

Progetto - Projet

GEREMIA - Gestione dei reflui per il miglioramento delle acque portuali

PRODOTTO T3.1.1: REPORT STATO QUALITÀ DELLE ACQUE PORTUALI - V

LIVRABLE T3.1.1: RAPPORT QUALITÉ DE L'EAU DU PORT - V

Partner responsabile - Partner responsable :Università di Genova

Partner contributori – Partenaires contributeurs :Servizi Ecologici Porto di Genova, Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Orientale, Université de Toulon, Istituto Superiore per la Protezione e Ricerca Ambientale, Istituto per lo studio degli impatti Antropici e Sostenibilità ambiente marino.

Nome del prodotto	Redatto da:	Verificato da:	Validato da:
T3.1.1 - Report stato qualità delle acque portuali - V	Simone Simeone, Alberto Ribotti (IAS)	Anna Reboa, Laura Cutroneo (UNIGE)	Giovanni Besio, Marco Capello (UNIGE)

Descrizione del Prodotto: Per ogni porto coinvolto nel Progetto è stilato un rapporto sulla presenza di reflui e scarichi all'interno dei bacini e sulla qualità delle acque in base ai dati di monitoraggi pregressi raccolti. In questo report sono stati descritti: il Porto di Olbia, la posizione e la tipologia dei principali scarichi che in esso afferiscono. Inoltre, sono stati riportati alcuni dati di campagne di monitoraggio precedenti.

Description du livrable: Un rapport est établi pour chaque port du Projet sur la présence d'eaux usées et de rejets dans les bassins et sur la qualité de l'eau, sur la base des données de surveillance précédentes recueillies. Ce rapport décrit : le Port d'Olbia, la position et la typologie des principaux rejets dans le port. En outre, certaines données des campagnes de surveillance précédentes ont été rapportées.

Indice / Sommaire

1 Porto di Olbia	1
1.1 Descrizione del Porto di Olbia e censimento scarichi presenti	1
1.2 Risultati del monitoraggio delle acque portuali	9
1.3 Indicazioni da lavori preesistenti	13
2. Bibliografia	17
1 Port d'Olbia.....	20
1.1 Description du Port d'Olbia et recensement des rejets présents.....	20
1.2 Résultats de la surveillance des eaux portuaires.....	28
1.3 Indications sur les travaux existants.....	29
2. Bibliographie.....	33

1 Porto di Olbia

1.1 Descrizione del Porto di Olbia e censimento scarichi presenti

Il Porto di Olbia si trova nell'omonimo Golfo, che è delimitato a Nord dal Capo Figari ed a Sud dal Capo Ceraso. Il Porto si sviluppa, infatti, all'interno di una Profonda RIAS costiera con un'apertura di circa 200 m e una lunghezza di circa 5 km (Fig. 1).



Fig.1: Area Portuale di Olbia.

La morfologia a RIAS è una morfologia costiera caratterizzata da insenature profonde originate da antiche valli fluviali, invase dal mare durante le fasi di risalita degli ultimi 10.000 anni. Il Porto di Olbia si inserisce nel Sistema portuale di Olbia – Golfo Aranci e vi si identificano due scali principali:

- Porto Commerciale di Olbia – Isola Bianca
- Porto Industriale di Olbia – Scalo Cocciani

Nel primo si registrano perlopiù traffici Ro-Ro e passeggeri, mentre nel secondo vengono principalmente movimentate merci trasportate su navi tipo General Cargo. Il sistema Portuale di Olbia si estende per circa 4.926.000 m² di cui circa 216.900 m² a terra (Dati Autorità Portuale, 2015). Dati risalenti al 2015 individuano 11 banchine, di cui 9 localizzate allo scalo Isola Bianca e 2 allo scalo Cocciani.

Lo scalo Isola Bianca prevede accosti per le navi Ro Ro, passeggeri e merci, mentre allo scalo Cocciani (Porto Industriale) sono presenti accosti per navi cargo. Inoltre, più internamente nel tessuto cittadino, sono presenti i moli Brin e Molo Vecchio destinati prevalentemente all'ambito commerciale. Nei porticcioli turistici si individuano 5 concessioni (dato 2105): Marina di Olbia (Isola del Cavallo), ACLI, Circolo Nautico Olbia, Lega Navale Italiana e Nuova Stemasub.

All'interno della RIAS che ospita il Porto di Olbia sono presenti estesi spazi di specchio acqueo utilizzati per la mitilicoltura (Fig. 2). Tale attività è presente all'interno del Golfo Di Olbia dagli inizi del 1900. Nella relazione redatta per l'Autorità Portuale di Olbia nel 2008 (Navone et al., 2008) si riscontra una sofferenza del comparto mitilicoltura, indicando come nel 2008 gli ettari occupati da tali impianti siano calati a un numero di circa 100 in confronto ai 223 presenti negli anni '70. Tra le cause si individuano problematiche di carattere ambientale, in particolare l'eutrofizzazione, l'infangamento e le tossine algali. La relazione citata identifica quindi come aree critiche quelle in vicinanza delle foci fluviali e gli spazi di manovra delle navi.

La qualità delle acque, fino al 2007, è risultata abbastanza compromessa. Infatti, dalla relazione sulla qualità delle acque realizzata dall'Università di Sassari, si evidenzia come, fino al 2007, il sistema portuale di Olbia fosse caratterizzato da forte eutrofizzazione, con ripercussioni importanti sull'aspetto dell'acqua che presentava elevata torbidità. La stessa relazione indica un mutamento della situazione a partire dal 2007. Infatti, durante tale anno, l'adduzione dei reflui di Olbia è stata allacciata al nuovo depuratore e questo ha spostato il punto di scarico, dalla parte interna dell'area alle vicinanze della foce del fiume Padrongianus. Il documento evidenzia un dimezzamento delle concentrazioni ma un aumento ed aggravamento delle

condizioni trofiche delle acque portuali (Sechi et al., 2008). Tale relazione identifica come critiche le due anse interne della Rias di Olbia.



Fig. 2: In verde le aree (indicative e senza nessuna valenza giuridica) in cui sono presenti filari di cozze. I limiti sono stati tracciati da foto aerea e servono unicamente per indicare in quali aree della rias si possono trovare i filari di cozze.

All'interno del Comune di Olbia sono presenti due depuratori per il trattamento delle acque reflue la cui posizione è mostrata in Fig. 3, nonché un impianto per il trattamento dei reflui provenienti dall'aeroporto.

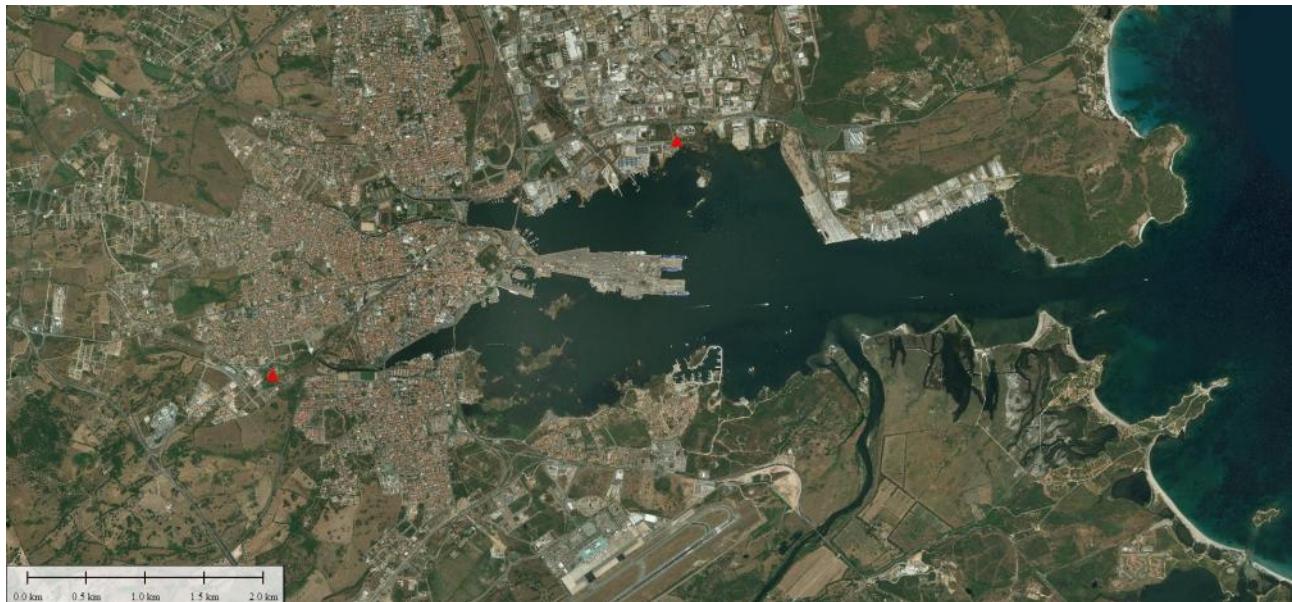


Fig. 3: Posizione dei depuratori all'interno della Rias di Olbia (Geoportale Regione Sardegna).

Attualmente l'unico direttamente punto di scarico diretto nel Golfo di Olbia è quello dell'Impianto CIPNES, dimensionato per 45000 abitanti equivalenti (prot. 2696 del 04.02.2019 Provincia di Sassari). Lo scarico dell'impianto è localizzato nel settore nord della baia, tra l'area industriale e il Pontile Isola Bianca.

Esiste comunque tutta una serie di piccoli scarichi autorizzati (spesso su ordinanze sindacali) delle quali si mostra una mappa qui sotto (Fig. 4). Il CEDOC (Centro Documentazione dei Bacini Idrografici) della Regione Sardegna ha catalogato tutti gli scarichi presenti nell'abitato di Olbia, sia di natura urbana che scarichi con tipologia non rilevata. In Fig. 4 è riportato un estratto della mappa degli scarichi presenti nel territorio di Olbia, in prossimità del Porto.

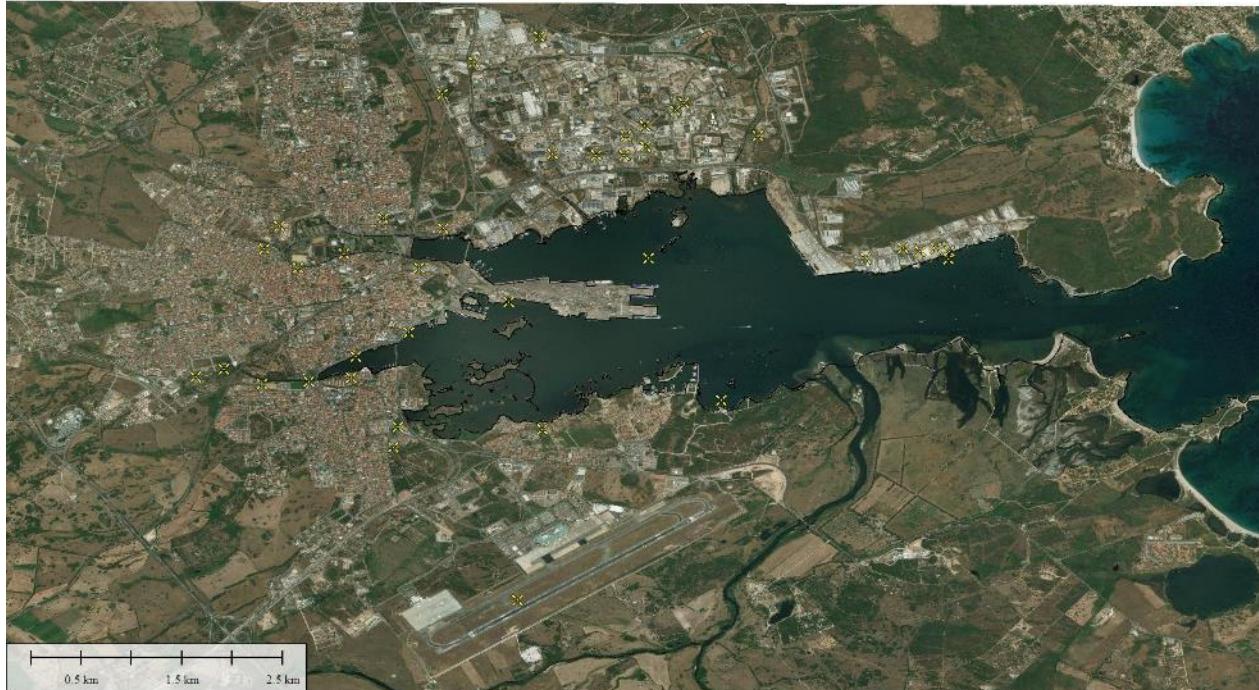


Fig. 4: Scarichi vari, puntini gialli, (reflui urbani ed industriali e tipologie non rilevate) (Dati CEDOC Regione Sardegna).

