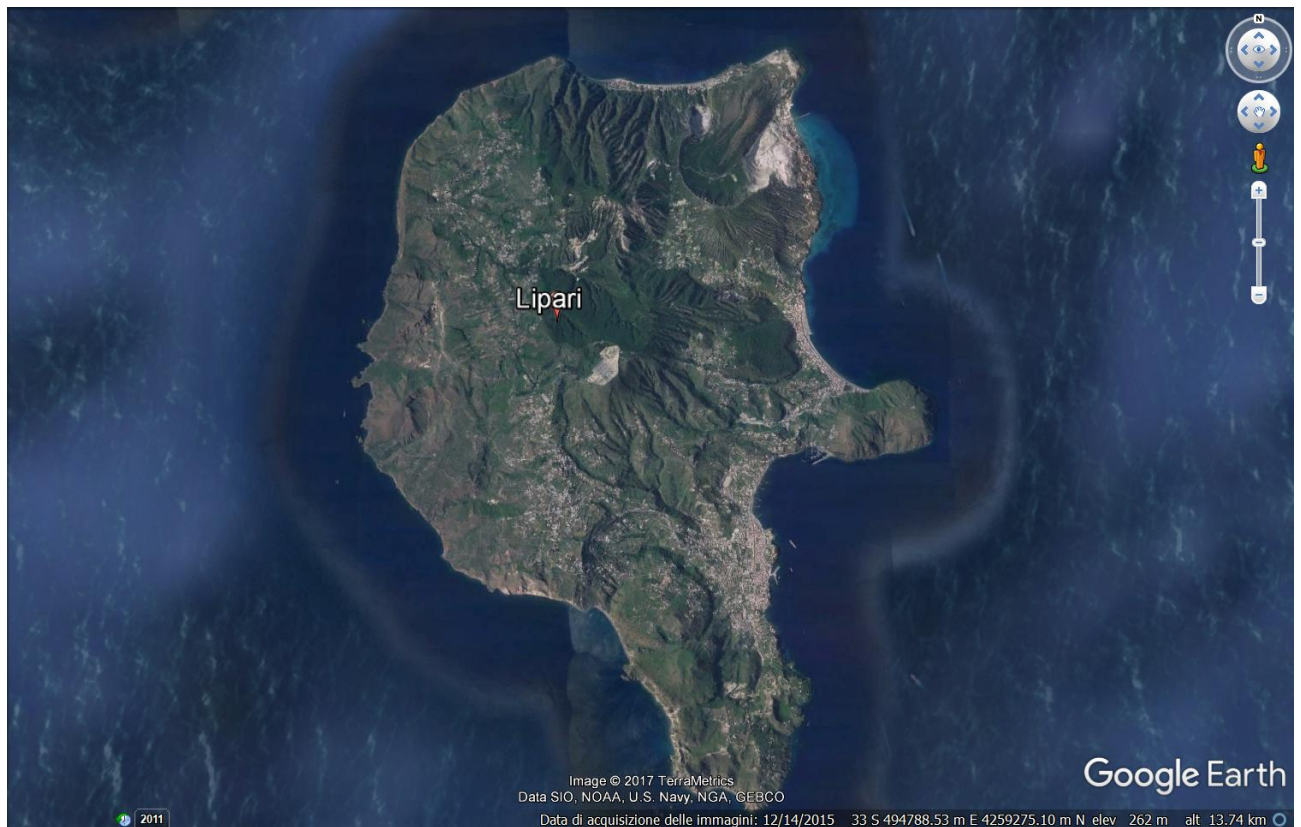




UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI *FEDERICO II*  
Scuola Politecnica e delle Scienze di Base  
**Dipartimento di Biologia**  
*Laboratori di Igiene: Acque, Alimenti e Ambiente.*



# ***Impatto ambientale dello scarico del Dissalatore di Lipari nel corpo idrico recettore***

## Premesse.

Il problema dell'impatto antropico sull'ambiente è una acquisizione ormai consolidata nella comunità scientifica, sebbene la sensibilità delle comunità e del legislatore si manifestano, in genere, allorché il danno è evidente e per lo più catastrofico.

Sono ormai ben noti vari episodi (morbo di Minamata, eutrofizzazione di laghi, contaminazione di falde acquifere, ecc.), che hanno spinto da un lato la ricerca scientifica a individuare i descrittori predittivi di danno e dall'altro la legislazione e la pubblica autorità a porre limiti, prescrizioni e strumenti per il recupero degli scenari compromessi.

Il modello DPSIR è lo schema adottato dalla EEA (European Environmental Agency) su proposta dell'OECD (Organisation for Economic Cooperation and Development) nel 1991, proprio per affrontare il tema impatto antropico sotto tutti i punti di vista.

L'acronimo, in pratica, comprende:

D = Determinanti, azioni umane in grado di interferire in modo significativo con l'ambiente

P = Pressioni, forme di interferenza diretta prodotte dalle azioni umane sull'ambiente

S = Stato, insieme di condizioni che caratterizza un dato ambiente e la sua resilienza

I = Impatti, variazioni indotte sull'ambiente da cause di natura antropica

R = Risposte, azioni antropiche finalizzate alla riduzione della criticità di condizioni ambientali

L'insieme delle azioni porta ai concetti di sostenibilità, principio di precauzione e prevenzione ben noti nella giurisprudenza, nella ricerca scientifica e nella gestione politico-amministrativa dei territori e delle popolazioni. Già l'Agenda 21, approvata nella Conferenza sull'ambiente e lo sviluppo delle Nazioni Unite a Rio de Janeiro 1992 poneva le fondamenta dello sviluppo sostenibile oggi alla base delle moderne legislazioni.

Un particolare aspetto sull'impatto antropico nei corpi recettori è costituito dai dissalatori, industria in rapidissima evoluzione considerando la crescente penuria di acque destinabili al consumo umano.

Lo scarico di tali impianti, finora, non è adeguatamente previsto e regolamentato dalla normativa italiana; solo a livello scientifico si va affrontando il problema secondo lo spirito e l'attuazione dei modelli prima riportati.

La dissalazione di acqua di mare è un indubbio vantaggio per le popolazioni, considerando la scarsità di acque destinabili al consumo umano, e in alcuni territori è particolarmente sentita; offre inoltre una vasta gamma di benefici alla salute umana e al sistema socio-economico fornendo un apparentemente illimitato approvvigionamento di acqua potabile.

Non si possono trascurare, di contro, alcuni potenziali impatti negativi sull'ambiente.

La progettazione di un impianto di dissalazione richiede quindi un'analisi ambientale approfondita in modo da identificare e valutare tutti i possibili danni provocati sui diversi comparti ambientali.

Lo scarico, in pratica, presenta elevate concentrazioni di sale, in funzione del grado di efficienza del processo, e numerose componenti chimiche che sono utilizzate per la funzionalità e l'ottimizzazione delle rese industriali; componenti come coagulanti, biocidi, antiscalant, ecc., che in varia misura entrano a far parte dello scarico e inevitabilmente contribuiscono all'impatto nei corpi recettori.

