



Contributi del gruppo di lavoro CORILA per rispondere alle integrazioni richieste dal Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare al SIA del progetto di “Adeguamento via acqua di accesso alla stazione marittima di Venezia e riqualificazione delle aree limitrofe al Canale Contorta Sant’Angelo”

Indice

1. INTRODUZIONE.....	2
2. CONTRIBUTO ISMAR - CNR.....	4
Premessa	4
Aspetti modellistici idro-morfologici	4
Aspetti modellistici di transito dei natanti	5
Aspetti ecologici e ambientali	6
3. CONTRIBUTO DAIS - Ca' Foscari.....	9
Considerazioni relative ai dati sedimentologici dei sedimenti campionati nella campagna tenuta del APV nel dicembre 2014.....	10
Riferimenti	Errore. Il segnalibro non è definito.
Proposta preliminare di “COMPENSAZIONI” per lo scavo del Canale Contorta	12
Bibliografia.....	13
4. CONTRIBUTO IDPA - CNR.....	15
NOTA SULLA GEOSPECIAZIONE DEI SEDIMENTI (ESTRATTO DA PMLV)	16
Bibliografia.....	22



1. INTRODUZIONE

Alla comunità scientifica veneziana è stato richiesto di condividere dati e informazioni al fine di contribuire nella fase istruttoria alla procedura di VIA straordinaria del progetto di “Adeguamento via acquea di accesso alla stazione marittima di Venezia e riqualificazione delle aree limitrofe al Canale Contorta Sant’Angelo”, in seguito alla richiesta di integrazioni da parte del Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.

Tuttavia, i tempi del coinvolgimento (iniziato con la riunione del 19/02/2015) non hanno permesso alla stessa comunità scientifica di svolgere nuove analisi o simulazioni né, in molti casi, di esprimersi puntualmente su documenti già prodotti dai progettisti incaricati dall’Autorità Portuale di Venezia. Altresì, i ricercatori ed esperti del gruppo di lavoro che si è formato hanno partecipato ad incontri e riunioni in cui i progettisti hanno presentato oralmente con l’aiuto di diapositive i risultati delle nuove simulazioni modellistiche e le loro considerazioni a riguardo.

Per questi motivi, i commenti e le osservazioni offerti dalla comunità scientifica oggi corrono il rischio di parzialità, non-omogeneità e finanche del disallineamento rispetto gli ultimi sviluppi delle risposte di APV alla Commissione VIA. Ciononostante, nello spirito di collaborazione auspicato da più Amministrazioni, è stato accettato di correre questi rischi e CORILA ha raccolto nel presente documento i contributi che sono stati elaborati in pochi giorni dagli Enti suoi associati che si sono resi disponibili in questa fase, ovvero i due Istituti del CNR ISMAR e IDPA e il dipartimento DAIS dell’Università Ca’ Foscari.

Questi contributi, forniti nostro malgrado a ridosso della scadenza della presentazione della risposta da parte di APV al MATTM, possono assumere oggi soprattutto caratteristica di indirizzo rispetto i passi di valutazione ed elaborazione progettuale successivi, cui deve essere concesso il tempo necessario.

La rilevanza dell’opera e la delicatezza dell’equilibrio lagunare richiedono infatti, in senso generale, che tutte le analisi vengano condotte al livello di dettaglio ragionevolmente più spinto possibile, sia al fine di poter meglio prevedere e quindi mitigare gli impatti del progetto (sull’ambiente, ma anche sulle stesse strutture che si intendono costruire), sia per indirizzare le misure di compensazione necessarie e, non ultimo, le nuove modalità di gestione del traffico portuale.

Nel caso di approvazione del progetto preliminare, le fasi successive di progettazione dovranno essere in grado di fornire, a nostro parere, tutti i dettagli qui richiesti. Le misure di mitigazione e di compensazione da prevedersi (alcune vengono qui suggerite) dovranno considerare anche il livello di incertezza degli approfondimenti progettuali, secondo un’opportuna applicazione del principio di precauzione. Essenziale appare anche un adeguato piano di monitoraggio, che dovrà essere dettagliato nel progetto esecutivo, nelle sue modalità di esecuzione, ma anche di comunicazione dei risultati, che dovranno essere efficaci e trasparenti.

Le osservazioni che seguono non riguardano tutti gli aspetti considerati nelle richieste della Commissione VIA del MATTM, ma solo quelle espressamente qui riferite.

Infine, le nostre osservazioni non commentano le scelte politiche, strategiche, economiche e tecnico-progettuali effettuate dagli organi deputati ed incaricati dal Governo o da altre Autorità locali o nazionali. Esse non riguardano quindi la definizione del migliore modello di sviluppo dell’attività crocieristica per la città di



Venezia e la sua laguna, né le diverse alternative per realizzarlo. Le Università e gli Enti pubblici di ricerca, nonché la loro associazione CORILA rimangono estranee a tali scelte, né sono stati chiamati in questa sede a giudicarle.

Venezia, 09 marzo 2015

Il Direttore di CORILA

ing. Pierpaolo Campostrini



2. CONTRIBUTO ISMAR - CNR

Premessa

Le caratteristiche dell'opera e del sistema in cui essa si inserisce richiedono che gli impatti e l'evoluzione dell'opera siano analizzati non solo rispetto alla situazione attuale, ma anche rispetto agli scenari evolutivi di medio e lungo periodo attesi per il bacino lagunare, incluse le recenti opere alle bocche di porto, utilizzando strumenti predittivi quali modelli matematici e quant'altro disponibile. L'analisi va condotta su adeguate scale sia spaziali che temporali in funzione del processo simulato.

Nelle note che seguono, il riferimento alle osservazioni della Commissione VIA del MATTM è stato schematizzato secondo la numerazione che ad esse è stata data dall'Autorità Portuale di Venezia, al fine di permettere loro un più facile riferimento.

Aspetti modellistici idro-morfologici

Sulla base delle osservazioni MATTM e su quanto presentato dal Progettista in data 27/02/2015 vengono presentate le seguenti considerazioni sugli aspetti di modellistica numerica relativi al progetto preliminare di scavo del canale Contorta S. Angelo.

In relazione alla circolazione idrica lagunare la caratterizzazione adeguata dello stato attuale di circolazione, non solo nell'area interessata dall'intervento e nelle aree limitrofe, ma anche nel resto del bacino deve essere basata su modelli numerici adeguatamente calibrati e validati. Dalle informazioni ricevute, il modello idrodinamico utilizzato è un modello 3D (Delft-3D), potenzialmente in grado di soddisfare le esigenze numeriche per questo progetto. Rispetto alle indicazioni del MATTM la griglia di calcolo sembra adeguata alla corretta rappresentazione dei fenomeni in esame, una volta specificata la modalità di accoppiamento delle sottogriglie utilizzate. Si fa notare che le importanti modifiche morfologiche alle bocche di porto (MOSE) devono essere inserite all'interno del dominio di calcolo.

Nella specifica applicazione, la fase di calibrazione e validazione (punti 25, 27, 30) appare limitata ad una verifica qualitativa della riproduzione dei livelli di marea in alcune stazioni della laguna e per un periodo limitato a pochi giorni. Una calibrazione adeguata deve prevedere, invece, una analisi statistica quantitativa delle performance modellistiche rispetto a diverse variabili (livelli, velocità, flussi, onde, salinità e temperatura) e per un periodo di almeno un anno, scelto in modo da essere rappresentativo della casistica meteo-marina lagunare. Al fine di effettuare tale calibrazione potranno essere richiesti i dati di flusso alle bocche del MAV, dati di salinità delle centraline SAMA, dati d'onda delle centraline MAV. Per quel che riguarda gli input di acqua dolce la simulazione presentata considera solo l'apporto del Naviglio Brenta (8 m³/s), trascurando gli altri apporti. Al fine di riprodurre correttamente la salinità lagunare ante operam e quindi poterne valutare correttamente le variazioni nello scenario post operam è quindi necessario includere tutti gli input di acqua dolce (fluviali e sotterranei) in una simulazione almeno annuale (Ghezzo et al 2009, doi: 10.1016/j.ocecoaman.2011.06.007) (punto 31, 60).