Le acque del Porto di Olbia sono, inoltre, influenzate dai numerosi fiumi e torrenti che sfociano all'interno della RIAS stessa, di cui 4 corsi d'acqua minori e il Fiume Padronganus (Fig. 4), dove quest'ultimo ha una lunghezza dell'asta fluviale di circa 15 km ed un bacino di circa 450 km² (Fig. 5). Nel Fiume Padronganus finiscono le acque reflue di due ulteriori impianti di depurazione che sono: l'Impianto di acque reflue urbane del Comune di Olbia, sito in loc. Sa Coronedda, e l'impianto di depurazione di acque reflue urbane a servizio dell'aeroporto Costa Smeralda.



Fig. 5: Posizione delle Foci Fluviali all'interno della Rias di Olbia (Geoportale Regione Sardegna).

Il porto di Olbia, inoltre, ospita una delle Grandi Aree Industriali della Regione Sardegna, che occupa il settore settentrionale nella zona di Cala Saccia ed è mostrato in Fig. 6-7.

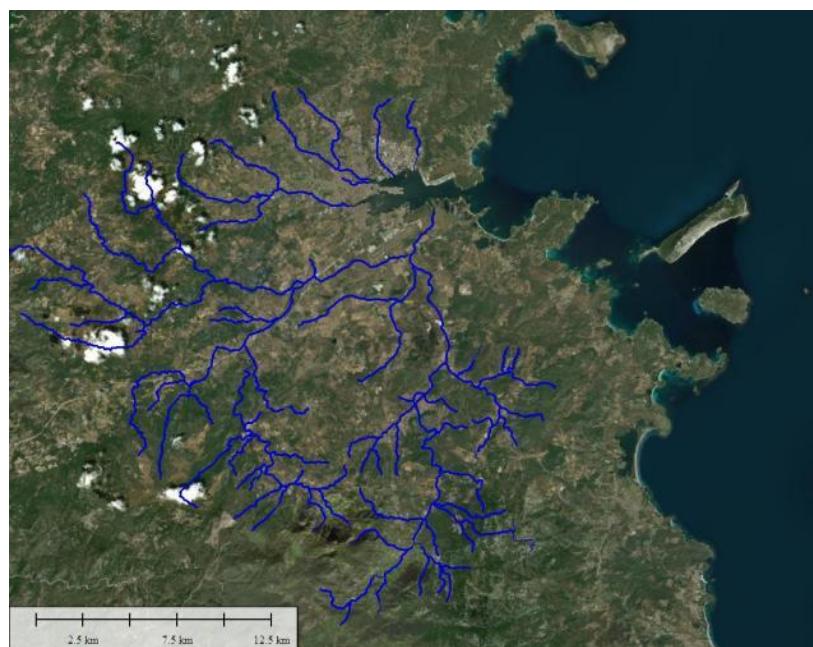


Fig. 6: Aste fluviali dei corsi d'acqua che sfociano nella Rias di Olbia (GEoportale Regione Sardegna).

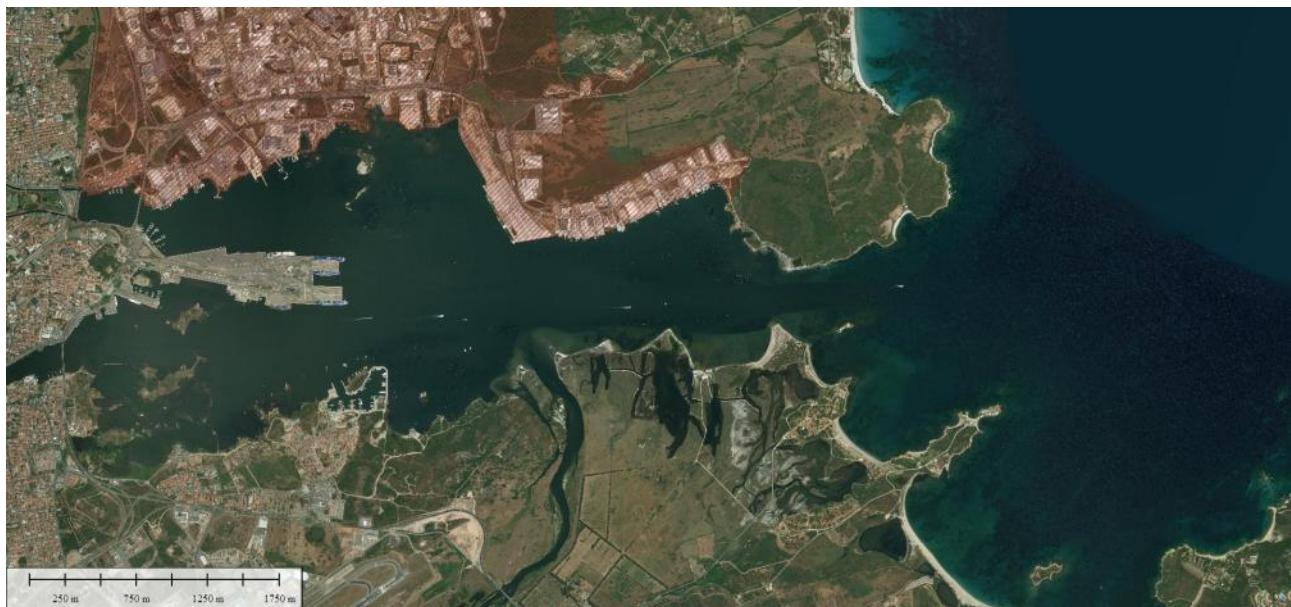


Fig. 7: Area Industriale del Porto di Olbia (Geoportale Regione Sardegna).

Infine, all'interno della Rias di Olbia si trova il Parco Fluviale del Padronganus, che occupa la foce dell'omonimo fiume (Fig. 8).

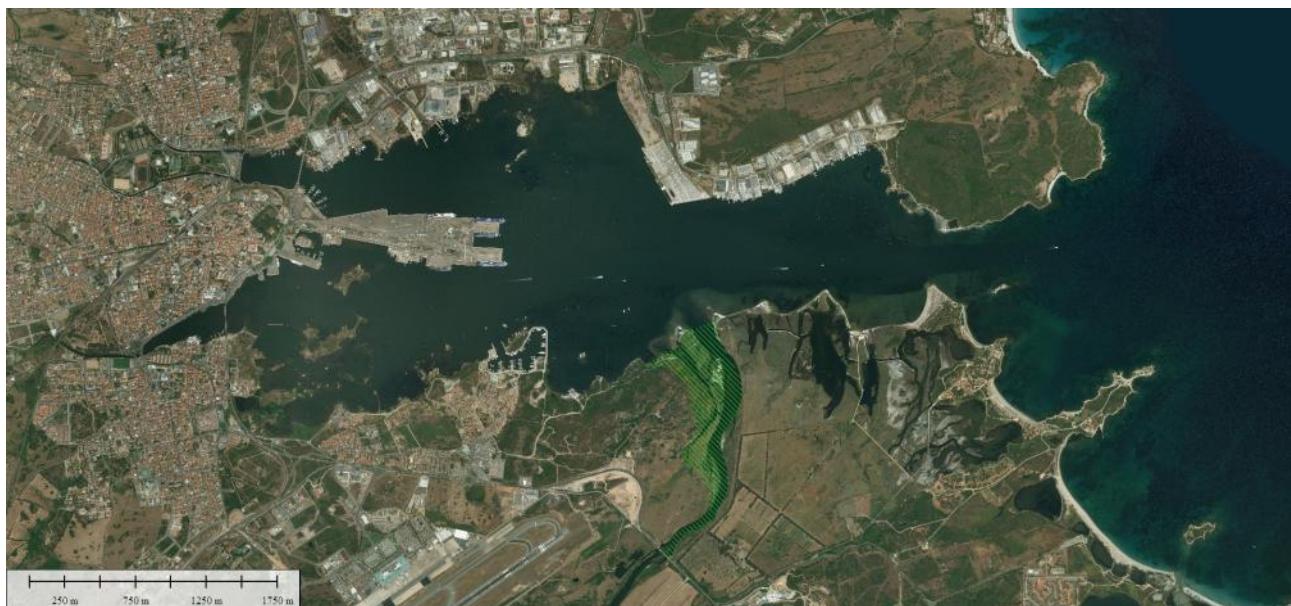


Fig. 8: Area del Parco Fluviale del Padronganus (Geoportale Regione Sardegna).

Da uno studio svolto per la redazione del nuovo piano regolatore del Porto, eseguito dalla società PRAGMA e messo a disposizione dall'Autorità Portuale vengono indicati le principali biocenosi del fondo marino del Porto di Olbia, di seguito illustrate nelle Fig. 9a e 9b.

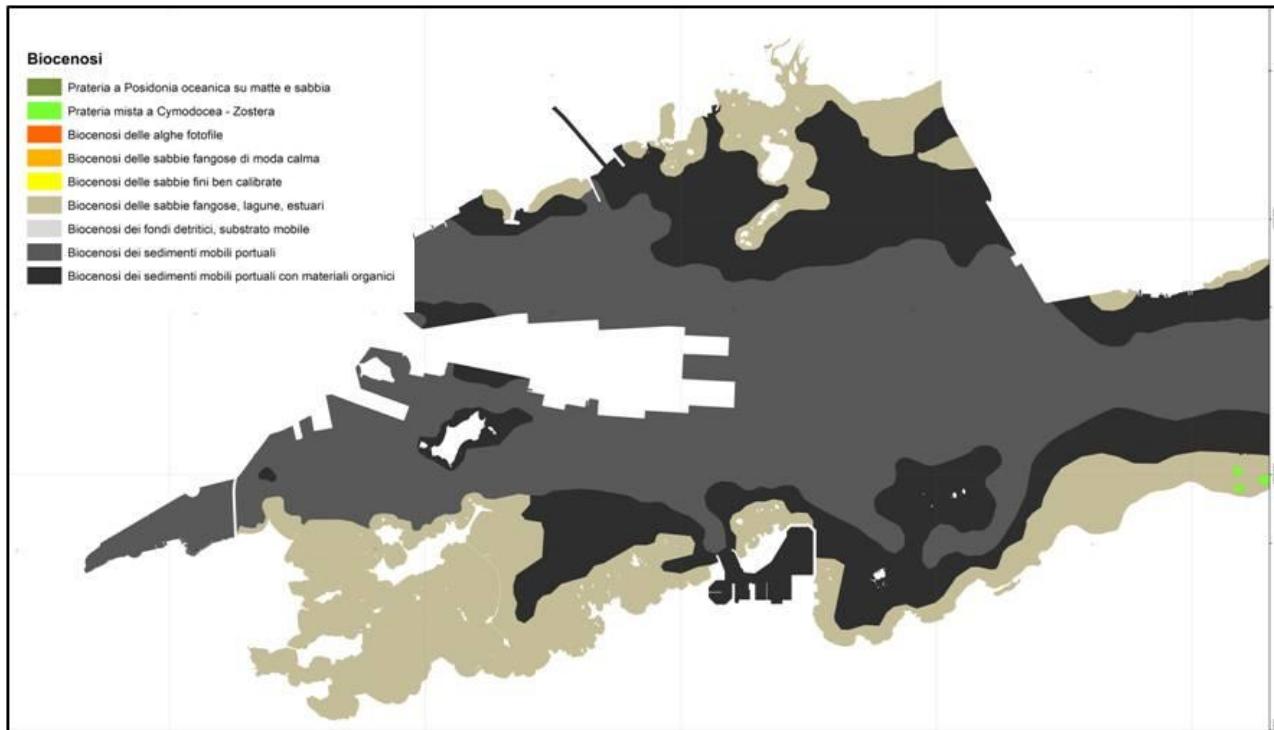


Fig. 9a: Biocenosi del fondo marino del porto di Olbia, parte interna (Autorità Portuale 2008).

