

Piano Strutturale del Comune di Livorno
Valutazione Ambientale Strategica

Rapporto Ambientale

Redatto ai sensi dell'art. 24 della LRT 10/2010 e ss.mm.ii.

APPENDICE ALL'ALLEGATO 4

Studio della costa livornese.

**Valutazione della qualità ecologica dell'area marina di
Calafuria” -CIBM (2015).**



Maggio 2018

COMUNE DI LIVORNO



Studio della costa livornese

Valutazione della qualità ecologica dell'area marina di Calafuria



Report a cura di: **Dott. Luigi Piazzi**

INDICE

INTRODUZIONE

METODICHE UTILIZZATE

RICERCA BIBLIOGRAFICA

DESCRIZIONE DELL'AREA

Geomorfologia

Cartografia bionomica

I POPOLAMENTI MACROALGALI

Descrizione generale

Stagionalità

Profondità

Morfologia del fondo

Biodiversità

Specie invasive

I popolamenti delle pozze

LA PRATERIA DI *POSIDONIA OCEANICA*

Struttura

Popolamenti epifiti

Lepidocronologia

IL CORALLIGENO

Struttura

Variabilità spaziale

Profondità

I popolamenti di *Corallium rubrum*

LE CAVITÀ SOMMERSE

I POPOLAMENTI DI MACROINVERTEBRATI

Policheti

Molluschi

Crostacei

I POPOLAMENTI ITTICI

Struttura

Biodiversità

VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ ECOLOGICA

Metodo CARLIT

Metodo PoBi

Metodo ESCA

Riassunto dei risultati

CONCLUSIONI

INTRODUZIONE

L'area di studio, caratteristiche generali

L'area oggetto dello studio è compresa tra i due castelli del Boccale e di Sonnino, e le due foci dei torrenti Marroccone a nord, Rogiolo a sud; in mare è delimitata dalla batimetria dei 40 metri e a terra dalla porzione di scogliera compresa nel piano bionomico sopralitorale.

La linea di riva è caratterizzata da numerose pozze di scogliera (Benedetti Cecchi e Cinelli 1992). La parte sommersa presenta nella parte più superficiale una prateria di *Posidonia oceanica* (L.) Delile alternata a popolamenti algali mentre la porzione più profonda è caratterizzata da popolamenti coralligeni (Piazzi et al. 2002, 2004). Calafuria rappresenta uno dei 3 tratti di costa alta rocciosa presenti lungo le coste continentali della Toscana ed è l'unico del litorale settentrionale toscano, tra le Cinque Terre e il promontorio di Baratti.

L'area di Calafuria è stata oggetto di moltissimi studi descrittivi e sperimentali che hanno contribuito a gettare le basi della moderna ecologia marina (Maggi et al. 2010). La presente proposta si pone come principali obiettivi di riunire tutti i dati disponibili relativi alla struttura e al funzionamento degli ecosistemi marini di Calafuria e di valutare, tramite l'elaborazione di tali dati, lo stato ecologico dell'area.

Gli obiettivi particolari sono i seguenti:

- Raccolta del materiale bibliografico relativo a studi condotti nell'area marina di Calafuria
- Reperimento ed elaborazione dei dati disponibili relativi ai principali ecosistemi
- Determinazione del valore ecologico dei principali ecosistemi



Tratto di di costa di Calafuria

METODICHE UTILIZZATE

Per il raggiungimento degli obiettivi sono stati utilizzati dati pubblicati e sono state richieste informazioni a centri di ricerca, istituti universitari e associazioni operanti nell'area.

Sono stati utilizzati dati non pubblicati appartenenti ai seguenti soggetti;

- CIBM Livorno,
- ARPAT-Area Mare Livorno
- Gruppo Malacologico Livornese
- Associazione Ricerche Subacquee Livorno
- Università di Pisa
- Istituto di Biologia ed Ecologia di Piombino

Sono state consultate le seguenti fonti bibliografiche:

Riviste scientifiche internazionali

PSZNI Marine Ecology

Netherlands Journal of Sea Research

Marine Ecology-Progress Series

Ecology

Journal Of Experimental Marine Biology And Ecology

Botanica Marina

Estuarine Coastal and Shelf Science

Ecological Monographs

Oecologia

Italian Journal of Zoology

Hydrobiologia

Oikos

Marine Environmental Research

Biological Invasions

European Journal of Phycology

Cryptogamie, Algologie

Journal of Marine Biological Association of United Kingdom

Aquatic Conservation-Marine And Freshwater Ecosystems

Scientia Marina

Journal of Theoretical Biology

Coral Reefs

Riviste scientifiche nazionali

Quaderno Museo Storia Naturale di Livorno

Atti della Società Toscana di Scienze Naturali

Altro

Tesi di laurea dell'università di Pisa

Tesi di laurea dell'università di Firenze

Atti dei congressi della Società Italiana di Biologia Marina

Atti dei congressi della Società Italiana di Ecologia

Atti di seminari svoltisi a Livorno

Opere divulgative

RICERCA BIBLIOGRAFICA

Sono stati censiti complessivamente 116 contributi che riportano informazioni ambientali inerenti l'area marina di Calafuria, tra i quali 102 articoli scientifici pubblicati su riviste nazionali e internazionali, 2 contributi presentati a seminari, 7 tesi di laurea, 1 relazione tecnica, 4 opere divulgative.

ARTICOLO

- 1 AAVV. 2009. *Calafuria sommersa*. Felici Editore.
- 2 ABBIATI M., BIANCHI C.N., CASTELLI A. (1987). Polychaete vertical zonation along a littoral cliff in the Western Mediterranean. *PSZNI Marine Ecology*, 8: 33

ARTICOLO

- 3 ABBIATI M., BUFFON B., CAFORIO G., DICOLA G., SANTANGELO G. (1992). Harvesting, predation and competition effects on a red coral population. *Netherlands Journal of Sea Research* 30: 219-228.
- 4 ABBIATI M., SANTANGELO G., NOVELLI S. (1992). Genetic variation within and between two Tyrrhenian populations of the Mediterranean alcyonarian *Corallium rubrum*. *Marine Ecology-Progress Series* 95: 245-250.
- 5 ABBIATI, M., M. VIRGILIO, J. QUERCI. (1996). Spatial and temporal variability of species distribution on a sublittoral rocky cliff in the Ligurian Sea. *S. It. E. Atti* 17: 337-340.
- 6 AIROLDI L. (1998) Roles of disturbance, sediment stress and substratum retention on spatial dominance in algal turf. *Ecology* 79: 2759-2770
- 7 AIROLDI L. (2000a) Responses of algae with different life histories to temporal and spatial variability of disturbance in subtidal reefs. *Marine Ecology-Progress Series* 195: 81-92
- 8 AIROLDI L. (2000b) Effects of disturbance, life-history and overgrowth on coexistence of algal crusts and turfs. *Ecology* 8: 798-814
- 9 AIROLDI L., CINELLI F. (1997) Effect of sedimentation on subtidal macroalgal assemblages: an experimental study from a Mediterranean rocky shore. *Journal Of Experimental Marine Biology And Ecology* 215: 271-290
- 10 AIROLDI L., VIRGILIO M. (1998) Response of turf-forming algae to spatial variations in the deposition of sediments. , *Marine Ecology-Progress Series*, 165: 271-282
- 11 AIROLDI, L., F. PADULA, F. RINDI, F. CINELLI. 1994. Modificazioni e fenologia riproduttiva di un popolamento algale fotofilo del litorale livornese. *Biol. Mar. Medit.* 1: 225
- 12 AIROLDI, L., F. RINDI AND F. CINELLI. (1995). Structure seasonal dynamics and reproductive phenology of a filamentous turf assemblage on a sediment influenced, rocky subtidal shore. *Bot. Mar.* 38: 227-237.
- 13 AIROLDI, L., M. FABIANO. F. CINELLI. (1996). Sediment deposition and movement over a turf assemblage in a shallow rocky coastal area of the Ligurian Sea. *Marine Ecology-Progress Series* 133: 241-251.
- 14 BALATA, D., PIAZZI, L., CINELLI, F. (2004). A comparison among macroalgal assemblages in areas invaded by *Caulerpa taxifolia* and *C. racemosa* on subtidal Mediterranean reefs. *PSZNI Marine Ecology*, 25: 1-13.

ARTICOLO

- 15 BALATA D., ACUNTO S., CINELLI F. (2006) - Spatio-temporal variability and vertical distribution of a low rocky subtidal assemblage in the north-west Mediterranean. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 67: 553-561.
- 16 BALATA D., PIAZZI L., NESTI U., CINELLI F. (2009). Caratteristiche della prateria di *Posidonia oceanica* prospiciente Calafuria (Livorno) e struttura dei popolamenti epifiti ad essa associati. *Atti Società Toscana Scienze Naturali*. 116: 127-132
- 17 BALESTRI E., CINELLI F., LARDICCI C. (2003). Spatial variation in *Posidonia oceanica* structural, morphological and dynamic features in a northwestern Mediterranean coastal area: a multi-scale analysis. *Marine Ecology Progress Series*. 250: 51–60
- 18 BEDINI R., 2004. INTERREG IIIA. Relazione finale. *Istituto di Biologia ed Ecologia Marina di Piombino*.
- 19 BENEDETTI-CECCHI L. (2000). Predicting direct and indirect interactions during succession in a midlittoral rocky shore assemblage. *Ecological Monographs*, 70: 45-72.
- 20 BENEDETTI-CECCHI L. (2000). Priority effects, taxonomic resolution, and the prediction of variable patterns of colonisation of algae in littoral rock pools. *Oecologia* 123: 265-274.
- 21 BENEDETTI-CECCHI L. (2001). Variability in abundance of algae and invertebrates at different spatial scales on rocky sea shores. *Marine Ecology-Progress Series*, 215: 79-93.
- 22 BENEDETTI-CECCHI L., CINELLI F. (1992). Canopy removal experiments in *Cystoseira*-dominated rockpools from the Western coast of the Mediterranean (Ligurian Sea). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 155: 69-83
- 23 BENEDETTI-CECCHI L., CINELLI F. (1992) Effects of canopy cover, herbivores and substratum type on patterns of *Cystoseira* spp. settlement and recruitment in littoral rockpools. *Marine Ecology-Progress Series*, 90: 183-191.
- 24 BENEDETTI-CECCHI L., CINELLI F. (1993) Seasonality and Reproductive Phenology of Algae Inhabiting Littoral Pools in the Western Mediterranean. *Marine Ecology*, 14: 147-157
- 25 BENEDETTI-CECCHI L., CINELLI F. (1994). Recovery of patches in an assemblage of geniculate coralline algae: variability at different successional stages. *Marine Ecology-Progress Series*, 110: 9-18
- 26 BENEDETTI-CECCHI L., CINELLI F. (1995). Habitat heterogeneity, sea urchin grazing and the distribution of algae in littoral rock pools on the west coast of Italy (western Mediterranean).

ARTICOLO

Marine Ecology-Progress Series, 126: 203-212.

- 27 BENEDETTI-CECCHI L., CINELLI F. (1996). Patterns of disturbance and recovery in littoral rock pools: nonhierarchical competition and spatial variability in secondary succession. *Marine Ecology-Progress Series*, 135: 145-161.
- 28 BENEDETTI-CECCHI L., NUTI S., CINELLI F. (1996). Analysis of spatial and temporal variability in interactions among algae, limpets and mussels, in low shore habitats on the west coast of Italy. *Marine Ecology Progress Series*, 144: 87-96.
- 29 BENEDETTI-CECCHI L., BULLERI F., CINELLI F. (1998). Density dependent foraging in two species of sea urchins in shallow subtidal reefs on the west coast of Italy (western Mediterranean). *Marine Ecology-Progress Series*, 163: 203-212.
- 30 BENEDETTI-CECCHI L., MENCONI M., CINELLI F. (1999). Pre-emption of the substratum and the maintenance of spatial pattern on a rocky shore in the northwest Mediterranean. *Marine Ecology-Progress Series*, 181: 13.
- 31 BENEDETTI-CECCHI L., ACUNTO S., BULLERI F., CINELLI F. (2000). Population ecology of the barnacle, *Chthamalus stellatus* (Poli), in the northwest Mediterranean. *Marine Ecology-Progress Series*, 198: 157-170.
- 32 BENEDETTI-CECCHI L., BULLERI F., ACUNTO S., CINELLI F. (2001). Scales of variation in the effects of limpets on rocky shores in the northwest Mediterranean. *Marine Ecology-Progress Series*, 209: 131-141.
- 33 BENEDETTI-CECCHI L., PANNACCIULLI F., BULLERI F., MOSCHELLA P., AIROLDI, L., RELINI, G., CINELLI F. (2001). Predicting the consequences of anthropogenic disturbance: large-scale effects of loss of canopy algae on rocky shores. *Marine Ecology-Progress Series*, 214: 137-150.
- 34 BENEDETTI-CECCHI L., MAGGI E., BERTOCCI I., VASELLI E., MICHELI F., OSIO G. C., CINELLI F. (2003). Variation in rocky shore assemblages in the north-western Mediterranean: contrasts between islands and the mainland. *Journal Of Experimental Marine Biology And Ecology*, 293: 193-215.
- 35 BENEDETTI-CECCHI L., BERTOCCI, I., VASELLI S., MAGGI E. (2005). Determinants of spatial pattern at different scales in two populations of the marine alga *Rissoella verruculosa* (Bertoloni) J. Agardh. *Marine Ecology-Progress Series*, 293: 37-47.
- 36 BENEDETTI-CECCHI, L., VASELLI, S., MAGGI, E., BERTOCCI I. (2005). Interactive effects of spatial

ARTICOLO

- variance and mean intensity of grazing on algal cover in rock pools. *Ecology*, 86: 2212-2222.
- 37 BENEDETTI CECCHI L., BERTOCCI I., VASELLI S., MAGGI E. (2006). Temporal variance reverses the ecological impact of high mean intensity of stress in climate change experiments. *Ecology*, 87: 24-89.
- 38 BENEDETTI CECCHI L., BERTOCCI I., VASELLI S., MAGGI E. (2006). Morphological plasticity and variable spatial patterns in different populations of the red alga *Rissoella verruculosa*. *Marine Ecology Progress Series*, 315: 87-98.
- 39 BERTOCCI, I., MAGGI, E., VASELLI, S., BENEDETTI-CECCHI L. (2005). Contrasting effects of mean intensity and temporal variation of disturbance on assemblages of rocky seashores. *Ecology*, 86:2061-2067.
- 40 BERTOCCI I., VASELLI S., MAGGI E., BENEDETTI CECCHI L. (2007). Changes in temporal variance of rocky shore organisms in response to the manipulation of mean intensity and temporal variability of aerial exposure. *Marine Ecology Progress Series*, 338: 11-20.
- 41 BERTOCCI, I., MAGGI, E., VASELLI, S., BENEDETTI-CECCHI, L. (2010). Resistance of rocky shore assemblages of algae and invertebrates to changes in intensity and temporal variability of aerial exposure. *Mar Ecol. Prog. Ser.* 400: 75-86.
- 42 BRACCI G., ORLANDI P. (1990). Minerali della parte settentrionale dei Monti Livornesi. *Quaderno Museo Storia Naturale di Livorno*, 11: 95-105.
- 43 BRACCI G., DALEMA D., BRACACCIA V. (1984). Caratteristiche sedimentologiche dell'arenaria di Calafuria (Toscana). *Atti Soc. Tosc. Sc. Nat.* 91.
- 44 BRAMANTI L., MAGAGNINI G., SANTANGELO G., 2003. Settlement and recruitment: the first stages in the life cycle of two epibenthic suspension feeders. *Ital. J. Zool.* 70: 175-178.
- 45 BRAMANTI L., MAGAGNINI G., DEMAIO L., SANTANGELO G., 2005. Recruitment, early survival and growth of the Mediterranean Red Coral *Corallium rubrum* (L 1758), a four-year study. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 314: 69-78.
- 46 BRAMANTI L., ROSSI S., TSOUNIS G., GILI J.M., SANTANGELO G., 2007. Settlement and early survival of red coral on artificial substrates in different geographic areas: some clues for demography and restoration. *Hydrobiol.* 580: 219-224.
- 47 BULLERI F., (2006). Duration of overgrowth affects survival of encrusting coralline algae. *Marine Ecology Progress Series*, 321: 79-85.

ARTICOLO

- 48 BULLERI F., BENEDETTI CECCHI L. (2006). Mechanisms of recovery and resilience of different components of mosaics of habitats on shallow rocky reefs, *Oecologia*, 149: 482-492.
- 49 BULLERI F., BENEDETTI-CECCHI L. (2008). Facilitation of the introduced green alga, *Caulerpa racemosa*, by resident algal turfs: experimental evaluation of underlying mechanisms. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 364: 77-86.
- 50 BULLERI F., BENEDETTI-CECCHI L., CINELLI F. (1999). Grazing by the sea urchins *Arbacia lixula* L. and *Paracentrotus lividus* Lam. in the northwest Mediterranean. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 241: 81.
- 51 BULLERI F., BERTOCCI I., MICHELI F. (2002). Interplay of encrusting coralline algae and sea urchins in maintaining alternative habitats, *Marine Ecology Progress Series*, 243: 101-109.
- 52 BULLERI F., TAMBURELLO L., BENEDETTI-CECCHI L. (2009). Loss of consumers alters the effects of resident assemblages on the local spread of an introduced macroalga. *Oikos* 118: 269-279.
- 53 BULLERI, F., BALATA, D. BERTOCCI, I., TAMBURELLO, L., BENEDETTI-CECCHI, L. (2010). The seaweed *Caulerpa racemosa* on Mediterranean rocky reefs: from passenger to driver of ecological change. *Ecology* 91: 2205-2212.
- 54 BULLERI, F., CRISTAUDO, C., ALESTRA, T., BENEDETTI-CECCHI, L. (2011). Crossing gradients of consumer pressure and physical stress on shallow rocky reefs: a test of the stress-gradient hypothesis. *Journal of Ecology* 99: 335-344.
- 55 CAMPANI S. (2000). Ecologia e trofismo delle comunità di Nudibranchi ed Ascoglossi presenti lungo il litorale livornese. Tesi di Laurea, Università di Pisa
- 56 CAPPAGLI M. (2000). Variazioni temporali della comunità di Molluschi Gasteropodi (Subclassis Prosobranchia), in rapporto a popolamenti algali del litorale livornese. Tesi di Laurea, Università di Pisa
- 57 CECCHERELLI, G., PIAZZI, L., BALATA, D. (2002). Spread of introduced *Caulerpa* species in macroalgal habitats. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 280: 1-11.
- 58 CECCHI E. (2001). Variazioni stagionali di un popolamento macroalgale profondo della costa livornese. Tesi di Laurea, Università di Pisa
- 59 CECCHI E., PIAZZI L., SERENA F. (2009). Applicazione del metodo CARLIT lungo la costa di Calafuria (Livorno). *Atti Società Toscana Scienze Naturali*. 116: 123-125.
- 60 CECCHI E., BALATA D., PIAZZI L., SERENA F. (2009). Variabilità spaziale dei popolamenti coralligeni

ARTICOLO

di Calafuria (Livorno) *Atti Società Toscana Scienze Naturali*. 116: 119-121.

- 61 CINELLI F. (1969). Primo contributo alla conoscenza della vegetazione algale bentonica del litorale di Livorno. *Pubbl. Staz. Zool. Napoli* 37:545-566
- 62 CINELLI F., PIAZZI L. 1990. Mappatura delle praterie a *Posidonia oceanica* (L.) Delile lungo le coste Toscane. CIBM Livorno Relazione Tecnica interna: 80 PP.
- 63 COSTANTINI F., FAUVELOT C., ABBIATI M., 2007. Fine-scale genetic structuring in *Corallium rubrum*: evidence of inbreeding and limited effects of larval dispersal. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 340: 100-119.
- 64 CRISTAUDO C. (2006). Il sedimento nei popolamenti macroalgali invasi da *Caulerpa racemosa* var *cylindracea* nel Mediterraneo occidentale. Tesi di Laurea, Università di Pisa
- 65 DE BIASI A.M., PACCIARDI L., PIAZZI L., BONTÀ PITTALUGA G., DE RANIERI S. (2009). Contentuto di metalli in tracce nelle scaglie e nei rizomi di *Posidonia oceanica* nell'area marina di Calafuria (Livorno). *Atti Società Toscana Scienze Naturali*. 116: 111-118.
- 66 FALLENI A., FRECCIANI A., GUERRIERI S. (2005). Le meraviglie di Calafuria. Forme e colori del mare di Livorno. Pacini Editore
- 67 GENNARO P., PIAZZI L. 2011.Synergism between two anthropic impacts: *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* invasion and seawater nutrient enrichment. *Marine Ecology Progress Series* 427: 59-70.
- 68 GENNARO P., PIAZZI L. 2013.The role of nutrients in successful invasion of *Caulerpa racemosa* var *cylindracea*. *Biological Invasions* (in press)
- 69 GIANGRANDE A. (1988). Polychaete zonation and its relation to algal distribution down a vertical cliff in the Western Mediterranean (Italy): a structural analysis. *J Exp Mar Biol Ecol*, 120: 263
- 70 INCERA, M., BERTOCCI, I., BENEDETTI-CECCHI, L. 2010. Effects of mean intensity and temporal variability of disturbance on the invasion of *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* (Caulerpales) in rock pools. *Biological Invasions* 12: 501-514.
- 71 LAZZAROTTO A., MAZZANTI R., NENCINI C. (1990). Geologia e morfologia dei Comuni di Livorno e Collesalveti. *Quaderno Museo Storia Naturale di Livorno* 11: 1-10.
- 72 LOBIANCO A. (2004). Confronto tra popolamenti macroalgali colonizzati da *Caulerpa racemosa* e *Caulerpa taxifolia* (Chlorophyta). Tesi di Laurea, Università di Pisa
- 73 MAGGI E., BERTOCCI I., BULLERI F., TAMBURELLO L., BENEDETTI-CECCHI L. (2009). 20 anni di

ARTICOLO

ecologia sperimentale lungo le coste di Calafuria (LI) *Atti Società Toscana Scienze Naturali* 116: 105-109.

