

Gestione dei sedimenti in ambito portuale mediante l'utilizzo di eiettori

Cesare Saccani¹, Marco Pellegrini¹, Nicola Mondelli²

¹ Dipartimento di Ingegneria Industriale, Università di Bologna, Bologna

² Rosetti Marino S.p.A.

Riassunto

L'impianto per il rimodellamento dei fondali basato sulla tecnologia ad eiettori rappresenta una alternativa avanzata, energeticamente efficiente e sostenibile dal punto di vista ambientale per la gestione dei sedimenti in ambito portuale. La tecnologia ad eiettori, testata sin dal 2005, ha dimostrato di essere uno strumento efficace nella gestione ordinaria dei problemi di insabbiamento derivanti dalle interazioni tra infrastrutture portuali e dinamiche naturali delle correnti marine, in particolare alla imboccatura dei porti e nelle darsene. Inoltre, essa si configura, anche dal punto di vista normativo, come soluzione alternativa (seppur non concorrente) al dragaggio, poiché realizza uno spostamento del sedimento con bilancio di massa complessivamente neutro nell'area di influenza, ovvero l'impianto trasferisce all'esterno dell'area controllata tutto il sedimento in ingresso assecondando il deflusso naturale del sedimento.

Summary

The seabed remodelling plant based on ejector technology represents a technologically advanced, energy-efficient and environmentally sustainable alternative for the management of sediments in port area. The ejector technology, tested since 2005, has proven to be an effective tool in the ordinary management of sediment silting due to interactions between port infrastructures and natural dynamics of marine currents, particularly at the port's entrance and docks. Furthermore, the ejector technology is configured, also from a legislative perspective, as an alternative (albeit non-concurrent) to dredging since it carries out a sediment handling with a zero mass balance in the area of influence, i.e. the plant transfers out of the area of influence all the input sediment.

1. Introduzione

La cosiddetta "*Blue Growth*" (Crescita Blu) è una strategia a lungo termine progettata per sostenere uno sviluppo sostenibile dell'industria marittima e del mare. Mari e oceani sono fattori chiave per l'economia ed hanno un notevole potenziale di sviluppo per l'innovazione finalizzata ad una crescita intelligente, sostenibile e inclusiva. In particolare, i porti sono infrastrutture che includono numerose attività umane legate al mare, quali pesca, trasporti, logistica e turismo. Mentre efficienza nei collegamenti e capacità dei porti sono caratteristiche fondamentali che hanno storicamente attratto grandi investimenti, solo di recente l'impatto ambientale legato all'operatività dei porti ha assunto rilevanza, in concomitanza con il crescente interesse che l'opinione ha evidenziato nei confronti delle tematiche ambientali. Il concetto di "*Green Port*" (Porto Verde) si è evoluto, negli ultimi anni, da concept teorico di ricerca e innovazione a obiettivo concreto per uno sviluppo sostenibile delle attività umane in ambito marittimo. Lo sviluppo di un porto verde richiede l'adozione di strategie di lungo termine che coinvolgono diverse tematiche, quali il risparmio delle materie prime, la riduzione della produzione di rifiuti, la prevenzione di emissioni inquinanti, e che possano avere un impatto su energia, acqua, aria e gestione dei rifiuti. La gestione dei sedimenti, quindi, non può non essere inclusa tra le tematiche chiave nello sviluppo di porti sostenibili.

La soluzione comunemente adottata per risolvere il problema dell'insabbiamento dei porti, causato dalla interferenza che le infrastrutture portuali generano rispetto alle correnti marine naturali, è il dragaggio. La draga è una tecnologia affidabile, nota e diffusa in tutto il mondo, e viene impiegata sia per operazioni di manutenzione ordinaria che straordinaria. Nondimeno, la draga, pur essendo in grado di ripristinare il fondale desiderato, non elimina il problema ciclico dell'insabbiamento. Inoltre, la draga produce effetti consistenti sull'ecosistema marino, sia in termini di impatti su flora e fauna,

che sul rumore sottomarino, che sul rilascio di inquinanti e sostanza pericolose in mare. Inoltre, durante le operazioni di dragaggio, la fruibilità delle strutture portuali può subire notevoli limitazioni. La tecnologia ad eiettori rappresenta una alternativa sostenibile ai dragaggi manutentivi e si pone l'obiettivo di garantire la navigabilità dei porti 365 giorni all'anno, in maniera sostenibile e con costi certi e competitivi se confrontati con i costi di dragaggio. L'articolo presenta l'evoluzione della tecnologia, anche in relazione al corpo normativo, e, in particolare, si focalizza sulle performance dei due impianti attualmente in funzione a Cervia e Cattolica.