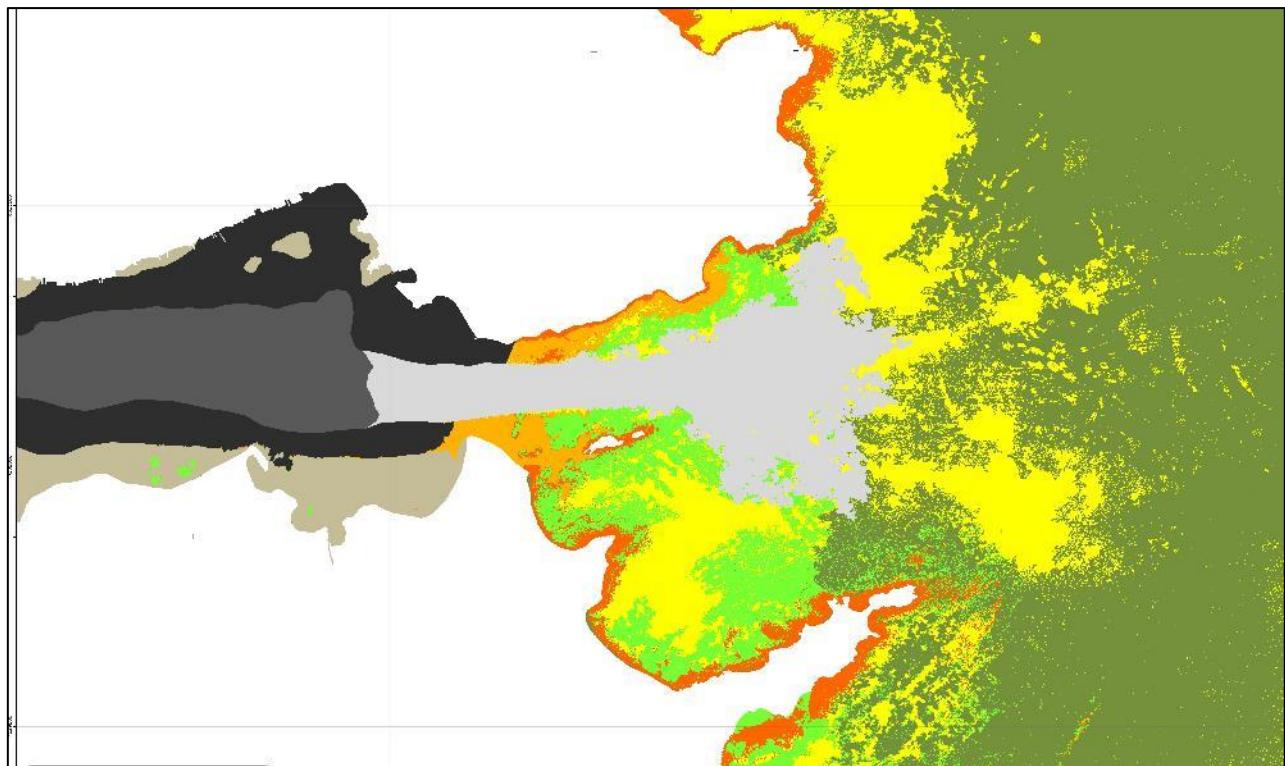


Fig. 9b: Biocenosi del fondo marino del porto di Olbia, parte esterna (Autorità Portuale 2008).

Dalle varie relazioni presenti sul porto di Olbia, in particolare quelle che riguardano il Nuovo Piano Regolatore del Porto dell'anno 2008, si evidenzia come, all'interno dell'area in questione, il tempo di ricambio valutato su base lagrangiana sia compreso tra 8 e 14 giorni, e come nelle aree più interne del porto sia presente un certo ristagno delle masse d'acqua, in particolare nella porzione a Nord del pontile Isola Bianca.

1.2 Risultati del monitoraggio delle acque portuali

Il porto di Olbia è stato oggetto di alcune campagne di monitoraggio. Nel maggio 2006 il progetto MONIQUA (Interreg III) ha previsto una campagna di misura della qualità delle acque in varie località della Sardegna e fra queste era ricompreso il porto di Olbia. In Fig. 10 le stazioni di monitoraggio relative al progetto MONIQUA.

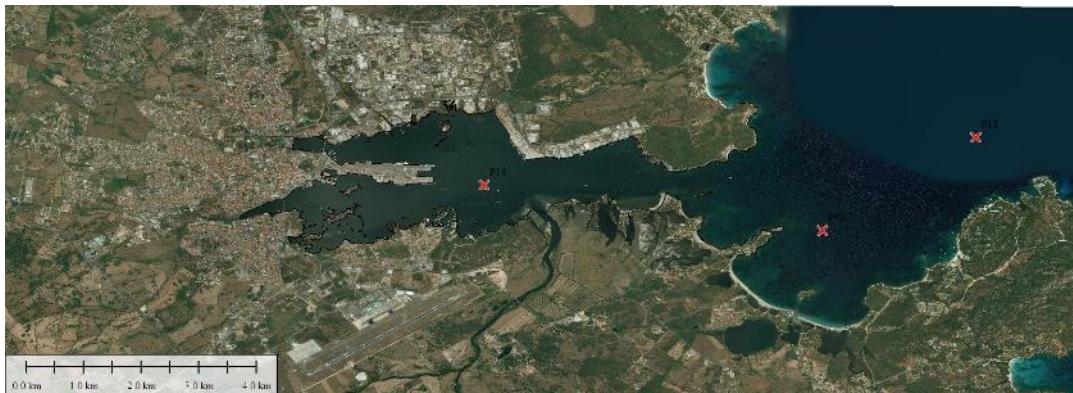


Fig. 10: Stazioni di campionamento del progetto Moniqua.

Di seguito gli estratti, sotto forma di Tabella dei parametri rilevati durante quella campagna di rilievo.

STAZIONE/station P12						
Prof	Temp	pH	Ossig. % Sat.	Ossig. ml/l	Sal PSU	Fluor/clorof. ug/l
M	°C		% Sat.	ml/l	PSU	ug/l
1	17,51	8,22	101,57	5,41	37,96	0,27
2	17,48	8,22	101,82	5,43	37,97	0,26
3	17,43	8,22	102,11	5,45	37,99	0,26
4	17,27	8,22	101,85	5,45	38,07	0,25
5	17,21	8,22	101,68	5,44	38,14	0,24
6	16,83	8,23	100,59	5,42	38,25	0,24
7	16,27	8,23	99,15	5,40	38,36	0,23
8	16,01	8,23	98,14	5,37	38,38	0,22
9	15,82	8,23	97,40	5,35	38,39	0,20
10	15,52	8,23	96,55	5,33	38,41	0,19
11	15,38	8,23	96,19	5,33	38,34	0,18
12	15,37	8,23	96,38	5,34	38,30	0,17



Interreg



UNION EUROPÉENNE
UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Prodotto n. T3.1.1 - V

STAZIONE/ station P13

Prof	Temp	pH	Ossig.	Ossig.	Sal	Fluor/clorof.
M	°C		% Sat.	ml/l	PSU	ug/l
1	17,60	8,22	97,68	5,20	37,97	0,25
2	17,57	8,22	97,21	5,17	37,98	0,26
3	17,55	8,22	97,27	5,18	37,99	0,27
4	17,54	8,22	97,03	5,17	38,00	0,28
5	17,34	8,22	97,03	5,18	38,09	0,29
6	17,28	8,22	98,34	5,26	38,14	0,29
7	16,93	8,23	99,59	5,36	38,23	0,27
8	16,59	8,23	100,74	5,45	38,27	0,25
9	16,30	8,23	101,06	5,50	38,30	0,23
10	16,04	8,23	100,73	5,51	38,31	0,21
11	15,94	8,23	100,04	5,48	38,31	0,20
12	15,73	8,23	99,23	5,46	38,34	0,18

STAZIONE/station P14

Prof	Temp	pH	Ossig.	Ossig.	Sal	Fluor/clorof.
M	°C		% Sat.	ml/l	PSU	ug/l
1	18,77	8,24	92,09	4,82	37,21	1,07
2	18,68	8,24	92,32	4,83	37,28	1,08
3	18,43	8,24	92,35	4,85	37,40	1,10
4	18,07	8,24	91,91	4,86	37,59	1,13
5	17,83	8,24	91,71	4,87	37,64	1,16
6	17,58	8,25	91,63	4,88	37,73	1,12
7	17,42	8,25	91,81	4,91	37,78	1,07
8	17,24	8,24	92,31	4,95	37,88	1,02
9	16,96	8,24	92,06	4,96	38,03	0,96
10	16,88	8,24	91,95	4,96	38,10	0,90
11	16,66	8,24	91,72	4,96	38,17	0,83

In sintesi, si evidenzia come per l'ossigeno dissolto gli andamenti nella stazione P14 si discostino dalle altre due stazioni con concentrazioni medie nel profilo intorno al 92%, mentre in P12 e P13 tale valore sale fino al 101%. Fluorescenza superficiale: anche per questo parametro i dati rilevati nella stazione P14 si discostano dagli andamenti generali ($0.2 \mu\text{g L}^{-1}$) in quanto già in superficie le concentrazioni sono prossime ad $1 \mu\text{g L}^{-1}$. Durante la stessa campagna di monitoraggio è stata rilevata anche la trasparenza con il disco sechi evidenziando come i valori minimi di trasparenza sono stati registrati nella stazione del porto di Olbia (P14), intorno ai 5m. Inoltre, L'università di Sassari ha svolto a più riprese dei rilievi lungo la colonna d'acqua all'interno del porto di Olbia. La prima indagine è del 1986-1987 considerando 7 stazioni posizionate nel Porto Romano (1), Molo Brin (2), Isola Bianca (3), secca di mezzo camino (4) foce Padrongianus (5), cala Saccaia/Cocciani (6), esterno Imboccatura (7).

Dagli studi citati è emerso come la parte interna della Rias di Olbia, in particolare per le stazioni 1 e 2 un livello trofico elevato (eutrofia) e un livello mesotrofico per le altre stazioni ad eccezione dell'esterno della Rias dove si il livello trofico era oligotrofo (Relazione sulla qualità delle acque Autorità Portuale, 2008). Nel 2001 e fino al 2006 l'Università di Sassari inizia un monitoraggio all'interno della rias di Olbia. Le stazioni sono 3 una in Prossimità dell'Isola Cavallo, in prossimità del Porto Turistico (lato sud Rias), una in prossimità di Saccaia/Cocciani e una esterna alla Rias. La campagna evidenzia come la salinità nella parte esterna sia stabile a circa 37.5 %0 mentre all'interno della Rias passi da circa il 38 %0 nel 2001 a circa 35%0 nel 2006. Il pH invece passa da valori prossimi a 8.3 per tutte le stazioni nel 2001 a valori di circa 8.2 per tutte le stazioni nel 2006.

L'azoto ammoniacale è assente nella stazione esterna, mentre appare importante la sua presenza all'interno del Golfo (Relazione sulla qualità delle acque Autorità Portuale, 2008). L'azoto nitrico aumenta dal 2001 al 2006 raddoppiando la sua concentrazione nelle stazioni più interne. Il Fosforo, sia totale che in forma orto fosforica raggiunge un picco nel 2004 nelle due stazioni più interne.

La relazione dell'Università di Sassari, relativa agli anni 2001-2006 si conclude indicando come il livello trofico del Golfo Interno di Olbia sia abbastanza alto in quanto ci sono elevati contenuti

nutrizionali aumentati rispetto al biennio 86-87) e elevati valori di biomassa algale (inferiore rispetto al 86-87).

1.3 Indicazioni da lavori preesistenti

Non esistono molte pubblicazioni scientifiche recenti che descrivano lo stato delle acque all'interno dell' area portuale di Olbia. Olbia riceve la portata d' acqua del fiume Padronganus, che sfocia con un delta nella parte sud-orientale del porto, in prossimità del canale di collegamento con il Golfo di Olbia. Si tratta di un sito ad alto impatto, vista la presenza delle più importanti attività portuali sia passeggeri che di mitilicoltura della Sardegna. Entrambe queste attività influenzano fortemente i sedimenti del porto a causa dell'elevata turbolenza causata dal traffico pesante delle navi, dal movimento continuo dei palangari delle cozze e dalla deposizione dei rifiuti dei molluschi (cioè prodotti metabolici e conchiglie).