- 74 MANCUSI C., CECCHI E., GALLONI F., PADOVANI S., PIAZZI L., SERENA F. (2011). La mappatura di *Posidonia oceanica* in due aree della costa toscana. *Biologia Marina Mediterranea*
- 75 MAZZANTI R., PARESCHI M.T., AUTERI R. (2001). Geomorfologia del Parco dei Due Castelli. In: Parco dei Due Castelli (ARPAT ed.): 91-106.
- 76 MENCONI M., BENEDETTI-CECCHI L., CINELLI F. (1999). Spatial and temporal variability in the distribution of algae and invertebrates on rocky shores in the northwest Mediterranean. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 233: 1-24.
- 77 NETO G. (2004). Flora e Fauna della costa livornese. Editrice La Mandragola
- PACCIARDI L. (2000). Variabilità spaziale e temporale di popolamenti coralligeni mediterranei in relazione all'orientamento della superficie del fondo. Tesi di Laurea, Università di Pisa
- 78 PARDI G., PIAZZI L., CINELLI F. (2000). Demographic study of a *Cystoseira humilis* Kutzing (Fucales: Cystoseiraceae) population in the western Mediterranean. *Botanica Marina*, 43: 81-86.
- 79 PELLI D. (2007). La metodologia CARLIT nell'ambito del monitoraggio marino-costero del litorale toscano. Tesi di Laurea, Università di Pisa.
- 80 PIAZZI L., BALATA D. (2008). The spread of *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* in the Mediterranean Sea: an example of how biological invasions can influence beta diversity. *Marine Environmental Research*, 65: 50-61.
- 81 PIAZZI L., BALATA D. (2009). Invasion of alien macroalgae in different Mediterranean habitats. *Biological Invasions*. 11: 193-204.
- 82 PIAZZI L., CECCHERELLI G. (2002). Effects of competition between two introduced *Caulerpa*. *Marine Ecology Progress Series*, 225: 189-195.
- 83 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.
- 84 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
- 85 PIAZZI L., ACUNTO S., PAPI I., PARDI G., CINELLI F. (2000) - Mappatura delle praterie a fanerogame marine della Toscana. *Biol. Mar. Medit* 7: 594-596.

ARTICOLO

- 86 PIAZZI L., BALATA D., CECCHERELLI G., CINELLI F. (2001). Comparative study of the growth of the two co-occurring introduced green algae *Caulerpa taxifolia* and *Caulerpa racemosa* along the Tuscan coast (Italy, western Mediterranean. *Cryptogamie, Algologie*, 22: 459-466.
- 87 PIAZZI L., BALATA D., CINELLI F. (2002). Epiphytic macroalgal assemblages of *Posidonia oceanica* rhizomes in the western Mediterranean. *European Journal of Phycology*, 37: 69-76.
- 88 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.
- 89 PIAZZI L., BALATA D., CECCHI E., CINELLI F. (2003). Co-occurrence of *Caulerpa taxifolia* and *C. racemosa* in the Mediterranean Sea: interspecific interactions and influence on native macroalgal assemblages. *Cryptogamie Algologie*, 24: 233-243.
- 90 PIAZZI L., CECCHERELLI G., BALATA D., CINELLI F. (2003). Early patterns of *Caulerpa racemosa* recovery in the Mediterranean Sea: the influence of algal turfs. *Journal of Marine Biological Association of United Kingdom*, 83: 27-29.
- 91 PIAZZI L., BALATA D., PERTUSATI M. E CINELLI F., (2004). Spatial and temporal variability of Mediterranean macroalgal coralligenous assemblages in relation to habitat and substrate inclination. *Botanica Marina*, 47: 105-115
- 92 PIAZZI L., BALATA D., CECCHERELLI G., CINELLI F. (2005). Interactive effect of sedimentation and *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* invasion on macroalgal assemblages in the Mediterranean Sea. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 64: 467-474
- 93 PIAZZI L., BALATA D., CINELLI F. (2007). Invasions of alien macroalgae in Mediterranean coralligenous assemblages. *Cryptogamie Algologie*, 28: 289-301.
- 94 PIAZZI L., MANCUSI C., SERENA F. (2009). Proposta di nuovi S.I.C. marini in Toscana come strumento per la tutela di habitat prioritari. *Biologia Marina Mediterranea*, 16: 96-98.
- 95 PIAZZI L., CECCHI E., PARDI G., CINELLI F. (2009). I popolamenti macroalgali di Calafuria (Livorno). *Atti Società Toscana Scienze Naturali*. 116: 81-90.
- 96 PIAZZI L., BALATA D., CINELLI F. (2009). Colonizzazione di alghe introdotte nell'area di Calafuria (Livorno) e conseguenze sui popolamenti nativi. *Atti Società Toscana Scienze Naturali*. 116: 99-103.
- 97 PIAZZI L., CECCHI E., GUERRIERI S., SERENA F. (2009). Il popolamento ittico di Calafuria (Livorno.)

ARTICOLO

Atti Società Toscana Scienze Naturali. 116: 73-79.

- 98 PIAZZI L., BALATA D. (2011). Coralligenous habitat: patterns of vertical distribution of macroalgal assemblages. *Scientia Marina* 75: 399-406.
- 99 PIAZZI L., GENNARO P., BALATA D. (2011). Effects of nutrient enrichment on macroalgal coralligenous assemblages. *Marine Pollution Bulletin* 62: 1830–1835.
- 100 PIAZZI L., CECCHI E., SERENA F. (2012). Spatial and temporal patterns of diversity of Mediterranean rocky fish assemblages. *Vie Milieu* 62: 129-136.
- 101 PREVIATI M. (2003). Studio di una popolazione di *Paramuricea clavata* (Risso, 1826) (Anthozoa, Gorgonacea, Paramuriceidae) delle coste toscane. Tesi di Laurea, Università di Firenze.
- 102 RINDI F., CINELLI F. (2000). Phenology and small-scale distribution of some rhodomelacean red algae on a western Mediterranean rocky shore. *European Journal of Phycology*, 35: 115-125.
- 103 RINDI F., PAPI I., CINELLI F. (1996). New records of Ceramiales (Rhodophyta) for the North-western Mediterranean. *Cryptogamie Algologie*, 17: 223-238.
- 104 SANTANGELO G., ABBIATI M. (2001). Red coral: conservation and management of an overexploited Mediterranean species, *Aquatic Conservation-Marine And Freshwater Ecosystems*, 11: 253-259.
- 105 SANTANGELO G., BRAMANTI L. (2001). Dinamica delle popolazioni animali insediate sulla falesia di Calafuria, con particolare riferimento al corallo rosso. In: Parco dei Due Castelli (ARPAT ed.): 137-140.
- 106 SANTANGELO G., BRAMANTI L., MAGAGNINI G. (2003) Settlement and recruitment: the first stages in the life cycle of two epibentic suspension feeders. *Italian Journal of Zoology*, 70: 175-178.
- 107 SANTANGELO G., CARLETTI E., MAGGI E., BRAMANTI L. (2003). Reproduction and population sexual structure of the overexploited Mediterranean red coral *Corallium rubrum*. *Marine Ecology-Progress Series*, 245: 211-220.
- 108 SANTANGELO G., MAGGI E., BRAMANTI L., BONGIORNI L. (2004). Demography of the over-exploited Mediterranean red coral (*Corallium rubrum* L 1758). *Scientia Marina*, 68: 199-204.
- 109 SANTANGELO G., BRAMANTI L., MAGAGNINI G., DEMAIO L., (2005). Recruitment, early survival and growth of the Mediterranean red coral *Corallium rubrum* (L 1758), a four-year study. *Journal Of Experimental Marine Biology And Ecology*, 314: 69-78.

ARTICOLO

- 110 SANTANGELO G., BRAMANTI L., IANNELLI M. (2007). Population dynamics and conservation biology of the overexploited Mediterranean red coral. *Journal of Theoretical Biology*, 244: 416-423.
- 111 SANTANGELO G., BRAMANTI L., ROSSI S., TSOUNIS G., GILI J.M. (2007). Settlement and early survival of red coral on artificial substrates in different geographic areas: some clues for demography and restoration. *Hydrobiologia*, 580: 219-224.
- 112 SANTANGELO G., VIELMINI I., BRAMANTI L., IANNELLI M.. (2009). La popolazione di corallo rosso (*Corallium rubrum* L. 1758) di Calafuria (LI). *Atti Società Toscana Scienze Naturali* 116: 91-97.
- 113 TAVANI G. (1954). Fossili del macigno di Calafuria (Livorno). *Atti Società Toscana Scienze Naturali*. 61.
- 114 VASELLI, S., BERTOCCI, I., MAGGI, E., BENEDETTI-CECCHI, L. (2008). Effects of mean intensity and temporal variance of sediment scouring events on assemblages of rocky shores. *Marine Ecology Progress Series* 364: 57-66.
- 115 VASELLI, S., BERTOCCI, I., MAGGI, E., BENEDETTI-CECCHI, L. (2008). Assessing the consequences of sea level rise: effects of changes in the slope of the substratum on sessile assemblages of rocky seashores. *Marine Ecology Progress Series* 368:9-22.
- 116 VIRGILIO M., AIROLDI L., ABBIATI M. (2006). Spatial and temporal variations of assemblages in a Mediterranean coralligenous reef and relationships with surface orientation. *Coral Reefs*, 25: 265-272.



Cystoseira brachycarpa var. *balearica*

DESCRIZIONE DELL'AREA

Geomorfologia

La costa di Calafuria, comprendente il tratto di litorale lungo circa tre chilometri tra il Rio Maroccone e il Rio Rogiolo, è costituito da fondali che si approfondiscono più velocemente rispetto al resto del litorale roccioso livornese compreso tra la Fortezza Vecchia e Punta Lillatro. Nel tratto di Calafuria, il litorale è costituito in maggioranza da affioramenti rocciosi, ad eccezione di alcuni punti che coincidono con le foci dei maggiori corsi d'acqua con la formazione di piccole spiagge. La costituzione geologica dell'area comprende due porzioni principali, l'arenaria Macigno che si innalza tra la foce del Rio Maroccone e la spiaggia del Leone e le rocce verdi del Promontorio del Romito (Lazzarotto et al. 1990, Mazzanti et al. 2001)

Il complesso di Arenaria Macigno denominata Flysch arenaceo di Calafuria è una successione costituita in massima parte da sedimenti arenaci grossolani, depositi in ambiente di mare profondo, torbido, caratterizzato da diffusi fenomeni di canalizzazione (Bracci et al. 1984). Le associazioni di facies riconosciute farebbero attribuire tali depositi ad un sistema distributore a canali intrecciati della porzione intermedia ed interne di una conoide sottomarina caratterizzata per lo più da un apporto sabbioso relativamente elevato. Per le caratteristiche petrografiche il Flysch arenaceo di Calafuria presenta una percentuale relativamente alta di cemento carbonatico, una sporadicità di cemento limonitico e una presenza costante di matrice anche se in basse concentrazioni (Bracci et al. 1984).

L'area di affioramento dell'arenaria di Calafuria presenta diversi sistemi di faglie con differenti tipi di mineralizzazione; è tipica quella appartenente al sistema di faglie a direzione appenninica che interessa con continuità la zona di Boccale-Calafuria-Sassoscritto. Associata con queste faglie, è presente nella zona di Calafuria una mineralizzazione a solfuri e barite, nella zona di Calignaia una mineralizzazione a dolomite, mentre nella zona del Boccale il minerale più abbondante è il quarzo (Bracci e Orlandi 1990).



Arenaria di Calafuria

Mappatura bionomica

La prima mappatura bionomica dell'area risale al 1990 quando fu effettuata una prima indagine sulla distribuzione delle praterie di *Posidonia oceanica* della Toscana (Cinelli e Piazzì 1990, Piazzì et al., 2000). Recentemente una mappatura è stata effettuata dalla ditta Geopolaris mediante Sonar a Scansione Laterale a cui è stata abbinata un'indagine conoscitiva puntuale realizzata con ROV lungo transetti perpendicolari alla costa. Il rilievo è stato ottenuto impiegando un sistema di posizionamento GPS Differenziale Seres e un Sonar a Scansione Laterale Edgetech 272TD con frequenza 100 KHz. Il range utilizzato è stato di 150 m per canale, consentendo la sovrapposizione del 20% tra due linee adiacenti (Mancusi et al. 2011).

All'interno dell'area il fondale si presenta molto ripido fino a circa 10 m dove inizia un pianoro di 200-300 m di ampiezza che interrompe la scogliera tra i 10 e 20 metri circa di profondità. Il pianoro è colonizzato da una prateria di *Posidonia oceanica*, con copertura variabile alternata a aree rocciose caratterizzate da biocostruzioni. Tra i 20-25 e i 35-40 metri di profondità, sono presenti scogliere pressoché verticali che terminano su un fondo sabbioso. La scogliera si

interrompe in corrispondenza delle principali insenature caratterizzate da fondi mobili a granulometria variabile.

Riferimenti bibliografici

BRACCI G., ORLANDI P. (1990). Minerali della parte settentrionale dei Monti Livornesi. *Quaderno Museo Storia Naturale di Livorno*, 11: 95-105.

BRACCI G., DALEMA D., BRACACCIA V. (1984). Caratteristiche sedimentologiche dell'arenaria di Calafuria (Toscana). *Atti Soc. Tosc. Sc. Nat.* 91.

CINELLI F., PIAZZI L. 1990. Mappatura delle praterie a *Posidonia oceanica* (L.) Delile lungo le coste Toscane. CIBM Livorno Relazione Tecnica interna: 80 PP

LAZZAROTTO A., MAZZANTI R., NENCINI C. (1990). Geologia e morfologia dei comuni di Livorno e Collesalveti. *Quaderni Mus. Stor. Nat. Livorno* 11: 11-85.

MANCUSI C., CECCHI E., GALLONI F., PADOVANI S., PIAZZI L., SERENA F. (2011). La mappatura di *Posidonia oceanica* in due aree della costa toscana. *Biologia Marina Mediterranea*

MAZZANTI R., PARESCHI M.T., AUTERI R. (2001). Geomorfologia del Parco dei Due Castelli. In: *Parco dei Due Castelli* (ARPAT ed.): 91-106.

PIAZZI L. ACUNTO S., PAPI I., PARDI G., CINELLI F. (2000) - Mappatura delle praterie a fanerogame marine della Toscana. *Biol. Mar. Medit* 7: 594-596.

POPOLAMENTI MACROALGALI

I popolamenti macroalgali nell'area di Calafuria sono stati ampiamente investigati a partire dagli anni '60 del secolo scorso. Dopo un primo studio finalizzato a definire la struttura dei principali popolamenti presenti nell'area (Cinelli, 1969), molti lavori sia descrittivi che sperimentali hanno investigato differenti aspetti riguardanti la struttura e il funzionamento dei popolamenti algali sia nella zona intertidale che subtidale (Airoldi, 2000b; Rindi e Cinelli, 2000; Benedetti-Cecchi *et al.*, 2006; Bulleri e Benedetti-Cecchi, 2006; Piazzì e Balata, 2008b; e loro bibliografia).

DESCRIZIONE GENERALE

Composizione floristica

In totale sono state determinate 197 specie macroalgali, tra le quali 27 Chlorophyta, 30 Fucophyceae e 140 Rhodophyta (Tab. 1).

Il mesolitorale superiore è caratterizzato da *Rissoella verruculosa* e *Nemalion helminthoides*, mentre il mesolitorale inferiore da *Ralfsia verrucosa* e da Rhodophyta quali *Ceramium ciliatum*, *Callithamnion* spp., *Laurencia glandulifera*, *Boergeseniella fruticulosa*, *Polysiphonia flocculosa*.

La frangia infralitorale e le pozze di scogliera risultano colonizzate da popolamenti di alghe fotofile dominati dalle Fucophyceae *Cystoseira brachicarpa* var. *balearica* e *C. compressa*. I popolamenti sciafili superficiali sono principalmente caratterizzati da *Valonia utricularis*, *Schottera nicaensis* e *Corallina elongata*.

Il piano infralitorale può essere suddiviso in due parti, una più superficiale, costituita dalla scogliera che degrada fino a circa 10 metri di profondità, la seconda che rappresenta il pianoro vero e proprio. La scogliera è colonizzata da un popolamento fotofilo dominato dalle Fucophyceae *Stypocaulon scoparium*, *Cladostephus spongiosus*, *Dictyota dichotoma* e *Padina pavonica* alternato ad aree dominate da corallinacee incrostanti. Il pianoro vero e proprio è caratterizzato da biocostruzioni di Rhodophyta calcaree che ospitano un popolamento che presenta sia specie fotofile che sciafile. Lo strato eretto è caratterizzato dalle Rhodophyta *Laurencia obtusa*, *Sphaerococcus copronipifolius* e *Halopithys incurva* e dalle Chlorophyta *Cladophora prolifera* e *Halimeda tuna*. Il feltro algale è risultato dominato da *Haliptilon virgatum*, *Womersleyella setacea*, *Sphacelaria cirrosa* e *Wrangelia penicellata*.

Sui rizomi di *Posidonia oceanica* sono abbondanti le Rhodophyta *Acrothamnion preissii*. *Womersleyella setacea* e *Peyssonnelia* spp. mentre il popolamento delle foglie è caratterizzato da

corallinee incrostanti (*Hydrolithon farinosum*, *Pneophyllum fragile*) e poche specie erette, tra le quali le più abbondanti sono risultate le Ochrophyta *Cladosiphon irregularis*, *Sphacelaria cirrosa* e *Dictyota* spp.

I popolamenti coralligeni del piano circalitorale sono caratterizzato da uno strato eretto dominato nella parte meno profonda da *Flabellia petiolata*, *Halimeda tuna*, *Tricleocarpa fragilis* e *Laurencia chondroides*; nel feltro sono comuni *Womersleyella setacea*, *Jania adhaerens*, *Eupogodon planus*, *Feldmannophycus raissiae*; specie del genere *Peyssonnelia* sono sempre abbondanti. La porzione più profonda della scogliera è caratterizzata da *Phyllophora nervosa*, *Meredithia microphylla*, *Osmundaea palagosa*, *Ritiphloea tinctoria* e *Peyssonnelia* spp, mentre diminuiscono le Udoteaceae e le specie costituenti il feltro.

I popolamenti macroalgali dell'area di studio hanno mostrato una composizione specifica simili a quella di altre comunità del Mediterraneo nord occidentale (Boudouresque, 1984; Boudouresque e Perret-Boudouresque, 1977; Ribera Siguan e Gomez Garreta, 1984; 1985; Cossu *et al.*, 1992; Rindi *et al.*, 2002), ma al contempo presentano anche alcune peculiarità.

Il popolamento superficiale evidenzia un alto numero di specie legato all'eterogeneità di habitat, a sua volta legata alla morfologia costiera, che crea un susseguirsi di situazioni diverse caratterizzate da maggiore o minore esposizione alla luce e al moto ondoso, oltre che un sistema particolarmente esteso di pozze di scogliera. Inoltre le interazioni biotiche quali la competizione e la predazione contribuiscono a creare una distribuzione degli organismi chiazze che incrementa la biodiversità e la variabilità spaziale a piccola scala (Benedetti-Cecchi e Cinelli, 1992; 1995; Menconi *et al.*, 1999; Bulleri e Benedetti-Cecchi, 2006).

La parte più superficiale del piano infralitorale, pur mancando i popolamenti a *Cystoseira* spp che ritroviamo nella stessa fascia batimetria in aree meno sottoposte a disturbo antropico (Benedetti-Cecchi *et al.*, 2001), presenta un tipico popolamento fotofilo di costa rocciosa (Boudouresque, 1984). Tale popolamento manca in aree soggette a pascolo intensivo da parte di echinoidi, dove è sostituito da un popolamento dominato da corallinee incrostanti (Bulleri *et al.*, 1999).

La presenza di biocostruzioni e specie sciafile sul pianoro può essere messa in relazione all'elevata torbidità media dell'acqua legata all'alta sedimentazione che caratterizza la zona (Airoidi *et al.*, 1996). Tale situazione favorisce tra i 10 e i 20 metri di profondità la costituzione di un popolamento algale di transizione caratterizzato da un'alta biodiversità legata alla coesistenza di specie sciafile e fotofile (Piazzi *et al.*, 2002b; 2003; Balata *et al.*, 2004).

La scogliera profonda presenta popolamenti coralligeni tipici dominati da corallinacee incrostanti e Peyssonelliaceae, sopra le quali si insediano specie sciafile. I popolamenti coralligeni di Calafuria presentano una composizione specifica tipica di tale ambiente (Ballesteros, 2006; Piazzì *et al.*, 2004b; 2007), anche se l'elevata torbidità dell'acqua fa sì che siano presenti a profondità relativamente limitata popolamenti che in condizioni normali si insediano al di sotto dei 40 metri (Balata *et al.*, 2006). Tali popolamenti sono caratterizzati da un elevato numero di specie, in accordo con quanto riscontrato in altre aree, favorito dalla stabilità dei fattori fisici e dall'eterogeneità del substrato costituito da biocostruzioni (Cocito, 2004; Ballesteros, 2006).

I popolamenti epifiti di *Posidonia oceanica* hanno mostrato una struttura tipica di tali ambienti, con una dominanza di Rhodophyta incrostanti e Ochrophyta filamentose sulle foglie e di Rhodophyta scafale sui rizomi (Balata *et al.*, 2007). L'elevata abbondanza delle specie introdotte *A. preissii* e *W. setacea* sui rizomi rappresenta una situazione comune anche ad altre aree della Toscana e del Mediterraneo nord-occidentale, dal momento che tale habitat sembra risultare particolarmente adatto alla colonizzazione di queste specie (Piazzì *et al.*, 2002a).

Rispetto ai risultati presentati negli studi antecedenti (Cinelli, 1969), alcune specie importanti sono scomparse o fortemente ridotte, quali *Cystoseira amentacea* var. *stricta* e *C. spinosa*, mentre sono comparse alcune specie alloctone.

Alcune specie individuate nell'area risultano rare o comunque poco segnalate nella stessa zona geografica, come *Cystoseira humilis*, *Anthithamnion piliferum*, *Spatoglossum solierii*.

Tra le specie considerate rare nell'area geografica, *Cystoseira humilis* è distribuita in Atlantico e in alcune aree del Mediterraneo, quali Spagna, Francia, Sardegna, Sicilia e Malta (Pardi *et al.*, 2000). Nell'Italia continentale è segnalata solo a Calafuria, dove colonizza due pozze di scogliera (Pardi *et al.*, 2000). Circa la presenza della specie a Calafuria possono solo essere fatte delle ipotesi: il popolamento può essere considerato un relitto derivato dalla rarefazione dell'areale di distribuzione della specie o, più facilmente, essere legato al traffico marittimo che ha favorito la dispersione a partire da altri popolamenti separati geograficamente.

