
Per una gestione sostenibile del sedimento lagunare

Il contributo del D.M. 173/2016 alla valutazione della qualità del sedimento

di ANTONIO MARCOMINI*

Premessa

La laguna di Venezia è un ambiente costiero di transizione che ha sperimentato negli ultimi decenni una grave perdita di materiale sedimentario. I bassifondali a quota superiore alla minima marea di sizigia (-0.60 m s.m.) si sono ridotti da 168 kmq del 1930 a 105 kmq del 1970 a 60 kmq del 2000, a cui ha corrisposto una perdita media stimata di 2.2 milioni di mc/anno di sedimento. Essendo, quindi, la laguna di Venezia in larga parte in erosione, una corretta gestione dei sedimenti rappresenta uno dei presupposti fondamentali per contrastare l'andamento in atto e permettere al sedimento di svolgere funzioni ecologiche essenziali, quali quelle degradative e detossificanti, che sostengono il metabolismo complessivo dell'ecosistema.

La movimentazione e il riutilizzo dei sedimenti all'interno della laguna di Venezia è, a tutt'og-

gi, regolamentata dal cosiddetto Protocollo Fanghi (sottoscritto da Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Comune di Venezia, Comune di Chioggia, Provincia di Venezia, Regione del Veneto e l'allora Magistrato alle Acque di Venezia, l'8 aprile del 1993). Il Protocollo definisce i criteri per il riutilizzo dei sedimenti, per interventi di recupero e ricostruzione morfologica, e sulla base di concentrazione di alcuni elementi chimici potenzialmente pericolosi (Tabella 1, nella pagina seguente), classifica il sedimento (i.e. terre di dragaggio) in quattro classi di rischio (A, B, C e oltre C) cui corrispondono le seguenti quattro opzioni gestionali:

Classe A: terre di dragaggio utilizzabili in interventi di ripristino di morfologie lagunari comportanti il contatto diretto o indiretto di detti fanghi con le acque della laguna.

Classe B: terre di dragaggio utilizzabili in in-

* Professore ordinario di Chimica dell'ambiente e Direttore del Dipartimento di Scienze ambientali, informatica e statistica, Università Ca' Foscari di Venezia

Parametro	Protocollo Fanghi 1993			DM 260/2010 Tab 2/A SQA-MA	DM 260/2010 Tab 3/B SQA-MA	DM 260/2010 Tab 3/A SQA-MA Biota	DLgs 172/2015 Tab 2/A SQA-MA	DLgs 172/2015 Tab 3/A SQA-MA	DLgs 172/2015 Tab 3/B SQA-MA	DLgs 172/2015 Tab 1/A SQA-MA Biota	DM 173/2016	
	A	B	C	mg kg ⁻¹ p.s.	mg kg ⁻¹ p.s.	µg kg p.f.	mg kg ⁻¹ p.s.	mg kg ⁻¹ p.s.	mg kg ⁻¹ p.s.	mg kg ⁻¹ p.s.	L1	L2
Elementi in tracce				mg kg ⁻¹ p.s.	mg kg ⁻¹ p.s.	µg kg p.f.	mg kg ⁻¹ p.s.	mg kg ⁻¹ p.s.	mg kg ⁻¹ p.s.	mg kg ⁻¹ p.s.	mg kg ⁻¹ p.s.	mg kg ⁻¹ p.s.
Arsenico	15	25	50		12				12		12	20
Cadmio	1	5	20	0,3			0,3	0,3			0,3	0,80
Cromo	20	100	500		50				50		50	150
Cr VI					2				2		2	2
Rame	40	50	400								40	52
Mercurio	0,5	2	10	0,3		20	0,3	0,3		20	0,3	0,80
Nichel	45	50	150	30							30	75
Piombo	45	100	500	30			30	30			30	70
Zinco	200	400	3000								100	150
Contaminanti organici				µg kg ⁻¹ p.s.	µg kg ⁻¹ p.s.	µg kg ⁻¹ p.s.	µg kg ⁻¹ p.s.	µg kg ⁻¹ p.s.	µg kg ⁻¹ p.s.	µg kg ⁻¹ p.s.	µg kg ⁻¹ p.s.	µg kg ⁻¹ p.s.
Composti organostannici				5 (tributilstagno)			5 (tributilstagno)	5 (tributilstagno)			5	72
ΣPCB	0,01	0,2	2		8				8		8	60
ΣDDD	0,001	0,02	0,5	0,8			0,8	0,8			0,8	7,8
ΣDDE	0,001	0,02	0,5	1,8			1,8	1,8			1,8	3,7
ΣDDT	0,001	0,02	0,5	1			1	1		50* 100**	1,0	4,8
Clordano	0,001	0,02	0,5								2,3	4,8
Aldrin	0,001	0,02	0,5	0,2			0,2	0,2			0,2	10
Dieldrin	0,001	0,02	0,5	0,2			0,2	0,2			0,7	4,3
Endrin	0,001	0,02	0,5								2,7	10
α-HCH	0,001	0,02	0,5	0,2			0,2	0,2			0,2	10
β-HCH	0,001	0,02	0,5	0,2			0,2	0,2			0,2	10
γ-HCH (Lindano)	0,001	0,02	0,5	0,2			0,2	0,2			0,2	1,0
Eptacloro epossido											0,6	2,7
HCB				0,4		10		0,4		10	0,4	50
Esaclorobutadiene						55				55		
Idrocarburi C>12	30	500	4000								ND	50000
ΣIPA(16)	1	10	20		800						900	4000
Antracene				45			24	24			24	245
Benzo[a]antracene											75	500
Benzo[a]pirene				30				30		5	30	100
Benzo[b]fluorantene				40				40			40	500
Benzo[k]fluorantene				20				20			20	500
Benzo[g,h,i]perilene				55				55			55	100
Crisene											108	846
Indenopirene				70				70			70	100
Fenantrene											87	544
Fluorene											21	144
Fluorantene				110				110		30	110	1494
Naftalene				35			35	35			35	391
Pirene											153	1398
ΣT.E. PCDD,PCDF (Diossine e Furani) e PCB diossina simili					2,00E-03			2,00E-03		6,50E-03	2,00E-03	1,00E-02
PCDD/F												
PCB diossina simili												
Difenileteri bromurati										0,0085		
Dicofol										33		
Acido perfluorottansolfonico e suoi Sali (PFOS)										9,1		
Esabromociclododecano (HBCDD)										167		
Eptacloro ed eptacloro epossido										6,70E-03		

