



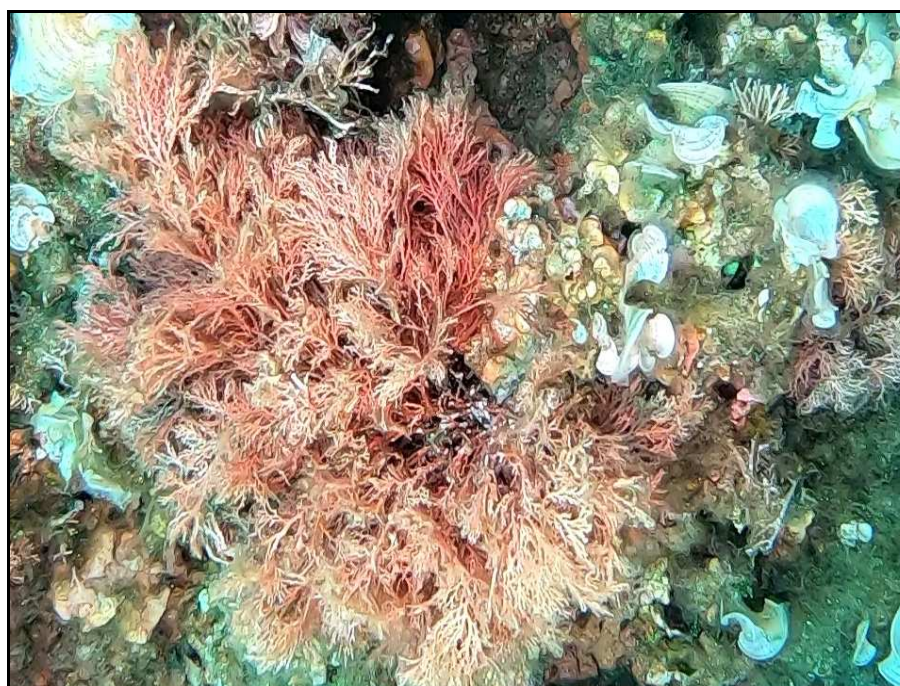
Dicembre 2019



## Area Marina Protetta Secche della Meloria

Monitoraggio ex art. 11 del D.Lgs. 190/2010  
“Strategia marina nelle aree marine protette”  
protocollo di attuazione del Decreto Ministero  
Ambiente n. 24833/2015

Sottoprogramma 2.9: Monitoraggio delle specie  
non indigene secondo i protocolli di early warning



Risultati anno 2019

Rev. 1	5.12.19	Emissione Definitiva	AMDB-LP	GBP	CP
Rev. 0	27.11.19	Emissione per commenti committente	AMDB-LP	GBP	CP
Rev	Data	Descrizione della revisione	Preparato da	Verificato da	Approvato da

Consorzio per Centro Interuniversitario di Biologia Marina  
ed Ecologia Applicata “G. Bacci” - Livorno

## PREMESSA

Nel presente documento vengono riportati i risultati degli approfondimenti svolti nella AMP delle Secche della Meloria (LI) nel corso del monitoraggio del 2019 sulla distribuzione e abbondanza delle specie non indigene secondo i protocolli di Early Warning per la *Strategia Marina*.

## OBIETTIVI DELLO STUDIO

L'obiettivo dello studio è stato la ricerca della presenza e abbondanza delle specie non indigene, di seguito NIS (Non Indigenous Species) (Fig. 1) nei fondi duri infralitorali delle Secche della Meloria.

In particolare, lo studio aveva come priorità:

1. definizione della struttura e della variabilità spaziale dei popolamenti,
2. valutazione della presenza e dell'abbondanza delle NIS,
3. valutazione dell'effetto dei diversi gradi di protezione sull'introduzione e espansione delle NIS,
4. valutazione della qualità ecologica in base alla presenza e all'abbondanza delle NIS.