Anche *Anthithamnion piliferum* e *Spatoglossum solierii* sono specie poco segnalate nell'area geografica considerata. *A. piliferum* è stato segnalato solo in Italia Meridionale e in Spagna (Rindi *et al.*, 1996); Calafuria rappresenta, insieme all'Elba, l'unica stazione di questa specie nel Mediterraneo nord occidentale. *S. solierii* è riportato per la Toscana solo a Calafuria e a Gorgona.

Lista floristica delle macroalghe segnalate a Calafuria nei differenti habitat; m = mesolitorale e pozze di scogliera, i = infralitorale, c = circalitorale, pf = foglie di *P. oceanica*, pr = rizomi di *P. oceanica*.

Taxa	m	i	c	pf	pr
Chlorophyta					
<i>Acetabularia acetabulum</i> (Linnaeus) P.C. Silva	+	+	-	-	-
<i>Bryopsis corymbosa</i> J. Agardh	-	+	-	-	-
<i>Bryopsis cupressina</i> J.V. Lamouroux	+	+	+	-	-
<i>Caulerpa racemosa</i> (Forsskål) C. Agardh	-	+	+	-	-
<i>Caulerpa taxifolia</i> (Vahl) J. Agardh	-	+	-	-	-
<i>Chaetomorpha linum</i> (O.F. Müller) Kützinger	+	+	-	+	+
<i>Chaetomorpha aerea</i> (Dillwyn) Kützinger	-	+	-	-	-
<i>Cladophora coelothrix</i> Kützinger	+	+	-	+	+
<i>Cladophora echinus</i> (Biasoletto) Kützinger	-	+	+	-	-
<i>Cladophora dalmatica</i> Kützinger	+	+	-	+	-
<i>Cladophora lehmanniana</i> (Lindberg) Kützinger	-	+	-	-	-
<i>Cladophora pellucida</i> (Hudson) Kützinger	+	+	-	-	-
<i>Cladophora prolifera</i> (Roth) Kützinger	+	+	+	-	+
<i>Cladophora rupestris</i> (Linnaeus) Kützinger	+	+	-	-	-
<i>Cladophora vagabunda</i> (Linnaeus) Van den Hoek	-	+	-	-	-
<i>Codium bursa</i> (Linnaeus) C. Agardh	-	+	+	-	-
<i>Codium coralloides</i> (Kützinger) P.C. Silva	-	+	-	-	-
<i>Codium fragile</i> (Suringar) Hariot subsp. <i>tomentosoides</i> (Van Goor) P.C. Silva	-	+	-	-	-
<i>Derbesia tenuissima</i> (Moris et De Notaris) P.L. et H.M. Crouan	+	+	-	-	-
<i>Flabellia petiolata</i> (Turra) Nizamuddin	-	+	+	-	+
<i>Halimeda tuna</i> (J. Ellis et Solander) J.V. Lamouroux	-	+	+	-	-
<i>Palmophyllum crassum</i> (Naccari) Rabenhorst	-	-	+	-	-
<i>Pedobesia lamourouxii</i> (J. Agardh) J. Feldmann, Loreau, Codomier et al.	+	+	-	-	-

Couté

<i>Pseudochlorodesmis furcellata</i> (Zanardini) Børgesen	-	+	+	-	+
<i>Rhizoclonium tortuosum</i> (Dillwyn) Kützing	-	+	-	-	-
<i>Ulva clathrata</i> (Roth) C. Agardh	+	-	-	-	-
<i>Ulva compressa</i> Linnaeus	+	-	-	-	-
<i>Ulva rotundata</i> Bliding	+	-	-	-	-
<i>Valonia macrophysa</i> Kützing	-	+	+	-	+
<i>Valonia utricularis</i> (Roth) C. Agardh	+	-	-	-	-

Ochrophyta

<i>Asperococcus bullosus</i> J.V. Lamouroux	-	-	-	+	-
<i>Cladosiphon cylindricus</i> (Sauvageau) Kylin	-	-	-	+	-
<i>Cladostephus spongiosus</i> (Hudson) C. Agardh	+	+	-	-	-
<i>Colpomenia sinuosa</i> (Martens ex Roth) Derbès et Solier	+	-	-	-	-
<i>Cutleria chilosa</i> (Falkenberg) P.C. Silva (sporophyte "Aglaozonia")	-	-	+	-	-
<i>Cutleria multifida</i> (J.E. Smith) Greville (sporophyte "Aglaozonia")	+	+	-	-	-
<i>Cystoseira brachycarpa</i> J. Agardh var. <i>balearica</i> (Sauvageau) +	-	-	-	-	-
Giaccone					
<i>Cystoseira compressa</i> (Esper) Gerloff et Nizamuddin	+	-	-	-	-
<i>Cystoseira crinita</i> Duby	+	-	-	-	-
<i>Cystoseira humilis</i> Kützing	+	-	-	-	-
<i>Cystoseira spinosa</i> Sauvageau	-	+	+	-	-
<i>Dictyopteris polypodioides</i> (A.P. De Candolle) J.V. Lamouroux	+	+	-	-	-
<i>Dictyota dichotoma</i> (Hudson) J.V. Lamouroux	+	+	-	+	+
<i>Dictyota fasciola</i> (Roth) J.V. Lamouroux	-	+	-	-	+
<i>Dictyota linearis</i> (C. Agardh) Greville	-	+	+	+	+
<i>Dictyota spiralis</i> Montagne	+	-	-	-	-
<i>Ectocarpus siliculosus</i> (Dillwyn) Lyngbye	-	-	-	+	-
<i>Elachista stellaris</i> Areshoug	-	+	-	+	-
<i>Feldmannia caespitula</i> (J. Agardh) Knoeppfler-Péguy	+	-	-	+	-
<i>Giraudia sphacelarioides</i> Derbès et Solier	-	-	-	+	-

<i>Halopteris filicina</i> (Grateloup) Kützing	-	+	+	-	+
<i>Myriactula stellulata</i> (Harvey) Levring	-	+	-	-	-
<i>Nereia filiformis</i> (J. Agardh) Zanardini	-	+	+	-	-
<i>Padina pavonica</i> (Linnaeus) Thivy	+	+	-	-	-
<i>Ralfsia verrucosa</i> (Areshoug) Areshoug	+	-	-	-	-
<i>Scytosiphon lomentaria</i> (Lynbye) Link	+	-	-	-	-
<i>Spatoglossum solieri</i> (Chauvin) Kützing	-	+	-	-	-
<i>Sphacelaria cirrosa</i> (P.H. Roth) C. Agardh	+	+	+	+	+
<i>Sphacelaria fusca</i> (Hudson) S.F. Gray	-	+	-	+	-
<i>Sphacelaria plumula</i> Zanardini	-	+	+	-	-
<i>Sphacelaria tribuloides</i> Meneghini	+	-	-	-	-
<i>Stypocaulon scoparium</i> (Linnaeus) Kützing	+	+	-	-	-
<i>Taonia atomaria</i> (Woodward) J. Agardh	+	-	-	-	-
<i>Zanardinia typus</i> (Nardo) G. Furnari	-	+	+	-	-

Rhodophyta

<i>Acrodiscus vidovichii</i> (Meneghini) Zanardini	-	+	+	-	-
<i>Acrosorium venulosum</i> (Zanardini) Kylin	+	+	+	+	+
<i>Acrosymphyton purpuriferum</i> (J. Agardh) Sjoested	-	+	+	-	-
<i>Acrothamnion preissii</i> (Sonder) Wollaston	+	+	+	+	+
<i>Aglaothamnion tenuissimum</i> (Bonnemaison) Feldmann-Mazoyer	-	+	+	+	-
<i>Aglaothamnion tripinnatum</i> (C. Agardh) Feldmann-Mazoyer	-	+	-	-	+
<i>Alsidium heminthocorton</i> (Schwendimann) Kützing	+	-	-	-	-
<i>Amphiroa cryptarthrodia</i> Zanardini	-	-	+	-	-
<i>Amphiroa rigida</i> J.V. Lamouroux	+	+	-	-	-
<i>Anotrichium barbatum</i> (C. Agardh) Nägeli	-	+	-	+	-
<i>Antithamnion cruciatum</i> (C. Agardh) Nägeli	+	+	+	+	+
<i>Antithamnion heterocladum</i> Funk	-	+	+	-	-
<i>Anthithamnion piliferum</i> Cormaci et Furnari	-	+	+	-	+
<i>Antithamnion tenuissimum</i> (Hauck) Schiffner	-	+	+	-	-
<i>Apoglossum ruscifolium</i> (Turner) J. Agardh	-	+	+	-	+

<i>Asparagopsis armata</i> Harvey (sporophyte "Falkenbergia")	-	+	+	+	+
<i>Asparagopsis taxiformis</i> (Delile) Trevisan	-	+	-	-	-
<i>Boergeseniella fruticulosa</i> (Wulfen) Kylin	+	-	-	-	-
<i>Bonnemaisonia asparagoides</i> (Woodward) C. Agardh	-	+	-	-	+
<i>Bornetia secundiflora</i> (J. Agardh) Thuret	+	-	-	-	-
<i>Botryocladia boergesenii</i> Feldmann	-	+	+	-	+
<i>Botryocladia botryoides</i> (Wulfen) Feldmann	-	+	+	-	-
<i>Callithamnion corymbosum</i> (J.E. Smith) Lyngbye	+	+	-	-	-
<i>Callithamnion granulatum</i> (Ducluzeau) C. Agardh	+	-	-	-	-
<i>Ceramium bertholdii</i> Funk	-	+	+	-	-
<i>Ceramium ciliatum</i> (J. Ellis) Ducluzeau	+	-	-	-	-
<i>Ceramium cimbricum</i> H.E. Petersen	-	+	+	-	-
<i>Ceramium circinatum</i> (Kützinger) J. Agardh	-	+	+	+	-
<i>Ceramium codii</i> (H. Richards) Feldmann-Mazoyer	+	+	+	+	+
<i>Ceramium comptum</i> Boergesen	-	+	+	-	-
<i>Ceramium diaphanum</i> (Lighthfoot) Roth	+	+	+	+	-
<i>Ceramium echionotum</i> J. Agardh	+	-	-	-	-
<i>Ceramium flaccidum</i> (Kützinger) Ardissonne	+	+	+	-	-
<i>Ceramium siliquosum</i> (Kützinger) Maggs et Hommersand	+	-	-	-	-
<i>Ceramium tenerrimum</i> (G. Martens) Okamura	-	+	-	-	-
<i>Ceramium virgatum</i> Roth	+	-	-	-	-
<i>Champia parvula</i> (C. Agardh) Harvey	+	+	+	-	+
<i>Chondracanthus acicularis</i> (Roth) Fredericq					
<i>Chondria dasyphylla</i> (Woodward) C. Agardh	+	+	+	-	+
<i>Chondria capillaris</i> (Hudson) M.J. Wynne	-	+	+	+	-
<i>Chondria mairei</i> Feldmann-Mazoyer	-	+	-	-	-
<i>Chrysomenia ventricosa</i> (Lamouroux) J. Agardh	-	+	+	-	-
<i>Chroodactylon ornatum</i> (C. Agardh) Basson	-	+	-	-	-
<i>Contarinia peyssonneliaeformis</i> Zanardini	-	-	+	-	-
<i>Contarinia squamariae</i> (Meneghini) Denizot	-	+	+	-	-
<i>Corallina elongata</i> J. Ellis et Solander	+	+	+	-	-

<i>Corallophila cinnabarina</i> (Grateloup ex Bory de Saint-Vincent) R.E. - Norris	-	+	-	-	-
<i>Crouania attenuata</i> (C. Agardh) J. Agardh	+	+	+	-	+
<i>Cruoria cruoriaeformis</i> (P.L. et H.M. Crouan) Denizot	-	-	+	-	-
<i>Dasya corymbifera</i> J. Agardh	+	+	+	-	-
<i>Dasya huthcinsiae</i> Harvey	+	-	-	-	-
<i>Dasya ocellata</i> (Grateloup) Harvey	-	+	+	-	-
<i>Dasya punicea</i> Meneghini	-	+	-	-	-
<i>Dasya rigidula</i> (Kützing) Ardissonne	+	+	+	+	+
<i>Dipterosiphonia rigens</i> (Schousboe) Falkenberg	-	+	-	-	-
<i>Drachiella minuta</i> (Kylin) Maggs et Hommersand	-	+	+	-	-
<i>Erithrocystis montagnei</i> (Derbès et Solier) Silva	+	-	-	-	-
<i>ErythroglOSSum sandrianum</i> (Kützing) Kylin	-	-	+	-	-
<i>Erythrotrichia carnea</i> (Dillwyn) J. Agardh	+	+	-	+	-
<i>Eupogodon planus</i> (C. Agardh) Kützing	-	+	+	-	+
<i>Feldmannophycus rayssiae</i> (Feldmann et Feldmann-Mazoyer) Augier et Boudouresque	+	+	+	-	+
<i>Gastroclonium clavatum</i> (Roth) Ardissonne	+	-	-	-	-
<i>Gelidiella lubrica</i> (Kützing) Feldmann et Hamel	-	+	-	-	-
<i>Gelidium bipectinatum</i> G. Furnari	-	+	+	-	-
<i>Gelidium pulchellum</i> (Turner) Kützing	+	-	-	-	-
<i>Gelidium pusillum</i> (Stackhouse) Le Jolis	+	-	-	-	-
<i>Gloiocladia furcata</i> (C. Agardh) J. Agardh	-	-	-	-	+
<i>Griffithsia schousboei</i> Montagne	-	+	-	-	-
<i>Haliptilon virgatum</i> (Zanardini) Garbary et H.W. Johansen	+	+	-	-	+
<i>Halopithys incurva</i> (Hudson) Batters	+	+	-	-	-
<i>Halydictyon mirabile</i> Zanardini	-	+	+	-	-
<i>Halymenia floresia</i> (Clemente et Rubio) C. Agardh	-	-	+	-	-
<i>Haraldia lenormandii</i> (Derbès et Solier) J. Feldmann	-	+	+	-	-
<i>Herposiphonia secunda</i> (C. Agardh) Ambronn	+	+	-	+	+
<i>Heterosiphonia crispella</i> (C. Agardh) M.J. Wynne	+	+	+	+	+

<i>Hydroliton farinosum</i> (Lamouroux) Penry et Chamberlain	-	-	-	+	+
<i>Hypnea musciformis</i> (Wulfen) J.V. Lamouroux	+	-	-	-	-
<i>Hypoglossum hypoglossoides</i> (Stackhouse) Collins et Harvey	+	+	+	+	+
<i>Jania adhaerens</i> J. V. Lamouroux	-	+	+	-	+
<i>Jania rubens</i> (Linnaeus) J.V. Lamouroux	+	-	-	-	-
<i>Janczewskia verrucaeformis</i> Solms-Laubach	+	-	-	-	-
<i>Laurencia chondrioides</i> Børgesen	-	-	+	+	+
<i>Laurencia glandulifera</i> (Kützinger) Kützinger	+	-	-	-	-
<i>Laurencia microcladia</i> Kützinger	+	-	-	-	-
<i>Laurencia obtusa</i> (Hudson) J.V. Lamouroux	+	+	-	+	+
<i>Lejolisia mediterranea</i> Bornet	+	-	-	+	-
<i>Lithothamnion philippii</i> Foslie	-	-	+	-	-
<i>Lomentaria chylocradiella</i> Funk	-	+	+	-	-
<i>Lophosiphonia cristata</i> Falkenberg	+	-	-	-	-
<i>Lophosiphonia obscura</i> (C. Agardh) Falkenberg	-	-	-	-	-
<i>Meredithia microphylla</i> (J. Agardh) J. Agardh	-	+	+	-	-
<i>Mesophyllum alternans</i> (Foslie) Cabioch et Mendoza	-	+	+	-	-
<i>Monosporus pedicellatus</i> (J.E. Smith) Solier	+	+	+	+	+
<i>Myriogramme carnea</i> (Rodriguez) Kylin	-	+	-	-	-
<i>Nemalion helminthoides</i> (Vellay) Batters	+	-	-	-	-
<i>Neogoniolithon brassica-florida</i> (Harvey) Setchell et L.R. Mason	+	+	-	-	-
<i>Nitophyllum micropunctatum</i> Funk	-	+	+	+	+
<i>Nitophyllum punctatum</i> (Stackhouse) Greville	+	-	-	-	-
<i>Osmundea pelagosae</i> (Schiffner) F.W. Nam	-	+	+	-	-
<i>Osmundaea truncata</i> (Kützinger) Nam et Maggs	+	-	-	-	-
<i>Peyssonnelia bornetii</i> Boudouresque et Denizot	-	+	+	-	+
<i>Peyssonnelia dubyi</i> P.L. et H.M. Crouan	-	+	-	-	-
<i>Peyssonnelia harveyana</i> P.L. et H.M. Crouan ex J. Agardh	+	+	-	-	-
<i>Peyssonnelia orientalis</i> (Weber van Bosse) Boudouresque et Denizot	-	-	-	-	-
<i>Peyssonnelia polymorpha</i> (Zanardini) F. Schmitz	-	-	-	-	-

<i>Peyssonnelia rubra</i> (Greville) J. Agardh	-	+	+	-	+
<i>Peyssonnelia squamaria</i> (S.G. Gmelin) Decaisne	-	+	+	-	+
<i>Peyssonnelia stoechas</i> Boudouresque et Denizot	-	+	+	-	-
<i>Phyllophora crispa</i> (Hudson) Lamouroux	-	+	+	-	-
<i>Pleonosporium borneri</i> (J.E. Smith) Nägeli	-	+	+	-	-
<i>Plocamium cartilagineum</i> (Linnaeus) P.S. Dixon	+	+	+	+	+
<i>Pneophyllum fragile</i> Kützinger	-	-	-	+	+
<i>Polysiphonia ceramiaeformis</i> Crouan et Crouan	+	-	-	-	-
<i>Polysiphonia elongata</i> (Hudson) Sprengel	-	+	+	-	-
<i>Polysiphonia flocculosa</i> (C. Agardh) Kützinger	+	-	-	-	-
<i>Polysiphonia furcellata</i> (C. Agardh) Harvey	+	+	+	-	+
<i>Polysiphonia opaca</i> (C. Agardh) Moris et De Notaris	+	-	-	-	-
<i>Polysiphonia perforans</i> Cormaci, G. Furnari, Pizzuto et Serio	-	+	+	-	-
<i>Polysiphonia pulvinata</i> (Roth) Sprengel	-	-	-	-	-
<i>Polysiphonia scopulorum</i> Harvey	+	+	+	-	-
<i>Polysiphonia sertularioides</i> (Grateloup) G. Agardh	+	-	-	-	-
<i>Polysiphonia subulata</i> (Ducluzeau) J. Agardh	+	-	-	-	-
<i>Polysiphonia subulifera</i> (C. Agardh) Harvey	-	+	+	-	+
<i>Polysiphonia tripinnata</i> J. Agardh	-	+	-	-	-
<i>Pterocladia melanoidea</i> (Schousboe ex Bornet) Santelices et Hommersand	+	-	-	-	-
<i>Pterothamnion plumula</i> (Ellis) Nägeli	-	+	+	-	-
<i>Ptilothamnion pluma</i> (Dillwyn) Thuret	-	-	+	-	+
<i>Radicilingua reptans</i> (Kylin) Papenfuss	-	+	+	-	-
<i>Rhodophyllis divaricata</i> (Stackhouse) Papenfuss	-	+	+	-	-
<i>Rhodymenia ardissoni</i> Feldmann	-	+	+	-	+
<i>Rissoella verruculosa</i> (Bertoloni) J. Agardh	+	-	-	-	-
<i>Rodriguezella strafforelloii</i> F. Schmitz	-	+	+	-	-
<i>Rytiphlaea tinctoria</i> (Clemente) C. Agardh	+	+	+	-	-
<i>Schottera nicaensis</i> (J.V. Lamouroux ex Duby) Guiry et Hollenberg	+	-	-	-	-
<i>Sebdenia monardiana</i> (Montagne) Berthold	-	-	+	-	-

<i>Seirospora interrupta</i> (Smith) Scmitz	-	+	-	+	-
<i>Spermothamnion flabellatum</i> Bornet	-	+	-	+	+
<i>Spermothamnion repens</i> (Dillwyn) Rosenvinge	+	-	+	+	+
<i>Sphaerococcus coronopifolius</i> Stackhouse	-	+	+	-	+
<i>Spyridia filamentosa</i> (Wulfen) Harvey	+	+	+	+	+
<i>Stylonema alsidii</i> (Zanardini) K.M. Drew	+	+	+	+	+
<i>Stylonema cornu-cervi</i> Reinsch	-	+	-	-	+
<i>Tricleocarpa fragilis</i> (Linnaeus) Huisman et R.A. Townsend	-	+	+	-	-
<i>Womersleyella setacea</i> (Hollenberg) R.E. Norris	-	+	+	+	+
<i>Wrangelia penicillata</i> (C. Agardh) C. Agardh	+	+	+	+	-

Rapporto Rhorophyta/Phaeophyta

Il rapporto R/P (Rhorophyta/Phaeophyta) riferito all'intera dell'aria di studio è risultato pari a 4.66. Questo rapporto cambia profondamente nei differenti habitat: 3.55 nel mesolitorale e pozze, 4.72 nei popolamenti infralitorali, 10 nel circalitorale, 3.1 sulle foglie di *P. oceanica*, 8.6 sui rizomi di *P. oceanica*. Il rapporto R/P della flora dell'area di studio è risultato superiore sia a quello dell'intera flora della Toscana (3.5 in Rindi et al 2002) sia di altre zone del Mediterraneo occidentale, quali la Corsica (3.5 in Boudouresque e Perret-Boudouresque, 1979) e le Isole Baleari (3.5 in Ribera Siguan e Gomez Garreta, 1984; 1985). Tali differenze possono essere legate alla mancanza di estesi popolamenti a Ochrophyta che invece caratterizzano aree caratterizzate da minore tasso di sedimentazione e torbidità dell'acqua. La presenza sul pianoro tra 10 e 20 metri di profondità, che rappresenta l'habitat più esteso all'interno dell'area, di popolamenti caratterizzati da specie sciafile contribuisce probabilmente ad abbassare il valore di R/P. L'alto valore riscontrato è probabilmente da riferire più a motivazioni ecologiche che biogeografiche. Profonde differenze sono risultate tra gli habitat, con valori più alti per i popolamenti sciafili, confermando altre osservazioni su comunità macroalgali mediterranee (Boudouresque, 1973; Piazzì et al., 1999).

STAGIONALITÀ

I popolamenti macroalgali presentano normalmente ampie variazioni stagionali e la conoscenza dei patterns di distribuzione temporale rappresenta un'importante informazione per la

comprensione dei meccanismi che regolano tali popolamenti. Sotto sono riportati i risultati di uno studio sulla dinamica temporale dei popolamenti macroalgali di Calafuria.