terventi riguardanti il recupero e il ripristino di isole lagunari, realizzati in maniera tale da garantire un confinamento permanente dei fanghi stessi così da impedire ogni rilascio di inquinanti nelle acque lagunari.

Classe C: terre di dragaggio utilizzabili in interventi riguardanti ampliamenti e innalzamenti di isole permanentemente emerse o di aree interne limitrofe alla conterminazione lagunare, realizzabili con un confinamento permanente costituito da strutture dotate di fondazioni profonde e continue, tali da evitare sia in corso d'opera che ad opera compiuta qualsivoglia rilascio di specie inquinanti a seguito di processi di erosione, dispersione e infiltrazione di acque meteoriche.

Classe oltre C: terre di dragaggio, che comunque non siano classificate come rifiuto tossico nocivo, utilizzabili per il ripristino altimetrico di aree depresse al di fuori della conterminazione lagunare, con assicurazione del totale isolamento e impermeabilizzazione.

L'aumentata disponibilità di conoscenze e l'emanazione di nuove normative ambientali, a partire dalla direttiva quadro sulle acque (2000/60/CE) e dal suo recepimento nazionale (D. Lgs. 152/2006), hanno reso improrogabile la revisione dei criteri di classificazione del sedimento della laguna di Venezia. In Tabella 1 sono riportate le concentrazioni di elementi e composti organici presenti nel Protocollo Fanghi, nel D.M. 260/2010, nel D. Lgs. 172/2015 e del D.M. 173/2016, relativamente al sedimento e al biota. Si noti, in generale, rispetto a quanto riportato nel Protocollo Fanghi, l'aumento del numero di contaminanti, soprattutto organici, e l'introduzione degli Standard di Qualità Ambientali (SQA), i.e. concentrazioni al di sotto delle quali il rischio risulta trascurabile o assente. Si noti, inoltre, che il D.M. 173/2016, che regola la movimentazione a mare di materiale dragato costiero, introduce due limiti di concentra-

zione (L1 e L2) per ciascun contaminante, il primo è lo SQA, il secondo è più elevato di L1 (i.e. determina una qualità inferiore del materiale dragato) ma corrispondente a un rischio ecologico comunque accettabile.

A partire dalla fine degli anni '90, l'ambiente della laguna di Venezia è stato ampiamente studiato dalla comunità scientifica in un'ottica di valutazione del rischio ambientale generato da una serie di stressori fra cui le sostanze inquinanti (in particolare quelle persistenti, tossiche e bioaccumulabili) (Benedetti M. et al., 2012). È stato dimostrato, anche per la laguna di Venezia, che la sola caratterizzazione chimica del sedimento non è sufficiente a prevedere gli effetti tossicologici, come pure il trasferimento delle sostanze chimiche dal sedimento agli organismi attraverso processi di bioaccumulo. Sono stati applicati approcci multidisciplinari e attuati monitoraggi sull'intera laguna. In particolare, è stato impiegato l'approccio *Weight-of-Evidence* (Chapman P.M. et al., 2002; Burton G.A. et al., 2002) basato sull'integrazione delle cosiddette "Linee di Evidenza" (*Lines of Evidence*), ovvero sull'integrazione di dati provenienti da diversi ambiti di indagine (chimica, ecologia, ecotossicologia).