Tra le più significative e recenti c'è Lodola et al. (2012) che descrive i risultati di un'indagine sistematica nei porti di La Spezia e Olbia del 2010 con l'obiettivo di studiare le specie aliene nei porti commerciali italiani che ha rivelato la presenza di *Tricellaria inopinata*, un bryozoan cheilostoma alieno invasivo di origine del Pacifico, introdotto per la prima volta in Europa nella Laguna di Venezia (Italia) nel 1982. Il suo ritrovamento in questi due porti nel 2010 rappresenta il primo record di specie rispettivamente nel Mar Ligure e nel Mar Tirreno centro-occidentale, generalmente a causa di attività di acquacoltura e alla navigazione.

La presenza di specie invasive all'interno dell'area portuale era stata individuata anche da Doneddu e Albano (2012) e da Barbieri et al. (2011).

I primi hanno segnalato il primo record di *Eastonia rugosa* in Sardegna, le cui valve e individui vivi sono stati trovati in prossimità del delta del Rio Padronganus, nella parte sudorientale del porto di Olbia. Anche loro non escludono che abbia raggiunto questa località per mezzo di mezzi antropici.

I secondi hanno registrato, in un sito interno, la presenza della cozza pigmeo invasiva *Xenostrobus securis*, originaria dell' Australia meridionale e della Nuova Zelanda, ma nota anche nel Mare Adriatico settentrionale e nella Francia meridionale. È una specie

ecologicamente importante in quanto altera pesantemente le comunità bentoniche preesistenti.

Satta et al. (2010) ha condotto studi su assemblaggi di cisti dinoflagellate in aree semichiuse del Mare Mediterraneo occidentale soggette ad alto impatto umano come il porto di Olbia. Le carote di sedimenti sono state prelevate da otto (ottobre 2006) e dieci (maggio 2007) stazioni di Olbia. Dei morfotipi trovati nei sedimenti raccolti, alcuni sono stati identificati a livello di specie, rappresentando 10 generi. Le cisti più comuni erano quelle di *Scrippsiella trochoidea*, *Scrippsiella sp. 2*, *Gymnodiniales tipo 1* e *Scrippsiella precaria*. Alcuni morfotipi non erano stati precedentemente descritti in letteratura. A Olbia è stata registrata una maggiore abbondanza di cisti in stazioni di campionamento più ristrette. Le *Peridiniales calcareae*, appartenenti al genere *Scrippsiella*, hanno dominato gli assemblaggi cistici, mentre in alcune stazioni sono stati determinati numeri più elevati di *Gymnodiniales* (Olbia). Sono state rilevate anche cisti delle specie tossiche *Alexandrium minutum* e *A. catenella / tamarensis*. Il peridinio quinquecorne è stato recuperato nei sedimenti e le cisti di questa specie erano presenti ad alta densità e sono state rilevate anche in sedimenti profondi. Specie come *Pentapharsodinium cf. tyrrhenicum*, *Scrippsiella crystallina*, *S. lachrymosa*, *S. precaria*, *S. trochoidea*, *Protoperidinium avellanum*, *P. claudicans*, *P. compressum*, *P. conicum*, *P. cf. minutum*, *P. oblongum*, *P. pentagonum*, *P. subinerme* e *Zygapikodinium lenticulatum* non sono stati rilevati come stadi mobili del porto.

Pochi lavori scientifici sono stati portati avanti, e quindi indagini per quanto di nostra conoscenza, sulle zone costiere della Sardegna nord-orientale, ed in particolare sugli inquinanti presenti nei sedimenti e nelle acque del porto di Olbia.

Il più recente trovato è stato realizzato nel 2005. De Luca et al. (2005) hanno studiato la natura, l'origine e la distribuzione degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) dell'EPA statunitense nei sedimenti del porto di Olbia tramite gaschromatografia/spettrometria di massa (GCMS). Le concentrazioni di IPA nei sedimenti (Σ PAH) variavano da 0,16 a 0,77 $\mu\text{g g}^{-1}$, indicavano un livello di inquinamento omogeneo basso. Gli autori hanno dimostrato una prevalenza piuttosto eccezionale di IPA a basso peso molecolare: quasi l'80% degli Σ PAH includeva naftalene (15,19%) e fenantrene (64,47%) con i composti cancerogeni presenti in concentrazioni molto basse (BaP, BkF, BaA e DBA) o trascurabili (BbF e Inp). Come indicato dal rapporto molare

Phen/Ant, la principale fonte di IPA è petrogenica, probabilmente a causa delle fuoriuscite di petrolio dalle navi e infatti il rapporto peso molecolare basso/alto (compreso tra 1,2 e 26) distingue i sedimenti del porto turistico da quelli del porto commerciale/industriale. Inoltre, un lieve ma significativo contributo pirolitico all'inquinamento è stato riscontrato nel porto turistico, che presenta i sedimenti più inquinati dell'intero porto. Infine, sono state trovate buone correlazioni lineari tra un IPA selezionato (Phen e Naph) e somme selezionate di IPA (cioè la quantità totale degli altri 15 EPA statunitensi e la somma degli IPA a basso peso molecolare). Nel 1991 Schintu et al. descrivono un'indagine, avvenuta nel 1988, condotta per misurare la concentrazione di oligoelementi selezionati nei sedimenti del porto da campioni sono stati raccolti in 14 stazioni di campionamento mostrate in Fig. 11.

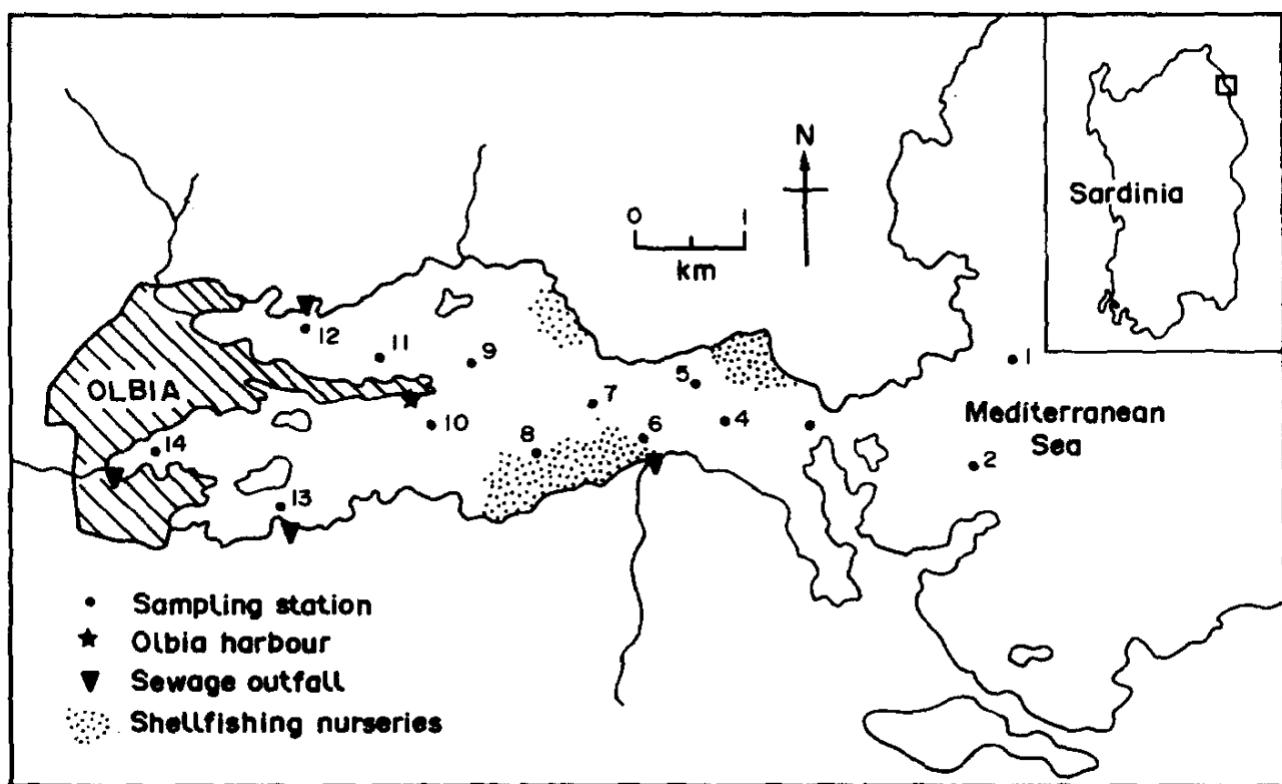


Fig. 11: Le stazioni di campionamento, le foci dei corsi d'acqua (*sewage outfall*) e le aree di miticoltura (*shellfishing nurseries*). Da Schintu et al. (1991).

Le analisi descritte mostrano la presenza di concentrazioni di metalli pesanti nei sedimenti del porto, come di seguito indicato, secondo intervalli:

Cu: 2-38 ~ $\mu\text{g g}^{-1}$;

Pb: 0.5-56 ~ $\mu\text{g g}^{-1}$;

Cd: 0.2-10.5 ~ $\mu\text{g g}^{-1}$;

Zn: 14-153 $\mu\text{g g}^{-1}$;

Cr: 3-27 $\mu\text{g g}^{-1}$;

Fe: 1.3-25 mg g^{-1} ;

Mn: 0.5-3.3 mg g^{-1}

I risultati mostravano che concentrazioni più elevate di piombo, cadmio e zinco erano state riscontrate nelle carote di sedimenti prelevate vicino al molo del porto di Olbia (punti 9 e 10 di Fig. 11) e davanti all'industria conserviera (punto 11 di Fig. 11). Significative concentrazioni di cadmio e piombo sono state riscontrate anche nei sedimenti prelevati nelle zone influenzate dallo scarico di liquami domestici non trattati (punti 6, 12, 13 di Fig. 11). Il livello del metallo diminuiva passando dal porto al mare aperto, indicando un ingresso antropogenico all'area portuale.

I dati mostrano che l'accumulo di metallo è fortemente influenzato dalla litologia, infatti, essendo il limo e gli strati di sabbia limosa ricchi di sostanze organiche, queste hanno mostrato la più alta capacità di accumulare metalli pesanti. Perché strati ricchi di sostanze organiche erano per lo più presenti nelle parti più profonde delle carote, i sedimenti superficiali (0-3 cm) mostravano un minore contenuto di metalli. Nelle zone che risultavano essere meno contaminate, le carote di sedimenti erano costituite da sabbia grossolana nello strato superficiale e di sabbia fine o limosa al di sotto.

Partendo dal lavoro di Schintu et al. (1991), anche Marra et al. (2020), in una recentissima pubblicazione, ha effettuato misure sui metalli pesanti all'interno del porto di Olbia, trovando in due siti molo Isola Bianca (OL2) e foce Padrongianus (OL3) i seguenti valori:

per OL2 (Pb 71 ng L^{-1} , p = 0,005; Cd 9,9 ng L^{-1} ; Cu 579 ng L^{-1} , p = 0,006; e Ni 321 ng L^{-1} , p < 0,001), mentre per OL3 (Pb 29 ng L^{-1} ; Cd 24 ng L^{-1} , p = 0,0008; Cu 876 ng L^{-1} , p = 0,002; e Ni 208 ng L^{-1} , p = 0,010).

In linea di principio, ci si dovrebbe aspettare una diminuzione verso l'esterno delle concentrazioni di metallo, poiché OL2 si trova più vicino alla bocca e quindi è influenzato dalla

miscelazione con acqua oceanica relativamente più pulita (come evidenziato ad esempio da Schintu et al., 1991). Questo era il caso di Cd e Cu, che presentavano concentrazioni più elevate a OL3 (Cd 24 ng L⁻¹, p = 0,028; e Cu 876 ng L⁻¹) rispetto a OL2. Inoltre, le concentrazioni relativamente elevate di DGT-Cu misurate a OL3 e OL2 mostravano i valori più alti per tutte le aree di campionamento. Questi valori sono stati spiegati dalla lisciviazione del Cu dalle vernici antivegetative utilizzate sugli scafi delle barche. In contrasto con i valori osservati per Cd e Cu, OL2 ha mostrato le più alte concentrazioni di Pb (71 ng L⁻¹ p = 0,014) e Ni (321 ng L⁻¹ p = 0,004). La stazione OL2 si trova alla foce del fiume Padronganus e l'importanza del fiume come fonte di questi metalli per l'ambiente non può essere ignorata (come indicato da Schintu et al., 1991).