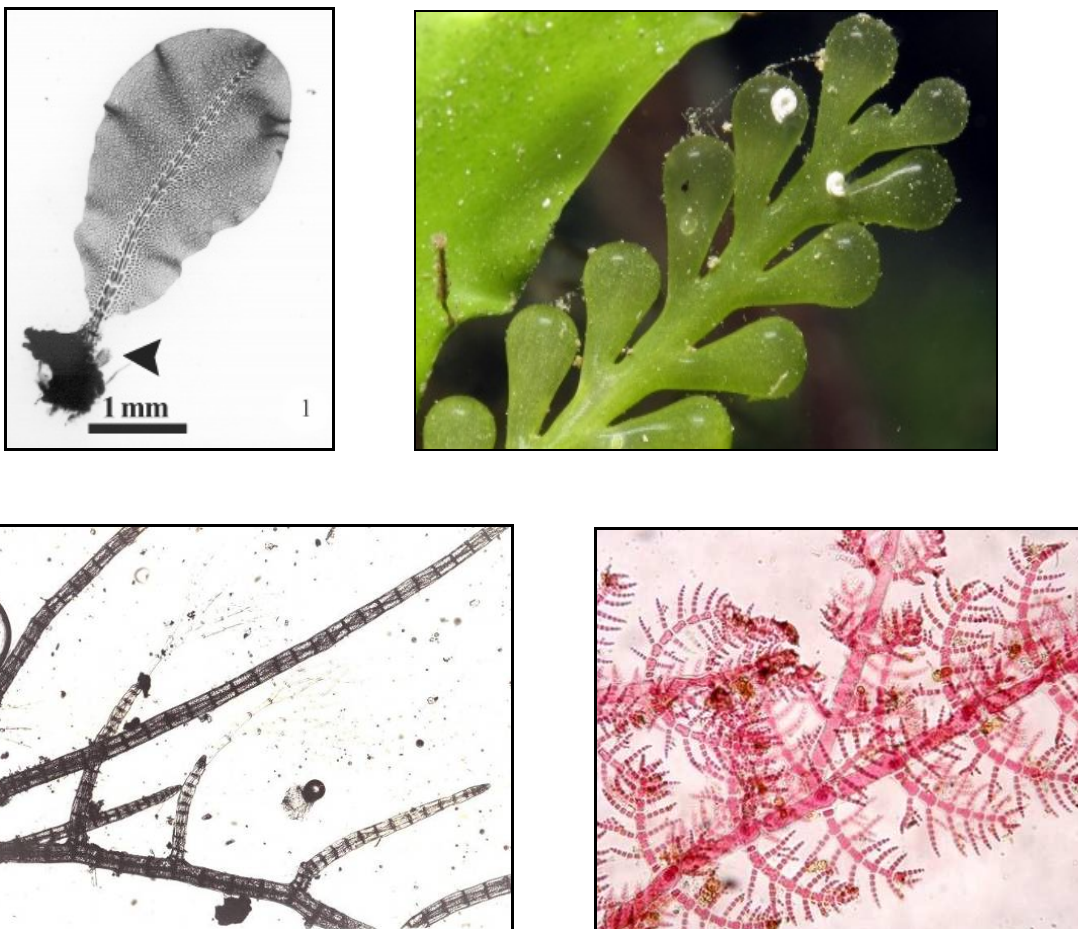


Figura 1. Nell'ordine, alcune specie NIS, *Apoglossum gregarium*, *Caulerpa cylindracea*, *Womersleyella setacea*, *Acrothamnion preissii*.

## METODICHE IMPIEGATE

### Disegno di campionamento

È stato impiegato un disegno multifattoriale che prevedeva un modello a due vie. I fattori considerati erano: livello di protezione dell'AMP (Zone A, B, C) e sito (3 livelli).

Sono stati scelti 3 siti per ciascun livello di protezione ad una profondità di 12-15 m. In ciascun sito sono stati prelevati 3 campioni per individuare e quantificare la presenza di NIS criptiche.

### Analisi dei campioni

I campioni erano rappresentati dal grattaggio completo di superfici di 400 cm<sup>2</sup> (Boudouresque, 1971).

In laboratorio tutti gli organismi sessili sono stati determinati e l'abbondanza di ciascuna specie è stata espressa come ricoprimento percentuale calcolato come percentuale della superficie di campionamento occupata dalla proiezione ortogonale dell'organismo (Boudouresque, 1971).

La biodiversità è stata espressa come numero medio di specie per campione.

### Qualità ecologica

L'indice **ALEX** (**ALien Biotic IndEX**) è stato sviluppato per valutare l'invasione biologica sui fondi mobili (Cinar and Bakir, 2014) ed è stata proposta una modifica dell'indice per la valutazione dell'invasione di macroalghe (Piazzi et al., 2015, 2018). Per il calcolo dell'indice, tutte le specie macroalgali sono state suddivise in 4 gruppi e la dominanza quantitativa di ciascun gruppo è stata calcolata come la percentuale di abbondanza del gruppo rispetto all'abbondanza totale del campione.

- **Gruppo I (specie indigene, native):** macroalghe presenti naturalmente nella regione;
- **Gruppo II (specie aliene occasionali):** macroalghe NIS raramente segnalate nella regione;
- **Gruppo III (specie aliene insediate):** macroalghe NIS con popolamenti autosufficienti;
- **Gruppo IV (specie aliene invasive):** macroalghe NIS in grado di espandere il proprio areale geografico con un impatto evidente sugli habitat invasi.

L'indice è stato calcolato come:

$$M-ALEX_{EQR} = (5 - M-ALEX) / 5$$

$$\text{dove: } M-ALEX = [(0GI)+(3GII+GIII)+(5GIV)]/100$$

La qualità ecologica è stata espressa in una scala di cinque classi definite dalla Direttiva Quadro sulle Acque (Water Framework Directive, 2000/60/CE) sulla base del rapporto di qualità ecologica (EQR); terminologia e codifica dei colori secondo la CE (2000).