Per quel che riguarda le forzanti utilizzate per le simulazioni idromorfologiche (marea, vento), abbiamo constatato l'intenzione di riprodurre gli effetti di un anno utilizzando un periodo ridotto (84 ore) e l'analisi climatologica dei venti. Tale scelta ci sembra affetta da una certa arbitrarietà. Infatti, si ritiene necessario



specificare la significatività degli scenari di vento, onda e marea, correlandoli con i tempi di ritorno, giustificando le scelte effettuate (punto 58). Inoltre, la metodologia utilizzata presuppone che ci sia sovrapposizione lineare degli effetti sulla morfologia. La simulazione con modulo morfologico si ritiene, inoltre, debba essere basata su uno scenario idrodinamico di durata sufficiente a stimare le evoluzioni erosive/deposizionali nel medio/lungo termine. Si fa presente che il tempo di spin-up utilizzato nelle simulazioni non è stato specificato chiaramente e si suggerisce di considerare almeno un ciclo di quadratura e sizigia.

Nel caso dell'applicazione modellistica idro-morfologica, l'indicazione del MATTM di non utilizzare solo sedimenti grossolani è stata parzialmente rispettata attraverso l'uso di sedimento coesivo uniformemente distribuito sull'intero dominio di calcolo. Tuttavia, poiché il modello utilizzato dispone di un modulo di trasporto di materiali sia coesivi che non, con possibilità di introdurre svariate frazioni granulometriche, si ritiene necessario inizializzare il modello di trasporto dei sedimenti considerando la tessitura del sedimento presente in laguna (es. dati estratti dalla carta geologica scala 1:50000 – ISPRA, derivata da rilievo 1:5000 - Regione del Veneto) in modo da simulare i fenomeni di erosione, deposizione e trasporto sia della frazione coesiva che granulare (punto 60).

Per quanto concerne l'analisi degli effetti dell'opera (punto 56) sulla circolazione lagunare, l'utilizzo del modello opportunamente calibrato consentirà in particolare di effettuare valutazioni accurate e quantitative sulla variazione del partiacque Malamocco-Lido, sull'effetto sui livelli di marea (anche considerando l'asimmetria dell'onda di marea, di cruciale importanza per l'evoluzione a lungo termine della morfologia lagunare), sui tempi di residenza (punto 59) e sulle modifiche alla circolazione locale. Andrà stimata la variazione di circolazione e tempi di rinnovo delle acque (Ferrarin et al., 2013) nell'area fra il nuovo canale e le Tresse, e valutati gli interventi di mitigazione eventualmente necessari, agendo sui canali e varchi circostanti (Vittorio Emanuele III, Ponte della Libertà, ecc.). Infatti, l'area in questione è già oggi un'area semiconfinata a ridotta circolazione, interessata da sviluppo di macroalghe e fenomeni di anossia.

Allo stato attuale non risulta una valutazione adeguata sugli effetti della realizzazione dell'opera sui fenomeni di acqua alta. L'efficacia delle strutture nella riduzione del moto ondoso da vento va verificata anche per eventi estremi di marea e vento.

Aspetti modellistici di transito dei natanti

L'affinamento della previsione degli effetti del transito dei natanti è da ottenersi attraverso l'utilizzo delle più recenti conoscenze disponibili per il sistema in esame.

È necessario calibrare il modello di generazione delle onde da natante (punto 61) mantenendo inalterato il volume immerso della nave in modo da riprodurre i dati osservati più recenti per diverse tipologie di nave. Il volume della carena è infatti una forzante e la prassi modellistica prevede che le forzanti rimangano inalterate in fase di calibrazione.



I dati di altezza e propagazione da utilizzare per la calibrazione sono reperibili in letteratura (Parnell et al. 2015, <http://dx.doi.org/10.1016/j.physleta.2014.12.004>; Rodin et al. 2015, doi: 10.3176/proc.2015.1.04; Rapaglia et al. 2011, doi:10.1016/j.jmarsys.2010.11.005).

Rimane comunque difficile modellare gli effetti del frangimento dell'onda di depressione sulle sponde del canale e gli effetti erosivi locali che possono essere arrecati alle stesse strutture di marginamento. Per tale aspetto quindi dovranno considerarsi delle azioni dedicate nel monitoraggio post-operam. Inoltre, in base alla rilevanza accertata del fenomeno e alle citate difficoltà previsionali, appare adeguato considerare tra le misure di mitigazione l'adozione, all'interno di un modello di gestione del traffico, di criteri che consentano la minimizzazione degli effetti della risospensione. Tali criteri sono proposti nella letteratura citata.

A partire dal modello del transito di natanti, opportunamente calibrato, le variazioni morfologiche devono essere valutate lungo l'intero percorso della nave (punto 63), in modo particolare nelle zone in cui il canale di navigazione presenta una sezione ridotta come nel tratto S. Leonardo-Marghera, dove l'erosione è già significativa.

Va inoltre considerato il comportamento del sistema in concomitanza al transito di natanti in successione e per il quale le indicazioni sperimentali evidenziano la possibilità di effetti significativi sull'erosione delle sponde e delle aree a margine del canale.

Proprio in relazione a queste indicazioni le simulazioni modellistiche potrebbero avvicinarsi quanto più possibile alle condizioni realistiche della circolazione, in particolare se condotte per un'estensione temporale in grado di evidenziare gli effetti di medio e lungo periodo.

Infine, si ritiene opportuno sovrapporre la simulazione di transito dei natanti alla modellazione dell'idro-morfologica lagunare, in differenti condizioni meteo-marine, per meglio descrivere gli effetti di sospensione e trasporto dei sedimenti (punto 55).

Si ritiene inoltre necessario, data la natura sacrificale delle opere previste a protezione del canale, esplicitare il piano di gestione dei sedimenti, relativamente al possibile interrimento del canale e al recupero delle morfologie a protezione, tenendo in considerazione i risultati della simulazione idro-morfologica almeno annuale (punto 57).

Aspetti ecologici e ambientali

Per quanto riguarda gli aspetti ecologici non sono stati forniti, durante le riunioni del 27 febbraio presso lo studio del Progettista e del 02 marzo presso APV, elementi di valutazione ecologica. Le considerazioni che seguono sono quindi riferibili solo a quanto deducibile dalle presentazioni dell'Progettista. L'accurata modellazione dei cambiamenti ambientali attesi dopo la realizzazione delle opere rimane di fondamentale importanza per ogni inferenza di tipo ecologico.

Nelle Osservazioni del MATTM (punto 45, 51) era stata evidenziata la possibilità che le opere di marginamento del nuovo Canale Contorta generassero un maggior ristagno delle acque nella zona di bassofondali a Nord del Canale stesso.



Veniva esposto il dubbio che la costruzione di elementi di separazione tra il canale e i bassofondali retrostanti potessero diminuire il ricambio idrico, ossia aumentare quello che viene genericamente indicato come “confinamento”, aumentando tempi di residenza e stagnazione (punto 59).

Questo potrebbe portare ad un generale mutamento della qualità delle masse d'acqua transitanti sui bassofondali e, di conseguenza, dell'ecosistema. Sono ipotizzabili variazioni nella salinità, accumulo di nutrienti, eutrofizzazione, crisi distrofiche (ipo-anossie, morie) (punto 83), aumento della sedimentazione di solidi sospesi, significativi scostamenti delle temperature. Come è noto, i processi testé indicati sono interrelati, complessi e non lineari, per cui è molto difficile produrre previsioni deterministiche. Le conseguenze di crisi anossiche, anche generate localmente, possono facilmente estendersi ad aree più ampie come, per esempio, è avvenuto nell'estate 2013 in aree prossime a quella in oggetto. A fianco agli impatti sulle componenti dell'ecosistema direttamente interessato, vi potrebbero essere ricadute, anche pesanti, su ecosistemi di pregio vicini quali gli zostereti e le bioerme a ostriche, nonché sulle attività di pesca.