## Le finalità dello studio:

Lo studio ha voluto indagare sugli effetti di uno scarico di un dissalatore nel corpo recettore marino.

È notevole la bibliografia specialistica disponibile sui possibili effetti dello scarico dei dissalatori nell'ambiente marino; altresì numerosi sono gli studi in vitro sulla tolleranza di svariati organismi modello esposti a concentrazioni saline tipiche dello scarico dei dissalatori (salamoia). Infine, sono determinati i livelli soglia di tossicità dei composti utilizzati nel processo (coagulanti, biocidi, antiscalant, ...). Sono anche numerosi i report bibliografici sulle modificazioni del biota marino in conseguenza dell'esposizione cronica alle salamoie; studi svolti in paesi con lunga tradizione in tema di impianti di dissalazione. Rari sono, invece, gli studi effettuati in Italia; si ricorda l'interessante studio sugli "Effetti dello scarico iperalino sulla fauna bentonica nell'isola di Ustica" (Castriota et. Al., 2000) che aveva già messo in evidenza una riduzione della biodiversità nelle vicinanze dello scarico del locale impianto. Il danno da scarico iperalino è per lo più di tipo cronico con stati di stress e lente, ma inesorabili, modificazioni del biota marino del corpo recettore.

Obiettivo del lavoro è stato quindi quello di verificare, in uno scenario reale, quali fossero le modificazioni possibili indotte nell'ambiente marino dallo scarico iperalino di un dissalatore.

Si è scelto di raccogliere la maggiore informazione possibile, chimico-fisica, chimica, biologica e microbiologica da campioni prelevati allo scarico, e nelle immediate vicinanze di esso di un dissalatore attivo in Italia e precisamente nell'Isola di Lipari allo scopo di individuare eventuali variazioni in funzione della distanza dallo scarico che potessero avvalorare l'ipotesi già verificata in altri scenari.

Laddove la tipologia di contaminanti, e la loro relativa concentrazione, presenti negli scarichi industriali ha genericamente elevata attività sul biota del corpo recettore, il danno è spesso acuto ed evidente nel breve periodo. Nel caso di reflui urbani sono ormai noti tutti i pericoli e le tipologie di danno all'ambiente marino: accanto alle problematiche ambientali legate alle componenti tossiche si uniscono gli effetti eutrofici legati alle componenti organiche, nonché le problematiche microbiologiche con rischio infettivo mediato dai prodotti dell'allevamento e della pesca.

Nel caso degli scarichi iperalini la componente principale è l'elevato contenuto in cloruri. Diversamente da altre tipologie di scarico di inquinanti, urbani e/o industriali che siano, il danno è definibile di tipo "cronico" con minori evidenze immediate di danno e con la graduale evoluzione del medesimo nel tempo.

In tutti i casi il risultato è lo stesso: ***alterazione dell'ecosistema del corpo recettore.***

## Lo scenario analitico:

L'ambiente marino sottoposto a monitoraggio è sito in Lipari, località Canneto, ove lo sbocco dello scarico del dissalatore appare evidente (fig.1 e 2)



Fig 1: Area interessata al monitoraggio.



Fig 2: Emergenza dello scarico del dissalatore.

L'area presenta un andamento ad arco con spiaggia di limitata larghezza nella zona centrale, delimitata da costa a scoglio: punta dello Sparanello a Nord-ovest e punta della Jalera a Sud-Est. Nella zona centrale è presente una barriera di tripodi. Il profilo del fondale presenta due brevi piattaforme a bassa profondità (8, 15 mt) a contorno delle punte dello Sparanello e Jalera (quest'ultima ben più ampia); fondale che incrementa piuttosto rapidamente in profondità. Il fondale prospiciente la spiaggia incrementa in profondità subito dopo la barriera di tripodi prima citata (fig.3)



Fig.3: batimetria dello scenario di indagine.

Lo scarico del dissalatore irrompe in superficie a intermittenza provocando un repentino mescolamento delle acque con incremento della torbidità.

## Le fasi del monitoraggio:

Il monitoraggio è stato attuato in data 12 luglio 2017 ed ha compreso:

- definizione dei punti di campionamento in funzione dello scenario di indagine;
- raccolta di campioni di acque;
- raccolta di campioni di sedimento;
- monitoraggio biologico “visual census” ad opera di sub esperto.

I punti di campionamento sono stati stabili considerando che l’efflusso di acque dello scarico si disperde al largo rispetto al punto di emergenza; sono stati prelevati campioni d’acqua, siglati genericamente con (A) e sedimenti di fondo, siglati genericamente con (F); in particolare:

- Scarico del dissalatore. (A1, F1)
- A 2 m dallo scarico del dissalatore seguendo l’asse della condotta (A2, F2)
- A 5 m dallo scarico del dissalatore seguendo l’asse della condotta (A3, F3)
- 30 m a SE dallo scarico (A4, F4)
- 30 m a NO dallo scarico, in asse con la condotta di scarico (A5, F5)
- 30 m a NE dallo scarico, in asse con la condotta di scarico (A6, F6)
- 100 m a NE dallo scarico, in asse con la condotta di scarico (A7, F7)
- Al largo di punta Sparanello (50 m dalla linea di costa); questo punto è stato scelto quale riferimento di areale simile al precedente ma non interessato dallo scarico (A8 F8).

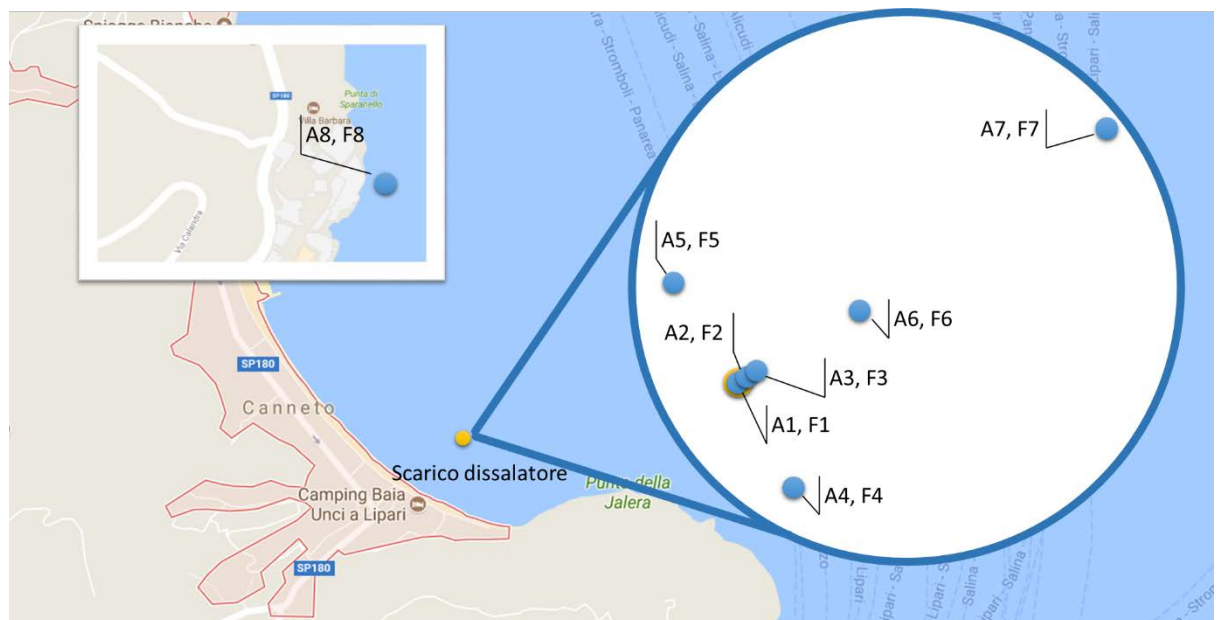


Fig. 4: scenario analitico con i punti individuati per il campionamento.