2. Relazione

2.1 L'evoluzione normativa

L'articolo 35 del D.Lgs. 11 maggio 1999 n°152 (non più in vigore e sostituito da D.Lgs. 152/2006) - «Immersione in mare di materiale derivante da attività di escavo e attività di posa in mare di cavi e condotte» recitava che *“Al fine della tutela dell'ambiente marino [...] è consentita l'immersione deliberata in mare da navi ovvero aeromobili e da strutture ubicate nelle acque del mare o in ambiti ad esso contigui, quali spiagge, lagune e stagni salmastri e terrapieni costieri, dei seguenti materiali: a) materiali di escavo di fondali marini o salmastri o di terreni litoranei emersi [...]”* e che *“L'autorizzazione all'immersione in mare dei materiali di cui al comma 1, lettera a), è rilasciata dall'autorità competente solo quando è dimostrata, nell'ambito dell'istruttoria, l'impossibilità tecnica o economica del loro utilizzo ai fini di ripascimento o di recupero ovvero lo smaltimento alternativo in conformità alle modalità stabilite con decreto [...] da emanarsi entro sessanta giorni dalla data di entrata in vigore del presente decreto”*. La normativa si occupava di dragaggio e dei relativi materiali di escavo. Ma il rimodellamento del fondale, anche senza ausilio della draga, non trovava alcun tipo di definizione o analisi. La normativa venne successivamente abrogata e ripresa senza modifiche dal testo sulle norme in materia ambientale (Art. 109 – Parte Terza del D.Lgs. 3 aprile 2006 n°152).

Il manuale ISPRA per la movimentazione dei sedimenti marini del 2007 introduce il concetto di spostamento in area contigua, ma sempre con riferimento ad operazioni di dragaggio. Difatti, il manuale affermava che *“In ambiente sommerso, il semplice spostamento di sedimenti in aree immediatamente contigue è compatibile unicamente in relazione al ripristino della navigabilità in ambito portuale o di corsi d'acqua, nonché al fine di realizzare imbasamenti di opere marittime o agevolare l'operatività portuale. Tale attività viene ritenuta ambientalmente compatibile solo alle seguenti condizioni: i) i quantitativi coinvolti siano inferiori a 25.000 m³; ii) i sedimenti coinvolti siano di classe A (1e 2) o di classe B1: casi 1-4 e casi 5-7 con saggi biologici negativi su elutriato, paragrafo 2.3.2; iii) l'area sulla quale vengono spostati i sedimenti abbia le stesse caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche dell'area di provenienza; iv) sia da escludere qualsiasi impatto su biocenosi sensibili presenti in loco. Le procedure per la caratterizzazione e la classificazione dei materiali sono comunque quelle riportate nel Capitolo 2 (Campionamento, caratterizzazione dei materiali da dragare e criteri di gestione, n.d.r.)”*.

Si susseguono poi ulteriori modifiche legislative. La prima è contenuta nell'articolo 13 del D.Lgs. 3 dicembre 2010 n°205, esclude dall'ambito di applicazione della normativa sui dragaggi *“i sedimenti spostati all'interno di acque superficiali ai fini della gestione delle acque e dei corsi d'acqua o della prevenzione di inondazioni o della riduzione degli effetti di inondazioni o siccità o ripristino dei suoli se è provato che i sedimenti non sono pericolosi ai sensi della decisione 2000/532/CE della Commissione del 3 maggio 2000, e successive modificazioni”*. La seconda, contenuta nell'articolo 7 comma 8-bis legge n°164 del 2014, esclude invece *“i sedimenti spostati all'interno di acque superficiali o nell'ambito delle pertinenze idrauliche ai fini della gestione delle acque e dei corsi d'acqua o della prevenzione di inondazioni o della riduzione degli effetti di inondazioni o siccità o ripristino dei suoli se è provato che i sedimenti non sono pericolosi ai sensi della decisione 2000/532/CE della Commissione del 3 maggio 2000, e successive modificazioni”*.