Metodi

Due periodi (primavera-estate e autunno-inverno) sono stati considerati, in relazione ai cicli vitali delle specie macroalgali. In ciascun periodo sono state campionate due date e per ciascuna data sono stati scelti casualmente due siti alla profondità di circa 15 metri all'interno dell'area di Calafuria. In ciascun sito e per ciascuna data sono stati prelevati 3 campioni costituiti dall'asportazione totale di 400 cm² di substrato mediante martello e scalpello. In laboratorio sono state determinate le specie macroalgali e per ciascuna specie è stata valutata l'abbondanza come ricoprimento percentuale.

I dati sono stati analizzati mediante analisi multivariata (PERMANOVA) mediante un modello a 3 fattori con il fattore Stagione (primavera-estate vs. autunno-inverno) fisso, il fattore Data (2 livelli) random e gerarchizzato nella Stagione, il fattore Sito (2 livelli) random e gerarchizzato nel fattore Data. Il coefficiente di dissimilarità di Bray-Curtis è stato utilizzato prima dell'analisi. Un MDS è stato utilizzato per una rappresentazione grafica dei risultati. Il SIMPER test è stato impiegato per determinare le specie che maggiormente contribuivano alla dissimilarità tra stagioni.

Risultati

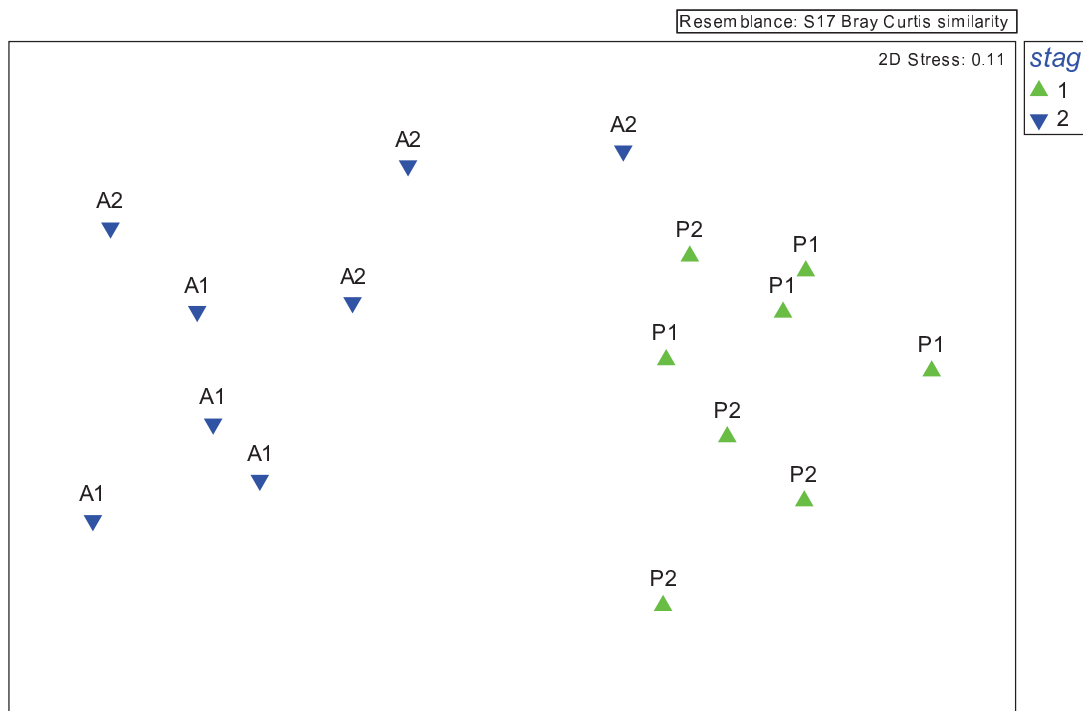
L'analisi multivariata mostra una differenza significativa nella composizione e abbondanza di specie macroalgali tra i due periodi considerati. Non risultano differenze significative tra date di campionamento all'interno di ciascuna stagione e tra siti di studio. L'MDS conferma tale risultato evidenziando una chiara separazione tra i campioni prelevati nei due differenti periodi. Il SIMPER test mostra che le specie che maggiormente contribuivano a differenziare i popolamenti dei due periodi erano *Halimeda tuna*, *Padina pavonica*, *Womersleyella setacea*, *Dictyota dichotoma*, e *Sphaerococcus coronopifolius* più abbondanti in primavera-estate e *Flabellia petiolata* e *Laurencia obtusa* caratterizzanti i popolamenti di autunno-inverno.

Risultati dell'analisi multivariata (PERMANOVA) sui popolamenti macroalgali in relazione alla stagione

Source	df	MS	Pseudo-F	P(perm)
stagione	1	10229	5.526	0.012
data(stagione)	2	1851.1	2.1537	0.094
sito(data(stagione))	4	859.53	1.1408	0.348
Residuo	8	753.43		
Totale	15			

Risultati del SIMPER test indicanti le specie che maggiormente contribuiscono a determinare le differenze tra stagioni

Specie	prim-est	aut-inv	Contrib%
	Av.Abund	Av.Abund	
<i>Flabellia petiolata</i>	5.83	46.12	27.54
<i>Halimeda tuna</i>	32.56	14.79	17.4
<i>Padina pavonica</i>	13.33	0	10.48
<i>Womersleyella setacea</i>	20.88	8.25	9.65
<i>Dictyota dichotoma</i>	9.73	0.43	6.8
<i>Sphaerococcus coronopifolius</i>	8.38	0.32	6.16
<i>Laurencia obtusa</i>	0.72	2.97	1.99
<i>Sphacelaria cirrosa</i>	2.53	0.06	1.8



MDS che mostra la distribuzione dei campioni di macroalghe tra primavera (P) e autunno (A); i numeri si riferiscono alle date di campionamento

GRADIENTE DI PROFONDITÀ

La profondità è uno dei fattori più importanti nel determinare la distribuzione degli organismi marini. In realtà la profondità in sé non è un fattore fisico ma ad essa sono legati molti fattori fisici, quali la luce, l'idrodinamismo e la temperatura, determinanti nell'influenzare la composizione dei popolamenti. La conoscenza della distribuzione verticale degli organismi bentonici costieri rappresenta un'informazione ecologica fondamentale per la conoscenza della struttura e del funzionamento degli ecosistemi. Le macroalghe si distribuiscono lungo un gradiente verticale principalmente in relazione al loro adattamento a differenti intensità di luce e idrodinamismo.

Metodi

Due profondità (15 e 35 metri) sono state considerate, corrispondenti al pianoro di Calafuria e alla scogliera profonda. Per ciascuna profondità sono stati scelti casualmente due siti. In ciascun sito sono stati prelevati 3 campioni costituiti dall'asportazione totale di 400 cm² di substrato mediante

martello e scalpello. In laboratorio sono state determinate le specie macroalgali e per ciascuna specie è stata valutata l'abbondanza come ricoprimento percentuale.

I dati sono stati analizzati mediante analisi multivariata (PERMANOVA) mediante un modello a 2 fattori con il fattore Profondità (15m vs. 35m) fisso, il fattore Sito (2 livelli) random e gerarchizzato nel fattore Profondità. Il coefficiente di dissimilarità di Bray-Curtis è stato utilizzato prima dell'analisi. Un MDS è stato utilizzato per una rappresentazione grafica dei risultati. Il SIMPER test è stato impiegato per determinare le specie che maggiormente contribuivano alla dissimilarità tra profondità.

Risultati

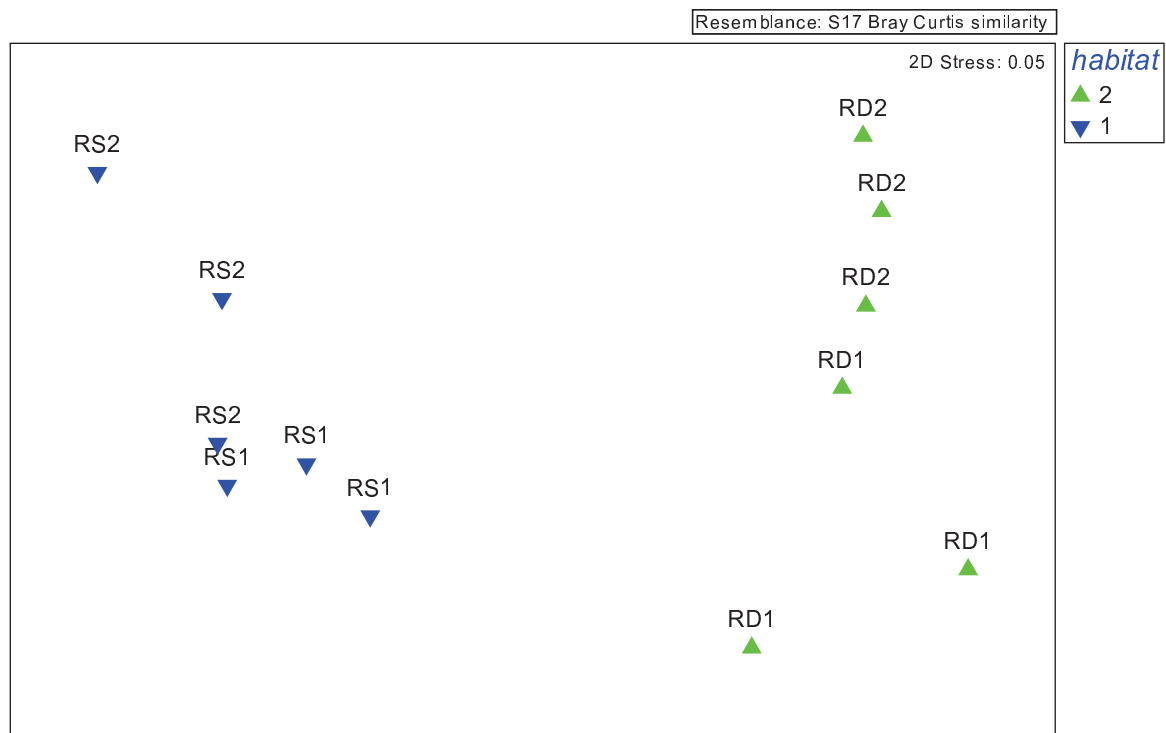
L'analisi multivariata mostra una differenza significativa nella composizione e abbondanza di specie macroalgali tra le due profondità considerate. Non risultano differenze significative tra i siti di studio. L'MDS conferma tale risultato evidenziando una chiara separazione tra i campioni prelevati alle due differenti profondità. In SIMPER test mostra che le specie che maggiormente contribuivano a differenziare i popolamenti delle due profondità erano *Halimeda tuna*, *Tricheocarpa fragilis*, *Womersleyella setacea*, *Jania adherens*, *Sphaerococcus coronopifolius*, *Dictyota spp*, *Laurencia spp* e *Flabellia petiolata* più abbondanti a 18 metri e *Meredithia microphylla*, *Phyllophora crispa*, *Peyssonnelia rubra*, *Halopteris filicina*, *Rodriguezella spp.* e *Osmundae pelagosae* caratterizzanti i popolamenti a 35 metri.

Risultati dell'analisi multivariata (PERMANOVA) sui popolamenti macroalgali in relazione alla profondità

Source	df	MS	Pseudo-F	P(perm)
Profondità	1	7039.1	8.1242	0.006
sito(Profondità)	2	866.44	1.9	0.136
Residuo	8	456.02		
Totale	11			

Risultati del SIMPER test indicanti le specie che maggiormente contribuiscono a determinare le differenze tra profondità

Species	-35m	-15m	Contrib%
	Av.Abund	Av.Abund	
<i>Flabellia petiolata</i>	0.63	19.5	20.19
<i>Womersleyella setacea</i>	4.53	14.56	10.8
<i>Tricheocarpa fragilis</i>	1.42	10.5	10.15
<i>Meredithia microphylla</i>	9.61	1.2	9.35
<i>Phillophora crispa</i>	7.83	0	8.12
<i>Peyssonnelia rubra</i>	26.73	21.78	7.47
<i>Halimeda tuna</i>	0	3.3	3.54
<i>Jania adherens</i>	0	3.26	3.51
<i>Acrodiscus vidovichii</i>	0.92	3.11	3.15
<i>Osmundae pelagosae</i>	3.83	2.93	2.63
<i>Halopteris filicina</i>	2.8	0.38	2.6
<i>Sphaerococcus coronopifolius</i>	0.33	1.83	2.22
<i>Ritiphloea tinctoria</i>	1.17	0.02	1.26
<i>Acrothamniom preissi</i>	1.3	0.93	1.23
<i>Laurencia spp</i>	0.5	1.59	1.16
<i>Dictyota spp</i>	0	0.93	0.99
<i>Rodriguezella spp.</i>	0.93	0.52	0.81



MDS che mostra la distribuzione dei campioni di macroalghe tra popolamento intermedio (RS) e profondo (RD); i numeri si riferiscono ai siti di studio

MORFOLOGIA DEL FONDO

All'interno dello stesso intervallo batimetrico, l'inclinazione del substrato influenza profondamente la struttura dei popolamenti bentonici e di quelli macroalgali in particolare. Infatti all'inclinazione del substrato sono legati cambiamenti di fattori fisici, quali l'intensità della luce incidente ed il tasso di sedimentazione, che rivestono una grande importanza per la distribuzione delle macroalghe.

Metodi

Nello studio sono stati considerati substrati orizzontali e substrati verticali alla profondità di 20 metri.. Per ciascuna inclinazione sono stati scelti casualmente due siti. In ciascun sito sono stati prelevati 3 campioni costituiti dall'asportazione totale di 400 cm² di substrato mediante martello e scalpello. In laboratorio sono state determinate le specie macroalgali e per ciascuna specie è stato valutata l'abbondanza come ricoprimento percentuale.

I dati sono stati analizzati mediante analisi multivariata (PERMANOVA) mediante un modello a 2 fattori con il fattore Inclinazione (orizzontale vs. verticale) fisso, il fattore Sito (2 livelli) random e gerarchizzato nel fattore Inclinazione. Il coefficiente di dissimilarità di Bray-Curtis è stato utilizzato prima dell'analisi. Un MDS è stato utilizzato per una rappresentazione grafica dei risultati. Il SIMPER test è stato impiegato per determinare le specie che maggiormente contribuivano alla dissimilarità tra substrati orizzontali e verticali.

Risultati

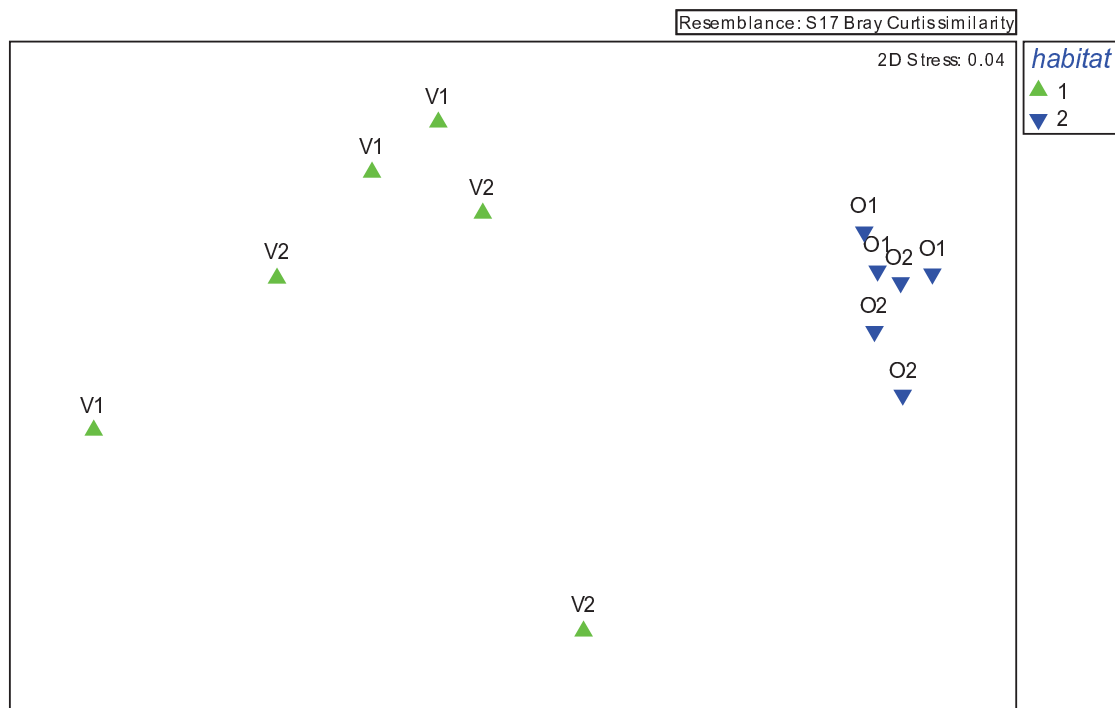
L'analisi multivariata mostra una differenza significativa nella composizione e abbondanza di specie macroalgali tra i substrati orizzontali e quelli verticali. Non risultano differenze significative tra i siti di studio. L'MDS conferma tale risultato evidenziando una chiara separazione tra i campioni prelevati sui due differenti substrati. In SIMPER test mostra che le specie che maggiormente contribuivano a differenziare i popolamenti dei due habitat erano *Halimeda tuna*, *Tricheocarpa fragilis*, *Womersleyella setacea*, *Jania adherens*, *Sphaerococcus coronopifolius*, *Dictyota spp*, *Meredithia microphylla*, *Osmundae pelagosae*, *Laurencia spp* e *Flabellia petiolata* più abbondanti su substrato orizzontale e *Peyssonnelia spp.* caratterizzante i popolamenti su substrato verticale.

Risultati dell'analisi multivariata (PERMANOVA) sui popolamenti macroalgali in relazione all'inclinazione del substrato

Source	df	MS	Pseudo-F	P(perm)
inclinazione	1	11727	9.2468	0.002
sito(inclinazione)	2	1268.2	1.2841	0.261
Residuo	8	987.68		
Totale	11			

Risultati del SIMPER test indicanti le specie che maggiormente contribuiscono a determinare le differenze tra substrati verticali e orizzontali

Species	verticale	orizzontale	
	Av.Abund	Av.Abund	Contrib%
<i>Flabellia petiolata</i>	2.84	19.5	20.57
<i>Peyssonnelia spp</i>	21.78	7	18.25
<i>Womersleyella setacea</i>	2.91	14.56	14.46
<i>Tricheocarpa fragilis</i>	0.03	10.5	12.6
<i>Jania adherens</i>	0.05	3.26	3.97
<i>Halimeda tuna</i>	0.24	3.3	3.77
<i>Acrodiscus vidovichii</i>	0	3.11	3.7
<i>Osmundae pelagosae</i>	0.02	2.93	3.59
<i>Sphaerococcus coronopifolius</i>	0	1.83	2.24
<i>Laurencia spp</i>	0.12	1.59	1.8
<i>Meredithia microphylla</i>	0.03	1.2	1.47
<i>Botryocladia spp</i>	0.02	1.07	1.27
<i>Dictyota spp</i>	0.01	0.93	1.12
<i>Acrothamnion preissi</i>	0.12	0.93	1.01
<i>Feldmannophycus raissiae</i>	0.01	0.69	0.83



MDS che mostra la distribuzione dei campioni di macroalghe tra popolamento di substrato verticale (V) e orizzontale (O); i si riferiscono ai siti di studio

BIODIVERSITÀ

La biodiversità rappresenta uno dei descrittori più importanti della qualità dei sistemi ecologici. La diversità può essere considerata sotto differenti aspetti e il solo numero di specie non è spesso sufficiente a descrivere la struttura di un ecosistema. Estremamente importante è ad esempio la valutazione della diversità beta, intesa come la diversità tra habitat o lungo gradienti ambientali. In uno studio ecologico differenti aspetti della diversità dovrebbero essere contemporaneamente quantificati per ottenere una descrizione esauriente della qualità ambientale. Di seguito sono riportati dati relativi alla diversità alpha e alla diversità beta dei popolamenti macroalgali di Calafuria.

Metodi

La diversità alpha è stata valutata come numero di specie totale per ciascun principale habitat che caratterizza l'area: costa, pianoro e scogliera profonda.

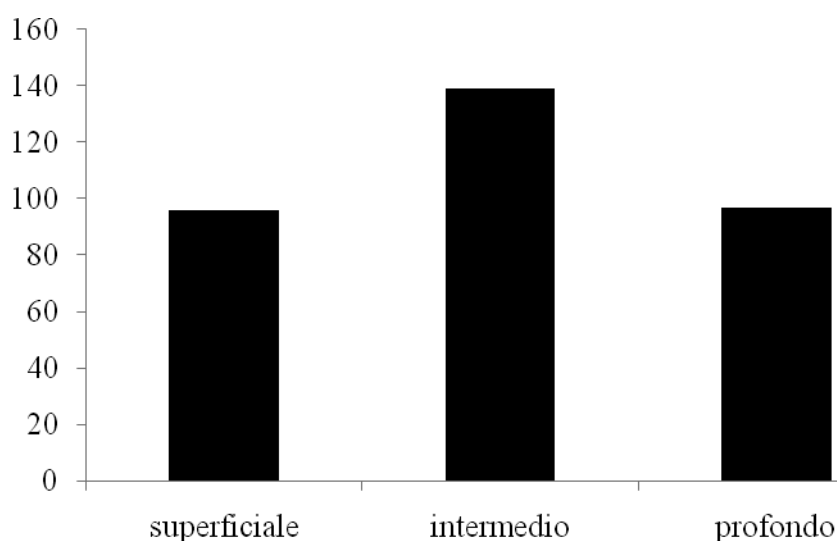
La diversità beta è stata valutata mediante il βD indice (Lorance 2002): $\beta D = (G+L)/N1+N2$ dove G = il numero di specie guadagnate lungo un gradiente, L = il numero di specie perse lungo un gradiente, N1 and N2 = la ricchezza di specie negli habitat 1 e 2.

Un diagramma di Venn è stato utilizzato per mostrare il numero di specie esclusive di ciascun habitat e le specie in comune tra gli habitat.