Le figure che seguono illustrano alcuni momenti del campionamento:

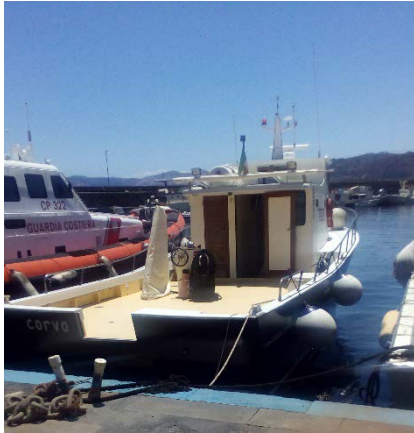


Fig.5: imbarcazione utilizzata per la campagna di campionamento.



Fig 6: Campionamento sedimento di fondo a mezzo di Benna di Van Veen.



Fig.7: preparazione dei campioni di melme di fondo.



Fig 8: inizio monitoraggio biologico "visual census".



Fig.9: valutazione dello stato di *Cymodocea nodosa*.



Fig 10: scarico del dissalatore.

# Risultati

## Parametri microbiologici:

I parametri microbiologici esaminati sono stati:

- Carica Batterica Totale a 37°C, rappresenta l'aliquota di germi mesofili presenti nel campione;
- Carica Batterica Totale a 22°C, rappresenta l'aliquota di germi psicrofili presenti nel campione;
- Coliformi Totali, gruppo di enterobatteri molto diffusi nell'ambiente e nell'enteron di molte specie animali e perciò buoni indicatori di contaminazione;
- *Escherichia coli*, noto indicatore di contaminazione fecale, talvolta produttore di tossine e implicato in focolai epidemici di tossinfezioni alimentari; è oggi alla base dei controlli microbiologici delle acque marine costiere ai fini del loro utilizzo turistico-balneare;
- Enterococchi, come per l'*E.coli*, anch'essi sono tipici degli ambienti fecali e perciò buoni indicatori di contaminazione;
- Clostridi solfito riduttori, sono ubiquitari ed ottimo riferimento per lo stato di contaminazione delle acque.

L'indagine microbiologica ha avuto la duplice finalità di valutare sia l'eventuale perturbazione nelle acque e nei sedimenti delle cariche microbiche dello scarico, conseguente al suo contenuto iperalino e di componenti più o meno tossiche legate al processo industriale.

I risultati sono riportati nelle tabelle che seguono:

ID. CAMPIONE	PARAMETRI	RISULTATO	U.M.
<b>F1</b>	Conta batterica totale a 37°C	220	UFC/g <sub>SS</sub>
	Conta batterica totale a 22 °C	135	UFC/g <sub>SS</sub>
	<i>Escherichia coli</i>	< 10	UFC/g <sub>SS</sub>
	Enterococchi	< 10	UFC/g <sub>SS</sub>
	Clostridi solfito riduttori (spore)	< 10	UFC/g <sub>SS</sub>
<b>F2</b>	Conta batterica totale a 37°C	160	UFC/g <sub>SS</sub>
	Conta batterica totale a 22 °C	90	UFC/g <sub>SS</sub>
	<i>Escherichia coli</i>	< 10	UFC/g <sub>SS</sub>
	Enterococchi	< 10	UFC/g <sub>SS</sub>
	Clostridi solfito riduttori (spore)	< 10	UFC/g <sub>SS</sub>
<b>F3</b>	Conta batterica totale a 37°C	400	UFC/g <sub>SS</sub>
	Conta batterica totale a 22 °C	174	UFC/g <sub>SS</sub>
	<i>Escherichia coli</i>	< 10	UFC/g <sub>SS</sub>
	Enterococchi	< 10	UFC/g <sub>SS</sub>
	Clostridi solfito riduttori (spore)	< 10	UFC/g <sub>SS</sub>
<b>F4</b>	Conta batterica totale a 37°C	91	UFC/g <sub>SS</sub>
	Conta batterica totale a 22 °C	65	UFC/g <sub>SS</sub>
	<i>Escherichia coli</i>	< 10	UFC/g <sub>SS</sub>
	Enterococchi	< 10	UFC/g <sub>SS</sub>
	Clostridi solfito riduttori (spore)	< 10	UFC/g <sub>SS</sub>
<b>F5</b>	Conta batterica totale a 37°C	117	UFC/g <sub>SS</sub>
	Conta batterica totale a 22 °C	143	UFC/g <sub>SS</sub>
	<i>Escherichia coli</i>	< 10	UFC/g <sub>SS</sub>
	Enterococchi	< 10	UFC/g <sub>SS</sub>
	Clostridi solfito riduttori (spore)	< 10	UFC/g <sub>SS</sub>
<b>F6</b>	Conta batterica totale a 37°C	142	UFC/g <sub>SS</sub>
	Conta batterica totale a 22 °C	129	UFC/g <sub>SS</sub>
	<i>Escherichia coli</i>	< 10	UFC/g <sub>SS</sub>
	Enterococchi	< 10	UFC/g <sub>SS</sub>
	Clostridi solfito riduttori (spore)	< 10	UFC/g <sub>SS</sub>
<b>F7</b>	Conta batterica totale a 37°C	850	UFC/g <sub>SS</sub>
	Conta batterica totale a 22 °C	1.100	UFC/g <sub>SS</sub>
	<i>Escherichia coli</i>	< 10	UFC/g <sub>SS</sub>
	Enterococchi	< 10	UFC/g <sub>SS</sub>
	Clostridi solfito riduttori (spore)	< 10	UFC/g <sub>SS</sub>
<b>F8</b>	Conta batterica totale a 37°C	204	UFC/g <sub>SS</sub>
	Conta batterica totale a 22 °C	320	UFC/g <sub>SS</sub>
	<i>Escherichia coli</i>	< 10	UFC/g <sub>SS</sub>
	Enterococchi	< 10	UFC/g <sub>SS</sub>
	Clostridi solfito riduttori (spore)	< 10	UFC/g <sub>SS</sub>

Tabella 1: risultati delle analisi microbiologiche nelle melme di fondo.