<b>EQB</b>	<b>Categoria ecologica</b>
<b>0,86-1</b>	<b>Elevato</b>
<b>0,71-0,85</b>	<b>Buono</b>
<b>0,51-70</b>	<b>Sufficiente</b>
<b>0,31-0,50</b>	<b>Scarso</b>
<b>0-0,30</b>	<b>Pessimo</b>

### **Analisi statistiche**

I popolamenti macroalgali (composizione e abbondanza delle specie), sono stati analizzati mediante analisi PERMANOVA (Anderson, 2001) a 2 vie: Protezione (3 livelli) fisso e Sito (3 livelli) random e gerarchizzato nella Protezione. Un MDS è stato fatto per mostrare la dissimilarità tra siti. Il SIMPER test è stato utilizzato per valutare i taxa che contribuivano maggiormente alle differenze tra livelli di fattori significativi.

Le differenze in abbondanza delle NIS (espressa come ricoprimento percentuale) e dei valori dell'indice ALEX tra zone di differente livello di protezione sono stati analizzati mediante analisi PERMANOVA (Anderson, 2001) a una via.

Il coefficiente di similarità di Bray-Curtis è stato calcolato prima di ciascuna analisi multivariata sui dati non trasformati, mentre per le analisi univariate è stato calcolata la distanza euclidea. Il test MONTECARLO è stato utilizzato laddove il numero di permutazioni era risultato troppo basso. Il PAIR-WISE test è stato utilizzato per discernere tra livelli di fattori significativi.

## RISULTATI

### I popolamenti macroalgali.

Sono state identificate 65 specie macroalgali di cui 10 Ochrophyta, 8 Chlorophyta e 47 Rhodophyta, riportate in tabella (Tabella 1).

L'analisi PERMANOVA ha mostrato differenze significative tra l'area A e le altre zone; anche la variabilità tra siti è risultata (Tabella 2, Fig. 2).

Il SIMPER test ha mostrato che i popolamenti della zona A erano caratterizzati *Padina pavonica*, *Sphaerococcus coronopifolius*, *Peyssonnelia rubra*, *Dictyota* spp e *Flabellia petiolata*. Nelle zone B e C erano più abbondanti *Laurencia chondrioides* e *Tricleocarpa fragilis*.

Il numero di specie per campione variava tra  $26,1 \pm 0,5$  in zona A e  $18,6 \pm 0,9$  in zona C (Fig. 3)

Tabella 1: Lista delle specie macroalgali.

TAXA	Protezione		
	A	B	C
<b>Ochrophyta</b>			
<i>Aglaozonia parvula</i>	0.04	0.12	0.00
<i>Dictyota</i> spp.	10.94	9.44	5.46
<i>Halopteris filicina</i>	1.46	0.31	0.29
<i>Nereia filiformis</i>	0.12	0.00	0.07
<i>Padina pavonica</i>	26.89	24.19	5.72
<i>Sargassum vulgare</i>	0.44	0.00	0.00
<i>Sphacelaria cirrosa</i>	3.18	7.35	7.20
<i>Sphacelaria pluma</i>	0.02	0.00	0.00
<i>Stilophora tenella</i>	0.14	0.02	0.02
<i>Zanardinia typus</i>	3.16	0.49	12.33
<b>Chlorophyta</b>			
<i>Caulerpa cylindracea</i>	14.85	4.61	7.37
<i>Cladophora prolifera</i>	0.19	0.20	0.08
<i>Codium bursa</i>	0.15	0.44	0.39
<i>Derbesia tenuissima</i>	0.56	0.00	0.00
<i>Flabellia petiolata</i>	3.97	3.26	1.02
<i>Halimeda tuna</i>	0.31	1.23	0.63
<i>Pseudochlorodesmis furcellata</i>	0.23	0.03	0.09
<i>Valonia macrophysa</i>	0.00	0.03	0.00
<b>Rhodophyta</b>			
<i>Acrodiscus vidovichii</i>	0.32	0.46	2.56
<i>Acrosorium ciliolatus</i>	0.03	0.00	0.00
<i>Acrothamnion preissii</i>	0.05	0.02	0.00
<i>Amphiroa rubra</i>	0.71	1.33	0.64
<i>Anthithamnion cruciatum</i>	0.00	0.11	0.04
<i>Apoglossum gregarium</i>	0.00	0.00	0.02