Durante l'esposizione delle simulazioni numeriche presentateci, è emersa la tendenza ad un accumulo di acque di origine continentale nell'area a nord del progettato Canale contorta, dovuta alla presenza di “barene artificiali” indicata da una diminuzione della salinità rispetto allo stato attuale.

Vi è necessità di avere indicazioni non solo sulla salinità, che è stata modellata, ma anche su altre variabili ambientali fondamentali, come ad esempio, i tempi di residenza. Ciononostante la salinità può essere considerata un valido indicatore degli apporti idrici continentali, strettamente correlabili con gli apporti di nutrienti e di inquinanti provenienti dal bacino scolante (vedasi per esempio quanto riportato dall'Atlante della Laguna <http://www.atlantedellalaguna.it/>).

Va posta anche attenzione alla quantità e destino dei solidi in sospensione nelle acque gravanti sull'area. Il Progettista ha illustrato una probabile erosione delle barene artificiali di marginamento al canale in fase di esercizio, ma non è stata valutata la distribuzione del materiale eroso nei bassofondali adiacenti e l'entità della sedimentazione, la quale potrebbe avere effetti negativi sulle comunità biologiche.

Per quanto riguarda il riutilizzo dei materiali di reflimento (punto 8) da utilizzare per il rimodellamento morfologico lagunare attraverso la costruzione di velme e barene, si raccomanda inoltre l'utilizzo di sedimenti geneticamente simili a quelli naturalmente presenti nelle strutture già esistenti

Le condizioni ambientali della delicata zona compresa tra il Ponte della Libertà ed il canale Contorta vanno attentamente monitorate con appropriati mezzi strumentali ed indagini biologiche.

Qualsiasi sia il previsto o prevedibile grado di confinamento generato dalle opere di marginamento del Canale Contorta, nel progetto devono essere contemplate anche misure di mitigazione atte a garantire ai bassofondali a Nord del Canale un ricambio idrico compatibile con le caratteristiche ecologiche dell'area. Ricordiamo che anche per le misure intese come mitigazione vanno attentamente considerati gli effetti collaterali (es. erosione).

È stato altresì evidenziato dai risultati delle simulazioni idrodinamiche l'azione di barriera al libero scambio delle acque esercitata dal Ponte della Libertà, alla quale bisognerà porre rimedio, anche a prescindere dalla realizzazione del Canale Contorta: tuttavia, dato che l'effetto di tale azione barriera verrebbe accentuato dalle



opere di contenimento del Canale Contorta, un'opera di ripristino della circolazione delle acque sotto gli archi dei canali appare una misura di mitigazione/compensazione necessaria.

Ancora una volta (punti 49, 53, 54, 82, 84) è necessario ottenere dei solidi scenari ambientali associati a dei possibili range di variazione delle principali variabili ambientali (salinità, temperatura, ossigeno disciolto, torbidità, concentrazione di nutrienti, tempo di residenza, variazione della tessitura dei sedimenti...) per poter inferire i possibili impatti sulle comunità biologiche. I cambiamenti nelle comunità biologiche attesi e lo stato di qualità biologica che questi determinano, andranno confrontati sia con lo stato ecologico attuale dei siti, come individuato ai sensi della Direttiva 2000/60/CE (Water Framework Directive o WFD), del D. Lgs n. 152/2006 e del D.M. 260/2010 nella classificazione adottata dalla Giunta regionale (delibera n. 140 del 20 febbraio 2014), sia con lo stato "buono" obiettivo della WFD. Gli EQB (elementi di qualità biologica) riferibili alla WFD (La Regione del Veneto ed il Provveditorato Interregionale alle OOPP posseggono dati recenti riferiti ai nuovi monitoraggi in corso) sono ritenuti come le costituenti del "biota" che maggiormente possono essere usati come indicatori di "qualità" di un ecosistema acquatico. Va in ogni modo indicato il tipo di habitat che si intende mantenere nei siti dopo l'intervento e il suo stato di qualità. Il livello di qualità biologica a cui si vuole tendere per quello specifico habitat dovrà essere definito in ragione delle nuove caratteristiche ecologiche dei siti e dell'uso che si intende farne. Bisogna cioè definire gli obiettivi ecologici per le varie sub-unità ambientali che costituiscono l'area di intervento e tutto l'areale influenzato dalle opere, soprattutto in fase di esercizio. Bisognerà rendere quindi espliciti nel progetto gli obiettivi ecologici ed evidenziare un percorso per il loro raggiungimento e generare scenari ecologici modellando le principali variabili ambientali. Sarà quindi necessario acquisire le valutazioni esistenti riguardo la qualità ambientale per tutti gli EQB della WFD; generare modelli di *habitat suitability* per le principali componenti biologiche (o almeno per gli EQB della WFD) per ogni scenario; scegliere lo scenario che più si avvicina al . buon stato ecologico ai sensi della WFD; generare una programmazione temporale delle azioni per il raggiungimento degli obiettivi.

Gli obiettivi di qualità (punti 56 - 60 - 61 - 62) non sono stati presentati. Essi devono necessariamente comprendere i servizi ecosistemici che si desidera ottenere dalla nuova configurazione delle aree (es. provisionals = pesca, definire le tipologie e il prelievo desiderato, recreational = definire tipo di fruizione sociale etc...).



3. CONTRIBUTO DAIS - Ca' Foscari

Rispetto alla problematica relativa all'analisi, nell'area interessata, dei possibili effetti dell'opera sulle macrofite (sia in fase di realizzazione che post), sui fenomeni di *bloom* algale e le conseguenti riduzioni di ossigeno disciolto (anossie/ipossie con morie di pesci) (commento 51), si sottolinea che qualsiasi limitazione nella circolazione dell'acqua favorisce il ristagno di nutrienti ed inquinanti e quindi l'iper-accrescimento (o la loro limitazione) di alghe verdi tipo Ulvaceae con conseguente degradazione delle biomasse quando le temperature superano i 26-27 gradi, innescando fenomeni di ipo anossia con morte di tutti gli organismi esistenti e conseguente rilascio di sostanze maleodoranti e irritanti dell'apparato respiratorio, come ad esempio l'H₂S. Le aree in esame sono già particolarmente critiche perché la costruzione di barene lungo la parte terminale del Canale dei Petroli, effettuata negli ultimi 4 anni, ha ridotto la circolazione causando anossie che si sono verificate, come ultimo esempio, tra maggio e luglio 2014. Per quanto riguarda la parte a sud del canale Contorta, poiché le velme saranno costruite con materiale di risulta e quindi fine e non sabbioso, c'è la seria possibilità che il moto ondoso creato dal transito delle navi risospenda la parte superficiale di questi sedimenti poco compatti creando dei *plume* sopra le praterie di fanerogame poste a sud del canale Contorta che potrebbero causare il deperimento o la scomparsa delle praterie stesse. Una valutazione quantitativa dei sedimenti risospesi dal passaggio delle navi o dalle attività di scavo del canale potrà essere ottenuta dall'utilizzo di trappole di sedimentazione posizionate in zone idonee lungo lo stesso sia a nord che a sud. In fase di realizzazione dell'opera sicuramente questo effetto di risospensione dei sedimenti sarà accentuato. Le trappole potrebbero essere posizionate prima, durante e post operam per permettere di valutare sia le quantità di sedimento risospeso nelle aree in questione che la sua qualità in termini di contaminanti associati alla frazione fine e durante e dopo i lavori. Un monitoraggio mediante le trappole di sedimentazione richiede una durata almeno annuale poiché i tassi di sedimentazione sono legati alla stagionalità.