L'approccio *Weight-of-Evidence* prevede, nelle sue applicazioni quantitative, l'attribuzione di pesi diversi a ogni set di informazioni relative a ciascuna evidenza sulla base di specifici criteri (quali la loro diversa robustezza, affidabilità e significatività) e la loro integrazione quantitativa in un indice finale. In particolare per il sedimento l'approccio *Sediment Quality Triad* (Long E.R. e Chapman P.M., 1985; Chapman P.M., 2000; Chapman P.M. e Anderson J. 2005) prevede l'integrazione di dati chimici (concentrazione dei contaminanti nel sedimento e loro biodisponibilità), ecotossicologici (risultati di saggi ecotossicologici effettuati su campioni del sedimento esaminato)

Tabella 1. Concentrazioni nel sedimento (peso secco, p.s.) e nel biota (peso fresco, p.f.) nel Protocollo Fanghi 1993, nel D.M. 260/2010, nel D. Lgs. 172/2015 e nel D.M. 173/2016.

SQA: Standard di Qualità Ambientale.

*** Pesci con <5% grassi.**

**** Pesci con >5% grassi**

Tabella 2. Dati di effetto (tossicità assente/tossicità elevata e assenza statistica di tossicità) relativi a elementi in tracce e inquinanti organici in laguna di Venezia (Progetto HICSED, 2011)

ed ecologici (analisi della composizione delle comunità macrobentoniche per valutarne eventuali alterazioni) che insieme concorrono a sviluppare un giudizio di qualità sul sedimento in esame. I risultati di alcuni progetti promossi dal Provveditorato Interregionale per le OO.PP. (in particolare ICSEL, SIOSED e HICSED) hanno dimostrato che la differenziazione del sedimento lagunare in classe A e classe B, così come prevista dal Protocollo del 1993, non ha una sufficiente giustificazione scientifica, come emerge dal confronto dei dati di Tabella 2 con quelli relativi alle concentrazioni del Protocollo Fanghi. I seguenti elementi: arsenico (As), cadmio (Cd), cromo (Cr), mercurio (Hg), zinco (Zn), esibiscono assenza di tossicità, su base statistica, a concentrazioni superiori a quelle di classe A, pertanto ricadenti in classe B. Ciò ha rilevanti conseguenze sulla gestione del sedimento, poichè il sedimento di classe B non può essere mobilizzato liberamente in laguna da cui risulta che quasi il 97% del sedimento lagunare da operazioni di manutenzione idromorfologica della laguna (dragaggi canali di navigazione, ecc.) deve essere confinato permanentemente.

D.M. 173/2016, decreto recante “Modalità e criteri per l’autorizzazione all’immersione in mare dei materiali di escavo di fondali marini”