2. Bibliografia

Autorità Portuale Nord Sardegna, 2015. Piano di gestione dei rifiuti prodotti dalle navi e dei residui di carico.

Barbieri, M., Maltagliati, F., Di Giuseppe, G., Cossu, P., Lardicci, C., Castelli, A. (2011). New records of the pygmy mussel Xenostrobus securis (Bivalvia: Mytilidae) in brackish-water biotopes of the western Mediterranean provide evidence of its invasive potential. Marine Biodiversity Records, 4, art. no. e48, DOI: 10.1017/S175526721100042X

Centro Documentazione Bacini Idrografici – CEDOC- Regione Sardegna
<http://82.85.20.58/sardegna/webapp/index.php>

De Girolamo, P., 2008. Autorità Portuale di Olbia e Golfo Aranci - Studio Idrodinamico.

De Luca Giuseppe, Furesi Antonio, Micera Giovanni, Panzanelli Angelo, Piu Paola Costantina, Pilo Maria Itria, Spano Nadia, Sanna Gavino (2005). Nature, distribution and origin of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the sediments of Olbia harbor (Northern Sardinia, Italy).

Marine Pollution Bulletin, Volume 50, Issue 11, Pages 1223-1232, doi:
10.1016/j.marpolbul.2005.04.021

Prodotto n. T3.1.1 - V

Doneddu, M., & Albano, P. (2012). First record of *Eastonia rugosa* in the Gulf of Olbia, north-eastern Sardinia, Italy. *Marine Biodiversity Records*, 5, E89. doi:10.1017/S1755267212000681

Geoportale Regione Sardegna <https://www.sardegnaegeoportale.it/>

ISPRA, 2009. Traffico marittimo e gestione ambientale nelle principali aree portuali nazionali. Rapporti 95/2009.

Lodola, A., Savini, D., Occhipinti-Ambrogi, A. (2012). First record of *Tricellaria inopinata* (Bryozoa: Candidae) in the harbours of la Spezia and Olbia, Western Mediterranean Sea (Italy). *Marine Biodiversity Records*, 5, art. no. e41, DOI: 10.1017/S1755267212000309

Marras Barbara, Montero Natalia, Marrucci Alessandro, Bettoschi Alexandre, Atzori Marco, Schintu Marco (2020). Operational DGT threshold values for metals in seawater from protected coastal areas in Sardinia (Western Mediterranean). *Marine Pollution Bulletin*, Volume 150, 110692, doi: 10.1016/j.marpolbul.2019.110692

Navone, A., De Vecchio, C., 2008. Autorità Portuale di Olbia e Golfo Aranci Studio del comparto della Mitilicoltura.

Nuovo Consorzio Cooperative Pontis, 2019. <http://www.consorziopontis.net>

PRAGMA - Autorità Portuale di Olbia e Golfo Aranci - Carta Bionomica – (2008). Nuovo Piano Regolatore Portuale Porto di Olbia

Progetto MONIQUA. 2006. Programma Comunitario INTEREGG III – Misura 2.1. Campagna di mantenimento del controllo della qualità delle acque marino costiere.

Satta Cecilia Teodora, Anglès Silvia, Garcés Esther, Lugliè Antonella, Padedda Bachisio Mario, Sechi Nicola (2010). Dinoflagellate cysts in recent sediments from two semi-enclosed areas of the Western Mediterranean Sea subject to high human impact. Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography, Volume 57, Issues 3-4, pages 256-267, doi: 10.1016/j.dsr2.2009.09.013

Schintu M, P. Meloni, A. Kudo, A. Contu (1991). Trace metals in sediments from Olbia Bay, Italy. Marine Pollution Bulletin, Volume 22, Issue 7, Pages 360-362, doi: 10.1016/0025-326X(91)90072-Z

Sechi, N., 2008. Autorità Portuale di Olbia e Golfo Aranci - Studio della qualità delle acque.

1 Port d'Olbia

1.1 Description du Port d'Olbia et recensement des rejets présents

Le port d'Olbia est situé dans le golfe homonyme, qui est délimité au nord par le cap Figari et au sud par le cap Ceraso. Le port se développe, en fait, à l'intérieur d'une ria côtière profonde avec une ouverture d'environ 200 m et une longueur d'environ 5 km (Fig. 1).



Fig.1: Zone portuaire d'Olbia.

La ria est une morphologie côtière caractérisée par des baies profondes provenant d'anciennes vallées fluviales, envahies par la mer lors des phases de remontée des eaux des 10 000 dernières années. Le port d'Olbia fait partie du système portuaire Olbia - Golfo Aranci et compte deux ports d'escale principaux :

- Port commercial d'Olbia - Isola Bianca

- Port industriel d'Olbia - Escale à Cocciani

Le premier port traite principalement le trafic Ro-Ro et le trafic de passagers, tandis que le second traite principalement les marchandises transportées sur des navires General Cargo.

Le système portuaire d'Olbia couvre une superficie d'environ 4 926 000 m², dont 216 900 m² à terre (données de l'Autorité Portuaire, 2015). Les données de 2015 identifient 11 quais, dont 9 sont situés au terminal d'Isola Bianca et 2 au terminal de Cocciani.

L'escale d'Isola Bianca dispose de postes d'amarrage pour les navires RoRo, les navires à passagers et les navires de charge, tandis que l'escale de Cocciani (Porto Industriale) dispose de postes d'amarrage pour les navires de charge. En outre, plus à l'intérieur du tissu urbain, on trouve les quais Brin et Molo Vecchio, qui sont principalement utilisées à des fins commerciales. Dans les ports touristiques, il y a 5 concessions (données de 2105) : Marina di Olbia (Isola del Cavallo), ACLI, Circolo Nautico Olbia, Lega Navale Italiana et Nuova Stemasub.

Dans la ria qui abrite le port d'Olbia, il existe de vastes zones d'eau utilisées pour la mytiliculture (Fig. 2). Cette activité est présente dans le Golfe d'Olbia depuis le début des années 1900. Le rapport établi pour l'Autorité portuaire d'Olbia en 2008 (Navone et al., 2008) montre que le secteur de la mytiliculture souffre, indiquant qu'en 2008 le nombre d'hectares occupés par les fermes mytilicoles a chuté à environ 100 contre 223 dans les années 1970. Les causes comprennent des problèmes environnementaux, notamment l'eutrophisation, les coulées de boue et les toxines algales. Le rapport identifie donc comme zones critiques celles situées à proximité des embouchures des rivières et des zones de manœuvre des navires.

Jusqu'en 2007, la qualité de l'eau était assez mauvaise. En effet, le rapport sur la qualité des eaux établi par l'université de Sassari montre que, jusqu'en 2007, le système portuaire d'Olbia était caractérisé par une forte eutrophisation, avec des répercussions importantes sur l'aspect des eaux, qui étaient très turbides. Le même rapport montre un changement de situation à partir de 2007. En effet, au cours de cette année, le système des eaux usées d'Olbia a été raccordé à la nouvelle station d'épuration, ce qui a déplacé le point de rejet de la partie intérieure de la zone vers les environs de l'embouchure du fleuve Padronganus. Le rapport montre une réduction de moitié des concentrations mais une augmentation et une aggravation

des conditions trophiques dans les eaux portuaires (Sechi et al., 2008). Ce rapport identifie les deux anses internes de la ria d'Olbia comme critiques.



Fig. 2 : En vert, les zones (indicatives et sans valeur juridique) où des élevages de moules sont présents. Les limites ont été dessinées à partir de photographies aériennes et servent uniquement à indiquer dans quelles zones de la ria on peut trouver des rangées de moules.

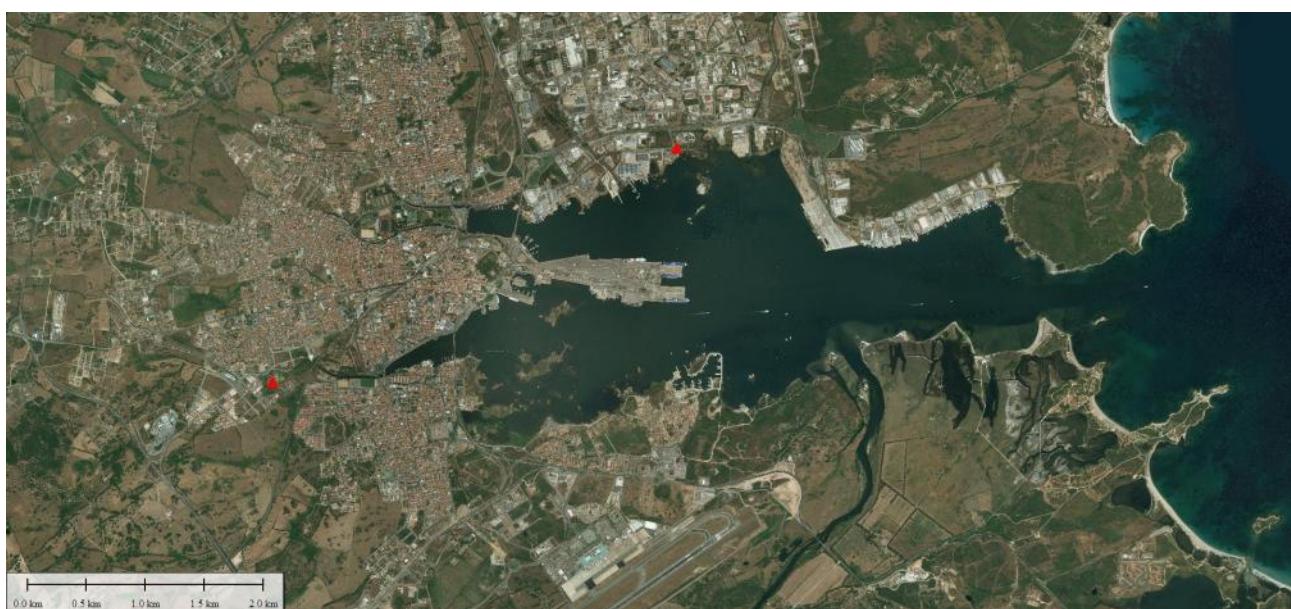


Fig. 3: Localisation des épurateurs dans la ria d'Olbia (Géoportail de la Région Sardaigne).

Dans la municipalité d'Olbia, il existe deux stations d'épuration des eaux usées dont l'emplacement est indiqué dans la figure 3, ainsi qu'une station pour le traitement des eaux usées de l'aéroport.

Actuellement, le seul point de rejet direct dans le golfe d'Olbia est celui de l'usine CIPNES, dimensionnée pour 45000 équivalents habitants (prot. 2696 du 04.02.2019 Province de Sassari). La décharge de la station est située dans le secteur nord de la baie, entre la zone industrielle et le quai d'Isola Bianca.

Cependant, il existe toute une série de petits rejets autorisés (souvent sur des arrêtés syndicaux) dont une carte est présentée ci-dessous (Fig. 4). Le CEDOC (Centro Documentazione dei Bacini Idrografici) de la Région Sardaigne a catalogué tous les rejets de la zone d'Olbia, aussi bien les rejets urbains que les rejets de nature non identifiée. La figure 4 montre un extrait de la carte des rejets dans la zone d'Olbia, près du port.