Per quanto riguarda la possibile alterazione del grado di ossigenazione nelle aree influenzate dal progetto (commento 45), per valutare la possibile alterazione del grado di ossigenazione dell'acqua nelle aree influenzate dal progetto è necessario prevedere un piano di monitoraggio che verifichi nel tempo il cambiamento della vegetazione e del benthos prima e dopo la costruzione dell'opera. I risultati del piano di monitoraggio potranno supportare l'identificazione e la pianificazione delle opere di mitigazione e compensazione. Inoltre, anche il posizionamento delle barene incidono sul grado di ossigenazione e sul ristagno di nutrienti ed inquinanti nelle aree influenzate dal progetto, di conseguenza la valutazione delle diverse opzioni che verranno proposte dovranno essere svolte in funzione dei risultati ottenuti nel 2011-2014 nei monitoraggi per la classificazione dei corpi idrici della laguna effettuate per conto della Regione del Veneto /ARPAV dal DAIS con il coordinamento del CORILA (commento 10).

Riguardo la valutazione per la componente biota, sia in relazione alla normativa sulle acque a specifica destinazione funzionale (allegato 2 sezione C del D.lgs. 152/2006), sia in relazione alla direttiva 2000/60/CE e relativi decreti di recepimento (tab. 3/A D.M. 260/2010) (commenti 52-54), la direttiva 2000/60/CE prevede che lo stato ecologico degli ambienti di transizione sia analizzato attraverso la valutazione degli elementi di qualità biologica (EQB): macrofite, macrofauna bentonica, macrofauna ittica e fitoplancton. Gli EQB esprimono



il rapporto tra lo stato ecologico rilevato nelle aree di studio (prima, dopo e durante la costruzione dell'opera) in riferimento alle migliori condizioni riscontrate negli ambienti di transizione dell'eco regione mediterranea. Questi elementi sono già stati valutati nelle campagne di monitoraggio effettuate dalla Regione del Veneto/ARPAV nel 2011 e nel 2014, e possono essere utilizzati come condizione iniziale eventualmente da approfondire incrementando il numero di stazioni di rilevamento e introducendo elementi di qualità chimica. I monitoraggi effettuati nel 2011-2014 hanno permesso anche di esaminare le relazioni tra impatti e stato ecologico, secondo gli obiettivi di qualità indicati nel piano di gestione.

Per quanto riguarda la valutazione della possibile evoluzione dei corpi idrici interessati sia in fase di cantiere che di esercizio, considerando le possibili implicazioni in termini di bioaccumulo (commento 54), facendo riferimento agli studi condotti dal Magistrato alle Acque nell'area MAPEV1 negli anni 2007-08 ed agli studi pubblicati da Micheletti et al. (2008, 2006) e da Critto et al. (2005), l'analisi del bioaccumulo di sostanze inquinanti negli organismi presenti nell'area di interesse si riferisce principalmente ad organismi bivalvi (mitili e vongole) ed in misura minore ad altre componenti della catena trofica lagunare (comprendente anche specie di pesci) (Micheletti et al. 2006, 2008). Tali studi evidenziano come vi sia una tendenza all'accumulo nei tessuti dei pesci (prevalentemente gobidi) prelevati all'interno dell'area di studio soprattutto per i composti organici (in particolare IPA, PCB e HCB). Anche per i bivalvi (mitili e vongole) si riscontra una tendenza al bioaccumulo di composti organici e di alcuni metalli (soprattutto Cd, Cu, Pb e Zn). Il confronto con soglie tossicologiche ha, inoltre, evidenziato come alcuni livelli di bioaccumulo possano comportare potenziali rischi non accettabili per gli organismi stessi (Micheletti et al. 2008, 2006; Critto et al. 2005). Tutto ciò richiama l'attenzione sulla necessità di condurre opportuni studi di approfondimento, anche di tipo modellistico, al fine di indagare le potenzialità di bioaccumulo e dell'associato rischio ecologico, legato soprattutto all'ingente risospensione di sedimento che caratterizzerà il progetto in oggetto. I sedimenti raccolti nelle trappole di sedimentazione suggerite nel commento 51 potrebbero essere analizzati e le risultanze analitiche utilizzate per la corretta modellizzazione dei processi di bioaccumulo lungo la catena trofica (utilizzando specifici software disponibili). Il confronto dei valori di bioaccumulo con specifici standard ecotossicologici consentirebbe, poi, di valutare le potenzialità di rischio ecologico.

Considerazioni relative ai dati sedimentologici dei sedimenti campionati nella campagna tenuta del APV nel dicembre 2014

Relativamente alla caratterizzazione fisica dei sedimenti della campagna di campionamento e analisi svolte dall'APV nel dicembre 2014, possono essere riassunte le seguenti considerazioni.

1. Per poter fare una valutazione più approfondita dei dati sedimentologici sarebbe necessario avere a disposizione i dati relativi a tutte le frazioni granulometriche e non esclusivamente quelli riassunti come sabbia, limo, argilla o l'elaborazione in curve cumulative.
2. Non è chiaro perché non siano state eseguite le analisi granulometriche per tutti i campioni prelevati, ma solo quella di 34 campioni. In pratica si conosce la granulometria di solo 5 siti ai bordi del canale: C1, C7, C17, C21 e C32; e solo 3 siti al centro del canale: CC1, CC3, CC5. Questi dati appaiono insufficienti per una caratterizzazione sedimentologica del canale.



3. Si fa presente che sarebbe necessario prevedere una fase di campionamento che riguardasse esclusivamente i primi centimetri di sedimento (15-20 cm) del substrato. Al campionamento dovrebbe seguire un'analisi granulometrica di dettaglio. L'analisi granulometrica di dettaglio del sedimento è necessaria poiché, in un ecosistema come quello lagunare, i materiali a granulometria diversa hanno comportamenti molto differenti

Si deve evidenziare inoltre una carenza di attenzione relativamente ai processi di risospensione che possono avvenire in fase di dragaggio del canale. Il materiale risospeso, oltre a produrre un aumento della torbidità della colonna d'acqua (con conseguente disturbo ai processi di fotosintesi propri della vegetazione), può anche essere veicolo di diffusione di elementi inquinanti. Nessun dato relativo a questo problema compare nelle analisi modellistiche presentate.

Bibliografia

MAGISTRATO ALLE ACQUE DI VENEZIA – Thetis (2008). Indagini e monitoraggi nelle aree lagunari tra Venezia e Porto Marghera – 1° fase (MAPVE-1). Attività A - Risultati della caratterizzazione dello stato delle matrici ambientali. 56554-REL-T007.0. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.

Micheletti C, Lovato T, Critto A, Pastres R, Marcomini A (2008). Spatially distributed ecological risk for fish of a coastal food web exposed to dioxins. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 27, 1217-1225.

Micheletti C, Critto A and Marcomini A (2006). Assessment of ecological risk from bioaccumulation of PCDD/Fs and dioxin-like PCBs in a coastal lagoon. *Environment International*, 33, 45-55.

Critto A, Carlon C, Marcomini A. (2005). Screening ecological risk assessment for the benthic community: the Venice lagoon as case study. *Environment International*, 31(7), 1094-1100.



Proposta preliminare di “COMPENSAZIONI” per lo scavo del Canale Contorta

Premessa

L'allargamento ed approfondimento dell'attuale Canale Contorta fino a quota -10.5 comporta lo scavo di ca. 6.5 milioni di metri cubi di sedimenti che saranno in parte utilizzati per la sua conterminazione (realizzazione di velme artificiali) e in parte per costruire nuove barene lungo il Canale Malamocco-Marghera.