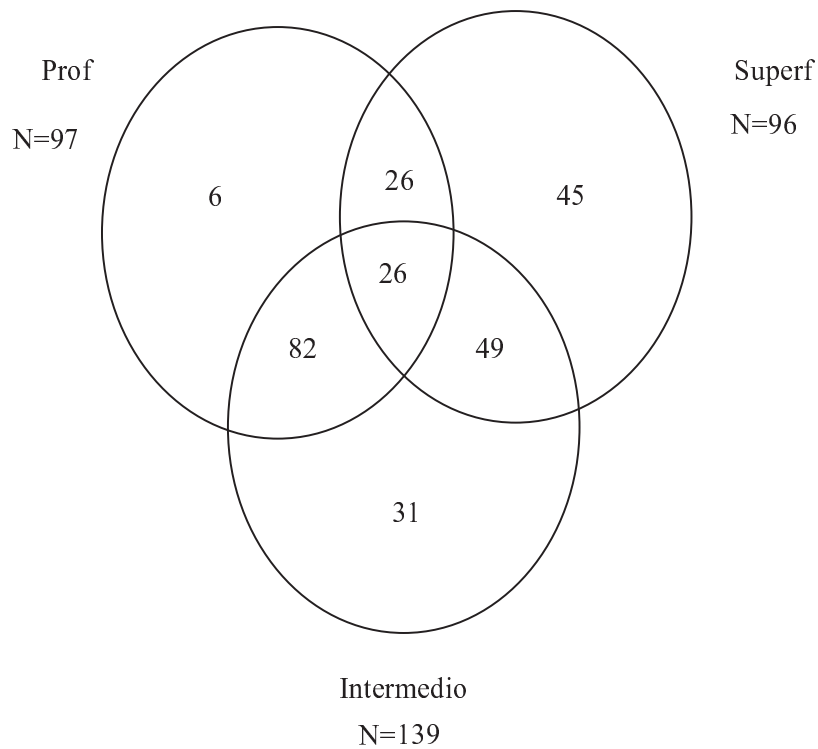
Risultati

Il numero di specie totali è risultato pari a 96 per i popolamenti superficiali, 139 per quelli intermedi e 97 per i profondi. I valori della diversità beta tra i popolamenti superficiali e quelli intermedi è risultato 0.32 mentre tra gli intermedi e i profondi 0.15.

Il valore più alto di ricchezza specifica nei popolamenti intermedi è legato probabilmente alla contemporanea presenza di specie fotofile e sciafile. La presenza di queste ultime è da imputare all'alta sedimentazione che caratterizza l'area e che contribuisce a smorzare le differenze tra il popolamento intermedio e quello profondo, così come mostrato dal basso valore del βD indice. Il popolamento superficiale ha presentato il maggior numero di specie esclusive; anche il valore del βD indice tra i popolamenti superficiale e intermedio è risultato piuttosto alto.



Numero totale di specie dei popolamenti superficiale, intermedio e profondo



Venn diagramm indicante le specie esclusive di ciascun intervallo di profondità e in comune tra i differenti intervalli

INVASIONI BIOLOGICHE

Una specie è definita introdotta quando la sua presenza in una determinata area geografica è legata ad un'azione umana. In ambiente marino, i principali vettori di introduzione di organismi sono considerati il traffico marittimo, l'abbattimento di barriere geografiche (come nel caso dell'apertura del Canale di Suez), l'acquicoltura e l'acquariologia. Una piccola parte delle specie introdotte può andare incontro ad una crescita esponenziale e dare luogo a vere e proprie invasioni, definite come "invasioni biologiche", che rappresentano una concreta minaccia per la biodiversità degli ecosistemi.

Nell'area di Calafuria, risultano presenti 6 specie macroalgali introdotte in Mediterraneo: *Caulerpa racemosa*, *Caulerpa taxifolia*, *Womersleyella setacea*, *Acrothamnion preissii*, *Asparagopsis taxiformis*, *Codium fragile*. Tra queste solo *Caulerpa racemosa* e *Womersleyella setacea* hanno mostrato, fino a questo momento, un comportamento invasivo.

Acrothamnion preissii è una Rhodophyta di origine australiana che è stato segnalato per la prima volta in Mediterraneo negli anni '60 proprio a Livorno (Cinelli and Sartoni 1969). Da allora ha colonizzato molte aree del Bacino mostrando caratteristiche invasive (Piazzi et al. 1996). Nell'area di Calafuria, questa specie colonizza soprattutto i rizomi di *Posidonia oceanica*, ma, seppur ampiamente presente, non sembra costituire densi feltri come in altre parti della costa e isole toscane (Piazzi et al. 1996, 2002).

Asparagopsis taxiformis, una Rhodophyta distribuita in tutta la fascia tropicale e subtropicale, è stata segnalata recentemente nell'area. L'origine di questa specie in Mediterraneo è ancora dibattuta (Andreakis et al., 2004). Ad ogni modo, in questi ultimi anni la specie ha mostrato un ampliamento del suo areale invadendo ampie aree dell'Italia meridionale (Flagella et al., 2005). Anche a Calafuria la specie sembra presentare caratteristiche invasive: la fase sporofitica ha infatti rapidamente colonizzato ampie aree dell'infralitorale superiore.

Caulerpa taxifolia è una Chlorophyta ampiamente distribuita nelle regioni tropicali e rappresenta una delle specie considerate maggiormente invasive in Mediterraneo (Meinesz et al. 2001). A Calafuria sono state segnalate piccole chiazze davanti a Castel Boccale fin dal 1995, ma la loro estensione è sempre rimasta contenuta (Piazzi et al. 2001). Con l'arrivo di *Caulerpa racemosa*, *C. taxifolia* ha iniziato a regredire (Piazzi e Ceccherelli 2002) e non è stata rilevata negli ultimi monitoraggi effettuati.

La Chlorophyta *Codium fragile* ha sempre mostrato una presenza sporadica nelle baie più riparate della costa di Calafuria.

La Rhodophyta *Womersleyella setacea* e la Chlorophyta *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea*, di origine australiana, hanno invaso ampie zone lungo la costa di Calafuria. *Womersleyella setacea* è una specie filamentosa che può costituire densi feltri, che possono intrappolare il sedimento, incrementando la propria competitività nei confronti delle specie native (Airoidi e Virgilio, 1998). *Womersleyella setacea* è presente ovunque nell'area e costituisce densi feltri che si fanno consistenti principalmente tra i 15 e i 25 metri di profondità. *Caulerpa racemosa* presenta una struttura stolonifera che le consente di accrescersi rapidamente su tutti i tipi di substrato e di coprire la maggior parte degli organismi bentonici mediterranei, causandone il soffocamento (Piazzi *et al.*, 2001). *Caulerpa racemosa*, stabilitasi nell'area nel 1996, attualmente ha colonizzato la porzione più settentrionale, tra Castel Boccale e Calafuria, tra i 10 e i 30 metri di profondità, mentre altrove risulta per il momento sporadica.

Lo sviluppo delle due specie invasive, *Womersleyella setacea* e *Caulerpa racemosa* lungo la costa di Calafuria è stato ampiamente studiato. La colonizzazione di queste due specie sembra aver avuto una forte influenza sui popolamenti invasivi, causando una diminuzione della biodiversità e alterandone profondamente la struttura (Airoidi *et al.*, 1995; Airoidi, 2000a; 2000b; Piazzi *et al.*, 2003; 2007; Balata *et al.*, 2004; Piazzi e Balata, 2008a; 2008b). Entrambe le specie sembrano inoltre essere favorite dalla loro capacità di tollerare gli alti tassi di sedimentazione che caratterizzano l'area (Airoidi e Cinelli, 1997; Piazzi *et al.*, 2005, 2007). Inoltre, sembra che si siano instaurati meccanismi sinergici, in quanto la presenza dei feltri di *W. setacea* favorisce lo sviluppo di *C. racemosa* (Piazzi *et al.* 2003), incrementando la loro competitività nei confronti dei popolamenti nativi. Sotto sono riportati dei dati che riassumono una parte degli studi effettuati nell'area.

Effetto di *C. racemosa* sui popolamenti nativi

Materiali e metodi

Lo studio è stato effettuato nel mese di ottobre, momento di massimo sviluppo di *Caulerpa racemosa*, alle profondità di 10 e 30 metri. In ciascuna delle due profondità, sono stati campionati 2 siti per ciascuna condizione, separati tra loro di circa 1 km. In ogni sito sono stati prelevati 3

campioni su substrato roccioso. Ciascun campione era rappresentato dal grattugio completo, mediante martello e scalpello, di superfici rocciose di 400 cm².

Il materiale raccolto è stato esaminato in laboratorio, dove sono state determinate le specie algali ed è stata valutata l'abbondanza di ciascuna specie come ricoprimento percentuale.

I dati sono stati analizzati mediante PERMANOVA a 3 vie (Anderson, 2001), con i fattori Condizione (2 livelli fissi, aree invase da *C. racemosa* vs. aree non invase), Profondità (2 livelli fissi e ortogonali, 10 m vs. 30 m) ed il fattore Sito (2 livelli) come random e gerarchizzato nell'interazione Condizione x Profondità. L'indice di similarità di Bray-Curtis è stato calcolato sui valori non trasformati. Il Pair-wise test è stato utilizzato per discernere tra livelli di fattori risultati significativi. Il SIMPER test è stato utilizzato per determinare le specie che maggiormente erano responsabili delle eventuali differenze tra condizioni.

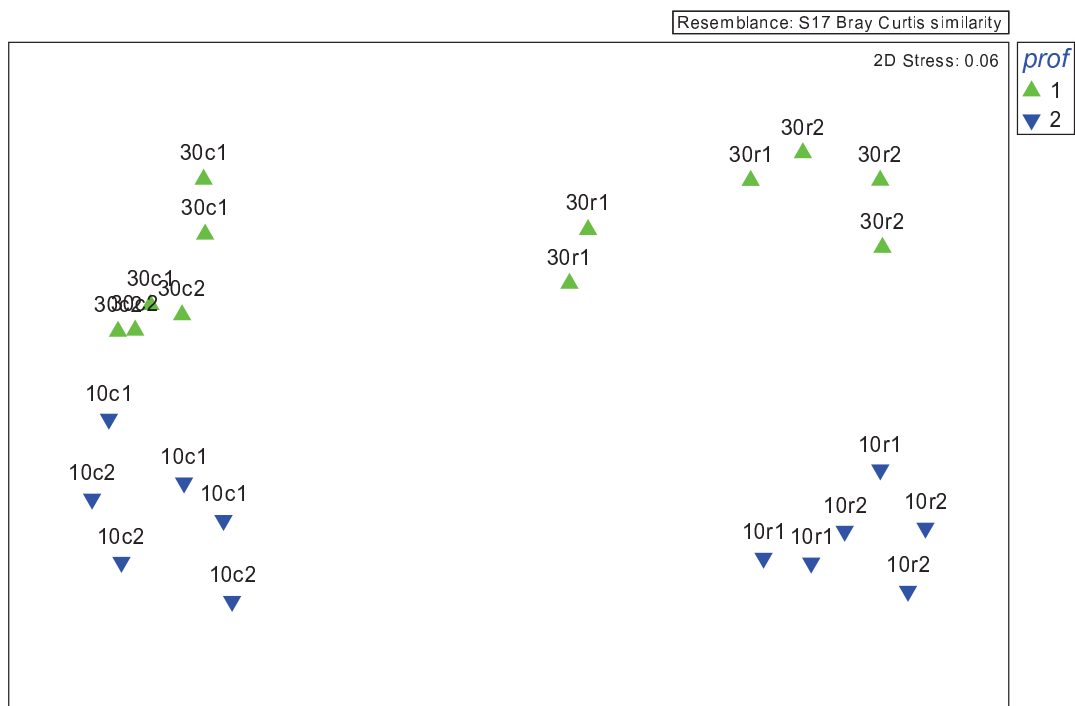
Risultati

L'analisi multivariata (PERMANOVA) ha mostrato differenze significative tra i popolamenti invasi e quelli non invasi ad entrambe le profondità di studio. Il SIMPER test ha mostrato che le principali specie che diminuiscono nei popolamenti invasi sono le corallinacee incrostanti, *Flabellia petiolata*, *Osmundaea pelagosae*, *Peyssonnelia* spp. e *Tricleocarpa fragilis* nei popolamenti profondi e *F. petiolata*, *Halimeda tuna*, *Peyssonnelia* spp., *Sphaerococcus coronipifolius* e *Laurencia obtusa* in quelli superficiali. *Cladophora prolifera* e *Halopithys incurva* incrementavano in loro ricoprimento nelle aree invase.

I valori del numero di specie, del ricoprimento totale, del ricoprimento delle specie erette e di quelle incrostanti erano più bassi nei popolamenti invasi rispetto a quelli non invasi ad entrambe le profondità, mentre non sembrano presentare modificazioni importanti le abbondanze delle specie del feltro.

Risultati della PERMANOVA analisi; i valori significativi sono in grassetto

Source	df	MS	Pseudo-F	P(perm)
Profondità = P	1	4711.3	8.9506	0.004
Condizione = C	1	16852	32.016	0.001
PxC	1	817.16	1.5524	0.22
Sito(PxC)	4	526.37	1.8486	0.096
Residuo	16	284.74		
Totale	23			



MDS: r = *C. racemosa*, c = controllo

Risultati del SIMPER test

Taxa	Non-invasi	Invasi	Contrib%
	Ricopr. medio	Ricopr. medio	
Corallinacee incrostanti	90.83	36.43	36.61
<i>Flabellia petiolata</i>	35.11	3.61	21.17
<i>Halimeda tuna</i>	14.54	0.53	9.4
<i>Osmundaea pelagosae</i>	6.38	4.92	5.42
<i>Peyssonnelia</i> spp	5.64	0.56	4.03
<i>Laurencia obtusa</i>	1.95	1.73	1.95
<i>Halopithys incurva</i>	0.16	3.06	1.88
<i>Haliptilon virgatum</i>	2.75	3.56	1.68
<i>Sphaerococcus coronopifolius</i>	2.31	0.18	1.56
<i>Cladophora prolifera</i>	0.39	2.42	1.44
<i>Tricheocarpa fragilis</i>	1.09	0.5	0.8

Effetto di *W. setacea* sui popolamenti nativi*Materiali e metodi*

Lo studio è stato effettuato nel mese di ottobre alle profondità di 10 e 30 metri. In ciascuna delle due profondità, sono stati campionati 2 siti per ciascuna condizione. In ogni sito sono stati prelevati 3 campioni su substrato roccioso. Ciascun campione era rappresentato dal grattugio completo, mediante martello e scalpello, di superfici rocciose di 400 cm².

Il materiale raccolto è stato esaminato in laboratorio, dove sono state determinate le specie algali ed è stata valutata l'abbondanza di ciascuna specie come ricoprimento percentuale.

I dati sono stati analizzati mediante PERMANOVA a 3 vie (Anderson, 2001), con i fattori Condizione (2 livelli fissi, aree invase da *W. setacea* vs. aree non invase), Profondità (2 livelli fissi e ortogonali, 10 m vs. 30 m) ed il fattore Sito (2 livelli) come random e gerarchizzato nell'interazione Condizione x Profondità. L'indice di similarità di Bray-Curtis è stato calcolato sui valori non trasformati. Il Pair-wise test è stato utilizzato per discernere tra livelli di fattori risultati significativi.

Il SIMPER test è stato utilizzato per determinare le specie che maggiormente erano responsabili delle eventuali differenze tra condizioni.

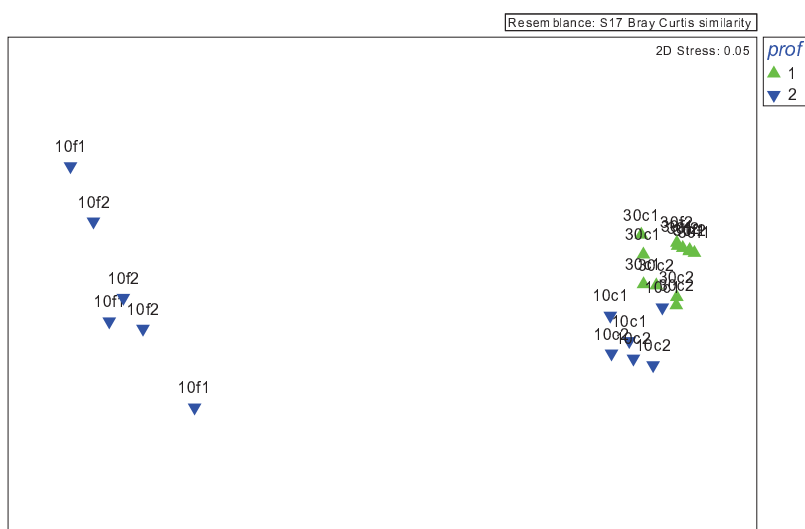
Risultati

L'analisi multivariata (PERMANOVA) ha mostrato significativa l'interazione Profondità x Condizione. Il pair-wise test ha evidenziato differenze significative tra condizioni ad entrambe le profondità, mostrando che l'interazione è legata solo a differenze nella significatività, più elevata nel popolamento profondo. Il SIMPER test ha mostrato che le principali specie che diminuiscono nei popolamenti invasi sono *Flabellia petiolata*, *Osmundaea pelagosae*, *Peyssonnelia* spp., *Tricleocarpa fragilis* e *Zanardinia typus* nei popolamenti profondi e *F. petiolata*, *Halimeda tuna*, *Peyssonnelia* spp., *Sphaerococcus coronipifolius* e *Laurencia obtusa* in quelli superficiali.

I valori del numero di specie, del ricoprimento totale e del ricoprimento delle specie erette erano più bassi nei popolamenti invasi rispetto a quelli non invasi, mentre le specie incrostanti non mostravano differenze importanti tra le due condizioni. Il ricoprimento del feltro presentava valori inferiori a 25 metri nelle aree invase da *W. setacea* e a 10 metri nelle aree non invase.

Risultati della PERMANOVA analisi; i valori significativi sono in grassetto

Source	df	MS	Pseudo-F	P(perm)
Profondità = P	1	10009	63.619	0.001
Condizione = C	1	6847.7	43.526	0.001
PxC	1	6984.5	44.395	0.001
Sito(PxC)	4	157.33	0.48651	0.91
Residuo	16	323.37		
Totale	23			



MDS, f = *W. setacea*, c = controlli

Risultati del SIMPER test

Taxa	Non-invasi	Invasi	Contrib%
	Ricopr. medio	Ricopr. medio	
<i>Flabellia petiolata</i>	35.11	3.06	22.43
<i>Halimeda tuna</i>	14.54	2.13	9.12
<i>Peyssonnelia</i> spp	5.64	4.35	5.02
<i>Osmundae pelagosae</i>	6.38	0.18	4.47
<i>Laurencia obtusa</i>	1.95	5.2	4.2
<i>Sphacelaria cirrosa</i>	0.19	4.01	2.99
<i>Haliptilon virgatum</i>	2.75	3.88	2.52
<i>Sphaerococcus coronopifolius</i>	2.31	0	1.62
<i>Halopithys incurva</i>	0.16	1.91	1.48
<i>Zanardina typus</i>	1.09	0	0.77
<i>Botryocladia botryoides</i>	1.05	0	0.74
<i>Tricheocarpa fragilis</i>	1.09	0	0.74

Conclusioni

I risultati degli studi presentati mostrano che i popolamenti invasi sia da *Caulerpa racemosa* che da *Womersleyella setacea* presentano una struttura profondamente diversa rispetto a quella dei popolamenti non invasi. In particolare, nei popolamenti invasi, i valori di ricoprimento totale e del numero di specie sono più bassi che nei controlli e i rapporti tra gli strati vegetazionali appaiono modificati.

L'invasione di entrambe le specie può causare una riduzione della biodiversità, danneggiando le specie sensibili e portando ad una dominanza delle specie tolleranti (Piazzi e Cinelli, 2003; Piazzi e Balata, 2008; 2009). I meccanismi di competizione delle due specie introdotte sono simili e si basano sia su una competizione diretta attraverso il sovraccrescimento e conseguente soffocamento degli organismi invasi, sia su meccanismi indiretti, in quanto i popolamenti delle due alghe sono capaci di monopolizzare il substrato impedendo il reclutamento di organismi che si riproducono mediante spore o propagali (Airoidi, 2000a; Piazzi *et al.*, 2001). Infatti, la maggior parte delle alghe erette, che presentano tale tipo di riproduzione, diminuiscono fortemente nelle aree invase.

Inoltre, sia i feltri di *W. setacea* che gli strati di stoloni di *C. racemosa* possono intrappolare il sedimento, incrementando tali meccanismi di competizione (Airoidi, 1998; Piazzi *et al.*, 2005a). In un'area come Calafuria, soggetta ad alti tassi di sedimentazione (Airoidi *et al.* 1996), tale meccanismo può rappresentare un'importante sinergia tra differenti alterazioni ambientali, che può aggravare gli effetti di entrambe (Airoidi e Virgilio, 1998; Piazzi *et al.*, 2007b).

In relazione alla profondità, la colonizzazione di *W. setacea* sembra avere effetti più importanti a 25 metri, mentre *C. racemosa* appare più invasiva negli habitat superficiali. *W. setacea* è una specie sciafila, che riesce a svilupparsi meglio a profondità maggiori, dove costituisce feltri più spessi, con conseguenti effetti sui popolamenti colonizzati (Piazzi *et al.*, 2007a). *C. racemosa*, nonostante l'alto grado di adattabilità alle differenti condizioni ambientali, è tuttavia una specie fotofila che raggiunge il massimo sviluppo nelle aree più superficiali (Capiomont *et al.*, 2005).

In conclusione, la presenza delle due specie invasive sembra influenzare profondamente i popolamenti macroalgali nell'area di Calafuria. Fortunatamente la distribuzione discontinua delle due alghe introdotte permette ai popolamenti nativi di continuare a svilupparsi e a mantenere valori di diversità elevati all'interno dell'area. È tuttavia importante monitorare la distribuzione

delle due specie, specialmente di *C. racemosa*, la cui comparsa nell'area è più recente e che mostra di essere ancora in fase di espansione.

I POPOLAMENTI DELLE POZZE DI SCOGLIERA

La costa di Calafuria presenta un sistema di pozze di scogliera particolarmente sviluppato, sia per caratteristiche morfologiche proprie che in conseguenza di interventi antropici. Tali pozze possono trovarsi a differenti altezze in relazione al livello medio del mare. Le più interessanti sono le pozze mesolitorali che si trovano in piena comunicazione con il mare durante l'alta marea. In tali pozze si sviluppano popolamenti algali dominati da specie del genere *Cystoseira*. Questi popolamenti sono da ritenere particolarmente importanti per il ruolo ecologico che svolgono e per l'utilizzo che di essi viene fatto come bioindicatori di disturbo ambientale.