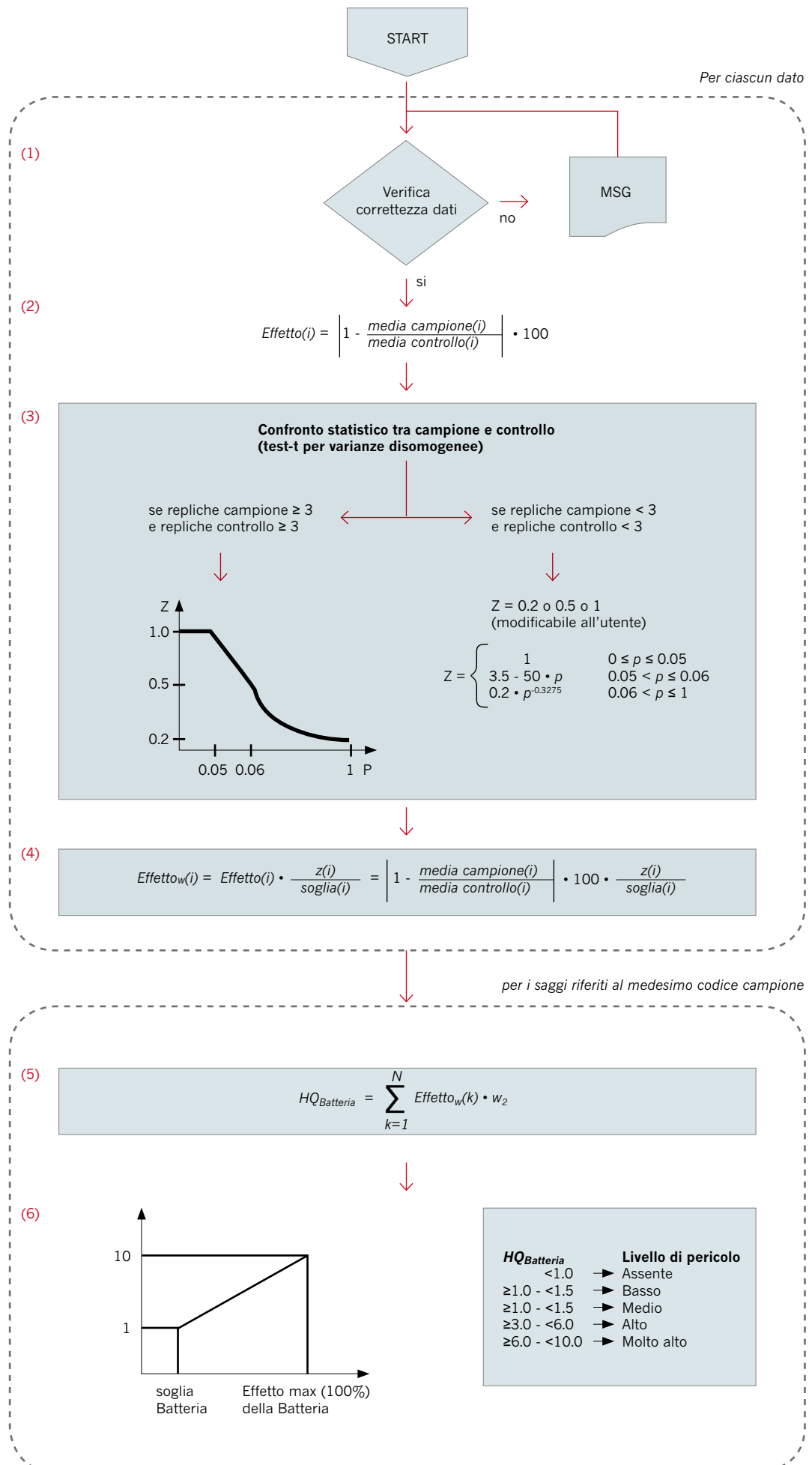
Partendo dall’assunto, ormai ampiamente condiviso a livello internazionale, di considerare il materiale prodotto dall’escavo di fondali marini e salmastri come una “risorsa” da recuperare e riutilizzare, il 21 settembre 2016 è entrato in vigore il Decreto n° 173 del 15 luglio 2016. Tale decreto stabilisce le procedure per il rilascio dell’autorizzazione alla immersione deliberata in mare dei materiali di escavo di fondali marini o salmastri o di terreni litoranei emersi, nel rispetto della tu-

tela dell’ambiente marino. Il decreto include un allegato tecnico che fornisce le modalità e i criteri per la caratterizzazione, la classificazione e la gestione dei materiali di escavo da sottoporre a movimentazione. L’entità delle indagini ambientali richieste segue un criterio di semplificazione graduale in relazione al livello di inquinamento presunto sulla base delle informazioni pregresse relative all’area di escavo da riportare in una apposita “Scheda di inquadramento dell’area di escavo”. Tale scheda contiene informazioni generali sulla ubicazione dell’area di escavo, l’analisi delle principali pressioni che insistono sull’area, analisi e mappatura dei principali elementi di pregio naturalistico, delle aree di tutela e degli obiettivi sensibili presenti, informazioni sulle caratteristiche idrodinamiche e chimico-fisiche della colonna d’acqua, informazioni sulle attività di escavo pregresse, informazioni sulle caratteristiche morfo-batimetriche e sulle caratteristiche dei fondali, informazioni sulle caratteristiche chimiche del sedimento, informazioni sugli organismi animali e vegetali, informazioni pregresse sulle attività di immersione/utilizzo, informazioni sulle precedenti attività di monitoraggio ambientale negli ultimi 5 anni, programmazione delle attività di escavo e gestione dei materiali, informazioni sulla riduzione delle fonti di inquinamento. La caratterizzazione e classificazione dei materiali dell’area di escavo si basa sulla caratterizzazione e classificazione ecotossicologica e chimica. La classificazione ecotossicologica si basa, a sua volta, sulla applicazione di una batteria di saggi biologici i cui risultati sono integrati e portano alla formulazione del giudizio di tossicità in accordo con lo schema di Figura 1 a pagina 54. Si noti che l’attribuzione del livello di pericolo (da assente a molto alto) si basa sull’indice di pericolo complessivo della batteria di saggi ecotossicologici (Hazard Quotient, HQ_{batteria}).

