d'opera II anno</i>	
		2018	maggio – 2020	dicembre – 2020	febbraio – 2021
Area di immersione	A20	B	A	A	D
	A21	B	C	A	B
	A22	A	B	A	C
	A23	B	B	C	C
	A24	B	A	A	C
	A74	B	C	A	A
	A75	A	B	A	B
	A76	B	A	A	C
Aree potenzialmente impattate dalle operazioni di dragaggio	A08	A	C	A	A
	A11	A	C	A	A
	A14	C	A/B	C	A
	A17	A	A	A	A
	A72	A	A	A	C
Aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione	A47	A	B	A	A
	A50	A	C	A	B
	A53	A	B	A	A
	A59	A	C	A	B
	A62	A	B	A	A
	A65	C	C	-	-
	A68	A	A	-	-

Per quanto riguarda **le comunità bentoniche**, 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 le aree potenzialmente impattate dalle operazioni di immersione, compreso l'area d'immersione stesso, 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 del Corso d'Opera mostra, nella campagna *Post Operam* di settembre 2021, valori simili o superiori in qualità.

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.

Il sito d'immersione dei sedimenti dragati presenta una ricchezza specifica ed abbondanze, come detto in precedenza, in linea con la tipologia di disturbo registrato, l'immissione di grandi quantitativi di sedimenti con classazione diversa rispetto al substrato precedente.

Nell'area potenzialmente impattata dalle attività di dragaggio in totale sono stati rinvenuti 127 taxa e 1294 individui (media 86,27 individui +/- 41,09 SD, n =15) con una densità pari a 862,67 individui al m². Nelle due aree potenzialmente impattate dall'attività di immissione dei sedimenti dragati sono stati rinvenuti un totale 183 taxa e 1566 individui (media 174 individui +/- 172,7 SD, n =9) con una densità pari a 1740 individui al m² nell'area prospiciente la Costiera Amalfitana, e un totale di 139 taxa e 2127 individui (media 177,3 individui +/- 81,75 SD, n =22) con una densità pari a 966,8 individui al m² nell'area del Litorale della Piana del Sele. Nel sito d'immersione sono stati rinvenuti un totale di 60 taxa e 463 individui (media 19 individui +/- 10 SD, n =24) con una densità pari a 193 individui al m².

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 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, probabilmente, apporti alloctoni di particolato organico di origine terrigena per le stazioni a minore profondità. In queste tre aree il confronto con le precedenti campagne Corso d'Opera conferma la modifica dei popolamenti già verificata nel confronto con la campagna Corso d'Opera maggio 2020, imputabile principalmente alla stagionalità del prelievo (vedi Tab. 5.1.3.1 dal file: 3 - Report Risultati Sedimenti_post_opera_2021_6_mesi.pdf). Per quanto riguarda l'area di immersione dei sedimenti dragati il confronto con le precedenti campagne, del Corso d'Opera mostra che la modifica del popolamento, già riscontrato precedentemente permane, come era prevedibile ed in linea con la tipologia di disturbo arrecato (Tab. 5.1.3.1). L'immissione di grandi quantitativi di sedimento dragato ha favorito la biomassa di detritivori, i quali hanno trovato un ambiente con elevato

quantitativo di sostanza organica a causa dell'apporto del materiale dragato stesso. In letteratura è ben documentato che il disturbo fisico dell'ambiente sedimentario, come quello avvenuto nel sito di immersione dei sedimenti, determina l'espansione di specie opportuniste. Il substrato nell'area di immissione precedentemente era costituito esclusivamente da limo mentre attualmente è stata riscontrata la presenza di sedimento sabbioso/ghiaioso, che ha reso inizialmente meno adatto l'habitat ai limivori favorendo l'espansione di organismi detritivori ed in conseguenza di carnivori. Nell'ultima campagna la percentuale di limivori è ritornata ai valori di maggio 2020 dimostrando che l'habitat sta gradualmente tornando ai valori iniziali, pur permanendo il disturbo come dimostrato dai valori di abbondanza molto alti per detritivori e carnivori.

Tabella 5.1.3.1 Confronto delle densità per m² degli organismi nelle quattro aree interessate dallo studio nelle campagne Corso d'Opera, maggio 2020, dicembre 2020 e febbraio 2021.

Area	Maggio 2020	Dicembre 2020	Febbraio 2021	Settembre 2021
	Densità (Numero di individui / m ²)			
Area potenzialmente impattata dalle attività di dragaggio	3.412,7 individui/m ²	580,7 individui/m ²	828,67 individui/m ²	862,67 individui/m ²
Area potenzialmente impattata dall'attività di immissione dei sedimenti dragati (Costiera amalfitana)	1.718 individui/m ²	783,3 individui/m ²	821,11 individui/m ²	1.740 individui/m ²
Area potenzialmente impattata dall'attività di immissione dei sedimenti dragati (Piana del Sele)	9.310 individui/m ²	1271,7 individui/m ²	2548,33 individui/m ²	966,8 individui/m ²
Sito di immissione dei sedimenti dragati	104 individui/m ²	119,2 individui/m ²	130,83 individui/m ²	193 individui/m ²

Relativamente alla **meiofauna**, le analisi effettuate sulle 8 stazioni (A20, A21, A22, A23, A24, A74, A75 e A76), campionate in 5 tempi (febbraio 2018, settembre 2020, dicembre 2020, febbraio 2021 e settembre 2021) denominati rispettivamente T₀, T₁, T₂, T₃ e T₄, le analisi evidenziano che in tutte le stazioni l'abbondanza totale della meiofauna mostra un forte decremento tra il T₀ e il T₁, dopodiché mostra valori non significativamente differenti fino al T₄. L'unica eccezione è rappresentata dalla stazione A74, che non mostra alcuna differenza significativa tra tempi differenti.

Similmente a quanto osservato per l'abbondanza, il numero di taxa mostra un decremento tra i tempi di campionamento T₀ e T₁, seguito da un successivo aumento fino al T₂-T₃, ed una nuova diminuzione al T₃-T₄.

In tutte le stazioni ed in tutti i tempi di campionamento il taxon dominante era quello dei nematodi, seguito da quello dei copepodi. La dominanza dei nematodi è aumentata nel tempo, in tutte le stazioni. Andamento opposto si è osservato nei taxa rari, che sono diminuiti o addirittura scomparsi tra il T₀ e il T₁ e tra il T₃ e il T₄, con un andamento diverso a seconda della stazione. Complessivamente, quindi, la composizione tassonomica degli assemblaggi ha subito significative variazioni nel tempo, in tutte le stazioni analizzate tranne una (A74).