Stato dell'arte

I popolamenti a *Cystoseira* di Calafuria sono stati studiati in relazione alla loro struttura, alle specie associate e ai cicli di sviluppo (Benedetti-Cecchi e Cinelli 1992a, 1992b, 1993). Inoltre sono state investigati i meccanismi di interazione tra *Cystoseira* spp e gli altri organismi delle pozze (Benedetti-Cecchi e Cinelli 1996, Benedetti-Cecchi 2000, Benedetti-Cecchi et al. 2005). In particolare, uno studio pluriennale ha permesso di studiare la dinamica temporale di tali popolamenti, l'andamento dei valori di abbondanza, la fenologia delle piante, la mortalità e il reclutamento (Pardi et al. 2000).

Composizione e dinamica stagionale dei popolamenti delle pozze

I popolamenti delle pozze sono dominati da alghe perenni principalmente del genere *Cystoseira* che presentano normalmente ricoprimenti del 100%. Quattro specie di *Cystoseira* sono stati identificati nel sistema delle pozze di scogliera di Calafuria: *C. brachycarpa* var. *balearica*, *C. compressa*, *C. humilis* e *C. crinita*. Oltre alle cystoseire, i popolamenti delle pozze hanno mostrato 63 specie di macroaghe. Tra le specie annuali le principali sono *Padina pavonica* e *Hypnea cervicornis*, mentre tra le specie efemere raggiungono i maggiori ricoprimenti *Ceramium diaphanum* e *Cladophora rupestris*. I popolamenti presentano una struttura stratificata, con uno

strato incrostante costituito da corallinacee incrostanti, un sottostrato con alghe sciafile di piccole dimensioni, uno strato eretto rappresentato dalle cystoseire e uno strato epifita costituito dalle alghe che si utilizzano i talli delle cystoseire come substrato. La presenza delle cystoseire e la loro dinamica stagionale regola la struttura di tutto il popolamento. Infatti con la perdita dei ramuli secondari delle cystoseire a fine estate si perdono contemporaneamente gli epifiti e si vengono a creare condizioni di minore ombreggiamento per gli strati inferiori con conseguente ripercussione sulla struttura del popolamento.

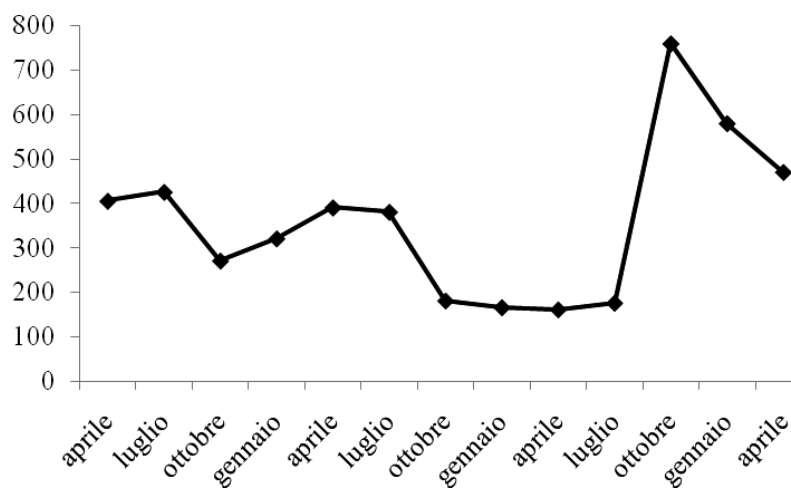
Dinamica dei popolamenti a *Cystoseira*

I popolamenti a *Cystoseira humilis* presentano una dinamica temporale che segue sia cicli stagionali che variazioni interannuali.

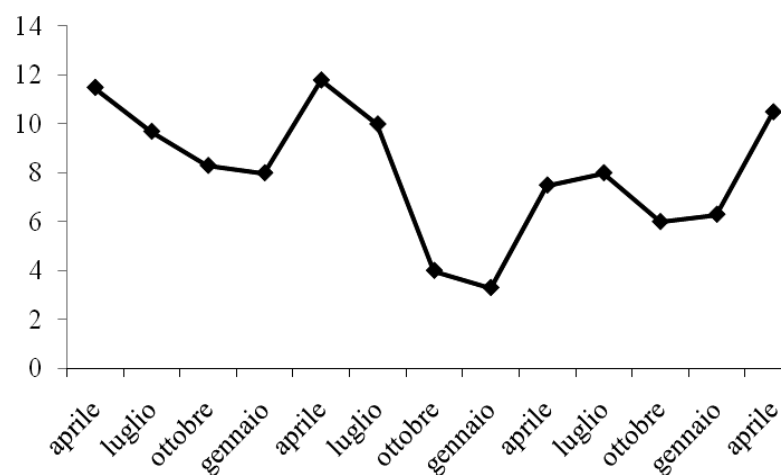
Il ciclo stagionale prevede valori massimi di densità, dimensioni e biomassa in primavera-estate, periodo nel quale la specie è fertile. Tra la fine dell'estate e l'autunno, in concomitanza con le prime mareggiate, si ha un brusco calo di biomassa legato sia alla perdita di una parte di individui, sia ad una riduzione delle dimensioni per la caduta dei ramuli primari. La perdita di individui viene normalmente compensata dal reclutamento di nuovi individui che riportano i valori di densità alla normalità già nell'inverno successivo.

Tra un anno e l'altro, pur mantenendo il ciclo stagionale di sviluppo della specie, si possono però avere ampie variazioni nei valori di biomassa e densità. Queste variazioni interannuali possono essere legate a qualche fattore di disturbo che causa una brusca riduzione degli individui. Tale situazione permane fino all'anno successivo quando lo spazio lasciato libero dalla perdita di individui adulti viene occupato da una quantità superiore al normale di individui giovani favoriti dalla mancanza di competizione.

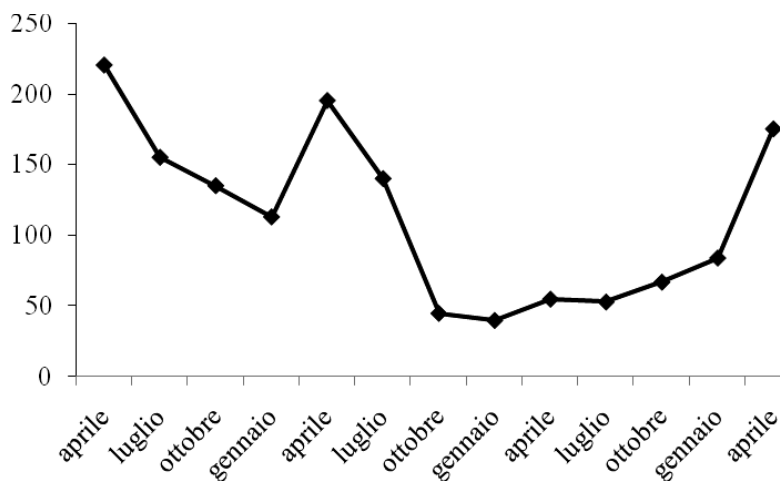
Tali meccanismi fanno sì che la popolazione mantenga negli anni una struttura stabile.



Numero di individui



Altezza dei talli



Biomassa

Conclusioni

I popolamenti delle pozze di Calafuria presentano valori di biodiversità piuttosto elevati in relazione al tipo di ambiente. La dominanza di specie del genere *Cystoseira* rappresenta l'aspetto ecologicamente più importante. Le cystoseire infatti sono considerate specie di alto valore ecologico e la loro presenza e abbondanza può determinare il valore ecologico di un tratto di costa (Ballesteros et al. 2007). Popolamenti infralitorali estesi di *Cystoseira* spp, che caratterizzano ancora le isole toscane, non sono presenti a Calafuria così come nel resto delle coste continentali toscane. La presenza di tali popolamenti nelle pozze è da considerare probabilmente come una situazione relitta, e da valutare quindi con ancora maggiore attenzione. Inoltre la presenza tra le cystoseire di specie di alto valore ecologico come *C. brachycarpa* var. *balearica* e *C. crinita* e di una specie rara come *C. humilis* rende il popolamento di Calafuria il più importante popolamento di pozze della Toscana



Pozza di scogliera lungo la costa di Calafuria

Considerazioni generali

I popolamenti algali di Calafuria, nonostante i fattori di disturbo evidenziati, quali la pressione antropica, l'incremento di sedimentazione e l'invasione di specie alloctone, che hanno causato importanti cambiamenti nella struttura e composizione dei popolamenti stessi, nonché la scomparsa di alcune specie chiave, come *Cystoseira amentacea* var. *stricta*, presentano ancora un'alta biodiversità. Infatti le 197 specie che sono state individuate rappresentano un numero piuttosto alto se rapportato a quello dell'intera Toscana (460 in Rindi *et al.*, 2002) o di altre flore di aree limitrofe considerate ad alta biodiversità (216 a Giannutri in Piazzì e Cinelli, 2003; 230 a Gorgona in Piazzì *et al.*, 2004a), considerando che si tratta di appena due km di costa. Tali valori sono probabilmente legati all'eterogeneità morfologica dell'area che crea un elevato numero di habitat incrementando il numero di specie in rapporto alla superficie. Questo pattern è anche evidenziato dagli alti valori di diversità beta e dai risultati delle analisi multivariate che hanno mostrato differenze significative tra i popolamenti dei differenti habitat in relazione sia alla profondità che alla differente inclinazione del substrato.

Riferimenti bibliografici

- AIROLDI L., 1998. Roles of disturbance, sediment stress and substratum retention on spatial dominance in algal turf. *Ecology* 79: 2759-2770.
- AIROLDI L., 2000a. Responses of algae with different life histories to temporal and spatial variability of disturbance in subtidal reefs. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 195: 81-92.
- AIROLDI L., 2000b. Effects of disturbance, life-history and overgrowth on coexistence of algal crusts and turfs. *Ecology* 8: 798-814.
- AIROLDI L., CINELLI F., 1997. Effect of sedimentation on subtidal macroalgal assemblages: an experimental study from a Mediterranean rocky shore. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 215: 271-290.
- AIROLDI L., VIRGILIO M., 1998. Response of turf-forming algae to spatial variations in the deposition of sediments. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 165: 271-282.
- AIROLDI L., RINDI F., CINELLI F., 1995. Structure seasonal dynamics and reproductive phenology of a filamentous turf assemblage on a sediment influenced, rocky subtidal shore. *Bot. Mar.* 38: 227-237.
- AIROLDI L., FABIANO M., CINELLI F., 1996. Sediment deposition and movement over a turf assemblage in a shallow rocky coastal area of the Ligurian Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 133: 241-251.
- ANDERSON M.J., 2001. A new method for a non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral. Ecol.* 26: 32-46
- ASTRALDI M., GASPARINI G.P., 1986. Circolazione costiera nel Mar Ligure Orientale. *Boll. Mus. Biol. Univ. Genova*, 52: 317-331.
- BALATA D., PIAZZI L., CINELLI F., 2004. A comparison among macroalgal assemblages in areas invaded by *Caulerpa taxifolia* and *C. racemosa* on subtidal Mediterranean reefs. *PSZNI Mar. Ecol.* 25: 1-13.
- BALATA D., ACUNTO S., CINELLI F., 2006. Spatio-temporal variability and vertical distribution of a low rocky subtidal assemblage in the north-west Mediterranean. *Estuar. Coast. Shelf Sc.* 67: 553-561.
- BALATA D., NESTI U., PIAZZI L., CINELLI F., 2007. Patterns of spatial variability of seagrass epiphytes in the north-western Mediterranean Sea. *Mar. Biol.* 151: 2025-2035.
- BALLESTEROS E., 2006. Mediterranean coralligenous assemblages: a synthesis of present knowledge. *Oceanog. Mar. Biol. Ann. Rev.* 44: 123-195.

- BENEDETTI-CECCHI L. (2000). Priority effects, taxonomic resolution, and the prediction of variable patterns of colonisation of algae in littoral rock pools. *Oecologia* 123: 265-274
- BENEDETTI-CECCHI L., CINELLI F., 1992. Canopy removal experiments in *Cystoseira*-dominated rockpools from the western coast of the Mediterranean (Ligurian Sea). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 155: 69-83.
- BENEDETTI-CECCHI L., CINELLI F. (1993) seasonality and reproductive phenology of algae inhabiting littoral pools in the western mediterranean. *Marine Ecology*, 14: 147-157
- BENEDETTI-CECCHI L., CINELLI F., 1995. Habitat heterogeneity, sea urchin grazing and distribution of algae in littoral rock pools on the west coast of Italy (western Mediterranean). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 126: 203-212.
- BENEDETTI-CECCHI L., CINELLI F. (1996). patterns of disturbance and recovery in littoral rock pools: nonhierarchical competition and spatial variability in secondary succession. *Marine Ecology-Progress Series*, 135: 145-161.
- BENEDETTI-CECCHI L., PANNACCIULLI F., BULLERI F., MOSCHELLA P., AIROLDI L., RELINI G., CINELLI F. 2001. Predicting the consequences of antropogenic disturbance: large-scale effects of loss of canopy algae on rocky shores, *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 214: 137-150.
- BENEDETTI-CECCHI L., VASELLI S., MAGGI E., BERTOCCI I. (2005). interactive effects of spatial variance and mean intensity of grazing on algal cover in rock pools. *Ecology*, 86: 2212-2222.
- BENEDETTI CECCHI L., BERTOCCI I., VASELLI S., MAGGI E., 2006 Morphological plasticity and variable spatial patterns in different populations of the red alga *Rissoella verruculosa*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 315: 87-98.
- BOUDOURESQUE C.F., 1984. Groupes écologiques d'algues marines et phytocenoses benthiques en Méditerranée nord-occidentale : une revue. *Giorn. Bot. Ital.* 118: 12-42.
- BOUDOURESQUE C.F., PERRET M., 1977. Inventaire de la Flore Marine de Corse (Méditerranée) : Rhodophyceae, Phaeophyceae, Chlorophyceae et Bryopsidophyceae. *Bibl. Phycol.* Band 25, 171. Cramer ed. Berlin.
- BOUDOURESQUE C.F., PERRET-BOUDOURESQUE M., 1979. Dénombrement des algues benthiques et rapport R/P le long des côtes françaises de la Méditerranée. *Rapp. P. V. Réun. Comm. Int. Mer Médit.* 4: 149-152.
- BULLERI F., BENEDETTI-CECCHI L., 2006. mechanisms of recovery and resilience of different components of mosaics of habitats on shallow rocky reefs. *Oecologia* 149: 482-492.

- BULLERI F., BENEDETTI-CECCHI L., CINELLI F., 1999. Grazing by the sea urchins *Arbacia lixula* L. and *Paracentrotus lividus* Lam. in the northwest Mediterranean, *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 241: 81-90.
- CAPIOMONT A., BREUGNOT E., DEN HAAN M., MEINESZ A. 2005. Phenology of a deep water population of *Caulerpa racemosa* in the northwestern Mediterranean Sea. *Bot. Mar.* 48: 80-83.
- CINELLI F., 1969. Primo contributo alla conoscenza della vegetazione algale bentonica del litorale di Livorno. *Pubbl. Staz. Zool. Napoli* 37:545-566.
- COCITO S., 2004. Bioconstruction and biodiversity: their mutual influence. *Sci. Mar.* 8: 137-144.
- COSSU A., GAZALE V., BAROLI M., 1992. La flora marina della Sardegna: inventario delle alghe bentoniche. *Giorn. Bot. Ital.* 126: 651-707.
- GENNARO P., PIAZZI L. 2011. Synergism between two anthropic impacts: *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* invasion and seawater nutrient enrichment. *Marine Ecology Progress Series* 427: 59-70.
- GENNARO P., PIAZZI L. 2013. The role of nutrients in successful invasion of *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea*. *Biological Invasions* (in press).
- GIACCONE G., GERACI R.M., 1989. Biogeografia delle alghe del Mediterraneo. *Ann. J. Bot. Madrid* 46: 27-35.
- GIACCONE G., ALONGI G., COSSU A., DI GERONIMO R., SERIO D., 1993. La vegetazione bentonica marina del Mediterraneo: I. Sopralitorale e Mesolitorale. Proposte di aggiornamento. *Boll. Acc. Gioenia Sci. Nat.* 26: 245-291.
- GIACCONE G., ALONGI G., PIZZUTO F., COSSU A., 1994. La vegetazione bentonica marina del Mediterraneo: II. Infralitorale e Circalitorale. Proposte di aggiornamento. *Boll. Acc. Gioenia Sci. Nat.* 27: 111-157.
- GUIRY M.D., NIC DHONNCHA E., 2008. *Algae Base*. World Wide Web electronic publication www.algaebase.org.
- MEINESZ A., BELSHER T., THIBAUT T., ANTOLIC B., BEN MUSTAPHA K., BOUDOURESQUE C.F., CHIAVERINI D., CINELLI F., COTTALORDA J.M., DJELLOUI A., EL ABED A., ORESTANO C., GRAU A.M., IVESA L., JALLIN A., LANGAR H., MASSUTI-PASCUAL E., PEIRAINO A., TUNESI L., DE VAUGELAS J., ZADODNIK N. e ZULJEVIC A., 2001 - The introduced green alga *Caulerpa taxifolia* continues to spread in the Mediterranean. *Biological Invasions* 3: 201-210.
- MENCONI M., BENEDETTI-CECCHI L., CINELLI F., 1999. Spatial and temporal variability in the distribution of algae and invertebrates on rocky shores in the northwest Mediterranean, *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 233: 1-24.

- PAPI I., PARDI G., LENZINI S., BENEDETTI-CECCHI L., CINELLI F., 1992. Benthic marine flora in Tuscan Archipelago. A first contribution: Isles of Capraia, Elba, Formiche di Grosseto, Giglio, Scoglio d'Africa, Montecristo and Giannutri. *Giorn. Bot. Ital.* 126: 549-593.
- PARDI G., PAPI I., PIAZZI L., CINELLI F., 1993. Benthic marine flora in the Tuscan Archipelago. A second contribution: Isle of Gorgona. *Giorn. Bot. Ital.* 127: 797-819.
- PARDI G., PIAZZI L., CINELLI F., 2000. Demographic study of a *Cystoseira humilis* Kützting (Fucales: Cystoseiraceae) population in the western Mediterranean. *Bot. Mar.* 43: 81-86.
- PIAZZI L., BALATA D., 2008. The spread of *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* in the Mediterranean Sea: an example of how biological invasions can influence beta diversity. *Mar. Env. Res.* 65: 50-61.
- PIAZZI L., BALATA D., 2009. Invasion of alien macroalgae in different Mediterranean habitats. *Biol. Inv.* 11: 193-204.
- PIAZZI L., CECCHERELLI G., 2002 - Effects of competition between two introduced *Caulerpa*. *Marine Ecology Progress Series* 225: 189-195.
- PIAZZI L., CINELLI F., 2000 - Effets de l'enrichissement des Rhodophyceae introduites *Acrothamnion preissii* et *Womersleyella setacea* sur les communautés algales des herbiers à *Posidonia oceanica* de la Méditerranée occidentale. *Cryptogamie, Algologie*, 21: 291-300.
- PIAZZI L., CINELLI F., 2003. Contributo alla conoscenza dei popolamenti macroalgali dell'Isola di Giannutri (Arcipelago Toscano). *Inf. Bot. Ital.*.
- PIAZZI L., BALESTRI E. E CINELLI F., 1994 - Presence of *Caulerpa racemosa* in the North-Western Mediterranean. *Cryptogamie, Algologie* 15: 183-189.
- PIAZZI L., BALESTRI E., MAGRI M. E CINELLI F., 1997 - Expansion de l'algue tropicale *Caulerpa racemosa* (Forsskål) J. Agardh (Bryopsidophyceae, Chlorophyta) le long de la côte toscane (Italie). *Cryptogamie, Algologie* 18: 343-350.
- PIAZZI L., BALATA D., CECCHERELLI G. E CINELLI F., 2001a - Comparative study of the growth of the two co-occurring introduced green algae *Caulerpa taxifolia* and *Caulerpa racemosa* along the Tuscan coast (Italy, western Mediterranean). *Cryptogamie, Algologie* 22: 459-466.
- PIAZZI L., CECCHERELLI G., CINELLI F., 2001b. Threat to macroalgal diversity: effects of the introduced green alga *Caulerpa racemosa* in the Mediterranean. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 210: 161-165.