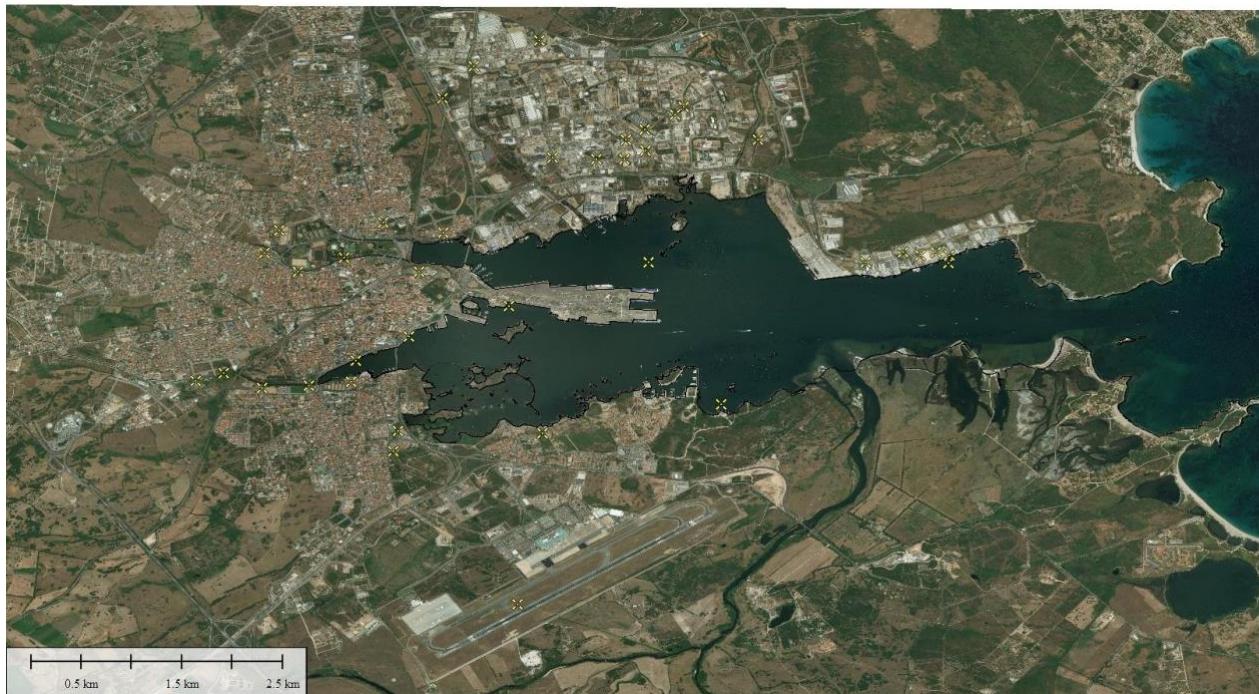


Fig. 4: Rejets divers, points jaunes, (eaux usées urbaines et industrielles et de nature non identifiée)
 (Données du CEDOC Région Sardegna).

Les eaux du port d'Olbia sont également influencées par les nombreux cours d'eau qui se jettent dans le RIAS lui-même, dont 4 cours d'eau mineurs et le fleuve Padronganus (Fig. 4), ce dernier ayant une longueur d'axe d'environ 15 km et une superficie de bassin d'environ 450 km² (Fig. 5). Le fleuve Padronganus est également la source des eaux usées de deux autres stations d'épuration : la station d'épuration des eaux usées urbaines de la municipalité d'Olbia, située à Sa Coronedda, et la station d'épuration des eaux usées urbaines desservant l'aéroport de Costa Smeralda.

Le port d'Olbia accueille également l'une des grandes zones industrielles de la région de Sardaigne, qui occupe le secteur nord dans la zone de Cala Saccaia et qui est représentée sur la figure 6-7.

Enfin, à l'intérieur des Rias d'Olbia se trouve le parc fluvial Padronganus, qui occupe l'embouchure de la rivière homonyme (Fig. 7).



Fig. 5: Position des embouchures des rivières dans la ria d'Olbia (Géoportail de la Région Sardaigne).

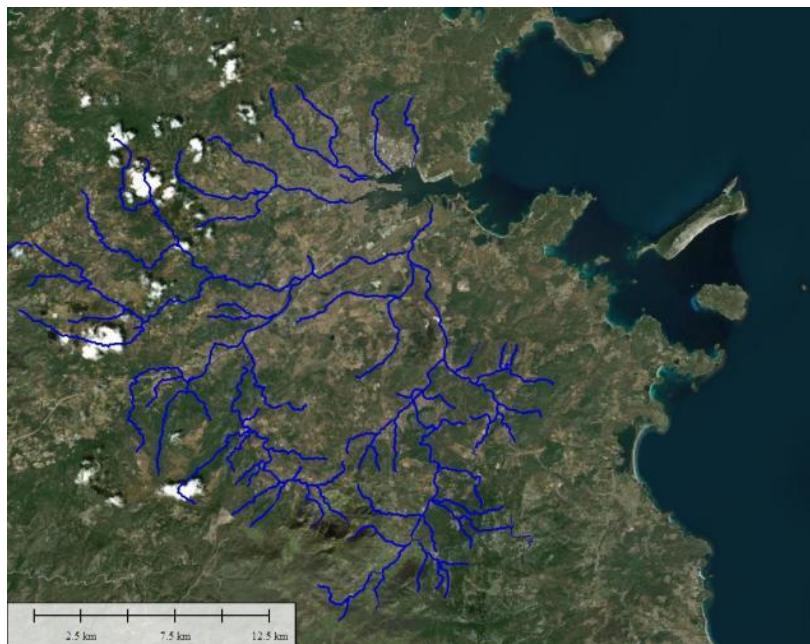


Fig. 6: Cours d'eau qui se jettent dans la ria d'Olbia (GEoportail Régione Sardegna).

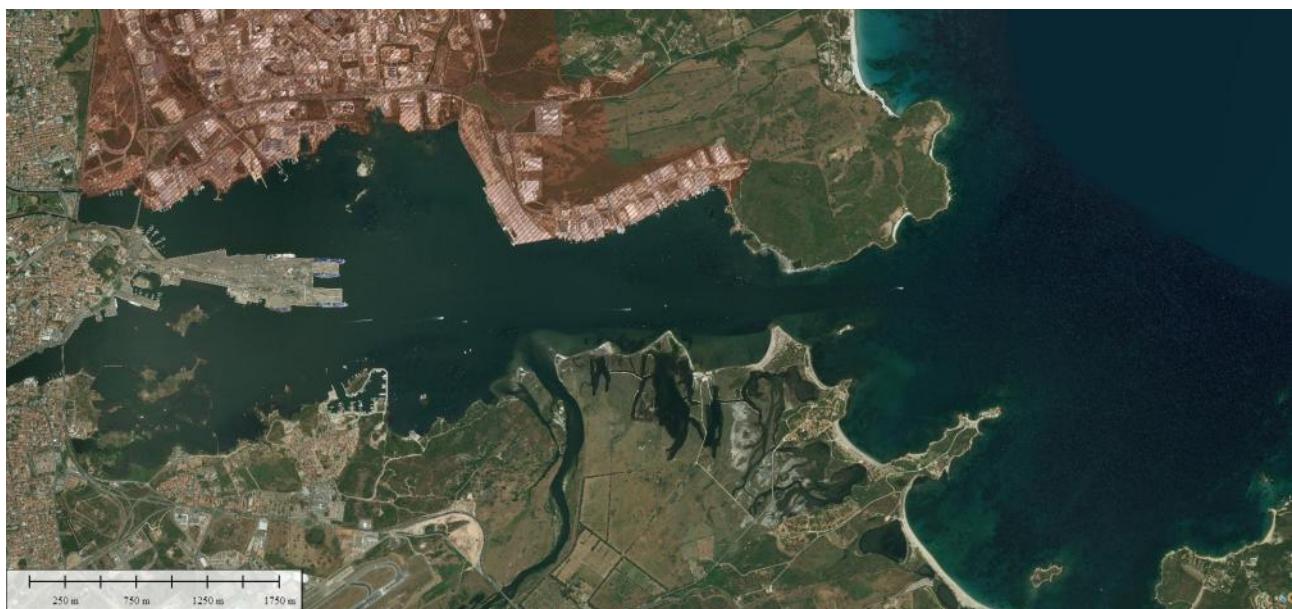


Fig. 7 : Zone industrielle du port d'Olbia (Géoportail de la Région de Sardaigne).

Une étude réalisée par la société PRAGMA pour la rédaction du nouveau Plan d'Aménagement Portuaire et mise à disposition par l'Autorité Portuaire montre les principales biocénoses des fonds marins dans le Port d'Olbia, illustrées ci-dessous dans les figures 8 et 9.



Interreg



UNION EUROPÉENNE
UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Prodotto n. T3.1.1 - V

Des différents rapports sur le port d'Olbia, en particulier ceux concernant le nouveau Plan d'Aménagement Portuaire de 2008, il ressort que, dans la zone en question, le temps de rotation évalué sur une base lagrangienne est compris entre 8 et 14 jours, et que dans les zones les plus internes du port, il y a une certaine stagnation des masses d'eau, en particulier dans la partie située au nord de la jetée d'Isola Bianca.

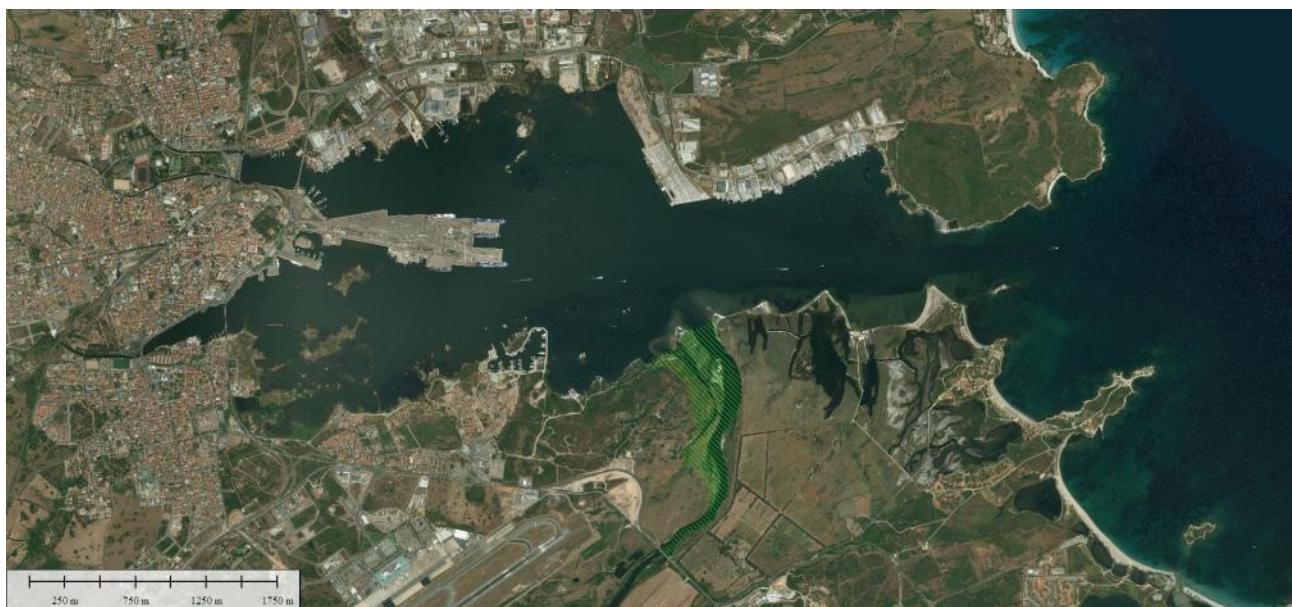


Fig. 8: Zone du parc fluvial de Padronganus (Géoportail de la Région Sardaigne)

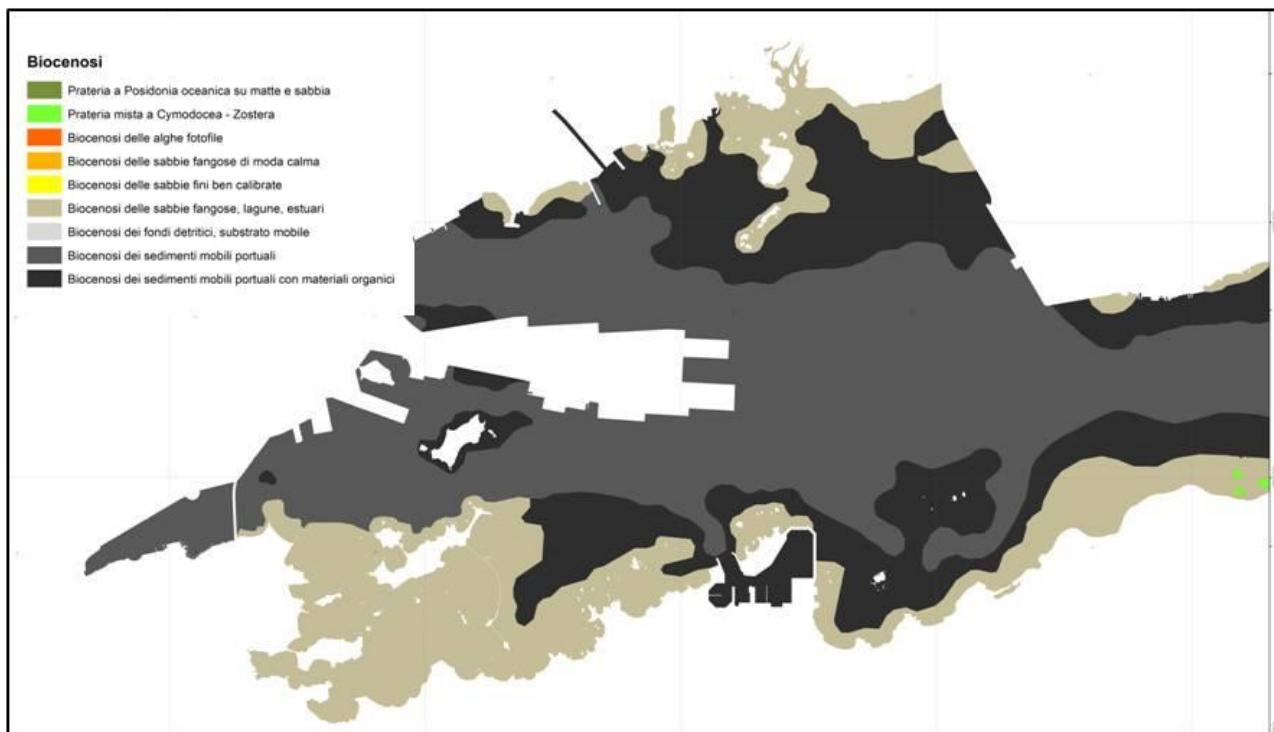


Fig. 9a : Biocénose des fonds marins du port d'Olbia, partie interne (Autorité portuaire 2008).