Si ritiene che l'eventuale realizzazione di quest'opera debba essere associata ad opere atte a mitigare e compensare gli impatti ambientali. Il canale Contorta è localizzato in un'area a basso ricambio soggetta all'inquinamento del polo industriale di Marghera avvenuto soprattutto negli anni '60-'80. Innumerevoli studi evidenziano come quest'area sia stata soggetta a un progressivo degrado culminato tra gli anni 90 e 2000 con la risospensione di enormi quantità di sedimenti ad opera della pesca illegale delle vongole filippine (Orel *et al.*, 2000, Sfriso *et al.*, 2005a, b). Tuttavia, se da un lato tale attività di pesca ha distrutto i fondali, dall'altro ha contribuito a disperdere i nutrienti e gli inquinanti presenti nei primi 15-20 cm superficiali grazie alla progressiva perdita della frazione pelitica (Bernardello *et al.*, 2006; Secco *et al.*, 2005; Sfriso *et al.*, 2003, 2008, 2014; Facca *et al.*, 2014; Masiol *et al.*, 2014). Pertanto, in questi ultimi anni l'area sta dimostrando un progressivo recupero dello stato ecologico con l'attecchimento di germogli di fanerogame marine, in particolare di *Zostera marina* fino a ridosso dei canali attorno alla centrale di Fusina. L'accrescimento di queste piante, e la formazione di praterie strutturate, che caratterizzano i bassofondali integri o poco impattati degli ambienti lagunari (Sfriso *et al.*, 2009) è già oggi limitato dal rilevante moto ondoso creato dal passaggio delle navi commerciali lungo il Canale Malamocco-Marghera a causa di un'elevata risospensione di sedimento. Pertanto, è già assodato che il passaggio di navi all'interno della laguna crea profondi sconvolgimenti nei fondali e nelle comunità bentoniche che li caratterizzano. Per prevenire gli effetti del moto ondoso, nel 2011, si è cercato di ovviare con la costruzione di lunghe barene artificiali che si estendono nella parte terminale del canale, tra le Casse di Colmata e Fusina, ma ciò ha comportato conseguenze ambientali ancora più deleterie come dimostrato dai monitoraggi istituzionali condotti dal DAIS (Sfriso, 2014) per l'ARPAV sotto la coordinazione del CORILA. Infatti le nuove barene hanno drasticamente ridotto il ricambio in un'area ricca di nutrienti. Ciò ha favorito la proliferazione di elevate biomasse di Ulvaceae, che con l'innalzarsi della temperatura dell'acqua oltre i 27-28 °C si sono rapidamente degradate instaurando condizioni di ipo-anossia come ormai non si verificavano più da anni. A questo proposito bisogna rilevare che la contemporanea costruzione di barene artificiali anche in altre aree della laguna dove le condizioni ecologiche erano moderate come a Sud di Valle Zappa nel 2014 ha generato estese condizioni ipo-anossiche anche in presenza di biomasse algali trascurabili. Pertanto la programmazione di questi interventi dovrebbe essere opportunamente ripensata.

Possibili compensazioni

Sulla base di queste osservazioni si può ragionevolmente ritenere che la costruzione di un canale trasversale tra le Casse di Colmata e il centro storico di Venezia possa creare dei grossi problemi di ricambio. Infatti è previsto che il nuovo canale sia affiancato da velme artificiali per ridurre gli effetti del moto ondoso creato dalle navi di passaggio sui fondali circostanti. Anche se le velme sono posizionate sotto il livello medio di marea è evidente che il flusso d'acqua a nord del canale verrebbe fortemente ridotto con riduzione del ricambio in tutta l'area posta a nord dello stesso, iper-accrescimenti di Ulvaceae od altre alghe tionitrofile ed inneschi di condizioni anossiche durante i periodi estivi. Questo verrebbe favorito anche dallo scarso ricambio dell'area dovuto alla presenza del ponte translagunare che, nonostante sia un ponte ad archi per permettere la circolazione dell'acqua, ormai è completamente ostruito. Sotto gli archi



del ponte si sono formati dei banchi di ostriche che sono cresciuti verticalmente anno dopo anno intrappolando i sedimenti e formando un barriera che impedisce il passaggio dell'acqua in tutte le condizioni di marea medio bassa.

Come opera di compensazione alla costruzione del Canale Contorta sarebbe auspicabile togliere i banchi di ostriche presenti sotto il ponte e ripristinare i fondali presenti all'inizio degli anni '90 prima dell'arrivo della pesca alle vongole filippine che ha incrementato enormemente la risospensione dei sedimenti in laguna centro-settentrionale con i tassi di sedimentazione che sono aumentati fino a 16 volte (Sfriso *et al.*, 2005a,b). Una quota di -1.5 m sotto il livello medio di marea sotto gli archi del ponte aumenterebbe enormemente la circolazione d'acqua ai due lati dello stesso e il maggior ricambio che ne deriverebbe oltre a favorire una maggior ossigenazione nell'area a nord del Canale Contorta incrementerebbe il ricambio anche nell'area a Nord del ponte translagunare riducendo il ristagno di acque ricche di nutrienti che innescano la proliferazione di macroalghe creando estese condizioni di anossia come si è verificato in luglio 2013 col rapido degrado di ca. 10.000 tonnellate di Ulvaceae. (Bastianini *et al.*, 2013).

Con i fanghi risultanti dallo scavo del canale anziché costruire barene o isole artificiali lungo il Canale Malamocco-Marghera o in altre aree della laguna dove se non opportunamente configurate creerebbero ulteriori problemi di circolazione favorendo l'instaurarsi di condizioni ipo-anossiche, nelle stesse aree si potrebbero costruire velme che permettono un certo ricambio, oppure si potrebbero fare velme (simili a quelle già fatte davanti al Lido) in aree degradate della laguna non protette da barene o isole. Ad esempio si potrebbero abbassare i fondali fino a quota -20-30 nelle aree più profonde in Valle Millecampi (Laguna Sud) oppure in Valle Ca' Zane o al centro della Palude Maggiore (Laguna settentrionale) in modo da rompere il fetch causa dell'elevata risospensione dei sedimenti che impedisce l'attecchimento delle fanerogame acquatiche anche se le condizioni trofiche sono ottimali. L'esperienza maturata nella prima fase di trapianti di fanerogame acquatiche nell'ambito del progetto SERESTO mostra infatti che questi hanno successo dove i fondali sono più bassi. Inoltre dove sono state costruite velme nel partiacque davanti al Lido non crescono le Ulvaceae ma attecchiscono le piante acquatiche anche se le condizioni di trofia sono piuttosto elevate.

Monitoraggi da effettuare prima e dopo lo scavo del canale e il compimento di eventuali opere di compensazione.

Presumendo che uno dei principali impatti dello scavo del canale Contorta riguardi la riduzione del ricambio idrico a nord dello stesso si rende necessario fare uno studio annuale preliminare sullo stato attuale delle comunità della macrofauna bentonica e delle macrofite e sui tassi di sedimentazione a sud e a nord dello stesso e analizzare il particolato raccolto per quanto riguarda le concentrazioni di nutrienti, metalli pesanti e composti organoclorurati e di ripetere le misure ad opera conclusa. Questo permetterà di verificare eventuali variazioni dell'idrodinamica e delle concentrazioni di questi composti e il loro impatto sulle comunità bentoniche di quest'area. In caso si effettuasse un approfondimento del fondale sotto il ponte translagunare le stesse misure andrebbero effettuate ai due lati del ponte per verificare l'atteso miglioramento delle condizioni chimico-ecologiche a nord dello stesso.

Bibliografia

Bastianini, M., Brernardi-Aubry, F., Acri, F., Braga, F., Facca, C., Sfriso, A., Finotto, S. (2013). The Redentore fish die-off in the Lagoon of Venice: an integrated view. Società Botanica Italiana, Gruppo di Algologia, Riunione Scientifica Annuale, Venezia, 18-19 Ottobre. p. 32.