- PIAZZI L., BALATA D., CINELLI F., 2002a. Epiphytic macroalgal assemblages of *Posidonia oceanica* rhizomes in the western Mediterranean. *Eur. J. Phycol.* 37: 69-76.
- PIAZZI L., PARDI G., BALATA D., CECCHI E., CINELLI F., 2002b. Seasonal dynamics of a subtidal north-western Mediterranean macroalgal community in relation to depth and substrate inclination. *Bot. Mar.* 45: 243-252.
- PIAZZI L., CECCHERELLI G., BALATA D., CINELLI F., 2003. Early patterns of *Caulerpa racemosa* recovery in the Mediterranean Sea: the influence of algal turfs. *J. Mar. Biol. Ass. UK* 83: 27-29
- PIAZZI L., BALATA D., CECCHI E., CINELLI F., 2003. Co-occurrence of *Caulerpa taxifolia* and *C. racemosa* in the Mediterranean Sea: interspecific interactions and influence on native macroalgal assemblages. *Cryptogamie Algol.* 24: 233-243.
- PIAZZI L., BALATA D., CINELLI F., 2004a. Species composition and morphological groups of macroalgal assemblages around Gorgona Island (north-western Mediterranean Sea). *Cryptogamie Algol.* 25: 19-38.
- PIAZZI L., BALATA D., PERTUSATI M., CINELLI F., 2004b. Spatial and temporal variability of Mediterranean macroalgal coralligenous assemblages in relation to habitat and substrate inclination. *Bot. Mar.* 47: 105-115.
- PIAZZI L., BALATA D., CECCHERELLI G., CINELLI F., 2005a. Interactive effect of sedimentation and *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* invasion on macroalgal assemblages in the Mediterranean Sea. *Estuar. Coast. Shelf Sc.* 64: 467-474
- PIAZZI L., MEINESZ A., VERLAQUE M., AKÇALI B., ANTOLIĆ B., ARGYROU M., BALATA D., BALLESTEROS E., CALVO S., CINELLI F., CIRIK S., COSSU A., D'ARCHINO R., DJELLOULI S.A., JAVEL F., LANFRANCO E., MIFSUD C., PALA D., PANAYOTIDIS P., PEIRANO A., PERGENT G., PETROCELLI A., RUITTON S., ŽULJEVIĆ A., CECCHERELLI G., 2005b. Invasion of *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* (Caulerpales, Chlorophyta) in the Mediterranean Sea: an assessment of the early stages of spread. *Cryptogamie Algol.* 26: 189-202.
- PIAZZI L., BALATA D., CINELLI F., 2007a. Invasions of alien macroalgae in Mediterranean coralligenous assemblages. *Cryptogamie Algol.* 28: 289-301.
- PIAZZI L., BALATA D., FORESI L., CRISTAUDO C., CINELLI F., 2007b. Sediment as a constituent of Mediterranean benthic communities dominated by *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea*. *Sci. Mar.* 71: 129-135

- PIAZZI L., CECCHI E., PARDI G., CINELLI F. (2009). I popolamenti macroalgali di Calafuria (Livorno). *Atti Società Toscana Scienze Naturali*. 116: 81-90.
- PIAZZI L., BALATA D., CINELLI F. (2009). Colonizzazione di alghe introdotte nell'area di Calafuria (Livorno) e conseguenze sui popolamenti nativi. *Atti Società Toscana Scienze Naturali*. 116: 99-103
- PIAZZI L., GENNARO P., BALATA D. (2011). Effects of nutrient enrichment on macroalgal coralligenous assemblages. *Marine Pollution Bulletin* 62: 1830–1835.
- RIBERA SIGUAN M.A., GOMEZ GARRETA A., 1984. Catalogo de la flora marina bentonica de las Islas Baleares. I. Rhodophyceae. *Collect. Bot.* 15: 377-406.
- RIBERA SIGUAN M.A., GOMEZ GARRETA A., 1985. Catalogo de la flora marina bentonica de las Islas Baleares. II. Phaeophyceae, Chlorophyceae. *Collect. Bot.* 16: 25-41.
- RINDI F., CINELLI F., 2000. Phenology and small-scale distribution of some rhodomelacean red algae on a western Mediterranean rocky shore. *Eur. J. Phycol.* 35: 115-125.
- RINDI F., GUIRY M.D., 2003. A long-term comparison of benthic algal flora of Clare Island, County Mayo, western Ireland. *Biodiv. Conserv.* 13: 471-492.
- RINDI F., PAPI I., CINELLI F., 1996. New records of Ceramiales (Rhodophyta) for the North-western Mediterranean. *Cryptogamie Algol.* 17: 223-238.
- RINDI F., SARTONI G., CINELLI F., 2002. A floristic account of the benthic marine algae of Tuscany (Western Mediterranean Sea). *Nova Hedwigia* 74: 201-250.
- UNDERWOOD A.J., 1997. *Experiments in ecology. Their logical design and interpretation using analysis of variance*. Cambridge University Press, Cambridge

PRATERIA A *POSIDONIA OCEANICA*

Nell'area di Calafuria, *Posidonia oceanica* colonizza il pianoro roccioso tra i 7/8 metri e i 20/25 metri di profondità. A differenza di altre biocenosi bentoniche, la prateria di Calafuria non è stata oggetto di investigazioni specifiche, anche se è stata parzialmente studiata nell'ambito di ricerche a più ampio raggio (Balestri et al 2003, Balata et al 2007, 2008). Utilizzando i dati di tali investigazioni è stato possibile descrivere la variabilità spaziale e temporale della prateria. In particolare sono riportati dati relativi alle variabili fenologiche della pianta, alla produzione di foglie e rizomi e alla struttura dei popolamenti epifiti della pianta.

Struttura della prateria fenologia della pianta

Metodi

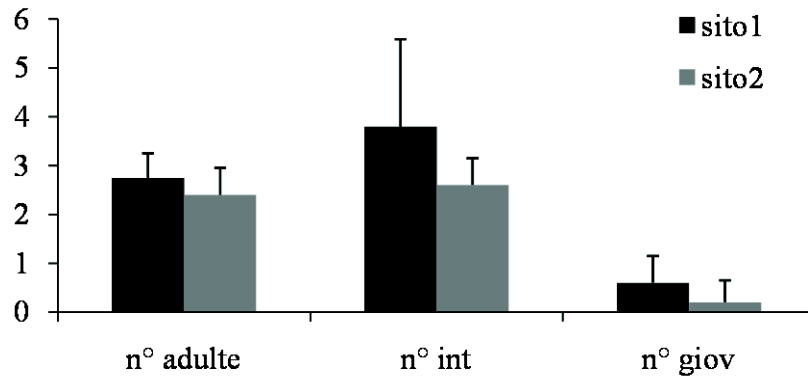
Sono stati scelti due siti distanti tra loro circa 2 km situati rispettivamente nella porzione più settentrionale e in quella più meridionale dell'area di studio. In ogni sito sono state studiate 2 aree distanti centinaia di metri e in ogni area sono stati campionati 5 quadrati di 0.25 m². In ogni quadrato è stato contato il numero di fasci fogliari e sono stati prelevati 5 fasci per l'analisi di laboratorio. Per ogni fascio è stato misurato il numero di foglie, la lunghezza e la larghezza di ogni foglia.

La densità è stata calcolata come numero di fasci fogliari x m⁻². Sono state calcolate le seguenti variabili: numero di foglie per fascio, superficie fogliare per fascio, lunghezza media delle foglie per fascio. L'indice fogliare è stato calcolato come superficie fogliare al m⁻² (Balata *et al.*, 2007).

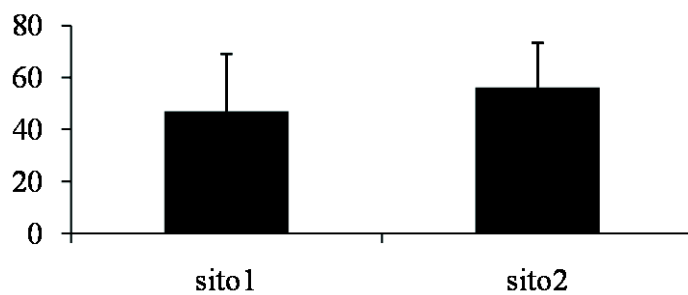
Risultati

La densità è risultata molto variabile, tra un minimo di 452.8 fasci/m² ed un massimo di 542.4 fasci/m². Il limite inferiore a causa della morfologia del litorale è quasi sempre netto; la prateria, infatti, si interrompe bruscamente intorno ai 20-25 metri di profondità, quando la scogliera inizia a scendere in modo verticale.

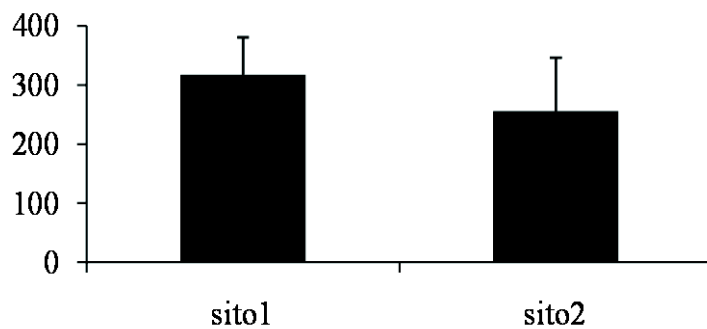
Il valore medio di foglie per fascio è risultato 6.4±1.4 (media ± DS), la lunghezza media delle foglie 51.5±19.4 cm, la superficie fogliare per fascio 286±76.8 cm². L'indice fogliare medio per tutta la prateria era di 14.2.



Numero medio di foglie adulte, intermedie e giovani per fascio nei due siti di studio



Lunghezza media delle foglie (cm) nei due siti di studio



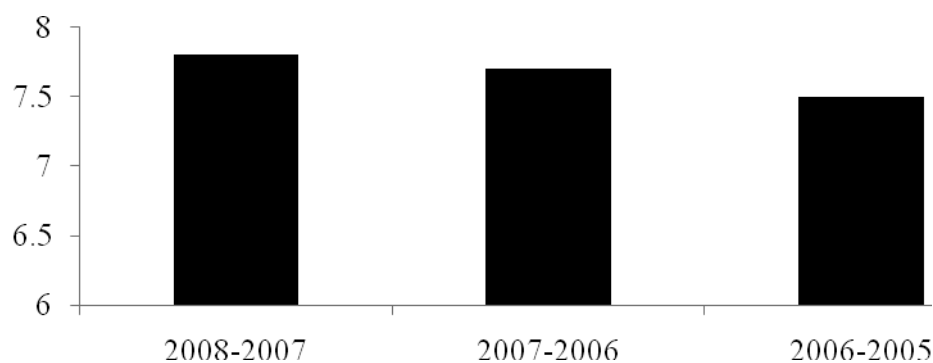
Superficie fogliare media per fascio nei due siti di studio

Produzione

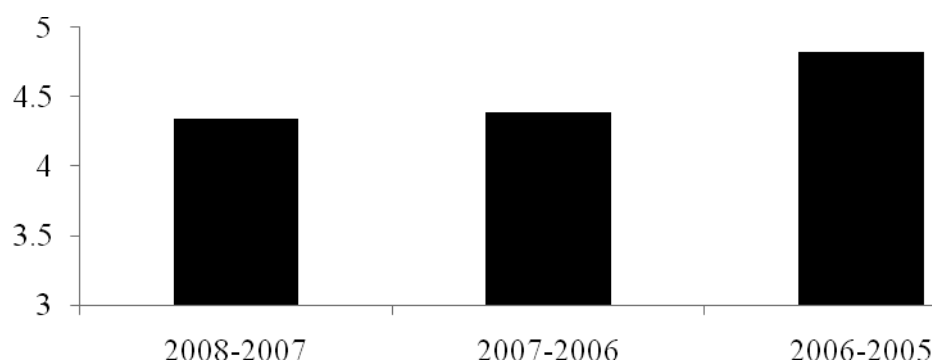
La produzione della prateria è stata valutata attraverso il metodo lepidocronologico (Pergent et al 1995). Sono stati prelevati 5 fasci per sito e per ogni fascio è stato misurato l'allungamento del rizoma e sono state contate le scaglie corrispondenti agli ultimi tre anni lepidocronologici.

L'allungamento medio del rizoma è risultato 4.34 cm, 4.38 cm e 4.82 cm per gli anni 2007-2008, 2006-2007 e 2005-2006 rispettivamente.

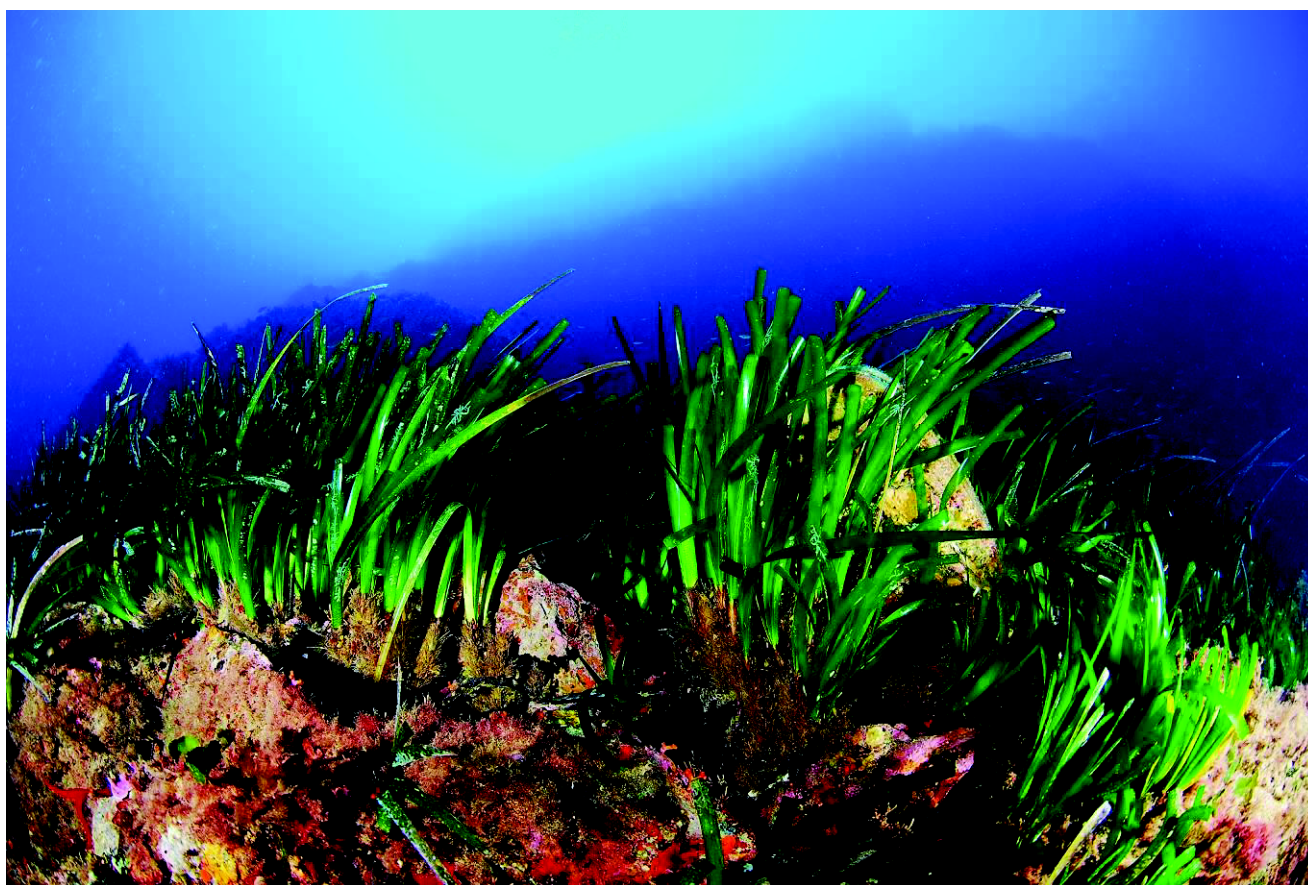
Il numero medio di scaglie, corrispondenti al numero di foglie prodotte per anno, è risultato pari a 7.8, 7,7 e 7.5 per gli anni 2007-2008, 2006-2007 e 2005-2006 rispettivamente.



Numero medio di foglie prodotte in un anno



Allungamento medio del rizoma (cm) per anno



Posidonia oceanica su roccia

Struttura dei popolamenti epifiti

Metodi

Lo studio è stato effettuato nel mese di agosto degli anni 2006 e 2007, quando la comunità epifita delle foglie raggiunge il massimo grado di maturazione. Sono stati studiati due siti distanti tra loro circa 2 km. In ogni sito sono state studiate 2 aree distanti centinaia di metri e in ogni area sono stati campionati 5 quadrati di 0.25 m². In ogni quadrato sono stati prelevati 5 fasci per l'analisi di laboratorio. Per ogni fascio, mediante analisi allo stereomicroscopio, sono state determinate le specie epifite presenti sui rizomi e sulla parte apicale (10 cm) delle due foglie più esterne di ogni fascio ed è stata calcolata l'abbondanza di ciascuna specie come ricoprimento percentuale (Balata *et al.*, 2007).

I dati relativi all'abbondanza degli epifiti delle foglie e dei rizomi sono stati analizzati mediante PERMANOVA a 4 vie (Anderson, 2001), con il fattore Data (2 livelli) random, il fattore Sito (nord vs. sud) fisso, il fattore Area(Sito) (2 livelli) random e gerarchizzato nel Sito, il fattore Quadrato (5 livelli) random e gerarchizzato nell'interazione Data x Area(Sito). L'indice di similarità di Bray-Curtis è stato calcolato sui valori non trasformati. Un nMDS è stato utilizzato per la rappresentazione grafica dei risultati (Clarke e Warwick, 1994).

Risultati

Sono state determinate 67 taxa epifiti, tra cui 3 Chlorophyta, 8 Ochrophyta, 22 Rhodophyta, 3 Rhizopoda, 7 Cnidaria, 1 Annelida, 21 Briozoa, 1 Tunicata; 34 taxa erano presenti sulle foglie, mentre il popolamento dei rizomi era costituito da 45 taxa.

Le specie più comuni sulle foglie sono risultate le Ochrophyta *Dictyota* spp. e *Cladosiphon* spp., le Rhodophyta *Hydrolithon farinosum* e *Monosporus pedicellatus*, la Cnidaria *Podocoryna carnea*, i Bryozoa *Electra posidoniae* e *Fenestrulina malusii*. Sui rizomi, le specie dominanti erano le Rhodophyta *Acrothamnion preissii*, *Womersleyella setacea*, *Peyssonnelia bornetii* e l'Ochrophyta *Dictyota* spp.

L'analisi multivariata (PERMANOVA) applicata agli epifiti fogliari ha evidenziato come significativo il fattore Sito e l'interazione Data x Area (Tab. 2). PERMANOVA ha mostrato per il popolamento dei rizomi una significatività per i fattori Sito e Quadrato e per l'interazione Data x Area. L'nMDS ha mostrato sia per il popolamento epifita delle foglie una forte separazione tra i campioni dei due siti (triangoli rivolti verso l'alto e verso il basso vs quadrati e cerchi) che si conserva anche nel campionamento del secondo anno (bianchi vs grigi). Simile pattern si può notare anche per il popolamento dei rizomi anche se meno marcato. Nel popolamento dei rizomi si può notare inoltre che, mentre i campioni provenienti dalle aree più meridionali sono simili tra loro, quelli delle aree più a nord sono più eterogenei sia da un punto di vista spaziale sia temporale.

Le specie epifite riscontrate sulle foglie e sui rizomi sono da considerare comuni in tale ambiente ed i popolamenti di Calafuria presentano nell'insieme caratteristiche simili ad altri popolamenti epifiti della stessa area geografica (Piazzi *et al.*, 2002; Balata *et al.*, 2007; 2008; Nesti *et al.*, 2009). Per quanto riguarda il popolamento dei rizomi, è da mettere in evidenza la dominanza di specie algali introdotte quali *Womersleyella setacea* e, soprattutto, *Acrothamnion preissii*. Queste due Rhodophyta filamentose sono considerate invasive ed entrambe hanno nei rizomi di *P. oceanica*

un habitat di elezione, andando a costituire densi feltri che possono influenzare profondamente la struttura e la biodiversità del popolamento (Piazzi e Cinelli, 2000; 2001).

Un'alta variabilità a piccola scala del popolamento epifita è invece un pattern già rilevato in altri studi, sia lungo le coste toscane che in altre aree del Mediterraneo (Piazzi *et al.*, 2004; 2007; Pardi *et al.*, 2006; Balata *et al.*, 2007; 2008), che può essere quindi considerato come una caratteristica di questi popolamenti.

Un interessante aspetto emerso dai risultati del presente studio, è la stabilità dei popolamenti epifiti sia delle foglie sia dei rizomi tra i due anni di campionamento. Il popolamento epifita di *P. oceanica*, e in particolar modo quello presente sulle foglie, è costituito principalmente da specie effimere a sviluppo stagionale, che tutti gli anni si rinnova seguendo il ciclo di caduta e accrescimento delle foglie (Mazzella *et al.*, 1989). Nonostante questo, sembra mantenersi costante tra un anno e l'altro, probabilmente in relazione ai fattori biotici e abiotici che agiscono comunque in modo costante sul reclutamento e l'accrescimento degli organismi. Questa caratteristica, se confermata da ulteriori studi, rafforza il valore dei popolamenti epifiti come indicatori biologici. Infatti un popolamento che, in condizioni normali, si mantiene costante nel tempo, può indicare, attraverso modificazioni nella struttura, cambiamenti delle condizioni ambientali.