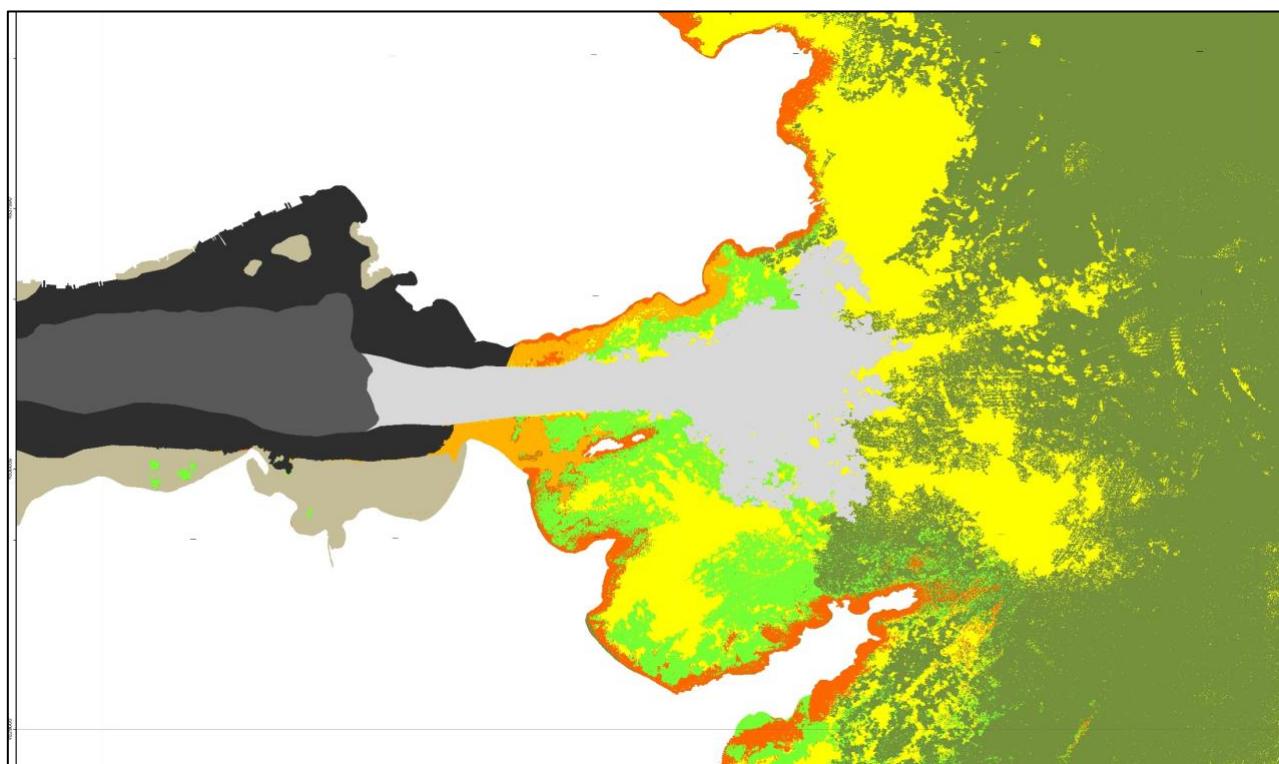


Fig. 9b : Biocénose des fonds marins du port d'Olbia, partie externe (Autorité portuaire 2008).

1.2 Résultats de la surveillance des eaux portuaires

Le port d'Olbia a fait l'objet de plusieurs campagnes de surveillance. En mai 2006, le projet MONIQUA (Interreg III) a inclus une campagne de mesure de la qualité de l'eau dans différents endroits de la Sardaigne, y compris le port d'Olbia. La figure 10 montre les stations de surveillance relatives au projet MONIQUA.

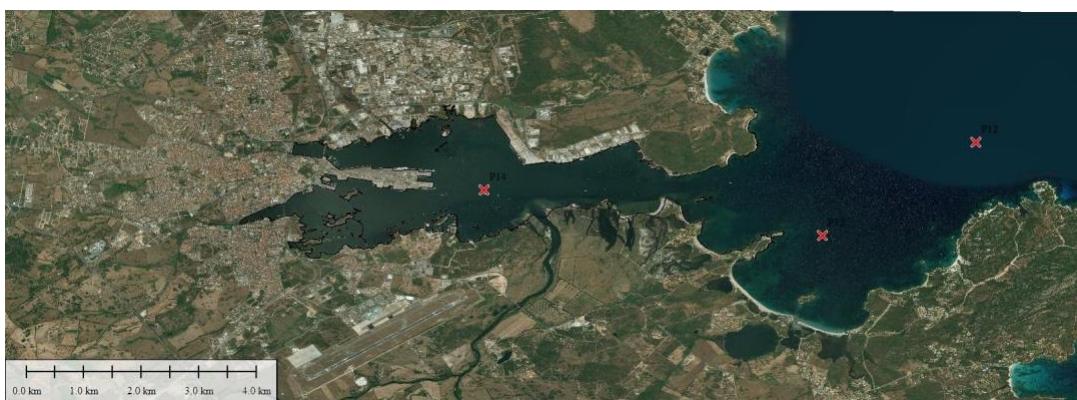


Fig. 10: Stations d'échantillonnage du projet Moniqua.

En résumé, on constate que les tendances de l'oxygène dissous à la station P14 diffèrent des deux autres stations, avec des concentrations moyennes dans le profil d'environ 92%, alors qu'à P12 et P13 cette valeur atteint 101%. Fluorescence de surface : pour ce paramètre également, les données mesurées à la station P14 s'écartent des tendances générales ($0,2 \mu\text{g L}^{-1}$), les concentrations en surface étant déjà proches de $1 \mu\text{g L}^{-1}$. Au cours de la même campagne de surveillance, la transparence a également été mesurée avec le disque sec, montrant que les valeurs minimales de transparence ont été enregistrées dans la station du port d'Olbia (P14), autour de 5m. En outre, l'Université de Sassari a effectué plusieurs relevés le long de la colonne d'eau dans le port d'Olbia.

Le premier relevé a été effectué en 1986-1987, en considérant 7 stations situées à Porto Romano (1), Molo Brin (2), Isola Bianca (3), secca di mezzo camino (4), Foce Padrongianus (5), Cala Saccaia/Cocciani (6), et à l'extérieur d'Imboccatra (7).

Les études mentionnées ci-dessus ont montré que la partie interne du Rias d'Olbia, en particulier pour les stations 1 et 2, avait un niveau trophique élevé (eutrophique) et un niveau

mésotrophique pour les autres stations à l'exception de la partie externe du Rias où le niveau trophique était oligotrophique (Port Authority Water Quality Report, 2008).

En 2001 et jusqu'en 2006, l'Université de Sassari a commencé à surveiller l'intérieur des Rias d'Olbia. Il y a trois stations : une près de Isola Cavallo, près du port touristique (côté sud des Rias), une près de Saccaia/Cocciani et une à l'extérieur des Rias. La campagne montre comment la salinité dans la partie externe est stable à environ 37,5 % alors qu'à l'intérieur du Rias elle passe d'environ 38 % en 2001 à environ 35 % en 2006. Le pH passe plutôt de valeurs proches de 8,3 pour toutes les stations en 2001 à des valeurs d'environ 8,2 pour toutes les stations en 2006. L'azote ammoniacal est absent de la station externe, alors que sa présence semble importante dans le Golfe (Port Authority Water Quality Report, 2008). L'azote nitrique a augmenté entre 2001 et 2006, doublant sa concentration dans les stations les plus intérieures. Le phosphore, tant total que sous forme ortho-phosphorique, atteint son maximum en 2004 dans les deux stations intérieures.

Le rapport de l'Université de Sassari, relatif aux années 2001-2006, conclut que le niveau trophique du golfe intérieur d'Olbia est assez élevé car il y a des contenus nutritionnels élevés (augmentés par rapport aux années 86-87) et des valeurs élevées de biomasse algale (inférieures aux années 86-87).

1.3 Indications sur les travaux existants

Il n'y a pas beaucoup de publications scientifiques récentes décrivant l'état des eaux dans la zone portuaire d'Olbia. Olbia reçoit les eaux du fleuve Padronganus, qui coule avec un delta dans la partie sud-est du port, près du canal reliant le port au golfe d'Olbia. Il s'agit d'un site à fort impact, étant donné la présence des activités portuaires les plus importantes, tant au niveau des passagers que de la mytiliculture, en Sardaigne. Ces deux activités influencent fortement les sédiments du port en raison des fortes turbulences causées par le trafic maritime intense, du mouvement continu des palangres à moules et du dépôt des déchets de coquillages (c'est-à-dire les produits métaboliques et les coquilles).

Parmi les plus importantes et les plus récentes, Lodola et al. (2012) décrivent les résultats d'une enquête systématique menée en 2010 dans les ports de La Spezia et d'Olbia dans le but

d'étudier les espèces exotiques dans les ports commerciaux italiens, qui a révélé la présence de *Tricellaria inopinata*, un cheilostome bryozoaire exotique envahissant d'origine pacifique, introduit pour la première fois en Europe dans la lagune de Venise (Italie) en 1982. Sa découverte dans ces deux ports en 2010 représente le premier enregistrement de l'espèce dans la mer Ligure et le centre-ouest de la mer Tyrrhénienne respectivement, généralement en raison des activités aquacoles et de la navigation.

La présence d'espèces invasives dans la zone portuaire avait également été identifiée par Doneddu et Albano (2012) et Barbieri et al. (2011).

Le premier a rapporté le premier enregistrement d'*Eastonia rugosa* en Sardaigne, dont les valves et les individus vivants ont été trouvés près du delta du Rio Padrongianus, dans la partie sud-est du port d'Olbia. Ils n'excluent pas non plus qu'elle ait atteint cette localité par des moyens anthropiques.