ID. CAMPIONE	PARAMETRO	RISULTATO	U.M.
A1	Conta batterica totale a 37°C	1	UFC/mL
	Conta batterica totale a 22 °C	2	UFC/mL
	Coliformi totali	2	UFC/100mL
	<i>Escherichia coli</i>	< 1	UFC/100mL
	Enterococchi	< 1	UFC/100mL
	<i>Staphylococcus aureus</i>	< 1	UFC/100mL
A2	Conta batterica totale a 37°C	1	UFC/mL
	Conta batterica totale a 22 °C	2	UFC/mL
	Coliformi totali	6	UFC/100mL
	<i>Escherichia coli</i>	< 1	UFC/100mL
	Enterococchi	< 1	UFC/100mL
	<i>Staphylococcus aureus</i>	< 1	UFC/100mL
A3	Conta batterica totale a 37°C	2	UFC/mL
	Conta batterica totale a 22 °C	3	UFC/mL
	Coliformi totali	4	UFC/100mL
	<i>Escherichia coli</i>	< 1	UFC/100mL
	Enterococchi	< 1	UFC/100mL
	<i>Staphylococcus aureus</i>	< 1	UFC/100mL
A4	Conta batterica totale a 37°C	1	UFC/mL
	Conta batterica totale a 22 °C	5	UFC/mL
	Coliformi totali	3	UFC/100mL
	<i>Escherichia coli</i>	< 1	UFC/100mL
	Enterococchi	1	UFC/100mL
	<i>Staphylococcus aureus</i>	< 1	UFC/100mL
A5	Conta batterica totale a 37°C	1	UFC/mL
	Conta batterica totale a 22 °C	4	UFC/mL
	Coliformi totali	2	UFC/100mL
	<i>Escherichia coli</i>	< 1	UFC/100mL
	Enterococchi	2	UFC/100mL
	<i>Staphylococcus aureus</i>	< 1	UFC/100mL
A6	Conta batterica totale a 37°C	2	UFC/mL
	Conta batterica totale a 22 °C	6	UFC/mL
	Coliformi totali	2	UFC/100mL
	<i>Escherichia coli</i>	< 1	UFC/100mL
	Enterococchi	1	UFC/100mL
	<i>Staphylococcus aureus</i>	< 1	UFC/100mL
A7	Conta batterica totale a 37°C	1	UFC/mL
	Conta batterica totale a 22 °C	2	UFC/mL
	Coliformi totali	3	UFC/100mL
	<i>Escherichia coli</i>	< 1	UFC/100mL
	Enterococchi	< 1	UFC/100mL
	<i>Staphylococcus aureus</i>	< 1	UFC/100mL
A8	Conta batterica totale a 37°C	3	UFC/mL
	Conta batterica totale a 22 °C	1	UFC/mL
	Coliformi totali	3	UFC/100mL
	<i>Escherichia coli</i>	< 1	UFC/100mL
	Enterococchi	< 1	UFC/100mL
	<i>Staphylococcus aureus</i>	< 1	UFC/100mL

Tabella 2: risultati delle analisi microbiologiche nei campioni d'acqua marina.

Dalle risultanze si evince che:

- a) Nei fanghi le variazioni di carico microbico non sono elevate e solo una validazione dei dati con una indagine statistica su più tornate di campionamento, ripetute nel tempo, possono permettere una valutazione più dettagliata. Comunque il rapporto tra germi mesofili (CBT a 37°C) e psicrofili (CBT a 22°C) si inverte a favore di questi ultimi man mano che ci si allontana dallo scarico. Generalmente nell'ambiente marino (ed in tutti gli ambienti salvo quelli estremi quali quelli termali, vulcanici, ecc.) i germi che si adattano sono quelli che possono svilupparsi a 22°C che prevalgono su quelli mesofili (tra i quali si annoverano i patogeni, capaci, appunto, di svilupparsi meglio alla temperatura corporea umana e dei mammiferi in genere);
- b) Nelle acque le cariche microbiche sono molto esigue dimostrando che non vi sono apporti di acque contaminate nello scenario indagato. In pratica le acque dal punto di vista igienico sanitario, secondo la normativa vigente per la balneazione (116/08) rientrerebbero nel migliore dei giudizi possibili.

## Parametri chimici:

Le indagini chimiche effettuate sulle acque campionate sono riportati nella tabella che segue:

Parametri	Unità di misura	Campioni			
		A3	A4	A5	A6
Conducibilità	µS/cm	57368	50238	50259	50299
Nitrati	mg/L - N	< 1	< 1	< 1	< 1
Nitriti	mg/L - N	0,007	0,011	< 0.002	< 0.002
TOC	mg/L	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
Ferro	µg/L	12	13	15	15
Ione Ammonio	mg/L	< 0.025	< 0.025	0,44	< 0.025
Fosforo Totale	mg/L	< 0.15	< 0.15	< 0.15	< 0.15
Silice	mg/L	< 3.5	< 3.5	< 3.5	< 3.5

Tab. 3: valutazione di alcuni parametri chimici nelle acque campionate.

Parametri	Unità di misura	Campioni							
		F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
Conducibilità	µS/cm	44300	40800	44900	39400	34900	44100	42000	51200
Nitrati	mg/L - N	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Nitriti	mg/L - N	< 0.002	< 0.002	0,022	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002
TOC	mg/L	7,8	6,4	6,3	8,7	9	6,2	7,9	7,4
Ferro	µg/L	38	43	60	33	40	38	31	49
Ione Ammonio	mg/L	< 0.025	< 0.025	0,029	< 0.025	< 0.025	0,236	< 0.025	0,075
Fosforo Totale	mg/L	< 0.15	< 0.15	< 0.15	< 0.15	< 0.15	< 0.15	< 0.15	< 0.15
Silice	mg/L	< 3.5	< 3.5	< 3.5	< 3.5	< 3.5	< 3.5	< 3.5	< 3.5

Tab. 4: valutazione di alcuni parametri chimici negli elutriati dei sedimenti campionati.

Per le indagini chimiche non si evidenziano significative differenze nei parametri indagati. Per le acque la maggiore conducibilità è certo legata allo scarico ipersalino del dissalatore, mentre la minore conducibilità dei fanghi è legata al processo di estrazione dell'elutriato. La turbolenza generata dall'efflusso e dalla intermittenza dello scarico al momento del campionamento possono giustificare l'omogeneità dei risultati nei campioni di acque e di sedimenti.

Non è possibile l'analisi specifica delle forme chimiche utilizzate nei processi (flocculanti, antiscalant, disinfettanti) per la loro reattività con i sali e le componenti organiche presenti nell'ambiente marino. Va quindi privilegiata l'indagine sugli effetti della scarico sulla componente biologica.