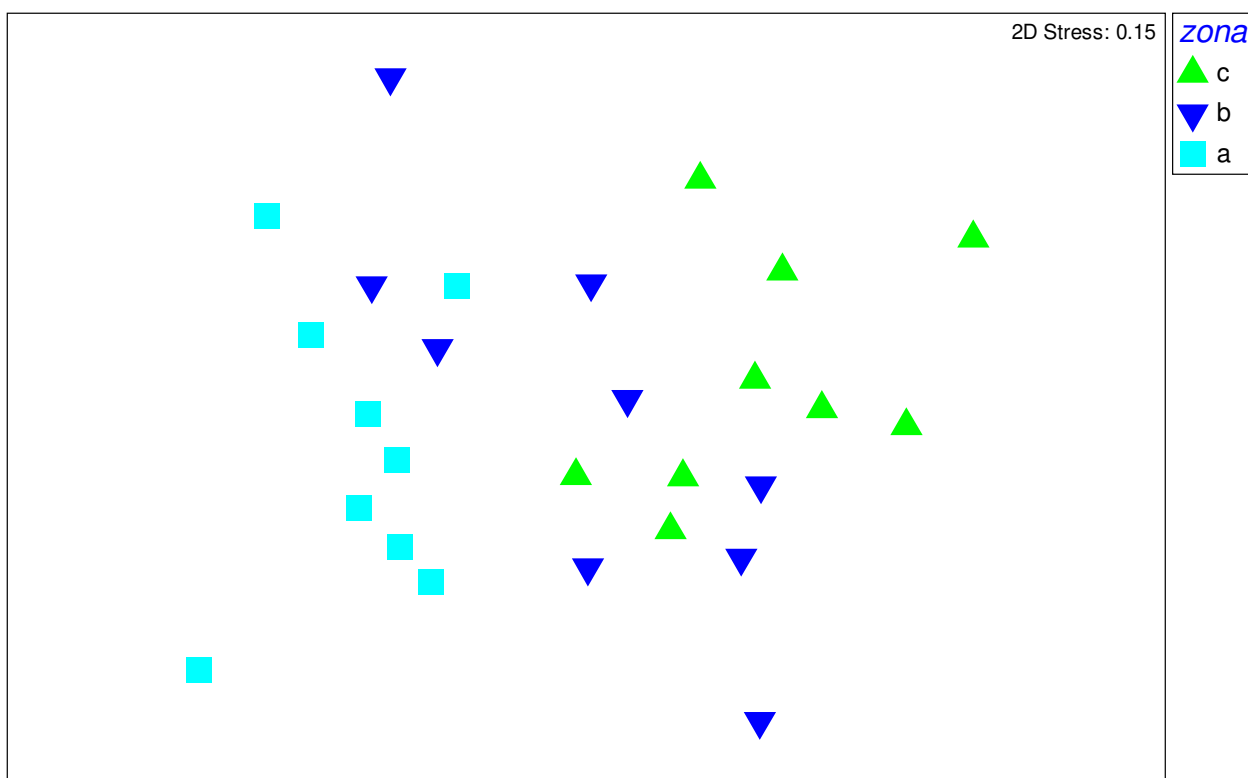
<i>Botryocladia botryoides</i>	0.01	0.12	0.24
<i>Ceramium circinatum</i>	0.03	0.00	0.00
<i>Ceramium codii</i>	0.09	0.15	0.18
<i>Ceramium diaphanum</i>	0.06	0.15	0.18
<i>Ceramium flaccidum</i>	0.06	0.00	0.00
<i>Champia parvula</i>	0.07	0.04	0.00
<i>Contarinia squumariae</i>	0.39	0.04	0.16
<i>Dasya rigidula</i>	0.96	0.03	0.00
<i>Ellisolandia elongata</i>	0.10	0.28	0.53
<i>Eupogodon planus</i>	0.22	0.00	0.00
<i>Feldmannophycus raissiae</i>	0.28	0.66	0.23
<i>Gelidium bipectinatum</i>	0.24	1.50	2.96
<i>Griffitsia scoesboei</i>	0.03	0.00	0.00
<i>Halydiction mirabile</i>	0.00	0.01	0.01
<i>Herposiphonia secunda</i>	0.69	0.24	0.02
<i>Heterosiphonia crispella</i>	0.93	0.00	0.00
<i>Hypoglossum hypoglossoides</i>	0.00	0.02	0.00
<i>Jania virgata</i>	3.26	3.93	5.57
<i>Laurencia chondrioides</i>	0.29	6.00	15.98
<i>Lomentaria chylocladella</i>	0.01	0.04	0.00
<i>Lophosiphonia crestata</i>	0.00	0.00	0.00
<i>Meredithia mcrophylla</i>	2.19	2.19	0.09
<i>Monosporus pedunculatus</i>	0.09	0.00	0.00
<i>Osmundaria volubilis</i>	0.00	0.00	0.11
<i>Osmundaea pelagosae</i>	0.03	0.00	0.14
<i>Peyssonnelia rubra</i>	14.00	8.89	3.54
<i>Peyssonnelia stoechas</i>	0.22	0.29	1.22
<i>Plocamium cartilagineum</i>	0.02	0.00	0.00
<i>Polysiphonia furcellata</i>	0.00	0.08	0.12
<i>Polysiphonia perforans</i>	0.04	0.04	0.00
<i>Pterothamnion plumula</i>	0.02	0.00	0.00
<i>Ptilothamnion pluma</i>	0.02	0.00	0.00
<i>Rhodymenia ardissoni</i>	0.08	0.04	0.00
<i>Rodophyllis divaricata</i>	0.00	0.02	0.00
<i>Rodriguezella strafforelloii</i>	0.00	0.00	0.33
<i>Spermothamnion flabellatum</i>	0.04	0.00	0.00
<i>Sphaerococcus coronopifolius</i>	3.51	0.44	0.00
<i>Tricleocarpa fragile</i>	0.55	2.79	3.90
<i>Vertebrata subulifera</i>	0.05	0.27	0.00
<i>Womersleyella setacea</i>	9.78	22.74	20.89
<i>Wrangelia penicillata</i>	0.07	0.00	0.00