- Facca, C., Ceoldo, S., Pellegrino, N., Sfriso, A. (2014). Natural recovery and planned intervention in coastal wetlands: Venice Lagoon (Northern Adriatic Sea, Italy) as a case study. *The Scientific World Journal*, 2014:11-16.
- Masiol, M., Facca, C., Visin, F., Sfriso, A., Pavoni, B. (2014). Interannual heavy element and nutrient concentration trends in the top sediments of Venice Lagoon (Italy). *Marine Pollution Bulletin*, 89:49-58.
- Orel, G., Boatto, V., Sfriso, A., Pellizzato M. (2000). *Piano per la gestione delle risorse alieutiche delle lagune della Provincia di Venezia*. In: Provincia di Venezia (Ed.). Sannioprint, Benevento, pp. 102.
- Secco, T., Pellizzato, F., Sfriso, A., Pavoni, B. (2005). The changing state of contamination in the lagoon of Venice. Part 1. Organic pollutants. *Chemosphere*, 58: 279-290.
- Sfriso, A., Facca, C., Ceoldo, S., Silvestri S., Ghetti, P.F. (2003). Role of macroalgal biomass and clam fishing on spatial and temporal changes in N and P sedimentary pools in the central part of the Venice lagoon. *Oceanologica Acta*. 26/1: 3-13.
- Sfriso, A., Facca, C., Marcomini, A. (2005a). Sedimentation rates and erosion processes in the lagoon of Venice. *Environment International*, 31(7): 983-992.
- Sfriso, A., Facca, C., Ceoldo, S., Pessa, G. (2005b). Sedimentation rates, erosive processes, grain-size and sediment density changes in the lagoon of Venice. In: P. Campostrini (Ed.). *Scientific Research and Safeguarding of Venice. Corila Research Program 2003 Results*. Multigraf, Spinea, Vol III, pp. 203-213.
- Bernardello, M., Secco, T., Pellizzato, F., Chinellato, M., Sfriso, A., Pavoni, B. (2006). The changing state of contamination in the lagoon of Venice. Part 2: Heavy metals. *Chemosphere*, 64: 1334-1345.
- Sfriso, A., Facca, C. (2007). Distribution and production of macrophytes in the lagoon of Venice. Comparison of actual and past abundance. *Hydrobiologia*, 577: 71-85.
- Sfriso, A., Argese, E., Bettiol, C., Facca, C. (2008). *Tapes philippinarum* seed exposure to metals in polluted areas of the Venice lagoon (Italy). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 7, 581-590.
- Sfriso, A., Facca, C., Ghetti, P.F. (2009). Validation of the Macrophyte Quality Index (MaQI) set up to assess the ecological status of Italian marine transitional environments. *Hydrobiologia*, 617: 117-141
- Sfriso A. (2014). Piano di monitoraggio della laguna di Venezia ai sensi della direttiva 2000/60/CE finalizzato alla definizione dello stato ecologico (decreto legislativo N. 152/2006 s.m.i.). Il Ciclo di Monitoraggio, periodo 2013-2015. EQB Macrophytes, Il Rapporto intermedio. 15 pp + tabelle allegate.
- Sfriso, A., Facca, C., Raccanelli, S. (2014). PCDD/F and dioxin-like PCB bioaccumulation by Manila clam from polluted areas of Venice lagoon (Italy). *Environmental Pollution*, 184: 290-297.

4. CONTRIBUTO IDPA - CNR

I monitoraggi eseguiti allo scopo di caratterizzare i sedimenti interessati al progetto, non seguono perfettamente le indicazioni del Protocollo 1993 (MATTM7), sia per quanto riguarda la distanza spaziale tra i carotaggi, sia per quanto riguarda la lunghezza dei subcampioni per ogni carota. Pertanto, la stima sui volumi di sedimenti appartenenti alle diverse classi non è molto attendibile. La parzialità della caratterizzazione sedimentologica riguarda anche la granulometria, come evidenziato nel contributo del DAIS, per poter fare una valutazione più approfondita dei dati sedimentologici sarebbe necessario avere a disposizione i dati relativi a tutte le frazioni granulometriche e non esclusivamente in tabelle con sabbia, limo, argilla o l'elaborazione in curve cumulative (si veda nota allegata).

Occorre inoltre tener presente che non è sempre confermato che gli strati profondi siano di qualità migliore. Questo è emerso sia nello studio MAPVE, (nei sedimenti a 50-75 cm dei bassifondi si è registrato un aumento complessivo della tossicità rispetto allo strato superficiale), sia nelle analisi condotte da APV nel 2013 lungo il Canale Malamocco Marghera (si vedano ad esempio i campioni 28 e 30). Inoltre nell'analisi condotta da APV tra novembre e dicembre 2014 non si ha una vera e propria predominanza di sedimento di classe A, ma emerge che circa la metà è in classe A e l'altra metà in B e C (MATTM7).

Per questi motivi, si consiglia di considerare comunque l'eventualità della presenza di sedimenti oltre C e di individuare impianti di smaltimento specifici, anche se tale classe non è stata evidenziata negli studi effettuati da APV finora. Se l'approfondita caratterizzazione dei sedimenti non ne dovesse permettere l'utilizzo in ambito lagunare, si può considerare l'ipotesi di migliorarne lo stato chimico e diminuire dunque il volume dei sedimenti "non buoni" tramite un'azione di risanamento tipo *sediment washing* (MATTM8, MATTM9) (Corami, 2008).

In mancanza di una caratterizzazione qualitativa approfondita, risulta quindi necessario avvalersi dei risultati ottenuti dai diversi monitoraggi effettuati in Laguna di Venezia. Sebbene tali monitoraggi non siano stati eseguiti precisamente nelle zone interessate dal progetto in esame, possono comunque dare preziose indicazioni sullo stato di qualità ambientale attuale della Laguna. Nello specifico, uno studio attento dei dati provenienti dai monitoraggi è stato eseguito da IDPA durante la stesura del Piano Morfologico della Laguna di Venezia, e se ne consiglia pertanto la consultazione. Se si utilizza l'ampia bibliografia esistente, va preso in considerazione che più del 90% dei sedimenti lagunari è in classe B (MATTM11).

Come evidenziato spesso dalla comunità scientifica, il Protocollo Fanghi 1993 è una legge ormai obsoleta, sotto diversi aspetti, come il metodo di classificazione dei sedimenti e la quantità degli inquinanti considerati. Per un progetto di tale portata è doveroso quindi prendere in considerazione tutte le conoscenze in materia, oltre ai dati ottenuti dai diversi monitoraggi condotti in ambito lagunare, vanno considerate le ultime conoscenze in materia di rischio e pericolosità, è necessario considerare lo stato di qualità dei corpi idrici in toto, considerare un elenco più esaustivo di inquinanti e microinquinanti, prove di bioaccumulo, test di tossicità e la geospeciazione (MATTM8).

Gli studi di geospeciazione inoltre, permetterebbero di valutare la possibile biodisponibilità dei contaminanti in fase di mobilitazione dei sedimenti (si veda la nota più avanti) (MATTM20, MATTM43, MATTM44). Si ritiene quindi opportuno che in fase di progettazione definitiva si seguano non solo i parametri previsti dal Protocollo 1993, ma che si estendano le analisi ad altri inquinanti previsti nella



normativa più recente, a studi di geospeciazione, alla qualità delle acque interstiziale ed a test di tossicità (MATTM65).

In tutti i casi il superamento del Protocollo 1993 deve essere fatto anche in base al principio di precauzione, che suggerisce al proponente di porsi nella situazione più cautelativa possibile (MATTM9).