Parametro	HICSED 2011 (Anderson - Chapman 2005)		HICSED 2011	Protocollo Fanghi		
	Tossicità assente	Tossicità elevata	Assenza statistica di tossicità (85° percentile del set di dati non tossici)	A	B	C
Elementi in tracce	mg kg ⁻¹ p.s.	mg kg ⁻¹ p.s.	mg kg ⁻¹ p.s.			
Arsenico	12 ± 3.1	21.7 ± 8.8	22.6	15	25	50
Cadmio	0.2 ± 0.4	1.5 ± 2.6	2	1	5	20
Cromo	33.9 ± 13.1	51.4 ± 19.6	61	20	100	500
Cr VI						
Rame	13.5 ± 5.1	38.4 ± 29.3	36,9	40	50	400
Mercurio	0.3 ± 0.2	0.9 ± 0.8	1	0,5	2	10
Nichel	16.4 ± 7.5	23.2 ± 8.4		45	50	150
Piombo	12.6 ± 5.0	37.5 ± 23.3	38,8	45	100	500
Zinco	58.4 ± 23.1	419 ± 635	227	200	400	3000
Contaminanti organici	µg kg ⁻¹ p.s.	µg kg ⁻¹ p.s.	µg kg ⁻¹ p.s.	µg kg ⁻¹ p.s.	µg kg ⁻¹ p.s.	µg kg ⁻¹ p.s.
Composti organostannici	7.5 ± 5.0	11.7 ± 5.4				
ΣPCB	1.4 ± 1.7	4.0 ± 3.0	6	0,01	0,2	2
ΣDDD	0.3 ± 0.2	0.4 ± 0.6		0,001	0,02	0,5
ΣDDE	0.3 ± 0.3	0.7 ± 0.5		0,001	0,02	0,5
ΣDDT	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1		0,001	0,02	0,5
Clordano				0,001	0,02	0,5
Aldrin				0,001	0,02	0,5
Dieldrin				0,001	0,02	0,5
Endrin	0.1 ± 0.0	0.1 ± 0.0		0,001	0,02	0,5
α-HCH				0,001	0,02	0,5
β-HCH				0,001	0,02	0,5
γ-HCH (Lindano)				0,001	0,02	0,5
Eptacloro epossido						
HCB						
Idrocarburi C>12				30	500	4000
ΣIPA(16)	0.327 ± 0.588	0.694 ± 0.555	959	1	10	20
Antracene	0.008 ± 0.016	0.015 ± 0.014	22			
Benzo[a]antracene	0.026 ± 0.053	0.049 ± 0.047	62			
Benzo[a]pirene	0.028 ± 0.057	0.055 ± 0.053	82			
Benzo[b]fluorantene	0.032 ± 0.051	0.073 ± 0.059	100			
Benzo[k]fluorantene	0.013 ± 0.025	0.030 ± 0.027	46			
Benzo[g,h,i]perilene	0.025 ± 0.046	0.048 ± 0.045	66			
Crisene	0.026 ± 0.054	0.059 ± 0.059	67			
Indenopirene			46			
Fenantrene	0.031 ± 0.053	0.058 ± 0.040	64			
Fluorene	0.005 ± 0.004	0.011 ± 0.004	13			
Fluorantene	0.053 ± 0.098	0.111 ± 0.091	133			
Naftalene	0.006 ± 0.007	0.024 ± 0.030	23			
Pirene	0.052 ± 0.092	0.153 ± 0.098	162			
ΣT.E. PCDD,PCDF (Diossine e Furani) e PCB diossina simili						
PCDD/F	0.0037 ± 0.0063	0.0086 ± 0.0112	13,7			
PCB diossina simili	0.0001 ± 0.0002	0.0005 ± 0.0007	0,0003			

A lato
Figura 1. Procedura
per l'elaborazione
dei dati dei saggi
ecotossicologici.
La figura riproduce
lo schema riportato
nel DM 173/2016

Nella pagina seguente
Figura 2. Procedura
per l'elaborazione
dei dati di
caratterizzazione
chimica dei sedimenti.
La figura riproduce
lo schema riportato
nel DM 173/2016



La classificazione chimica si basa sul confronto delle concentrazioni misurate nel sedimento con le concentrazioni di riferimento L1 e L2 di cui alla Tabella 1. I valori di L1 e L2 possono essere modificati per tener conto delle caratteristiche sito-specifiche dell'area in esame (ad esempio, valori di fondo). I valori di L1 corrispondono a quelli degli standard di qualità ambientale (EQS) previsti per il sedimento dalla direttiva quadro sulle acque e dalle normative nazionali di recepimento (D.M. 260/2010 - Tabella 1).