**Tabella 2: Analisi PERMANOVA sui popolamenti macroalgali**

Source	df	MS	Pseudo-F	P(perm)
Protezione = P	2	6210	2.95	<b>0.020</b>
Sito(P) = S(P)	6	2100	2.53	<b>0.001</b>
Residuo	18	827		

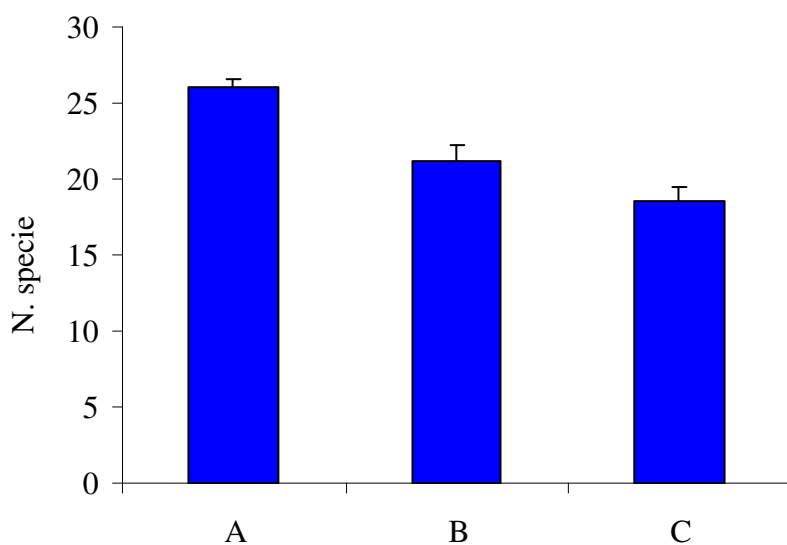
Pair-wise test (P)	P(MC)
B,C	0.238
A,C	<b>0.005</b>
A,B	<b>0.049</b>



**Figura 2. MDS sui popolamenti macroalgali**

**Tabella 3: SIMPER test sui popolamenti macroalgali**

<b>TAXA</b>	<b>R%</b>	<b>R%</b>	<b>Contrib%</b>
dissimilarità = 62.8	<b>C</b>	<b>A</b>	
<i>Padina pavonica</i>	5.72	26.89	17.34
<i>Laurencia chondrioides</i>	15.98	0.29	12.13
<i>Peyssonnelia rubra</i>	3.54	14	8.69
<i>Zanardinia typus</i>	12.33	3.16	8.16
<i>Dictyota spp.</i>	5.46	10.94	5.7
<i>Flabellia petiolata</i>	1.02	3.97	3.15
<i>Tricleocarpa fragile</i>	3.9	0.55	3.01
<i>Sphaerococcus coronopifolius</i>	0	3.51	2.88
<i>Gelidium bipectinatum</i>	2.96	0.24	2.41
<i>Acrodiscus vidovichii</i>	2.56	0.32	1.97
<i>Meredithia mcrophylla</i>	0.09	2.19	1.66
dissimilarità = 56.2	<b>B</b>	<b>A</b>	
<i>Laurencia chondrioides</i>	15.54	0.29	12.8
<i>Peyssonnelia rubra</i>	8.89	14	8.33
<i>Dictyota spp.</i>	9.44	10.94	5.6
<i>Flabellia petiolata</i>	3.26	3.97	3.75
<i>Sphaerococcus coronopifolius</i>	0.44	3.51	3.28
<i>Zanardinia typus</i>	0.49	3.16	2.35
<i>Meredithia mcrophylla</i>	2.19	2.19	2.31
<i>Tricleocarpa fragile</i>	2.79	0.55	2.11
<i>Gelidium bipectinatum</i>	1.5	0.24	1.29
<i>Halimeda tuna</i>	1.23	0.31	1.2