## Parametri ecotossicologici:

i fanghi prelevati sono stati sottoposti a batteria di test ecotossicologici su diversi modelli, come prevede la recente bibliografia in proposito.

I modelli comprendono i diversi livelli di organizzazione e precisamente:

- 1) *Vibrio fischeri*, organismo procariota, oggi riclassificato come *Alovibrio fischeri*;
- 2) *Phaeodactylum tricornutum*, organismo eucariota (alga);
- 3) *Artemia salina*, metazoo, microcrostaceo.

I risultati sono di seguito riportati:

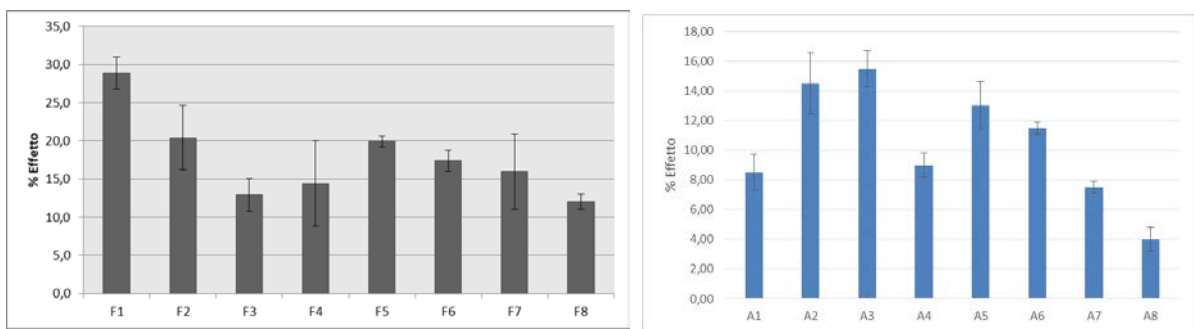


Fig. 11: andamento della tossicità vs, *Vibrio fischeri* dei fanghi campionati (destra) e nelle acque (sinistra). Sebbene le variazioni non siano significative è evidente un decremento maggiore delle tossicità in funzione della distanza dallo scarico sia per i fanghi che per le acque.

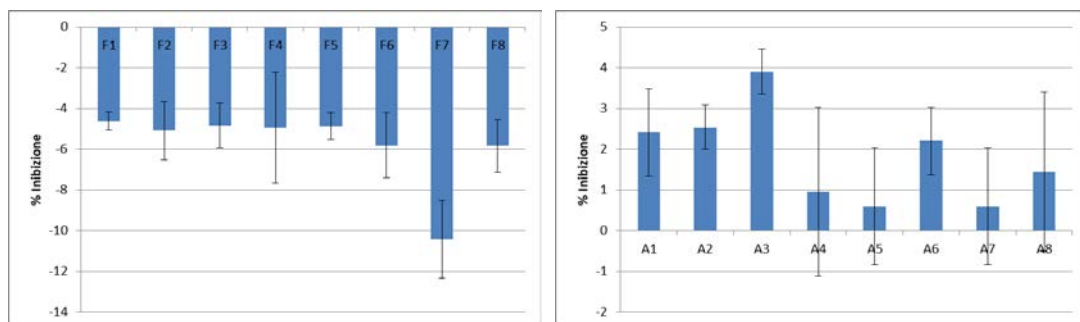


Fig. 12: test di tossicità su *Phaeodactylum tricornutum* sui fanghi (destra) e sulle acque (sinistra) campionate. Nei fanghi l'accumulo di nutrienti favorisce lo sviluppo dell'alga, mentre nelle acque si ha una lieve inibizione della crescita. È importante notare che, sebbene i valori non si discostino in misura marcata, man mano che ci si allontana dallo scarico si ha un effetto positivo sempre maggiore nei fanghi ed una percentuale minore di inibizione nei confronti dell'alga.

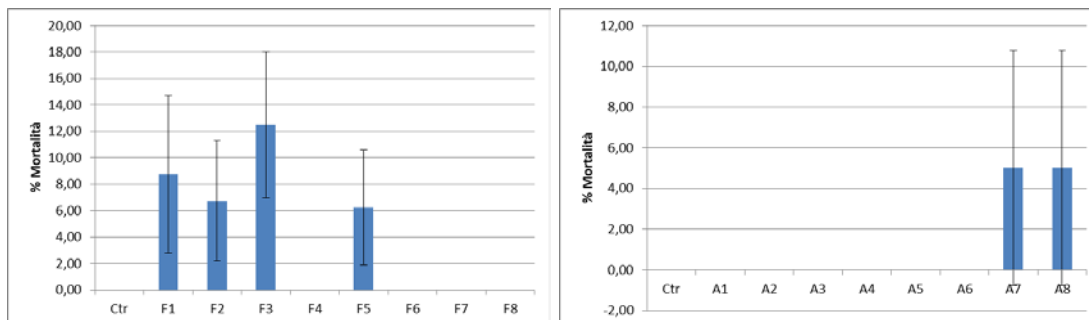


Fig. 13: test di tossicità su *Artemia salina* sui fanghi (destra) e sulle acque (sinistra) campionate. Il modello *Artemia* si è mostrato poco sensibile alle variazioni legate allo scarico, soprattutto nelle acque. Nei fanghi la variabilità nei risultati del test è più evidente portando alle medesime considerazioni di cui alla figura precedente



## Monitoraggio biologico:

il monitoraggio biologico consiste nella valutazione, nei fanghi campionati, delle specie raggruppate in taxa appartenenti a diversi Phylum. In pratica considerando la catena trofica secondo la sequenza:

batteri ⇨ protozoi ⇨ metazoi

La caratterizzazione delle popolazioni metazoarie da utili indicazioni sullo stato del biota nei sedimenti marini. È un'indagine alquanto complessa, lunga nei tempi di attuazione e richiede notevole esperienza nel riconoscimento dei microrganismi al microscopio. L'indagine è stata effettuata partendo dal trattamento dei campioni. Questi, all'arrivo in laboratorio, sono stati pesati, passati su setaccio a maglia larga (1 cm) per allontanare eventuale frammenti grossolani e/o materiali estranei e, quindi, su setaccio a maglia fine (1 mm). Il materiale risultante è stato trasferito in contenitori di plastica contenenti 50 mL di acqua di mare addizionata con formalina (concentrazione finale 5%). Il giorno precedente l'analisi il materiale è stato lavato con abbondante acqua di mare per allontanare il fissativo. Il sorting è stato effettuato sotto microscopio da dissezione, a ingrandimenti compresi tra 6 e 26x, in capsule di Petri.

Per l'identificazione delle specie si è fatto riferimento alla bibliografia disponibile sui siti internazionali, relativi alla fauna della Sicilia alle guide della fauna mediterranea (R. Riedl) e a campioni guida già disponibili presso il laboratorio. Tutti i dati sono stati normalizzati e riferiti a 2 kg di sedimento.