I valori di L2 corrispondono a un livello di qualità inferiore a L1 ma comunque corrispondente a un rischio ecologico accettabile. La procedura prevista per la stima del livello di pericolo chimico (Hazard Quotient, HQc), da assente a molto alto, riportata in Figura 2, si basa sul calcolo della variazione rispetto al limite, ovvero il Ratio-To-Reference (RTR), con il RTR successivamente corretto in funzione del peso del contaminante che tiene conto dell'importanza delle variazioni osservate per i contaminanti più pericolosi (ad esempio, Cd, Hg, inquinanti organici persistenti: POPs).

Da ultimo, le classificazioni ecotossicologica e chimica vengono integrate per attribuire la classe di qualità dei sedimenti di escavo. Tale classificazione può avvenire secondo i criteri di integrazione ponderata sulla base degli HQ ecotossicologico e chimico, ovvero secondo criteri tabellari (Tabelle 3 e 4, a pagina 56).

Un apposito software, SediQualSoft 109.0®, sviluppato dall'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale e dall'Università Politecnica delle Marche (Ancona), implementa in maniera accurata la metodologia per la classificazione della qualità dei sedimenti marini e salmastri come prevista dal D.M. 173/2016. Tale software è organizzato in 3 moduli. I primi due sono relativi alla caratterizzazione ecotossicologica e alla caratteriz-

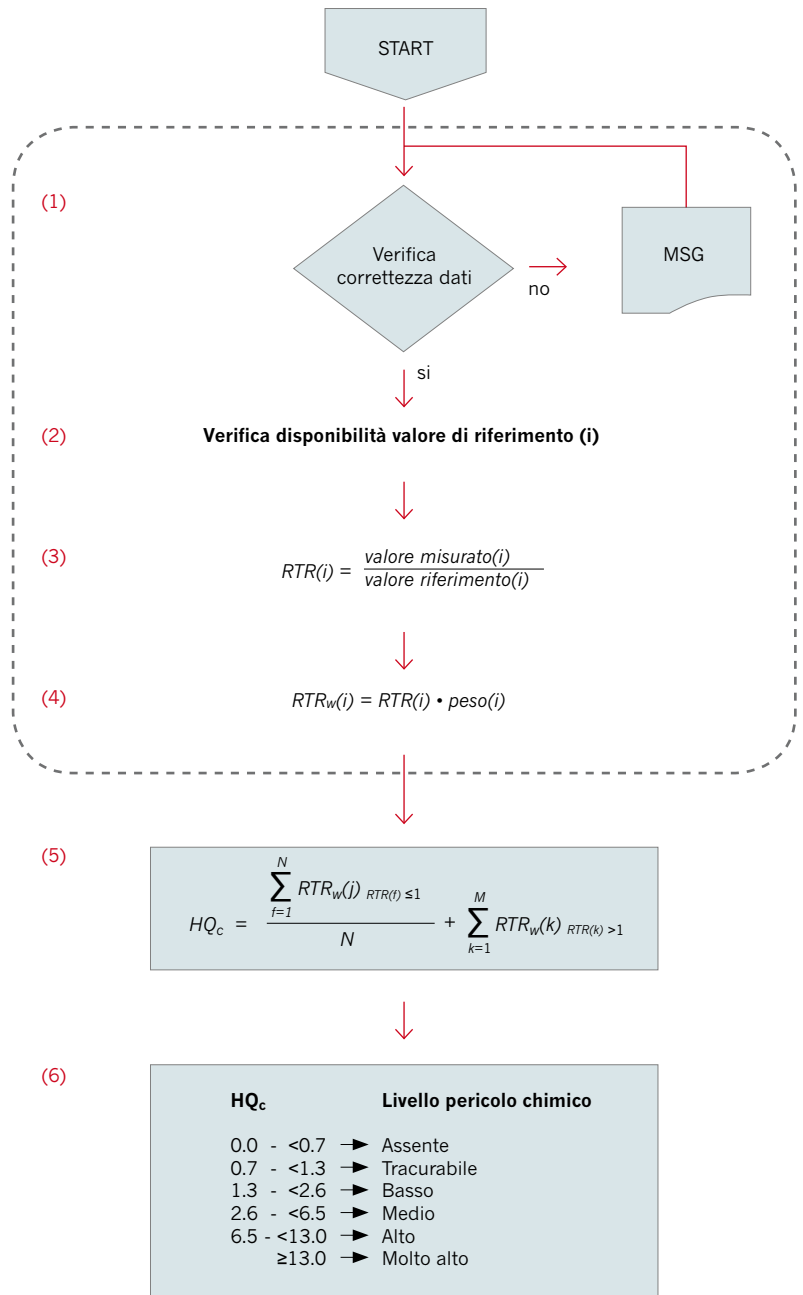


Tabella 3
Classificazione della
Qualità dei sedimenti
secondo i criteri di
integrazione ponderata.