Si consiglia di considerare le seguenti normative, più recenti: la 2000/60/CE (Direttiva quadro acque), che istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque; la Direttiva 2008/98/CE (recepita in Italia con il D.Lgs. 205/2010), che è la Direttiva europea relativa alla gestione dei rifiuti; la Direttiva 2008/105/CE, in cui è stato aggiornato l'elenco delle sostanze prioritarie e pericolose; il D.M. 260/2010, "Regolamento recante i criteri tecnici per la classificazione dello stato dei corpi idrici superficiali", dove sono riportate le tabelle relative agli SQA (Standard di Qualità ambientale) per acqua, sedimenti e biota; la Direttiva 2013/39/CE, che modifica la Direttiva 2000/60/CE e la Direttiva 2008/105/CE, per quanto concerne il controllo delle sostanze prioritarie nel settore della politica delle acque; l'articolo 48 del D.Lgs. del 24 gennaio 2012 ed il D.M. 161/2012, riguardanti la destinazione dei materiali di dragaggio e dei loro sottoprodotti; infine il Dgr 140/2014 che contiene la "Classificazione dei corpi idrici della Laguna di Venezia". In particolare l'allegato A alla DGR n. 140 del 20 febbraio 2014, riporta i risultati dei monitoraggi MODUS per Acqua, sedimenti e test tossicologici. Nello specifico, i sedimenti di tutti i corpi idrici (eccetto uno) risultano in stato di qualità NON BUONO (MATTM49, MATTM50).

Va evidenziato come sia di fondamentale importanza considerare lo stato di qualità non solo dei sedimenti, ma anche delle acque e dell'atmosfera: i tre comparti sono strettamente influenzati l'uno dall'altro. I contaminanti presenti nelle acque interstiziali, o nei sedimenti stessi potrebbero essere rilasciati in fase di esercizio (MATTM32, MATTM41, MATTM43, MATTM44), emerge quindi l'importanza di considerare soprattutto la qualità dei sedimenti superficiali che potrebbero venire risospesi durante l'esecuzione dei lavori (MATTM46). Come evidenziato anche da E. Molinaroli – DAIS (si veda nota allegata).

Da qui la necessità di monitorare che non ci siano peggioramenti dello stato di qualità di acqua, aria, sedimenti durante l'esecuzione dei lavori.

NOTA SULLA GEOSPECIAZIONE DEI SEDIMENTI (ESTRATTO DA PMLV)

Geospeciazione dei sedimenti

Nei sistemi acquatici naturali i sedimenti rappresentano in genere un serbatoio di microinquinanti inorganici, le cui concentrazioni possono essere diversi ordini di grandezza più elevate di quelle osservate nella colonna d'acqua sovrastante (Capodaglio et al., 1995; Scarponi et al., 1996; Corami et al., 2005). Anche la quantificazione del metallo totale presente nei sedimenti non consente di prevedere e stimare il reale rischio tossicologico derivante dal lento e continuo rilascio dei metalli pesanti intrappolati nel sedimento. La capacità di rimobilizzazione di tali inquinanti nella colonna d'acqua, e quindi la loro biodisponibilità, in seguito a perturbazioni dovute soprattutto ad attività antropiche, dipendono dalla forma chimica caratterizzante l'inquinante.

I metalli pesanti si trovano distribuiti fra i vari "componenti" del sedimento in relazione alle caratteristiche geochemiche dello stesso. Si distinguono quindi delle diverse frazioni ciascuna delle quali presenta una diversa possibilità di rilascio verso l'ambiente acquatico. I metalli disciolti nell'acqua interstiziale e quelli legati alla superficie della matrice solida mediante adsorbimento sono direttamente rilasciati nell'acqua



sovrastante; essi costituiscono la frazione scambiabile. Al contrario, i metalli legati come impurezze all'interno dei reticoli dei minerali non sono rilasciati nelle normali condizioni ambientali; essi possono allora costituire una frazione preponderante del metallo totale (Pacífico, 2002 – 2005; Argese et al., 2000; Duffus, 2005; Reeder et al., 2006; WHO, 2006). Tra questi estremi esistono altre forme chimiche che contengono metalli potenzialmente rilasciabili in seguito ad alterazioni chimico – fisiche (pH, potenziale redox, salinità) o che possono entrare nella catena alimentare dopo assimilazione da parte di organismi bentonici detritivori (Pacífico, 2002 – 2005).

La sola misura della concentrazione totale del metallo nel sedimento non può pertanto fornire informazioni sufficienti ed esaurienti sulla sua bioaccessibilità, biodisponibilità e tossicità nei confronti degli organismi. È perciò necessario studiare la distribuzione delle diverse frazioni cui i metalli in tracce sono legati, per valutare la frazione biodisponibile, l'eventuale tossicità ed individuare i fattori di arricchimento e di rimobilizzazione nelle differenti aree dell'ambiente in esame e valutarne le possibili perturbazioni, nel caso ve ne siano. Al fine di quantificare le concentrazioni di metallo legate a ciascuna frazione è stata ottimizzata una procedura di estrazione sequenziale che permette di conoscere la geospeciazione (o geofrazionamento), (Tessier et al., 1979; Rapin et al., 1983; Weltè et al., 1983).

Questa procedura è stata applicata, previa indagini preliminari, anche al sistema lagunare veneziano, utilizzando campioni di sedimento (Argese et al., 2000). La procedura di estrazione sequenziale (SEP) individua cinque fasi:

- I fase - prontamente scambiabile;
- II fase - legata ai carbonati;
- III fase - legata agli ossidi/idrossidi di ferro e manganese;
- IV fase - legata alla materia organica e ai solfuri;
- V fase - residua, relativa alla struttura del reticolo cristallino.

Per ulteriori dettagli si riportano di seguito i risultati degli studi di geospeciazione condotti in Laguna di Venezia.

La



tab. 1 riporta il confronto tra la concentrazione totale e la frazione biodisponibile di alcuni elementi in traccia presenti nei sedimenti analizzati negli studi di Argese (2000, 2003) e Corami (2011). Nella colonna "Fase" le diciture I e II indicano le concentrazioni rispettivamente della fase scambiabile e della fase legata ai carbonati, la cui somma costituisce la frazione biodisponibile in condizioni normali. Il simbolo "%" indica la percentuale di tale frazione rispetto alla concentrazione totale del metallo determinato mediante l'estrazione sequenziale. In base alla concentrazione totale dei singoli elementi, i sedimenti studiati erano originariamente classificati come B secondo il Protocollo '93. Lo studio della geospeciazione ha permesso di conoscere le concentrazioni delle frazioni biodisponibili (Fase I e II) dei singoli elementi analizzati. Tali concentrazioni sono risultate inferiori alle concentrazioni totali.

Per evidenziare l'importanza dello studio della geospeciazione, a titolo ipotetico, è stato fatto un confronto tra la concentrazione della frazione biodisponibile e la classificazione secondo il Protocollo '93. Dalla tabella emerge che, se il protocollo '93 basasse la sua classificazione sulla frazione biodisponibile (studiando la geospeciazione) gli stessi sedimenti analizzati in questi studi risulterebbero in classe A.

Poiché è la frazione biodisponibile quella in grado di esercitare effetti tossici sul biota, la sola determinazione della concentrazione totale non spiega in maniera esaustiva gli effetti tossici sul biota. Tale discrepanza tra concentrazione totale ed effetti tossici osservati sul biota è emersa in diversi studi condotti in laguna e presentati anche in questo documento (HICSED, MODUS1 e 2).

Tale metodologia, mediante estrazioni sequenziali selettive consente di acquisire conoscenze significative su origine, mobilizzazione e sedimentazione dei metalli pesanti nei sedimenti e, quindi, sulla qualità della matrice specifica. Lo studio della geospeciazione attraverso la procedura di estrazione sequenziale (SEP) permette la caratterizzazione *ex ante*, la conoscenza della frazione biodisponibile e le indicazioni riguardanti la tossicità potenziale dei sedimenti. Tale studio quindi, insieme ad opportuni test tossicologici, rende possibile una corretta classificazione della matrice, sia in termini di rischio, sia in termini di contaminazione.