La modifica normativa trova il suo pieno compimento solo nel 2016 con l’emanazione del D.M. n°173/2016, ovvero del «Regolamento recante modalità e criteri tecnici per l’autorizzazione all’immissione in mare dei materiali di escavo di fondali marini». Il regolamento viene emanato con dieci anni di ritardo, ed entra in vigore il 21 settembre 2016. In particolare, l’articolo 1 comma 2 lettere a) e b) del DM 173/2016 chiarisce il quadro della materia in quanto risultano espressamente esclusi dall’applicazione del regolamento gli spostamenti in ambito portuale, le operazioni di ripristino di arenili e la movimentazione in loco di sedimenti funzionali all’immersione di materiali. Nello specifico, ai sensi dell’art. 2 si intende per spostamenti in ambito portuale la “*movimentazione dei sedimenti all’interno di strutture portuali per le attività di rimodellamento dei fondali ai fini di garantire l’agibilità degli ormeggi, la sicurezza delle operazioni di accosto ovvero per il ripristino della navigabilità, con modalità che evitino una dispersione dei sedimenti al di fuori del sito di intervento*”.

In quest’ultima casistica rientra, come da comunicazione della ARPA Regione Emilia-Romagna, la tecnologia di seguito descritta, che pertanto non deve essere autorizzata a norma del D.M. n°173/2016.

2.2 La tecnologia

L’impianto per il rimodellamento dei fondali è composto da una serie di dispositivi, denominati eiettori, che realizzano una rimozione puntuale della sabbia apportata nella zona da essi controllati, trasportandola in una zona adiacente ove non costituisce intralcio alla navigazione. Il prelievo del materiale da asportare avviene senza organi in movimento sommersi, ma mediante getti di acqua opportunamente direzionati che movimentano la sabbia e la convogliano verso i condotti di trasporto e scarico. L’impianto (Figura 1) è residente sul fondale e non costituisce intralcio alla navigazione. Attraverso la composizione di un reticolo di eiettori è possibile intervenire sulla o sulle aree interessate dal fenomeno di insabbiamento, realizzando così una rimozione in continuo del materiale naturalmente apportato dalle correnti che consente il mantenimento del fondale al livello desiderato.