$HQ_{Batteria}$ = Hazard
Quotient ecotossicologico

HQ_c = Hazard Quotient
chimico

Classe di pericolo ecotossicologico elaborato per l'intera batteria $HQ_{Batteria}$	Classificazione chimica	Classe di qualità del materiale
Assente	$HQ_c (L2) \leq$ Trascurabile	A
	Basso $\leq HQ_c (L2) \leq$ Medio	B
	$HQ_c (L2) =$ Alto	C
	$HQ_c (L2) >$ Alto	D
Basso	$HQ_c (L1) \leq$ Basso	A
	$HQ_c (L1) \leq$ Medio e $HQ_c (L2) \leq$ Basso	B
	Medio $\leq HQ_c (L2) \leq$ Alto	C
	$HQ_c (L2) >$ Alto	D
Medio	$HQ_c (L2) \leq$ Basso	C
	$HQ_c (L2) \geq$ Medio	D
\geq Alto	$HQ_c (L2) \leq$ Basso	D
	$HQ_c (L2) \geq$ Medio	E

Tabella 4
Classificazione
dei sedimenti basata
su criteri tabellari.

[C] = concentrazione
chimica

Classe di tossicità	Classe chimica	Classe di qualità del materiale
Assente	$[C] \leq L2$	A
	$[C] > L2$	Da determinare secondo i criteri ponderati di cui alla tabella 2.5
Bassa	$[C] \leq L1$	A
	$L1 \leq [C] \leq L2$	B
	$[C] > L2$	Da determinare secondo i criteri ponderati di cui alla tabella 2.5
Media	$[C] \leq L2$	C
	$[C] > L2$	D
\geq Alta	$[C] \leq L2$	D
	$[C] > L2$	E

zazione chimica, il terzo alla loro integrazione e alla classificazione di qualità dei sedimenti. Quest'ultima prevede 5 classi di qualità dei sedimenti dalla A alla E, con le rispettive opzioni di gestione, dove nella classe A ricadono i sedimenti di qualità ambientale più elevata mentre nelle classi successive la qualità decresce, come pure le opzioni di gestione che risultano gradualmente più limitate fino ad arrivare alla classe peggiore, la E, che prevede eventuale rimozione in sicurezza dall'ambiente marino dopo valutazione di rischio.

La principale novità introdotta dal D.M. 173/2016 consiste nell'aver recepito, metodologicamente, l'integrazione dei dati chimici di esposizione con quelli di effetto. La valutazione della qualità del sedimento, prevista in tale decreto, deriva pertanto dall'integrazione delle risultanze delle analisi ecotossicologiche e chimiche. Nei casi più complessi, come è la laguna di Venezia, è prevista un'integrazione ponderata delle risultanze delle analisi svolte che permette di pesare adeguatamente la pericolosità delle diverse sostanze analizzate per quanto riguarda le concentrazioni chimiche e la rilevanza dell'endpoint biologico, della matrice e del tempo di esposizione, per quanto riguarda i test ecotossicologici.

L'Appendice 2D al decreto permette l'individuazione dei livelli chimici di riferimento locali sotto il profilo ambientale (L1_{loc}). L'Appendice 2E introduce anche un indice sintetico sulla biodisponibilità che permette di stabilire quali e quanti contaminanti bioaccumulabili sono associati ai sedimenti, nonché il rischio associato al loro possibile trasferimento al comparto biotico.

È altamente auspicabile, al fine di rafforzare i meriti sopra elencati, che il D.M. 173/2016 sia reso più facilmente interpretabile a beneficio dei suoi utilizzatori e semplificato in alcune sue parti.