L'analisi ha permesso di ascrivere la maggior parte degli esemplari isolati a tre soli Phylum: Mollusca, Arthropoda e Anellida. Ove possibile, il riconoscimento è stato eseguito sino a livello di specie. In altri casi ci si è fermati alla famiglia, ordine o, talora, al solo phylum, in particolare la dove le specie erano poco rappresentate e/o presenti in forma larvale o giovanile e non presentavano, quindi, i tipici caratteri identificativi.

Le dimensioni massime degli esemplari, in tutti i campioni, sono risultate ridotte, non avendo superato i 22 mm tra i bivalvi e i 12 mm tra gli anellidi policheti. Molto numerose le forme giovanili, sia tra i bivalvi che gli anellidi. Sparse nel campione sono state rinvenute anche alcune uova.

Le specie identificate e il numero di esemplari rinvenuti nei diversi campioni è riassunto nelle Tabelle che seguono.

Dall'analisi dei dati raccolti si evince che, nei 6 campioni di sedimento, sono presenti in tutto 13 specie di Crustacea, 24 di Anellida Polichaeta e 16 di Mollusca. A queste si aggiungono 7 specie appartenenti a vari taxa; tra questi, i Nematodi sono il gruppo più rappresentato, come prevedibile. Tutte le specie individuate sono riportate come comuni nella letteratura specializzata (vedi, per esempio, Guglielmo et al., 2006; Scipione et al., 1996).

Per quanto riguarda l'abbondanza, i taxa più rappresentati sono, tra i crostacei, i Copepodi, tra i Polichaeta, gli Esionidi e tra i Mollusca, i Lucinidi e i Tellinidi.

Al momento dell'osservazione, gli esemplari presenti in tutti i sedimenti hanno mostrato moderati segni di danno presumibilmente legato alla fissazione in campo ed al trasporto dei campioni.

phylum ANELLIDA classe POLYCHAETA	Campioni					
	F3	F4	F5	F6	F7	F8
Ordine ERRANTIA	(Numero di esemplari per campione di 2 Kg Sedimento)					
Famiglia SYLLIDAE						
<i>Sphaerosyllis hystrix</i>	10		16	10	5	3
<i>Autolytus sp</i>	5	3	13	15	7	8
<i>Syllinae ind</i>	1		15	9	6	7
Famiglia EUNICIDAE						
<i>Aponuphis sp</i>	2	2	15	13	3	10
<i>Eunice vittata</i>	3	3	10	17	6	7
<i>Lysidice collaris</i>	1		12	9	4	
Famiglia NEREIDAE						
<i>Hediste diversicolor</i>	7	1	17	8	11	5
Famiglia GLYCERIDAE						
<i>Glycera tridactyla</i>	4	3	11	7	10	8
<i>Glycera unicornis</i>	5		9	5	13	
Famiglia GONIADIDAE						
<i>Goniada maculata</i>	3	5	13	13	14	4
Famiglia LUMBRINERIDAE						
<i>Lumbrineris latreilli</i>	1	2	11	11	10	4
Famiglia OENONIDAE						
<i>Arabella iricolor</i>	2	1	14	9	7	7
Famiglia ONUPHIDAE						
<i>Aponuphis bilineata</i>	4	3	16	10	6	5
<i>Hyalinoecia tubicola</i>	2	4	11	13	5	8
Famiglia PHYLLODOCIDAE						
<i>Teone pieta</i>	1	3	11	8	7	5
Ordine SEDENTARIA						
Famiglia SABELLARIDI						
<i>Ampharete acutifrons</i>	1		9	10	11	10
<i>Amphicteis gunneri</i>	2	1	14	20		
Famiglia MALDANIDAE						
<i>Chirimia biceps</i>	4		7	9	10	7
<i>Euclymene oerstedii</i>	3	3	13	8	6	4
<i>Maldane glebifex</i>	2	1	8	6	7	3
Famiglia CIRRATULIDI						
<i>Aphelochaeta marioni</i>	6	2	11	9	5	4
Famiglia PARAONIDAE						
<i>Levinsenia gracilis</i>	7	2	12	5	7	11
Famiglia CAPITELLIDAE						
<i>Capitella capitata</i>	7	4	13	10	8	8
Famiglia SERPULIDAE						
<i>Ditrupa arietina</i>	5	3	9	5	6	9
<b>NUMERO SPECIE</b>	<b>NUMERO DI INDIVIDUI TOTALI</b>					
<b>24</b>	<b>88</b>	<b>46</b>	<b>291</b>	<b>238</b>	<b>174</b>	<b>133</b>

Tab. 5: enumerazione dei taxa appartenenti al Phylum Anellida

Phylum ARTHROPODA Classe CRUSTACEA	Campioni					
	F3	F4	F5	F6	F7	F8
Sottoclasse COPEPODA	(Numero di esemplari per campione di 2 Kg Sedimento)					
Ordine HARPACTICOIDA	3	36	30	7	3	178
Ordine CYCLOPODIA						
Sottoclasse OSTRACODA						
Sottoclasse MALACOSTRACA						
Ordine DECAPODA						
Sottordine ANOMURA, PAGURIDEA						
<i>Ddiogenes pugilator</i>	1			1		
Sottordine Pleocyemata						
<i>Palemon serratus</i>						
Ordine CUMACEA				1		9
Ordine ANISOPODA APSEUDIDAE	1	2	2		1	13
Ordine AMPHIPODA, GAMMARIDEA						
<i>Urothoe pulchella</i>	2	1	1			11
<i>Ampelisca brevicornis</i>				1		8
<i>Ampelisca rubella</i>		3	1		1	17
<i>Echinogammarus pungens</i>						13
<i>Gammaridea ind</i>		1	3	1	1	19
<i>Talitrus saltator</i>						15
Famiglia HYALIDAE						
<i>Hyale camptonyx</i>			1			12
Sottoclasse ANOSTRACA, ARTEMIIDAE						
<i>Artemia salina</i>		1				2
<b>NUMERO SPECIE</b>	<b>NUMERO DI INDIVIDUI TOTALI</b>					
<b>13</b>	<b>7</b>	<b>44</b>	<b>38</b>	<b>11</b>	<b>8</b>	<b>297</b>

Tab. 6: enumerazione dei taxa appartenenti al Phylum Arthropoda

Phylum MOLLUSCA classe GASTEROPODA	Campioni					
	F3	F4	F5	F6	F7	F8
	(Numero di esemplari per campione di 2 Kg Sedimento)					
sottoclasse PROSOBRANCHIA						
Ordine NEOGATROPODA						
Famiglia NASSARIDAE						
<i>Nassarius</i> sp, giovanile	1		1		1	
<i>Hinia costulata</i> , giovanile				1	3	
Famiglia NATICIDAE						
<i>Payraudeautia intricata</i>	1		1	2	6	1
<i>Natica hebraea</i>			1		3	1
Famiglia TROCHIDAE						
<i>Cranculus corallinus</i>				1		
Famiglia TURRITELLIDAE	4		3		1	3
Famiglia TURRIDAE		1	1		6	2
Famiglia BULLIDAE				1	5	
Famiglia CONIDAE						
<i>Conus ventricosus</i>					3	
Famiglia NERITIDAE						
<i>Smaragdia viridis</i>					1	1
ordine LITTORINIMORPHA						
Famiglia CAECIDAE						
<i>Caecum</i> sp			1		2	2
Sottoclasse HETEROBRANCHIA						
Ordine CEPHALASPIDEA						
famiglia CYCHNIDAE						
<i>Cylichna parrula</i>					2	