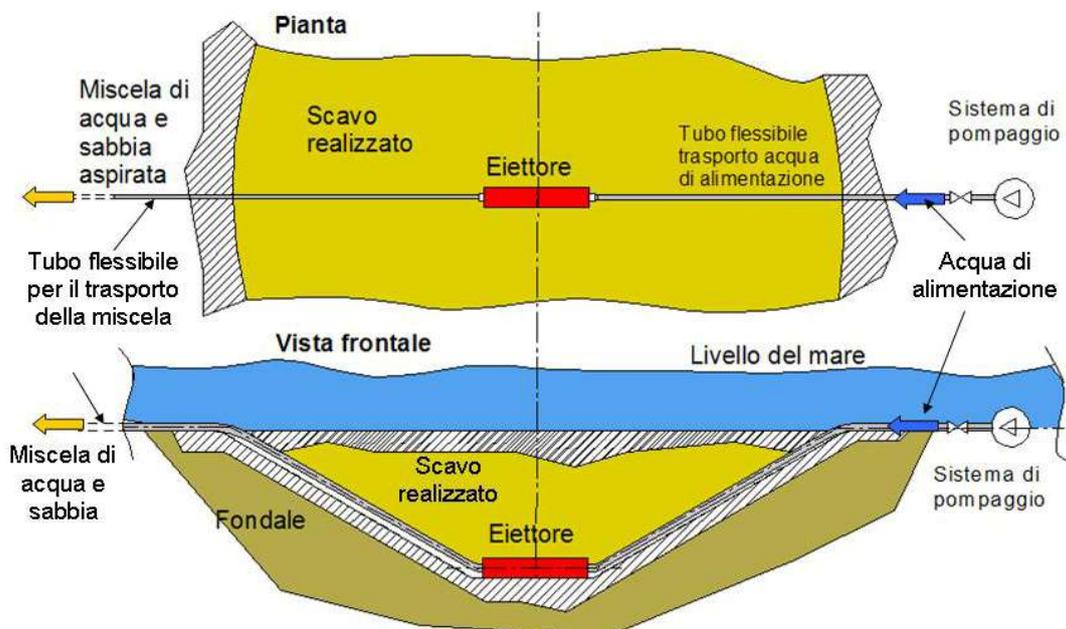


Fig. 1 – *Visione in pianta ed in sezione di un eietttore.*

Inoltre, l’impianto realizza un trasporto di materiale con impatto ambientale nullo perché caratterizzato da un bilancio di massa complessivamente neutro a regime (la massa di sabbia che entra all’interno del perimetro interessato dal funzionamento degli eiettori è uguale a quella che esce) e perché l’area interessata dagli effetti dei getti in uscita da ogni singolo eietttore è limitato

da un volume di circa 200 litri, escludendo così di fatto fenomeni di torbidità o risospensione del sedimento presente sul fondale.

2.3 Attività sperimentali (periodo 2002-2013)

Dal 2002 al 2004 la tecnologia degli eiettori è stata sviluppata in laboratorio, attraverso la realizzazione di studi fluidodinamici che hanno consentito la realizzazione di un primo prototipo di eiettore. Il primo prototipo di impianto sperimentale è stato realizzato presso il Porto di Canale di Riccione, è stato avviato in data 27 luglio 2005 ed è rimasto in funzione fino al 9 di novembre dello stesso anno. L'impianto ha garantito, nel periodo sopra indicato, libero accesso al Porto grazie al mantenimento di un fondale minimo compreso tra 3,5 e 5 metri [1].

Dal 2006 al 2009 si è investito ulteriormente nella ottimizzazione fluidodinamica dell'eiettore, arrivando alla determinazione di un secondo prototipo di eiettore in grado di garantire le medesime prestazioni del precedente in termini di capacità di trasporto del sedimento ma con consumi energetici notevolmente ridotti (nell'ordine del 30%). L'ottimizzazione energetica ha poi coinvolto non solo l'eiettore, ma l'impianto nel suo complesso, attraverso una progressiva azione di automatizzazione e industrializzazione dell'impianto (stazione di pompaggio, filtraggio, regolazione, monitoraggio). Il secondo prototipo di impianto è stato realizzato presso la Darsena di Portoverde di Misano Adriatico. L'impianto è stato avviato nella sua versione definitiva in data 1 giugno 2012 ed ha garantito, per circa un anno, libero accesso alla Darsena [2,3]. L'impianto ha dimostrato elevati livelli di affidabilità ed ha registrato, come atteso, una netta diminuzione dei consumi energetici rispetto al primo prototipo di impianto sperimentale. L'impianto di Portoverde era caratterizzato da un elevato grado di automazione. L'impianto era gestito automaticamente da un PLC che, in base alle condizioni al contorno rilevate dalla strumentazione installata sull'impianto, regolava la portata di alimentazione degli eiettori in funzione delle reali necessità. Inoltre, era possibile accedere da remoto al PLC, avendo così possibilità di monitorarne a distanza il funzionamento ed eventualmente modificarne i parametri di regolazione.