Ces derniers ont enregistré, dans un site intérieur, la présence de la moule pygmée invasive *Xenostrobus securis*, originaire du sud de l'Australie et de la Nouvelle-Zélande, mais également connue du nord de la mer Adriatique et du sud de la France. Il s'agit d'une espèce importante sur le plan écologique car elle modifie fortement les communautés benthiques préexistantes. Satta et al. (2010) ont mené des études sur les assemblages de kystes de dinoflagellés dans des zones semi-fermées de la Méditerranée occidentale soumises à un fort impact humain, comme le port d'Olbia. Des carottes de sédiments ont été prélevées dans huit (octobre 2006) et dix (mai 2007) stations à Olbia. Parmi les morphotypes trouvés dans les sédiments collectés, certains ont été identifiés au niveau des espèces, représentant 10 genres. Les kystes les plus courants étaient ceux de *Scrippsiella trochoidea*, *Scrippsiella sp. 2*, *Gymnodiniales type 1* et *Scrippsiella precaria*. Certains morphotypes n'avaient pas été décrits précédemment dans la littérature. A Olbia, une plus grande abondance de kystes a été enregistrée dans les stations d'échantillonnage plus restreintes. Les péridiniales calcaires, appartenant au genre *Scrippsiella*, ont dominé les assemblages de kystes, tandis qu'un nombre plus élevé de *Gymnodiniales* a été déterminé dans certaines stations (Olbia). Des kystes des espèces toxiques *Alexandrium minutum* et *A. catenella / tamarensse* ont également été détectés. *Peridinium quinquecorne* a été retrouvé dans les sédiments et les kystes de cette espèce étaient présents en haute densité

et ont également été détectés dans les sédiments profonds. Des espèces telles que *Pentapharsodinium cf. tyrrhenicum*, *Scrippsiella crystallina*, *S. lachrymosa*, *S. precaria*, *S. trochoidea*, *Protoperidinium avellatum*, *P. claudicans*, *P. compressum*, *P. conicum*, *P. cf. minutum*, *P. oblongum*, *P. pentagonum*, *P. subinerme* et *Zygapikodinium lenticulatum* n'ont pas été détectées comme stades mobiles dans le port.

Peu de travaux scientifiques ont été réalisés, à notre connaissance, sur les zones côtières du nord-est de la Sardaigne, et en particulier sur les polluants présents dans les sédiments et les eaux du port d'Olbia.

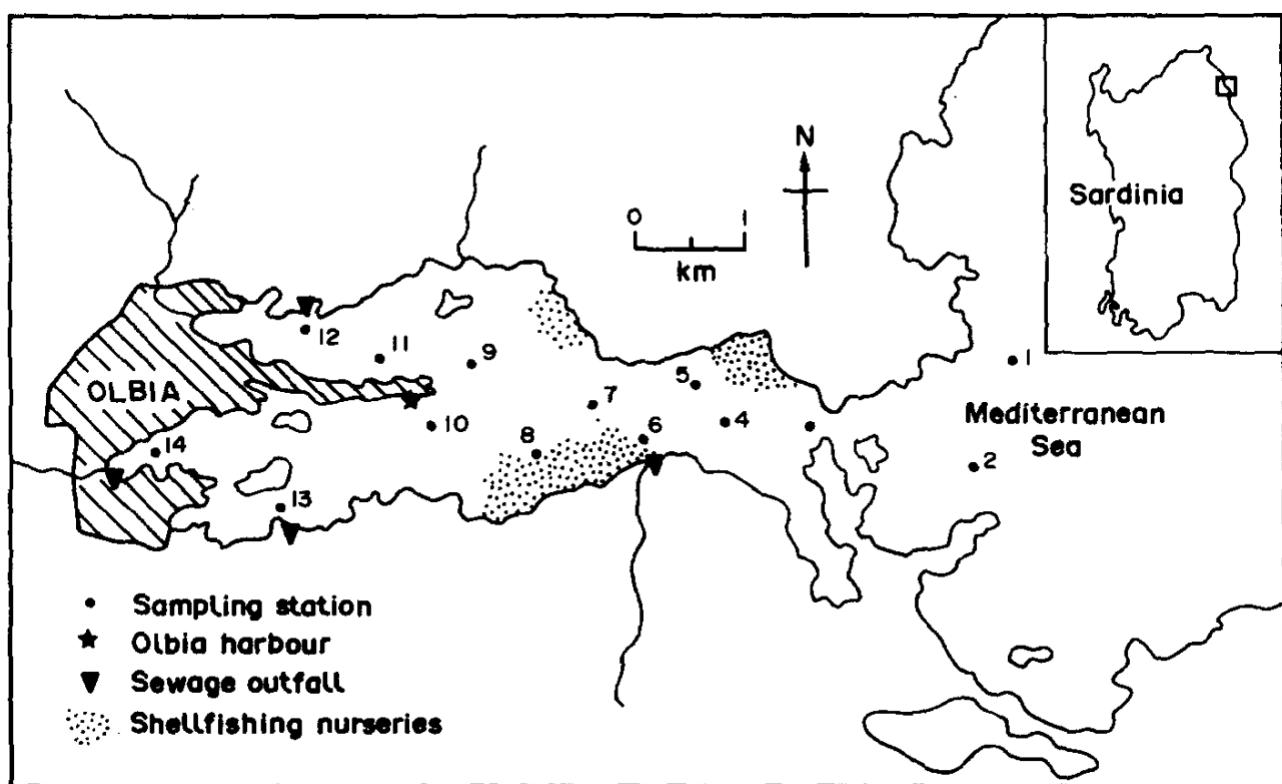


Fig. 11: Stations d'échantillonnage, déversoirs d'eau de mer et conchyliculture. D'après Schintu et al. (1991).

Les analyses décrites ci-dessus montrent la présence de concentrations de métaux lourds dans les sédiments portuaires, comme suit, selon les intervalles :

Cu, 2-38 ~ $\mu\text{g g}^{-1}$;

Pb, 0.5-56 ~ $\mu\text{g g}^{-1}$;

Cd, 0.2-10.5 ~ $\mu\text{g g}^{-1}$;

Zn, 14-153 $\mu\text{g g}^{-1}$;

Cr, 3-27 $\mu\text{g g}^{-1}$;

Fe, 1.3-25 mg g^{-1} ;

Mn, 0.5-3.3 mg g^{-1}

Les résultats ont montré que des concentrations plus élevées de plomb, de cadmium et de zinc ont été trouvées dans les carottes de sédiments prélevées près de la jetée du port d'Olbia (points 9 et 10 de la figure 11) et devant l'industrie de la conserverie (point 11 de la figure 11). Des concentrations significatives de cadmium et de plomb ont également été trouvées dans les sédiments prélevés dans les zones affectées par le rejet d'eaux usées domestiques non traitées (points 6, 12, 13 de la figure 11). Le niveau de métal a diminué au fur et à mesure que nous nous déplaçons du port vers la mer ouverte, indiquant un apport anthropogénique dans la zone portuaire.

Les données montrent que l'accumulation des métaux est fortement influencée par la lithologie ; en effet, les couches de limon et de sable limoneux étant riches en substances organiques, elles ont montré la plus grande capacité à accumuler les métaux lourds. Comme les couches riches en matières organiques étaient surtout présentes dans les parties les plus profondes des carottes, les sédiments de surface (0-3 cm) présentaient une teneur en métaux plus faible. Dans les zones moins contaminées, les carottes de sédiments étaient constituées de sable grossier dans la couche de surface et de sable fin ou limoneux en dessous.

En partant du travail de Schintu et al. (1991), Marra et al. (2020), dans une publication très récente, a effectué des mesures sur les métaux lourds à l'intérieur du port d'Olbia, en trouvant dans deux sites, molo Isola Bianca (OL2) et foce Padronganus (OL3), les valeurs suivantes pour OL2 (Pb 71 ng L-1, p = 0,005 ; Cd 9,9 ng L-1 ; Cu 579 ng L-1, p = 0,006 ; et Ni 321 ng L-1, p < 0,001), alors que pour OL3 (Pb 29 ng L-1 ; Cd 24 ng L-1, p = 0,0008 ; Cu 876 ng L-1, p = 0,002 ; et Ni 208 ng L-1, p = 0,010).

En principe, on devrait s'attendre à une diminution vers l'extérieur des concentrations de métaux, car OL2 est situé plus près de l'embouchure et est donc affecté par le mélange avec

Prodotto n. T3.1.1 - V

des eaux océaniques relativement plus propres (comme l'ont montré, par exemple, Schintu et al., 1991). C'était le cas pour le Cd et le Cu, dont les concentrations étaient plus élevées à OL3 (Cd 24 ng L⁻¹, p = 0,028 ; et Cu 876 ng L⁻¹) qu'à OL2. En outre, les concentrations relativement élevées de DGT-Cu mesurées dans les zones OL3 et OL2 présentaient les valeurs les plus élevées pour toutes les zones d'échantillonnage. Ces valeurs s'expliquent par le lessivage du Cu des peintures antislissures utilisées sur les coques de bateaux. Contrairement aux valeurs observées pour Cd et Cu, OL2 a montré les concentrations les plus élevées de Pb (71 ng L⁻¹ p = 0,014) et Ni (321 ng L⁻¹ p = 0,004). La station OL2 est située à l'embouchure de la rivière Padronganus et l'importance de la rivière comme source de ces métaux pour l'environnement ne peut être ignorée (comme indiqué par Schintu et al., 1991).

2. Bibliographie

Autorità Portuale Nord Sardegna, 2015. Piano di gestione dei rifiuti prodotti dalle navi e dei residui di carico.

Barbieri, M., Maltagliati, F., Di Giuseppe, G., Cossu, P., Lardicci, C., Castelli, A. (2011). New records of the pygmy mussel *Xenostrobus securis* (Bivalvia: Mytilidae) in brackish-water biotopes of the western Mediterranean provide evidence of its invasive potential. Marine Biodiversity Records, 4, art. no. e48, DOI: 10.1017/S175526721100042X

Centro Documentazione Bacini Idrografici – CEDOC- Regione Sardegna
<http://82.85.20.58/sardegna/webapp/index.php>

De Girolamo, P., 2008. Autorità Portuale di Olbia e Golfo Aranci - Studio Idrodinamico.

De Luca Giuseppe, Furesi Antonio, Micera Giovanni, Panzanelli Angelo, Piu Paola Costantina, Pilo Maria Itria, Spano Nadia, Sanna Gavino (2005). Nature, distribution and origin of polycyclic

Prodotto n. T3.1.1 - V

aromatic hydrocarbons (PAHs) in the sediments of Olbia harbor (Northern Sardinia, Italy).

Marine Pollution Bulletin, Volume 50, Issue 11, Pages 1223-1232, doi:
10.1016/j.marpolbul.2005.04.021

Doneddu, M., & Albano, P. (2012). First record of *Eastonia rugosa* in the Gulf of Olbia, north-eastern Sardinia, Italy. Marine Biodiversity Records, 5, E89. doi:10.1017/S1755267212000681

Geoportale Regione Sardegna <https://www.sardegnaegeoportale.it/>

ISPRA, 2009. Traffico marittimo e gestione ambientale nelle principali aree portuali nazionali. Rapporti 95/2009.

Lodola, A., Savini, D., Occhipinti-Ambrogi, A. (2012). First record of *Tricellaria inopinata* (Bryozoa: Candidae) in the harbours of la Spezia and Olbia, Western Mediterranean Sea (Italy). Marine Biodiversity Records, 5, art. no. e41, DOI: 10.1017/S1755267212000309

Marras Barbara, Montero Natalia, Marrucci Alessandro, Bettoschi Alexandre, Atzori Marco, Schintu Marco (2020). Operational DGT threshold values for metals in seawater from protected coastal areas in Sardinia (Western Mediterranean). Marine Pollution Bulletin, Volume 150, 110692, doi: 10.1016/j.marpolbul.2019.110692

Navone, A., De Vecchio, C., 2008. Autorità Portuale di Olbia e Golfo Aranci Studio del comparto della Mitilicoltura.

Nuovo Consorzio Cooperative Pontis, 2019. <http://www.consorziopontis.net>

PRAGMA - Autorità Portuale di Olbia e Golfo Aranci - Carta Bionomica – (2008). Nuovo Piano Regolatore Portuale Porto di Olbia

Progetto MONIQUA. 2006. Programma Comunitario INTEREGG III – Misura 2.1. Campagna di mantenimento del controllo della qualità delle acque marino costiere.

Satta Cecilia Teodora, Anglès Silvia, Garcés Esther, Lugliè Antonella, Padedda Bachisio Mario, Sechi Nicola (2010). Dinoflagellate cysts in recent sediments from two semi-enclosed areas of the Western Mediterranean Sea subject to high human impact. Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography, Volume 57, Issues 3-4, pages 256-267, doi: 10.1016/j.dsr2.2009.09.013

Schintu M, P. Meloni, A. Kudo, A. Contu (1991). Trace metals in sediments from Olbia Bay, Italy. Marine Pollution Bulletin, Volume 22, Issue 7, Pages 360-362, doi: 10.1016/0025-326X(91)90072-Z

Sechi, N., 2008. Autorità Portuale di Olbia e Golfo Aranci - Studio della qualità delle acque.