Basare ogni decisione sulla semplice conoscenza della concentrazione del metallo totale può essere quindi fuorviante, in quanto le specie presenti del metallo potrebbero non esercitare effetti tossici sul biota ed avere conseguenze negative sull'ambiente, e viceversa. Anche nella Direttiva Europea (WFD) viene riconosciuto che un'accurata valutazione del rischio debba considerare la frazione biodisponibile dell'elemento in tracce. Attualmente, nelle agenzie ambientali di diverse nazioni europee è in discussione l'implementazione della biodisponibilità all'interno delle linee guida. L'informazione biologica della tossicità si deve integrare con le informazioni chimiche, ottenute da studi sulla speciazione, perché l'informazione sulla biodisponibilità dei contaminanti è strumento necessario per una corretta analisi del rischio (Corami, 2012; Corami, 2014).

tab. 1 Confronto tra la classificazione di campioni di sedimenti determinata con le concentrazioni (mg/kg di sedimento secco) di metallo totale e di frazione biodisponibile (determinata da Argese et al. 2000 e 2003). La classe secondo speciazione si riferisce al valore dato dalla somma della I e II fase (P. Cescon, F. Corami, 2012).

Campione	Fase	Cd	Cr	Fe	Mn	Ni	Pb	Cu	Zn	Hg	Classe secondo il metallo tot	Classe secondo speciazione
1 Velma della Giudecca (Argese et al. 2000)	I		n.d.	2.0	7.2	n.d.	0.60	n.d.	1.6		B	A
	II		0.37	310	98	0.94	8.9	2.1	36			
	totale		51	1000	250	13	18	26	110			
	%		0.7	3.1	42	7.2	53	8.1	34			
2 Velma	I		n.d.	11	6.6	n.d.	0.71	0.17	1.0		B	A

della Giudecca (Argese et al. 2000)	II totale %		0.80 60 1.3	990 160 6.2	120 290 44	2.0 40 5.0	9.6 38 27	2.1 41 5.5	47 290 17			
3 Velma della Giudecca (Argese et al. 2000)	I II totale %		n.d. 0.54 51 1.0	10 610 140 4.4	6.6 120 270 47	0.55 1.1 20 8.2	0.59 11 31 37	n.d. 2.6 36 7.2	2.7 69 200 36		B	A
4 Palude di Cona (Argese et al. 2000)	I II totale %		n.d. 1.0 77 1.3	20 120 270 4.5	36 200 550 43	0.48 3.3 39 9.7	0.42 14 48 30	0.72 2.7 52 6.6	5.9 37 210 20		B	A

5 Palude di Cona (Argese et al. 2000)	I		n.d.	5.2	9.8	0.10	0.15	n.d.	0.55		B	A
	II		0.59	820	130	1.2	8.7	1.7	19			
	totale		57	160	310	32	29	29	100			
	%		1.0	5.1	45	4.1	31	5.9	20			
6 Bocca di Malamocco (Argese et al. 2000)	I		n.d.	12	5.6	n.d.	0.33	0.32	2.5		B	A
	II		0.52	570	80	2.2	4.4	1.5	16			
	totale		65	150	270	36	18	23	83			
	%		0.8	3.9	32	6.1	26	7.9	22			
7 Bocca di Malamocco (Argese et al. 2000)	I		n.d.	4.8	5.5	n.d.	0.32	n.d.	1.7		B	A
	II		0.47	270	60	2.7	7.6	1.4	24			
	totale		72	160	300	39	19	19	87			
	%		0.6	1.7	22	6.9	42	7.4	29			
8 Porto Marghera (Argese et al. 2003)	I	0.00	n.d.	23	29	0.2	0.25	0.04	7.3		B	A
	II	0.36	0.58	110	160	1.1	28	1.1	63			
	totale	0.77	41	220	440	21	73	35	200			
	%	47	1.4	5.1	43	6.2	39	3.3	35			
9 Porto Marghera (Argese et al. 2003)	I	0.00	n.d.	4.2	55	0.20	0.12	0.59	10		B	A
	II	0.27	0.56	400	250	0.95	14	4.4	45			
	totale	0.44	37	190	550	28	35	29	180			
	%	63	1.5	2.1	54	4.1	40	6.9	52			
10 San Giuliano – Campalto (stagione calda) (Corami et al., 2011)	I	0.00					0.05	0.24	n.d.		B	A
	II	0.11					6.57	0.85	25.6	0.00		
	totale	0.43					25	43.8	200	n.d.		
	%	25.6					26.5	2.5	12.6	0.59		
									0.13			

11	I	0.00					0.15	n.d.	2.7		B	A
San Giuliano – Campalto (stagione fredda) (Corami et al., 2011)	II	0.5					12.1	4.53	79.8	0.00		
	totale	0.84					49.3	41.1	211	n.d.		
	%	59					24.8	11	39	0.97		
										0.08		
12	I	0.00					0.03	0.27	n.d.	0.00	B	A
Sacca Sessola (stagione calda) (Corami et al, 2011)	II	0.08					2.81	0.19	13.5	n.d.		
	totale	0.27					16.3	37.7	127	0.64		
	%	29.9					17.4	1.22	10.6	0.12		
13	I	0.00					0.12	n.d.	2.42	n.d.	B	A
Sacca Sessola (stagione fredda) (Corami et al, 2011)	II	0.2					4.94	2.72	43.0	n.d.		
	totale	0.32					25.9	33.5	140	0.91		
	%	62					19.6	8.11	32	n.d.		

Bibliografia

Argese E., Bettiol C., Gobbo L., Zonta R. V., 2000. Speciazione geochimica dei metalli pesanti nei sedimenti della laguna di Venezia. La ricerca scientifica per Venezia – Il sistema lagunare veneziano, vol. II, tomo I, 304-310.

Capodaglio G., Scarponi G., Toscano G., Barbante C., Cescon P., 1995. Speciation of trace metals in seawater by anodic stripping voltammetry: critical analytical steps. Fresenius journal of Analytical Chemistry, 351,386-392.

Corami F., Cairns W. R., Zanotto E., Rigo C., Vecchiato M, Piazza R., Citron M., Cescon P. Progetto RISED “Messa a punto e Sviluppo delle Procedure di Risanamento dei Sedimenti dei Canali Industriali e di Grande Navigazione della Laguna Di Venezia”, Rapporto tecnico scientifico.2008, Azione Biotech III, Regione Veneto.



Corami F., W. R. L. Cairns, C. Rigo, P. Cescon, 2011. Geospeciation of Trace Elements and Speciation Analysis of Mercury in the Venice Lagoon. EuroLag: 5th EU Coastal Lagoons Symposium, July 25-30 2011, Aveiro, Portugal.

Corami F., Morabito E., Gambaro A., Barbante C., Cescon P., "Analisi critica della normativa europea ed italiana per la gestione dei sedimenti marini e lagunari: il caso della Laguna di Venezia", Gazzetta Ambiente N4, 2014.

Duffus J. H., 2005. Chemical speciation terminology: chromium chemistry and cancer. *Minerological Magazine*, 69, 557-562.

Pacifico R., 2002-2005. Valutazione e mitigazione della contaminazione da metalli pesanti nelle laguna costiere flegree. Dottorato di ricerca Interpolo. Valutazione e mitigazione del rischio ambientale, Indirizzo Rischi antropici. XVII ciclo.

Reeder R. J., Schoonen A. A., Lanzarotti A., 2006. Metal speciation and its role in bioaccessibility and bioavailability. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 64; 59-113.

Scarponi G., Capodaglio G., Barbante C., Cescon P., 1996. Element speciation in bioinorganic chemistry, chapter 11 (The anodic stripping voltammetric titration procedure for study of trace metal complexation in seawater). Caroli S. Editore, pagg. 363-418. John Wiley & Sons Inc.

Tessier A., Campbell P. G. C., Bisson M., 1979. Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals. *Analytical Chemistry*, 51, 844-851.

Rapin F., Nembrini G. P., Forstener U., Garcia J. I., 1983. Heavy metals in marine sediment phases determined by sequential chemical extraction and their interaction with interstitial water. *Environmental Technology*, 4, 387-396.

Weltè B., Bles N., Montiel A., 1983. Study of different methods of speciation of heavy metals in the sediments. II. Applications. *Environmental Technology Letter*, 4, 233-238.

WHO (World Health Organization) 2006. Environmental Health Criteria 234. Elemental speciation in human health risk assessment.