Phylum MOLLUSCA classe BIVALVIA	Campioni					
	F3	F4	F5	F6	F7	F8
	(Numero di esemplari per campione di 2 Kg Sedimento)					
Famiglia LICINIDAE						
<i>Lucinella divaricata</i>		2		56	3	
Famiglia CARDIOIDEA						
Giovanile, ind		1	37	22	34	
Famiglia CARDIDAE						
<i>Acanthocardia tuberculata</i>					5	
Famiglia TELLINIDAE						
<i>Moerella donacina</i>	4	1	7	3	5	
<i>Tellina incarnata</i>	2	2	6	2	12	
<i>Tellina pulchella</i>			9		4	
<b>NUMERO SPECIE</b>	<b>NUMERO DI INDIVIDUI TOTALI</b>					
<b>18</b>	<b>12</b>	<b>7</b>	<b>67</b>	<b>88</b>	<b>94</b>	<b>10</b>

Tab. 7: enumerazione dei taxa appartenenti al Phylum Mollusca, classe Gasteropoda e Bivalva.

TAXA POCO RAPPRESENTATI	Campioni					
	F3	F4	F5	F6	F7	F8
	(Numero di esemplari per campione di 2 Kg Sedimento)					
Phylum SIPUNCULA, forma giovanile ind	3		2	1	4	6
Phylum CNIDARIA, efira, ind						
Phylum CTENOPHORA, ind						
Phylum ASCHELMINTHES, NEMATODA	38	116	30	5	107	149
Phylum SARCOMASTIGOPHORA, classe FORAMINIFERA		3	1	2	114	9
Phylum ECHINODERMATA, classe ECHINOIDEA, giovanili	2		1	2		
Phylum CHORDATA, classe LEPTOCARDIA, famiglia BRACHIOSTOMIDAE, Gen. BRACHIOSTOMA.			9		7	
Phylum Arthropoda, Classe MAXILLIPODA, Infraclasse CIRRIPEDA, ordine PEDUNCOLATA, Subordine LEPODOMORPHA			1		1	7

Tab. 8: enumerazione dei taxa appartenenti al Phylum poco rappresentati nei campioni di sedimento prelevati.

	Campioni					
	F3	F4	F5	F6	F7	F8
NUMERO DI SPECIE	37	31	45	44	49	42
NUMERO DI INDIVIDUI	150	216	347	440	509	611

Tab. 9: quadro riassuntivo della diversità di specie e numerosità di individui nei singoli punti campionati

Dall'esame delle tabelle è immediata l'evidenza che la numerosità di esemplari per singolo taxa incrementa mediamente per ogni specie individuata, soprattutto per policheti e molluschi man mano che ci si allontana dallo scarico del dissalatore. Solo per poche specie l'andamento è pressoché costante o con differenze minime e quindi di scarso rilievo.

In particolare i sedimenti F7 (campione prelevato a maggiore distanza dallo scarico lungo la direttrice della condotta) presentano numerosità e diversità di specie maggiore rispetto agli altri; ancor maggiore è la diversificazione e la numerosità di specie nei sedimenti del campione F8 (prelevato in un punto sito nell'altro lato della piccola baia (punta Sparanello) e che ha fatto da riferimento quale sito non interessato allo scarico.

Ovviamente, per correttezza scientifica, è fondamentale acquisire informazioni da una numerosità campionaria maggiore (è d'uso fare tre repliche di ciascun campione ripetute poi nel tempo); ciò per superare la naturale diversità spaziale e temporale del biota nel sedimento; cosa irrealizzabile in una sola tornata analitica. Comunque per ridurre la possibilità di errore si ricorda che ciascun campione è stato realizzato miscelando almeno tre campionamenti di sedimento a mezzo benna di Vann Veen effettuati in ogni punto programmato.



Inoltre i risultati ben collimano con quanto già riportato nella bibliografia specialistica del settore sugli effetti dello scarico dei dissalatori in acque marine e, nel complesso, il quadro delineato ricalca quanto già noto in bibliografia in uno scenario analitico con acque di elevata qualità e non ricche in nutrienti.

## Monitoraggio biologico “Visual Census.”

Il monitoraggio biologico del tratto marino costiero interessato dallo scarico del dissalatore è stato effettuato da un sub esperto. In due immersioni distinte che hanno interessato gli areali a Nord-Ovest e a Sud-Est interessate dallo sbocco dello scarico (Fig. 14).