**Figura 3: Numero medio di specie per campione dei popolamenti macroalgali.**

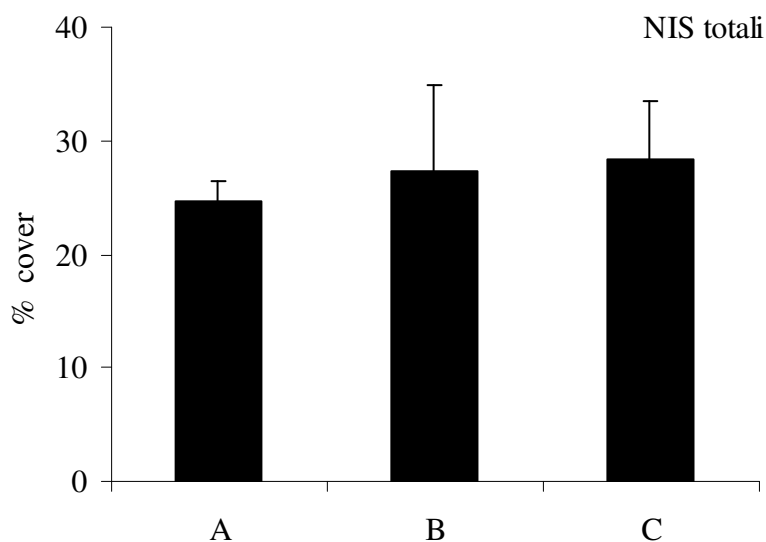


## Specie aliene

Sono state individuate 4 specie di NIS: *Caulerpa cylindracea*, *Acrothamnion preissii*, *Womersleyella setacea* e *Apoglossum gregarium*. Le prime tre sono considerate fortemente invasive mentre l'ultima per il momento non ha evidenziato caratteristiche di invasività. Sui fondi duri delle Secche della Meloria solo *C. cylindracea* e *W. Setacea* si sono mostrate invasive.

**Tabella 4: Analisi PERMANOVA sull'abbondanza delle NIS e sui valori di ALEX**

Source	df	MS	Pseudo-F	P(perm)	MS	Pseudo-F	P(perm)
<b>NIS totali</b>					<b>ALEX</b>		
Protezione	2	31.8	0.12	0.898	0.007	0.65	0.545
Residuo	24	253.7			0.011		
<b><i>C. cylindracea</i></b>					<b><i>W. setacea</i></b>		
Protezione	2	252.6	5.37	<b>0.020</b>	439.9	8.15	<b>0.002</b>
Residuo	24	46.9			53.9		
pairwise test		A>B=C			A<B=C		



**Figura 4: Abbondanza delle NIS nei popolamenti macroalgali**

Il ricoprimento percentuale medio delle NIS era di  $26,8 \pm 4,7$  e non vi erano differenze significative tra le zone di protezione (Fig. 4, Tabella 4). *C. cylindracea* era presente principalmente in zona A (Fig. 5, Tabella 4), mentre *W. setacea* era diffusa ovunque ma con abbondanze più elevate in zona B e C (Fig. 5, Tabella 4). *A. gregarium* e *A. preissii* hanno mostrato bassissime abbondanze.

L'indice ALEX ha evidenziato ovunque una qualità ecologica buona (Fig. 6) e non vi erano differenze significative tra le zone di protezione (Tabella 4).