2.4 Il primo impianto dimostrativo di taglia industriale

A giugno 2019 è entrato in funzione il primo impianto in scala industriale presso il Marina di Cervia. L'impianto costituito da dieci eiettori ed è stato finanziato con il progetto LIFE MARINAPLAN PLUS [4]. L'impianto è costituito da due moduli indipendenti, ognuno dei quali alimenta 5 eiettori (P&ID dell'impianto riportato in Figura 2). Ogni modulo risulta composto da una pompa centrifuga multistadio sommersa, un filtro autopulente a dischi ed un collettore, cui sono collegate le tubazioni di alimentazione di 5 eiettori. Un trasduttore di pressione monitora la pressione di lavoro, mentre un trasduttore di pressione differenziale misura la perdita di carico sul filtro e ne gestisce la pulizia automatica. Su ogni ramo di alimentazione del singolo eiettore sono presenti una elettrovalvola di intercettazione ed un misuratore di portata elettromagnetico. Le pompe sono comandate da inverter, ed è quindi possibile modulare e regolare la portata su ogni singolo ramo in funzione delle necessità: ad esempio, nella fase di avviamento dell'impianto, così come durante eventi meteomarinari rilevanti, quali mareggiate, è possibile regolare la portata di alimentazione degli eiettori ai valori massimi consentiti, mentre quando l'impianto è stato avviato, in presenza di condizioni meteomarine normali, è consigliato diminuire la portata di alimentazione degli eiettori poiché è ragionevolmente inferiore anche l'apporto di sedimento nell'area interessata dal funzionamento degli eiettori. In particolare, tramite le elettrovalvole è altresì possibile realizzare il bilanciamento delle portate, ovvero sovralimentare (o sottoalimentare) uno o più eiettori. Su entrambi i collettori sono presenti delle connessioni per l'inserimento in linea di aria compressa: l'utilizzo dell'aria compressa avviene saltuariamente, durante le operazioni di manutenzione ordinaria e straordinaria, ed è funzionale alla semplificazione delle operazioni di identificazione degli eiettori e delle tubazioni di scarico. La potenza elettrica massima impegnata per eiettore è pari a poco più di 7 kW, ma i consumi medi di ogni eiettore si sono attestati, nei primi tre mesi di funzionamento, attorno ai 2.5 kW, con una ulteriore riduzione del 30% rispetto ai consumi rilevati nella precedente esperienza di Portoverde.