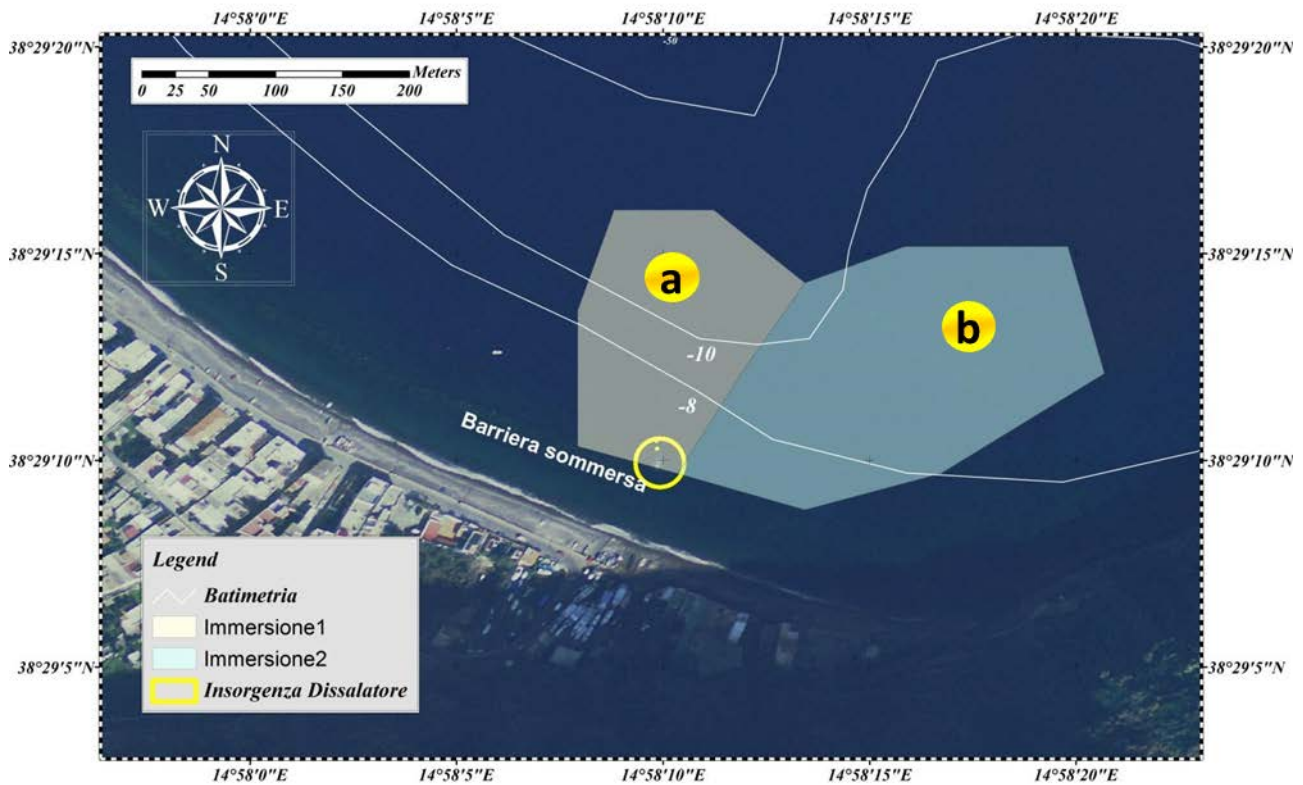


Fig. 14: areali interessati dal monitoraggio Biologico “Visual census”

Le note emerse dallo studio evidenziano:

1. l'attecchimento di una comunità dell'infralitorale tipica dei substrati duri, nei pressi dell'insorgenza del dissalatore, dovuta al fenomeno del fouling;
2. l'esistenza di una distribuzione a macchia di leopardo di *Cymodocea nodosa* da una profondità di 6 metri fino a 10 metri;
3. la presenza di una prateria di *Posidonia oceanica* con uno stato di conservazione soddisfacente, ma che presenta un forte trend regressivo nei pressi della condotta del dissalatore, caratterizzato da uno scarso apporto di sedimenti nella zona EST e una forte erosione della matta nella zona OVEST;
4. una scarsa presenza di Biomassa animale, principalmente rappresentata da *Chromis chromis* che necessita di una differente metodologia per una corretta valutazione di questo parametro;

5. una evidente tendenza della prateria di Posidonia ad una condizione di stress che esige d'essere monitorata.

In pratica un'area che va desertificando dal punto di vista biologico con avanzamento di *Cymodocea nodosa* a sostituire la regressione della *Posidonia oceanica*.

Ovviamente il dinamismo dell'evoluzione regressiva va confermato, per la correttezza scientifica, nel tempo.

## Considerazioni conclusive:

È opinione comune, quando si parla di scarichi di dissalatori, che “*un po' di sale in più in un acqua di mare non può far male*” e ciò giustifica la relativa scarsità di studi nel settore a confronto con quelli relativi a scarichi con contaminanti ad elevata tossicità, idrocarburi o altro. A confutare tale opinione è sufficiente un raffronto paradossale: non sarebbe certo la stessa la nostra vita ed il nostro ambiente qualora la concentrazione di azoto, notoriamente a bassa tossicità, fosse a concentrazione ancor più elevata nella nostra atmosfera a scapito degli altri gas, ossigeno compreso.

Ovviamente, come per tutte le tipologie di scarico, l'impatto è funzione delle scelte ingegneristiche e delle opere di mitigazione sia nel processo che nello scarico.

Rispetto ad altre tipologie di reflui, l'impatto dello scarico dei dissalatori può essere definito di tipo prevalentemente “cronico”, quindi più difficilmente rilevabile nell'immediato, più subdolo ed i cui effetti si manifestano nel tempo.

Lo studio effettuato, per quanto limitato ad una sola tornata di campionamento, ha confermato ampiamente quanto riportato nella bibliografia specializzata.

Infatti i numerosi studi scientifici nel settore sono sostanzialmente concordi nel rilevare ed affermare che i reflui degli impianti di dissalazione (salamoia) hanno un impatto negativo ed un'apprezzabile alterazione del corpo idrico recettore; alterazioni significative e strettamente correlate all'incremento di salinità.

La regressione della Posidonia marina (tra i più validi descrittori della stabilità degli ecosistemi marini), descritta da numerosi autori e anche evidenziata dalla presente relazione, è indicativa dell'impovertimento dell'ecosistema interessato dallo scarico, laddove le concentrazioni saline o superano la soglia di tossicità o comunque generano stress che, nel tempo si concretizza con un regressione delle praterie.

Nello specifico per la Posidonia: “The results obtained here indicate that *P. oceanica* is very sensitive to salinity increases. Laboratory and field experiments showed significant effects on seagrass structure and vitality at salinities of 39.1 and 38.4, respectively. This means that the threshold of salinity tolerance of this seagrass species is very low, only 1–2 psu higher than the mean ambient salinity” (José Luis Sánchez-Lizaso et Al, 2008) è tra le comuni segnalazioni che giungono dal mondo della ricerca e che rafforzano quanto prima riportato.

È, infine, ovvio che la problematica non va solo limitata alla considerazione della sola *P.oceanica*, bensì l'insieme delle componenti ecosistemiche; i risultati sulla biodiversità lo dimostrano.

Il degrado ambientale legato agli scarichi ipersalini non trova riscontro adeguato nella normativa ambientale, sia globale, che europea e nazionale, pertanto vengono a mancare utili ed efficaci misure di controllo, contrasto e gestione; infatti:

- a) Nella Tab.3, all. 5, parte III del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. pare siano consentiti incrementi senza limiti della salinità marina, laddove è disposto che, per lo scarico di cloruri, questi “non valgono per le acque di mare”;

- b) gli impianti di dissalazione non sono stati inclusi dal legislatore nei progetti da sottoporre a preventiva procedura di Valutazione di Impatto Ambientale (V.I.A.);
- c) non risultano adottate linee guida ministeriali per il monitoraggio degli impatti ambientali prodotti dai reflui dell'industria di dissalazione, né indicazioni operative per progettisti, costruttori e gestori di impianti di dissalazione;
- d) non risulta regolamentato l'uso di sostanze chimiche di processo né compiutamente presa in esame, sotto il profilo normativo la loro tossicità

È auspicabile, infine, che tali lacune normative e tecniche vengano presto superate e che anche questa tipologia di scarico, al pari delle altre relative alle diverse realtà industriali ed urbane, sia acquisita nella legislazione nello spirito di quanto prescritto D.Lgs. 16 gennaio 2008, n.4, che ribadisce i "principi della precauzione, dell'azione preventiva, della correzione, in via prioritaria alla fonte, dei danni causati all'ambiente".



Prof. Francesco Aliberti

Dipartimento di Biologia

Laboratori di Igiene: Acque, Alimenti e Ambiente

Allegato:

Relazione sul monitoraggio biologico "Visual Census."

4 file MP4 sull'indagine subaquea "visual census"