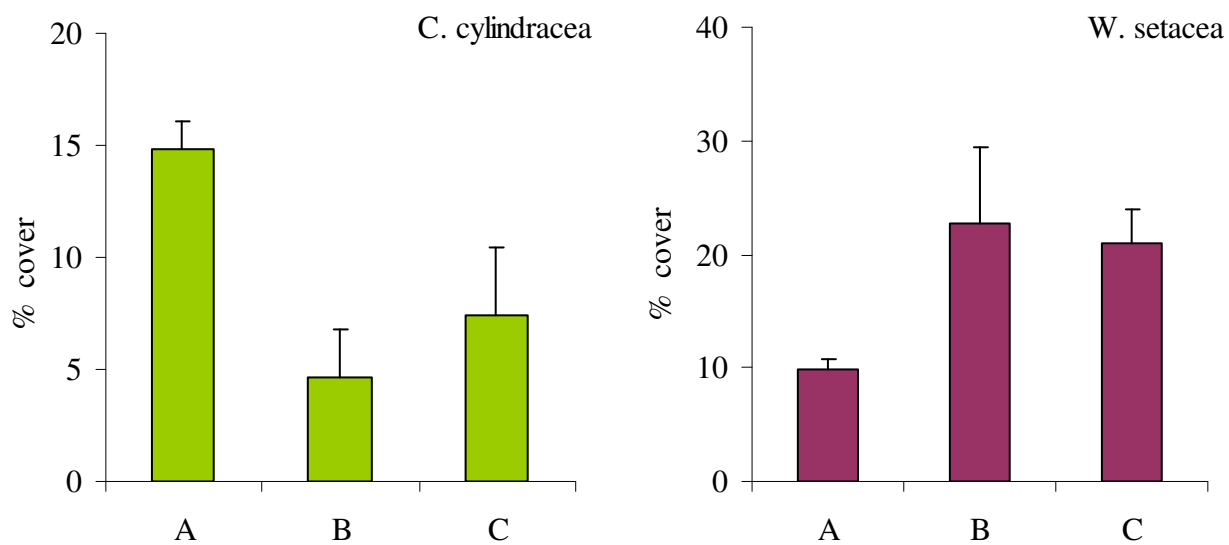


Figura 5: Abbondanza di *C. cylindracea* e *W. setacea*

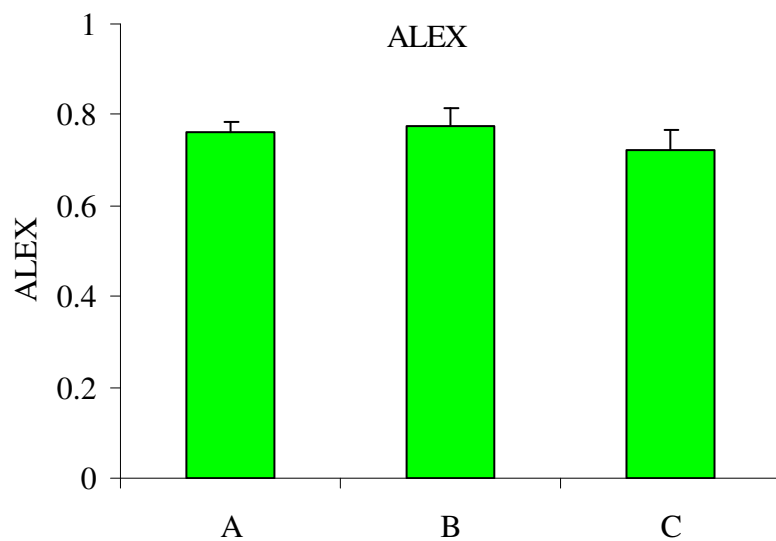


Figura 4: Valori di ALEX per i popolamenti macroalgali

## CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

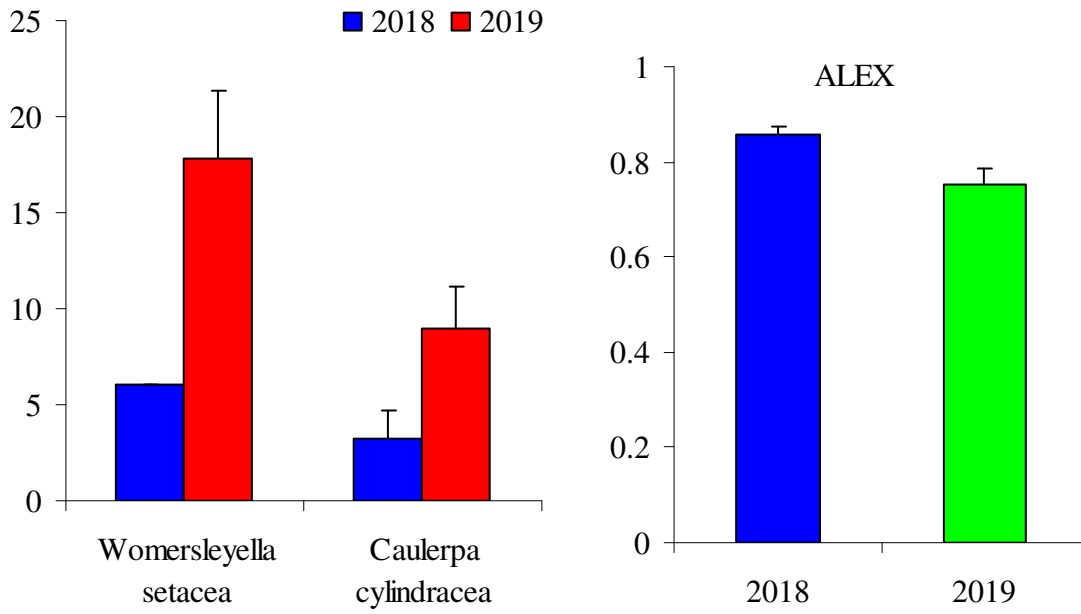
I popolamenti studiati sono risultati ben strutturati e simili ad altri popolamenti descritti nella stessa regione biogeografica (Piazzi et al. 2002). Non sono stati riscontrati particolari cambiamenti rispetto al monitoraggio precedente effettuato nel corso del 2018.