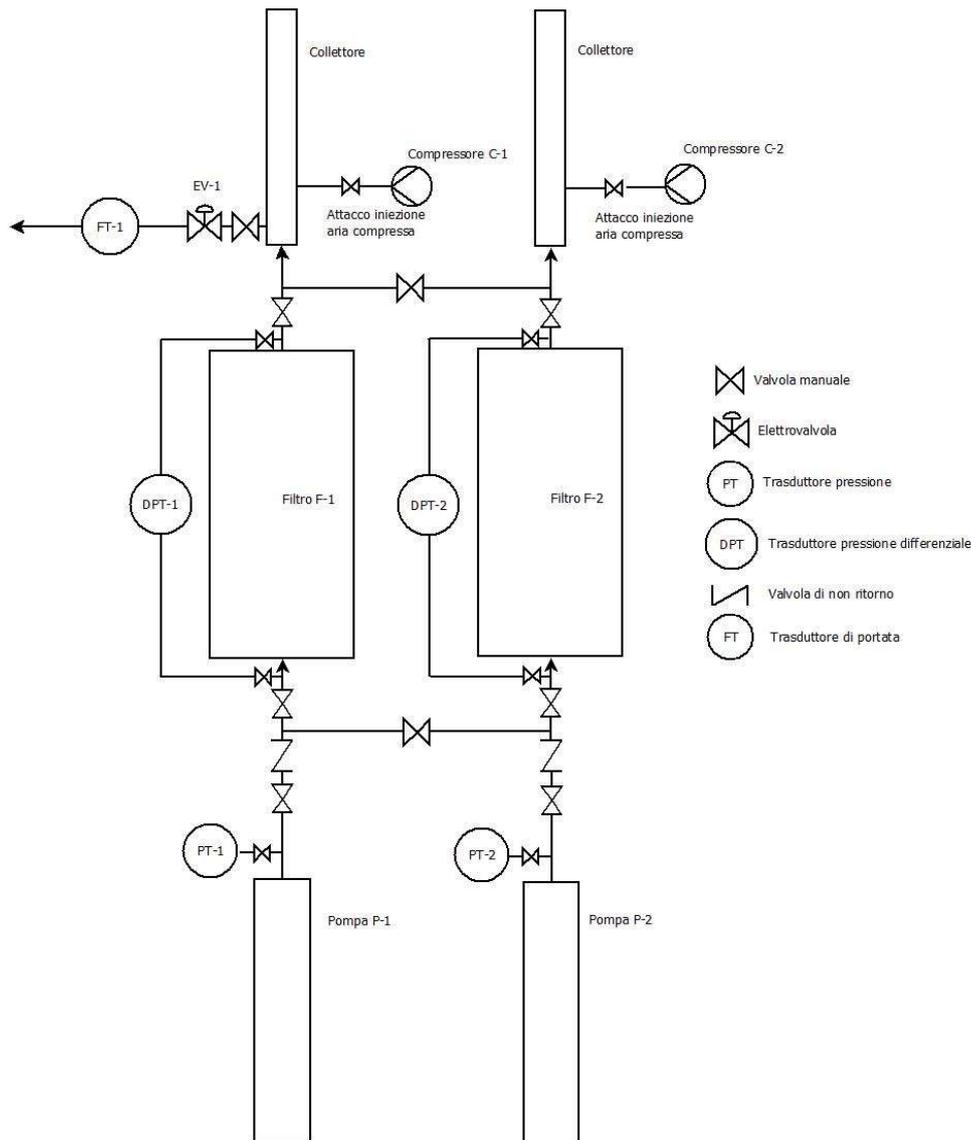


Fig. 2 – P&ID dell’impianto dimostrativo in scala industriale di Cervia.

Le attività di monitoraggio hanno coperto un arco temporale di 15 mesi, e si sono concluse a settembre 2020. Il piano di monitoraggio ha compreso rilievi batimetrici dell’area interessata dall’azione degli eiettori e dei relativi scarichi, campionamento di sedimenti, valutazione dell’impatto su flora e fauna marina, misura del rumore sottomarino eventualmente prodotto dall’impianto. Tutte le azioni di monitoraggio hanno confermato come l’impianto abbia garantito la navigabilità nel periodo di funzionamento [5] producendo un impatto sostanzialmente nullo sull’ambiente sottomarino [6], mentre per quanto riguarda le emissioni in aria, queste possono essere minimizzate impiegando energia elettrica generata a partire da fonti rinnovabili locali, o certificata come verde [7].

2.5 L’applicazione in un cantiere navale

Una ulteriore applicazione della tecnologia è stata realizzata a Cattolica, presso il cantiere navale GAM. L’impianto (Figura 3), costituito da due soli eiettori alimentati in maniera indipendente da due pompe sommerse, protegge dall’interramento il bacino di varo del cantiere navale, soggetto alle piene del Tavollo, che si integra con il Porto Canale di Cattolica. In questo caso, i dispositivi operano su di un sedimento di matrice prevalentemente limo-argilloso, contrariamente a quanto avvenuto in passato e nell’impianto di Cervia, in cui il sedimento è costituito quasi esclusivamente da sabbia. L’impianto è entrato in funzione ad agosto 2018. I risultati [8] mostrano come sia stato garantito il mantenimento

del fondale presente all'avviamento dell'impianto; allo stesso modo, i rilievi batimetrici effettuati non evidenziano criticità nella zona di scarico dei dispositivi.