Indicazioni utili per la revisione del Protocollo Fanghi 1993

Una prima valutazione sulla estensibilità del D.M. 173/2016 alla laguna di Venezia incoraggia ad adottare lo stesso approccio metodologico nella valutazione degli Hazard Quotient (HQ) ecotossicologico e chimico, e nella stima della classe di pericolo ecotossicologico e chimico. Tenuto conto della presenza ubiquitaria in laguna di alcuni elementi (ad esempio, Hg), si ravvede la necessità di definire livelli chimici di riferimento locali sotto il profilo ambientale (L1_{loc}), in sostituzione dei corrispondenti L1 del D.M. 173/2016 (Tabella 1), come pure di definire, per gli stessi elementi, valori di bioaccumulo di fondo. Nell'ottica di movimentare il sedimento di escavo senza alcun peggioramento della qualità dell'ambiente lagunare, ovvero di un suo miglioramento, si consiglia di non mobilizzare sedimenti che presentino concentrazioni chimiche al di sopra di L2 (cosa, invece, prevista dal D.M. 173/2016), come pure di valutare l'opportunità di introdurre una valutazione comparativa fra il sito di escavo (partenza) e quello di arrivo (recapito), basata sulla caratterizzazione e integrazione di ecotossicologia e chimica, e sulla valutazione della biodisponibilità attraverso il bioaccumulo. Ciò porterebbe anche a una significativa semplificazione della complessiva procedura valutativa. Inoltre, il D.M. 173/2016, prevedendo l'utilizzo di dati, soprattutto chimici, acquisiti in un arco temporale da 2 a 5 anni, favorisce la valorizzazione della enorme mole di dati di caratterizzazione provenienti da monitoraggi, studi e progetti di ricerca, che hanno avuto come oggetto la laguna di Venezia in questi ultimi anni.

Da ultimo, il nuovo Protocollo dovrebbe contenere un Allegato con le indicazioni tecniche generali per la caratterizzazione, valutazione e monitoraggio ambientale, nonché le mo-

dalità di escavo, trasporto e immersione del materiale sedimentario dal sito di partenza a quello di arrivo, in funzione delle possibili opzioni di gestione.

Conclusioni

Ribadita la necessità di considerare il materiale prodotto dall'escavo dei fondali lagunari come una risorsa da recuperare e riutilizzare nel rispetto della salvaguardia ambientale, questa nota ha inteso fornire un quadro complessivo, ancorchè sintetico, sull'approccio metodologico richiesto dalla direttiva quadro sulle acque e dalla normativa nazionale di recepimento in merito alla definizione della qualità e movimentabilità del sedimento. Il D.M. 173/2016 ha avuto il merito di proporre tale approccio metodologico per la immersione in mare dei materiali di escavo di fondali marini costieri. Sebbene la finalità di questo decreto sia ben diversa da quella relativa alla movimentazione del materiale di escavo in laguna di Venezia, la metodologia adottata per la classificazione di qualità del materiale da dragare è di sicuro interesse per la revisione dei criteri di classificazione del sedimento della laguna di Venezia nell'ambito di un nuovo Protocollo per la movimentazione del sedimento lagunare.

Riferimenti bibliografici

Benedetti M., Ciapriani F., Piva F., Onorati F., Fattorini D., Notti A., Ausili A., Regoli F., 2012. *A multidisciplinary weight of evidence approach for classifying polluted sediments: integrating sediment chemistry, bioavailability, biomarkers responses and bioassays*, Environment International, 38, 17-28.

Burton G.A., Chapman P.M., Smith E.P., 2002. *Weight-of-Evidence approaches for assessing ecosystem impairment*, Human and Ecological Risk Assessment, 8(7), 1657-1673.

Chapman P.M., 2000. *The Sediment Quality Triad: then, now and tomorrow*, International Journal of Environment and Pollution, 13, 351-356.

Chapman P.M. e Anderson J., 2005. *A decision-making framework for sediment contamination*, Integrated Environmental Assessment and Management 1(3), 163-173.

Chapman M.P., McDonald B.G., Lawrence G.S., 2002. *Weight-of-Evidence issues and framework for sediment quality (and other) assessments*, Human and Ecological Risk Assessment, 8(7), 1489-1515.

Provveditorato Interregionale per le OO.PP./Magistrato alle Acque, Thetis, CNR-ISMAR, CNR-ICTIMA, Università di Siena, 2005. Progetto ICSEL (Integrazione delle Conoscenze sull'Ecosistema Lagunare veneziano). Rapporto finale attività C.

Provveditorato Interregionale per le OO.PP./Magistrato alle Acque, Thetis, SCRIPPS Institution of Oceanography, CNR-ISMAR, ARPAV, APAT, Istituto Superiore di Sanità, ICRAM, 2008. Progetto SIOSED (Determinazione sperimentale degli effetti del riutilizzo dei più diffusi sedimenti della laguna di Venezia). Rapporto finale.

Provveditorato Interregionale per le OO.PP./Magistrato alle Acque, Thetis, ARPAV, ISPRA, Istituto Superiore di Sanità, 2011. Progetto HICSED (Sviluppo dei progetti ICSEL e SIOSED con la partecipazione di ICRAM, APAT, ISS ed ARPAV). Rapporto finale fase D.