Le 4 NIS identificate (*Caulerpa cylindracea*, *Acrothamnion preissii*, *Womersleyella setacea* e *Apoglossum gregarium*) sono già state descritte lungo il litorale livornese (Piazzi e Cinelli 2003, Gennaro et al. 2015). Rispetto al monitoraggio precedente è stato individuato *A. gregarium* ma con abbondanze bassissime e limitato ad un unico sito in zona C.

*Laurencia chondrioides*, segnalata come NIS nel precedente monitoraggio (Hoffman et al. 2014), in seguito alle ultime revisioni tassonomiche non viene più considerata come una specie alloctona per il Mediterraneo.

Non sono state evidenziate differenze significative tra zone di protezione né per l'abbondanza totale delle NIS né per i valori dell'indice di qualità. Al contrario variava l'abbondanza delle specie, con *C. cylindracea* più abbondante in zona A e *W. setacea* più abbondante nelle zone B e C. Un pattern che potrebbe essere dovuto alla maggiore estensione dei fondi rocciosi in zona A. Infatti, *W. setacea* colonizza anche i rizomi di *Posidonia oceanica* (Piazzi e Cinelli 2001, 2003) e la presenza di ampie aree di prateria, che caratterizza le zone B e C, non ne limita la propagazione. Al contrario, *C. cylindracea* può essere inibita dalla presenza di praterie in buone condizioni di salute (Piazzi et al. 2016) e le ampie aree rocciose della zona A ne possono facilitare la diffusione.

L'abbondanza media delle NIS è risultata maggiore rispetto al precedente monitoraggio in tutte le aree investigate. Conseguentemente la qualità ecologica si è abbassata da uno stato elevato a buono. Nonostante che i valori di qualità ecologica siano ancora buoni, l'abbassamento della qualità rispetto al precedente monitoraggio rende importante il proseguimento dello studio per poter valutare se l'attuale situazione sia stabile o faccia parte di un processo di peggioramento della qualità ecologica. In particolar modo sono da monitorare le specie criptiche come *W. setacea* che ha mostrato un importante incremento di abbondanza.



**Confronto tra i due anni di monitoraggio per le abbondanze delle NIS e i valori di qualità ecologica**

## **Bibliografia citata**

- ANDERSON M.J. 2001. A new method for a non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology* 26: 32-46.
- BOUDOURESQUE, C.F. (1971) Méthodes d'étude qualitative et quantitative du benthos (en particulier du phytobenthos). *Tethys*, 3, 79–104.
- CINAR, M.E., BAKIR, K. 2014. ALien Biotic IndEX (ALEX) – A new index for assessing impacts of alien species on benthic communities *Marine Pollution Bulletin* 87, 171-179.
- GENNARO P., PIAZZI L., PERSIA E., PORRELLO S. 2015. Nutrients exploitation and competition strategies of the invasive seaweed *Caulerpa cylindracea*. *European Journal of Phycology* 50: 384-394
- HOFFMAN R., STERNBERG M., SERIO D. 2014. First report of *Laurencia chondrioides* (Ceramiales, Rhodophyta) and its potential to be an invasive in the eastern Mediterranean Sea. *Botanica Marina* 57: 449-457.
- PIAZZI L., CINELLI F. 2001. The distribution and dominance of two introduced turf-forming macroalgae in the coast of Tuscany (Italy, northwestern Mediterranean) in relation to different habitats and sedimentation. *Botanica Marina* 44: 509-520.
- PIAZZI L., CINELLI F. 2003. Evaluation of benthic macroalgal invasion in a harbour area of the western Mediterranean Sea. *European Journal of Phycology*. 38: 223-231.
- PIAZZI L., PARDI G., BALATA D., CECCHI E., CINELLI F. 2002. Seasonal dynamics of a subtidal north-western Mediterranean macroalgal community in relation to depth and substrate inclination. *Botanica Marina*, 45: 243-252.
- PIAZZI L, GENNARO P., CECCHERELLI G. 2015. Suitability of the Alien Biotic Index (ALEX) for assessing invasion of macroalgae across different Mediterranean habitats. *Marine Pollution Bulletin* 97: 234–240
- PIAZZI, L., BALATA, D., BULLERI, F., GENNARO, P., CECCHERELLI, G., 2016. The invasion of *Caulerpa cylindracea* in the Mediterranean: the known, the unknown and the knowable. *Marine Biology* 163, 161. doi:10.1007/s00227-016-2937-4
- PIAZZI L., GENNARO P., ATZORI F., CADONI N., CINTI M.F., FRAU F., CECCHERELLI G. 2018. ALEX index enables detection of alien macroalgae invasions across habitats within a Marine Protected Area. *Marine Pollution Bulletin* 128: 318-323