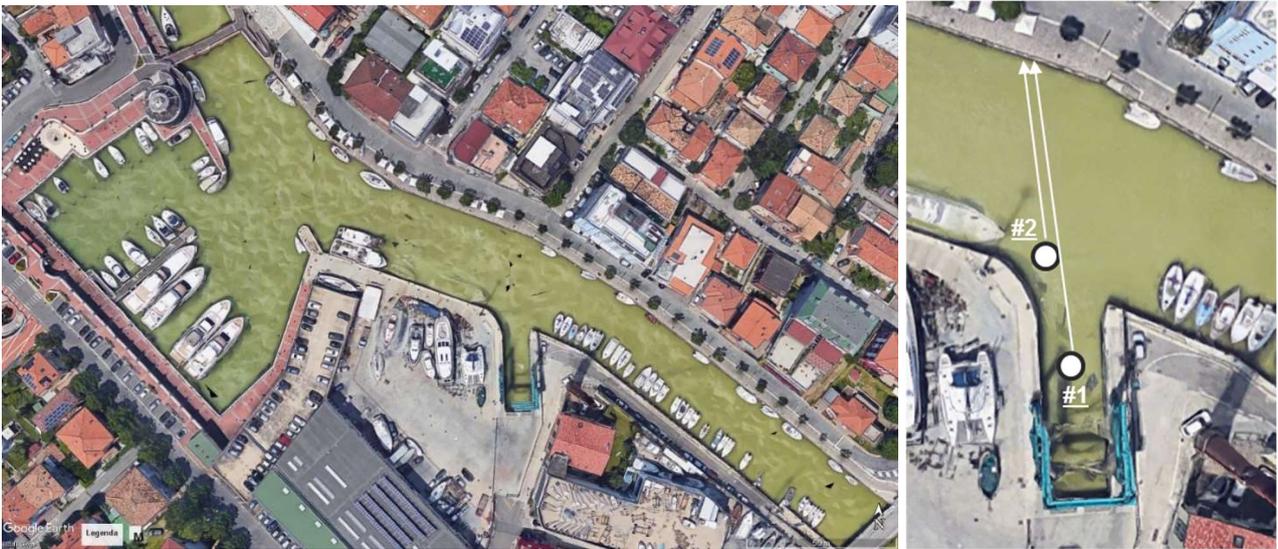


Fig. 3 – Vista dall'alto del cantiere navale GAM di Cattolica e particolare del bacino di alaggio. I cerchi in bianco indicano la posizione degli eiettori, le frecce bianche le tubazioni di scarico.

3. Conclusioni

L'impianto di rimodellamento dei fondali basato sul principio degli eiettori rappresenta una alternativa sostenibile al dragaggio nelle operazioni di manutenzione ordinaria di gestione dei sedimenti in ambito portuale. Il monitoraggio del funzionamento degli impianti realizzati recentemente (Cervia e Cattolica) è stato fondamentale per dimostrare i) la sostenibilità economica della soluzione (in particolare, relativamente ai costi operativi e di manutenzione) e ii) gli impatti (nulli o quasi) sull'ecosistema marino.

Bibliografia

- [1] **Amati G., Saccani C.**, *Impianto sperimentale per il desabbiamento dei fondali nelle aree portuali*, Atti del XXXII Convegno Nazionale "Ingegneria e Impiantistica Italiana", ANIMP- OICE, ANIMA-UAMI, Rimini, 6-7 ottobre 2005.
- [2] **Bianchini A., Pellegrini M., Saccani C.**, *Zero environmental impact plant for seabed maintenance*, Atti del IV Simposio Internazionale sulla Gestione dei Sedimenti, 17-19 Settembre 2014, Ferrara, Italia.
- [3] **Pellegrini M., Saccani C.**, *Laboratory and field tests on photo-electric probes and ultrasonic Doppler flow switch for remote control of turbidity and flowrate of a water-sand mixture flow*, Proceedings of the XXIV AIVELA National Meeting, IOP Journal of Physics Conference Series, vol. 882:012008, 2017.
- [4] **Pellegrini M., Abbiati M., Bianchini A., Colangelo M., Guzzini A., Mikac B., Ponti M., Preda G., Saccani C., Willemsen A.**, *Sustainable sediment management in coastal infrastructures through an innovative technology: preliminary results of the MARINAPLAN PLUS LIFE project*, Journal of Soils and Sediments, vol. 20, pag. 2685-2696, 2020.
- [5] **Pellegrini M., Aghakhani A., Gaeta M.G., Archetti R., Guzzini A., Saccani C.**, *Effectiveness assessment of an innovative ejectors plant for port sediment management*, Journal of Marine Science and Engineering, vol. 9, art. n. 197, 2021.
- [6] **Mikac B., Abbiati M., Adda M., Colangelo M.A., Desiderato A., Pellegrini M., Saccani C., Turicchia E., Ponti M.**, *The environmental effects of the innovative ejectors technology for the*

eco-friendly sediment management in harbours, Journal of Marine Science and Engineering, vol. 10, n. 2, pag. 182, 2022.

- [7] **Pellegrini M., Preda G., Mikac B., Ponti M., Saccani C., Aghakhani A., Abbiati M., Colangelo M.A.**, *LIFE MARINAPLAN PLUS project: sustainable marine and coastal seabed management*, Terra et Aqua, vol. 162, pag. 28-39, 2021.
- [8] **Pellegrini M., Preda G., Saccani C.**, *Application of an innovative jet pump system for the sediment management in a port channel: techno-economic assessment based on experimental measurements*, Journal of Marine Science and Engineering, vol. 8, art. num. 686, 2020.