Lista delle specie epifite delle foglie e dei rizomi

TAXA	FOGLIE	RIZOMI
Chlorophyta		
<i>Cladophora prolifera</i> (Roth) Kützinger	-	+
<i>Flabellia petiolata</i> (Turra) Nizamuddin	-	+
<i>Pseudochlorodesmis furcellata</i> (Zanardini) Børgesen	-	+
Ochrophyta	+	-
<i>Asperococcus bullosus</i> J.V. Lamouroux	+	-
<i>Cladosiphon cylindricus</i> (Sauvageau) Kylin	+	-
<i>Cladosiphon irregularis</i> (Sauvageau) Kylin	+	-
<i>Dictyota dichotoma</i> (Hudson) J.V. Lamouroux	+	+

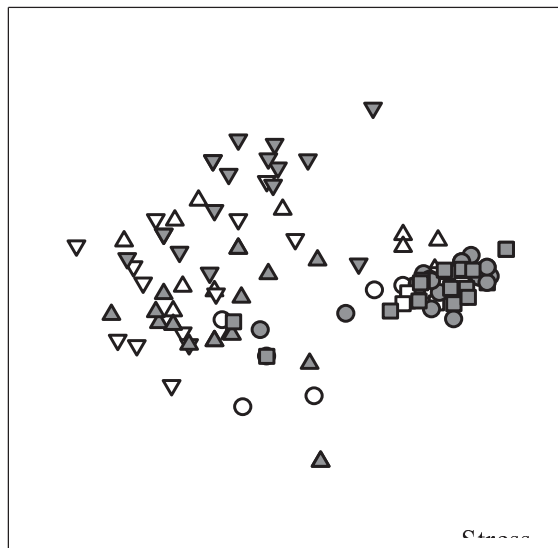
TAXA	FOGLIE	RIZOMI
<i>Dictyota linearis</i> (C. Agardh) Greville	+	+
<i>Giraudia sphacelarioides</i> Derbés et Solier	+	-
<i>Halopteris filicina</i> (Grateloup) Kützing	-	+
<i>Sphacelaria cirrosa</i> (Roth) C. Agardh	+	+
Rhodophyta		
<i>Acrothamnion preissii</i> (Sonder) Wollaston	+	+
<i>Anthithamnion cruciatum</i> (C. Agardh) Nägeli	-	+
<i>Botryocladia boergesenii</i> J. Feldmann	-	+
<i>Ceramium codii</i> (Richards) G. Feldmann	+	+
<i>Ceramium diaphanum</i> (Lighfoot) Roth	+	-
<i>Dipterosiphonia rigens</i> (Schousboe) Falkenberg	-	+
<i>Feldmannophycus rayssiae</i> (Feldmann et Feldmann-Mazoyer) Augier et Boudouresque	-	+
<i>Heterosiphonia crispella</i> (C. Agardh) Wynne	+	-
<i>Hydrolithon farinosum</i> (Lamouroux) Penrose et Chamberlain	+	+
<i>Hypoglossum hypoglossoides</i> (Stackhouse) Collins et Harvey	-	+
<i>Jania adhaerens</i> J.V. Lamouroux	-	-
<i>Laurencia chondroides</i> Børgesen	+	+
<i>Lithophyllum cystoseirae</i> (Hauck) Heydrich	-	+
<i>Monosporus pedicellatus</i> (Smith) Solier	+	+
<i>Nitophyllum micropunctatum</i> Funk	-	+
<i>Peyssonnelia bornetii</i> Boudouresque et Denizot	-	+
<i>Plocamium cartilagineum</i> (Linnaeus) Dixon	-	+
<i>Pneophyllum coronatum</i> (Rosanoff) Penrose	-	+
<i>Pneophyllum fragile</i> Kützing	+	-
<i>Polysiphonia</i> spp.	+	+
<i>Rhodymenia ardissoni</i> J. Feldmann	-	+
<i>Womersleyella setacea</i> (Hollenberg) R. E. Norris	+	+

TAXA	FOGLIE	RIZOMI
Rhizopoda		
<i>Lobatula lobatula</i> Walker et Jacob	+	-
<i>Planorbulina mediterraneensis</i> Walker et Jacob	+	-
<i>Rosalina brady</i> Cushman	+	-
Cnidaria		
<i>Dynamena cavolini</i> Neppi	+	-
<i>Laomedea angulata</i> Hinks	-	+
<i>Laomedea angulata</i> Hinks	-	+
<i>Obelia geniculata</i> Linnaeus	+	-
<i>Plumularia obliqua</i> Thompson	+	-
<i>Podocoryna carnea</i> M. Sars	+	-
<i>Sertularia perpusilla</i> Stechow	+	-
Anellida		
<i>Janua pagenstecheri</i> Quatrefageau	+	-
Bryozoa		
<i>Aetea truncata</i> Landsborough	+	+
<i>Beania hirtissima</i> Heller	-	+
<i>Beania magellanica</i> Bush	-	+
<i>Caberea boryi</i> Audouin	-	+
<i>Callapora lineata</i> Linnaeus	-	+
<i>Cellepora pumicosa</i> Hincks	-	+
<i>Chorizopora brogniarti</i> Audouin	+	-
<i>Collarina balzaci</i> Audouin et Savigny	+	+
<i>Diastopora patina</i> Lamarck	-	+
<i>Electra posidoniae</i> Gautier	+	-
<i>Escharoides coccinea</i> Abildgaard	-	+
<i>Fenestrulina malusii</i> Audouin	+	+

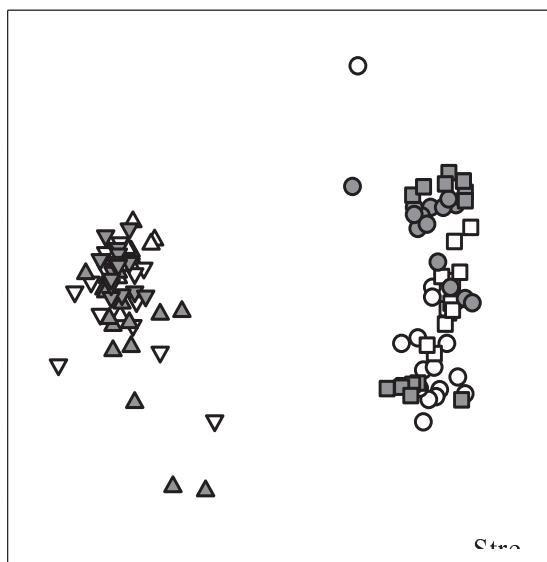
TAXA	FOGLIE	RIZOMI
<i>Idmonea serpens</i> Bidentkap	-	+
<i>Lichenopora radiata</i> Audouin et Savigny	+	+
<i>Margaretta cereoides</i> Ellis et Solander	-	+
<i>Microporella ciliata</i> Pallas	-	+
<i>Schizobrachiella sanguinea</i> Norman	-	+
<i>Scrupocellaria reptans</i> Linneaus	-	+
<i>Tubulipora flabellaris</i> Fabricius	+	-
Tunicata		
<i>Botryllus schlosseri</i> Pallas	+	-

Risultati di PERMANOVA riferiti all'abbondanza degli epifiti della prateria di Calafuria. In grassetto è espressa la significatività ($P(\text{perm}) < 0.05$)

Source	df	Foglie			Rizomi		
		MS	Pseudo-F	P(perm)	MS	Pseudo-F	P(perm)
Data = D	1	8163	0.81753	0.544	2273.9	0.3496	0.952
Sito = S	1	173760	15.996	0.001	88208	9.1907	0.001
Area(Sito) = A(S)	2	3575.3	0.35807	0.932	7751.3	1.1917	0.382
DxS	1	7911.5	0.79234	0.556	2554	0.39267	0.922
DxA(S)	2	9985	6.557	0.001	6504.2	1.9967	0.03
Quadrato(DA(S))	16	1522.8	1.278	0.1	3257.6	1.5998	0.002
Residuo	96	1191.6			2036.3		
Totale	119						



a)



b)

nMDS applicato agli epifiti delle foglie (a) e dei rizomi (b) della prateria di Calafuria. I simboli sono riferiti alle aree di studio, i colori ai due anni di campionamento.

Analisi del contenuto in metallici pesanti

Lo studio è stato effettuato nella nel mese di maggio 2009 (DeBiasi et al. 2010). Sono stati scelti due siti distanti poche decine di metri alla profondità di circa 15 metri- In ognuno dei due siti sono stati prelevati 12 fasci fogliari ortotropi senza ramificazioni. Da ciascun rizoma sono state staccate accuratamente le foglie e le scaglie, cioè i resti delle foglie cadute. Queste ultime sono state ordinate secondo la loro disposizione distica. Sulla base del loro spessore, è stato possibile raggruppare le scaglie appartenenti al medesimo anno lepidocronologico. Il pezzo di rizoma compreso tra due spessori minimi consecutivi delle scaglie e corrispondente al medesimo intervallo temporale è stato tagliato.

Rizomi e scaglie ottenuti dai 12 fasci prelevati in ciascun sito sono stati raggruppati per anno lepidocronologico, suddivisi in tre aliquote (repliche) e successivamente analizzati. Per ciascun fascio è stato possibile risalire fino ad un massimo di 4 anni. Un'aliquota di circa 300 mg di campione liofilizzato e sminuzzato è stata sottoposta a mineralizzazione a microonde utilizzando una miscela acida composta da 5 ml di HNO_3 , 1 ml di H_2O_2 e 2 ml di acqua ultrapura.

Solo per la determinazione del mercurio sono stati utilizzati circa 10 mg, sottoposti ad analisi diretta di assorbimento atomico tramite il Mercurimetro DMA 80 (Milestone).

La concentrazione di Al, Cr, Cu, Ni, V, Zn è stata determinata mediante spettrofotometria di emissione atomica al plasma (Spettrofotometro Varian 720ES), mentre quella di As, Cd, Pb tramite spettroscopia di assorbimento atomico (Spettrometro Varian SpectrAA 240Z).

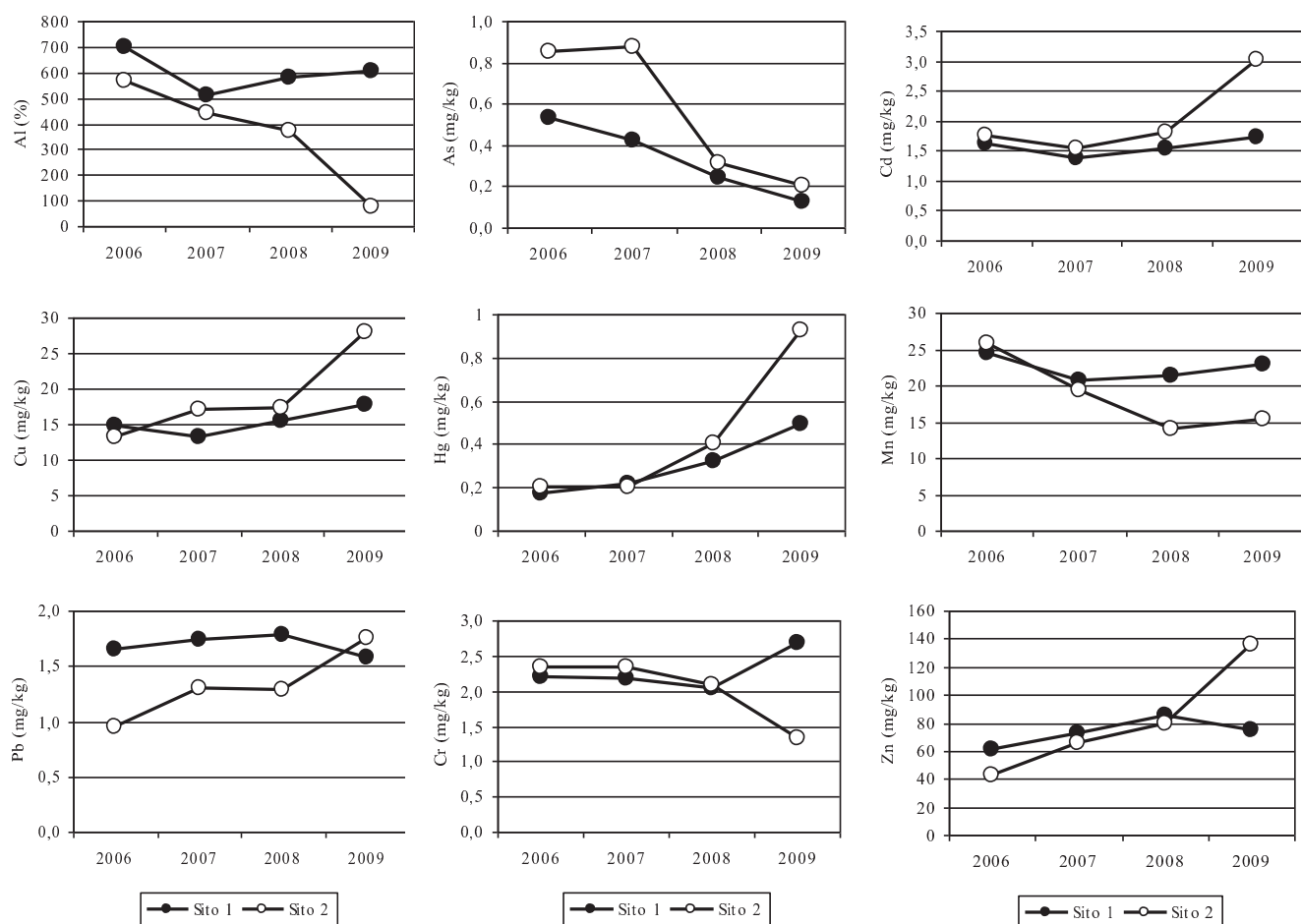
I valori di concentrazione media dei metalli nelle foglie di *Posidonia oceanica* con la sola eccezione del Cd e Hg (Al è risultato assente in tutti i casi) hanno esibito concentrazioni significativamente differenti (t-test $p < 0,05$) tra i due siti. In particolare Mn, Cr, As, V, Ni sono risultati maggiori nel sito 1 rispetto al sito 2, mentre trend opposto è stato osservato per Cu, Pb, Zn.

Concentrazione (mg/kg, eccetto Al espresso in %) dei metalli pesanti nelle foglie di Posidonia oceanica.

	Al	As	Cd	Cr	Cu
	0,85±0,	34,03±	0,042±0,00	35,15±	7,07±0,
Sito 1	138	3,35	4	4,4	12
	0,64±0,	47,35±	0,0282±0,0	26,35±	4,03±0,
Sito 2	001	2,18	007	0,23	05

	Hg	Ni	Pb	V	Zn
	0,57±0,	20,59±		23,98±	37,19±
Sito 1	03	0,19	18,45±0,91	1,76	0,30
	0,39±0,	17,51±		24,74±	34,30±
Sito 2	13	0,61	15,99±0,54	0,06	0,67

Nei quattro anni, dal 2006 al 2009, gli andamenti dei metalli in funzione degli anni lepidocronologici (Fig. 1) hanno mostrato differenti trend. Cd, Cu, Zn conservano concentrazioni pressoché costanti in tutto il periodo, mentre i restanti metalli esibiscono nel 2009 concentrazioni minori rispetto al 2006. In questo intervallo di tempo Al, Cr, Mn, Pb mostrano il medesimo trend temporale con variazione di ampiezza maggiore per il sito 2 rispetto al sito 1 (DeBiasi et al. 2010).



Concentrazione (mg/kg) dei metalli pesanti nelle scaglie di Posidonia oceanica in funzione degli anni lepidocronologici

Le concentrazioni medie rilevate nei rizomi nell'intervallo lepidocronologico esibiscono una elevata variabilità tra sito e sito e da metallo a metallo-

Complessivamente Al, As decrescono dal 2006 al 2009 con trend differenti da sito a sito. Andamento contrario è stato osservato per Cd, Cu, Zn, Hg. Solo nel caso di Hg e Cd gli andamenti risultano concordi tra siti e tra metalli.

Il Hg origina verosimilmente dall'area industriale di Rosignano situata a pochi chilometri a sud rispetto all'area di studio. Nell'insieme, le concentrazioni determinate nei tessuti della pianta sono paragonabili ad altri siti non contaminati delle coste italiane e francesi.

Considerazioni generali

I valori di densità riscontrati sono da considerare normali per la profondità di studio (Pergent et al., 1995). Anche i valori relativi alle variabili fenologiche sono risultati simili a quelli riportati per altre prateria situate lungo la costa toscana (Piazzi et al., 2000; Balestri et al., 2003; Nesti et al., 2009).

L'alta variabilità di tali valori è da ritenere tipica di praterie di *Posidonia oceanica* installate, come nel caso di Calafuria, su fondo roccioso. Un substrato roccioso, infatti, incrementa la variabilità strutturale della prateria, principalmente per quanto riguarda i valori di copertura e di densità.

In conclusione, la prateria di Calafuria, si presenta ben strutturata e i popolamenti epifiti, nonostante la dominanza di specie invasive, mostrano una ricchezza specifica comparabile a quella di altre praterie toscane.

I popolamenti epifiti sia delle foglie che dei rizomi hanno evidenziato una differenza tra i due siti studiati. Questo risultato indica che, nonostante le limitate dimensioni dell'area di studio, la prateria presenta situazioni diverse tra le porzioni settentrionale e meridionale. Tali differenze dei popolamenti epifiti, trovano conferma nell'alta variabilità dei valori fenologici e strutturali della prateria. Le differenze tra le due porzioni della prateria potrebbero essere legate a differenze di alcuni fattori ambientali, quali l'idrodinamismo o il tasso di sedimentazione. Anche le caratteristiche dell'acqua potrebbero variare in relazione alla distanza relativa delle due porzione di costa da sorgenti di disturbo, quali la presenza dell'area urbana a nord e di impianti industriali a sud. Naturalmente, sono necessari studi mirati sulle caratteristiche ambientali per verificare il modello proposto. I risultati ottenuti possono solo mettere in evidenza che l'area di Calafuria si mostra meno omogenea di quanto le piccole dimensioni potrebbero suggerire.

Riferimenti bibliografici

BALATA D., NESTI U., PIAZZI L., CINELLI F., 2007. Patterns of spatial variability of seagrass epiphytes in the north-west Mediterranean Sea. *Mar. Biol.* 151: 2025-2035.

BALATA D., BERTOCCI I., PIAZZI L., NESTI U., 2008. Comparison between epiphyte assemblages of leaves and rhizomes of the seagrass *Posidonia oceanica* subjected to different levels of anthropogenic eutrophication. *Est. Coast. Shelf Sc.* 79: 533-540.

- BALATA D., PIAZZI L., NESTI U., CINELLI F. 2009. Caratteristiche della prateria di *Posidonia oceanica* prospiciente Calafuria (Livorno) e struttura dei popolamenti epifiti ad essa associati. *Atti Società Toscana Scienze Naturali*. 116: 127-132
- BALESTRI E., CINELLI F., LARDICCI C., 2003. Spatial variation in *Posidonia oceanica* structural, morphological and dynamic features in a northwestern Mediterranean coastal area: a multi-scale analysis. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 250: 51–60.
- DE BIASI A.M., PACCIARDI L., PIAZZI L., BONTÀ PITTALUGA G., DE RANIERI S. 2009. Contentuto di metalli in tracce nelle scaglie e nei rizomi di *Posidonia oceanica* nell'area marina di Calafuria (Livorno). *Atti Società Toscana Scienze Naturali*. 116: 111-118
- NESTI U., PIAZZI L., BALATA D., 2009. Differences in the structure of epiphytic assemblages of *Posidonia oceanica* in relation to depth. *Mar. Ecol.* In stampa ISSN 0173-9565.
- PERGENT G., PERGENT-MARTINI C., BOUDOURESQUE C.F., 1995. Utilisation de l'herbier à *Posidonia oceanica* comme indicateur biologique de la qualité du milieu littoral en Méditerranée : état de connaissances. *Mésogée* 54 : 3-29.
- PIAZZI L., ACUNTO S., CINELLI F., 2000. Mapping of *Posidonia oceanica* beds around Elba Island (western Mediterranean) with integration of direct and indirect methods. *Oceanol. Acta*. 23: 339-346.

POPOLAMENTI CORALLIGENI

Il termine “coralligeno” sta ad identificare un particolare habitat tipico della porzione più profonda del sistema costiero Mediterraneo (Ballesteros 2006). L'habitat coralligeno viene definito come un substrato di origine biogena principalmente prodotto per accumulo di talli di alghe calcaree incrostanti appartenenti all'ordine delle Corallinales, che si accrescono in condizioni di luce ridotta. L'habitat coralligeno si sviluppa principalmente nel piano circalitorale e rappresenta un sistema ecologico esclusivo del Mar Mediterraneo e uno tra i più importanti del Bacino in termini di estensione, produttività e biodiversità. Si definiscono “popolamenti coralligeni” quell'insieme di organismi animali e vegetali che si sviluppano nell'habitat sopra descritto.

Lungo le coste continentali toscane, popolamenti coralligeni sono presenti solo a Calafuria, Punt'Ala e lungo i promontori di Baratti e Monte Argentario.

Il coralligeno di Calafuria

Nell'area di Calafuria, un habitat coralligeno tipico è presente tra i 20 e i 40 metri di profondità.

I popolamenti coralligeni di Calafuria sono stati recentemente studiati in relazione alla loro variabilità spaziale e temporale e alla risposta a particolari disturbi ambientali (Abbiati et al 1996, Piazzì et al 2002, 2004, 2007, Balata et al 2006, Virgilio et al 2006, Piazzì e Balata 2008, 2009).

I principali risultati di tali studi vengono di seguito riassunti, inoltre sono riportati dati non pubblicati sulla variabilità spaziale dei popolamenti coralligeni di Calafuria.

Struttura dei popolamenti

I taxa algali più abbondanti sono risultati le Rhodophyta *Peyssonnelia* spp, *Acrodiscus vidovichii*, *Meredithia microphylla*, *Phyllophora crispa*, *Tricheocarpa fragilis*, *Womersleyella setacea* e *Osmundae pelagosae*, la Ochrophyta *Halopteris filicina* e le Chlorophyta *Pseudochlodesmis furcellata* e *Flabellia petiolata*.

Per quanto riguarda la componente animale, risultano dominanti sulla scogliera Porifera incrostanti e antozoi coloniali, tra i quali alcune specie di gorgoniacei (*Eunicella cavolinii*, *E. singularis*, *E. verrucosa*, *Paramuricea clavata*, *Leptogorgia sarmentosa*) e il *Corallium rubrum*; sono ampiamente distribuiti anche lo Cnidaria *Parazoanthus axinellae* e il Bryozoa *Myriapora truncata*.

P. clavata è distribuita in alcune stazioni tra i 30 e i 40 metri. La popolazione presenta una densità di circa 6 individui al metro quadro. Il tasso medio di accrescimento è stato stimato in 3,2 cm all'anno (Previati 2003).

L'alta sedimentazione che caratterizza l'area ha fatto sì che i popolamenti coralligeni siano presenti ad una profondità relativamente bassa. Ad ogni modo, una zonazione verticale può essere identificata, mettendo in evidenza differenze tra i popolamenti presenti a 22 metri e quelli di 32 metri. Queste differenze sono principalmente legate ad una maggiore abbondanza di alcuni taxa algali, quali *Flabellia petiolata*, *Halimeda tuna* e *Dictyota* spp, nella porzione più superficiale, mentre il popolamento profondo è caratterizzato da taxa animali, principalmente Poriferi, Briozoi incrostanti e Gorgoniacei e dal madreporario *Leptosammia pruvotii* (Balata et al 2006).

L'inclinazione del substrato è risultata essere un altro fattore particolarmente importante nel determinare la struttura dei popolamenti coralligeni (Abbiati et al 1996, Pacciardi 2000, Virgilio et al 2006). È soprattutto il rapporto tra la componente animale e vegetale che varia fortemente in relazione all'inclinazione del fondo. La luce, infatti, rappresenta il fattore principale che regola lo sviluppo dei popolamenti coralligeni e l'intensità di luce che arriva sul fondo è legata oltre alla profondità anche all'inclinazione del substrato. Inoltre anche l'influenza di altri fattori sia fisici che biotici può essere legata all'inclinazione del substrato. L'effetto della sedimentazione, ad esempio, può essere molto diverso su substrati orizzontali o verticali ed il reclutamento di organismi che si riproducono mediante fasi pelagiche può anch'esso variare in relazione alle caratteristiche del substrato.

I popolamenti coralligeni sono considerati maggiormente stabili rispetto a quelli superficiali a dominanza algale. Se questo è sicuramente vero, recenti studi hanno dimostrato che variazioni stagionali nella composizione e nella struttura di tali popolamenti sono facilmente riscontrabili perlomeno per la componente vegetale (Piazzi et al. 2002). Molte alghe caratteristiche dei popolamenti coralligeni hanno infatti cicli annuali, risultando presenti solo in un determinato periodo nell'anno oppure mostrando dei picchi stagionali di abbondanza.

Variabilità spaziale

Metodi

Il campionamento è stato eseguito alla profondità di 30 metri. Sono stati scelti due siti, costituiti da porzioni di scogliera lunghe 300 metri, distanti tra loro circa 1 km e in ogni porzione sono state

campionate 2 aree, di circa 50 metri di lunghezza e distanti tra loro decine di metri. In ogni area sono stati effettuati 15 campionamenti fotografici, mediante fotocamera digitale; ogni campione era rappresentato da una superficie di 1878 cm².

Le immagini sono state analizzate in laboratorio e attraverso l'uso del software ImageJ; è stata calcolata la copertura in percentuale dei principali taxa animali e vegetali. Le specie di dubbia o non facile determinazione sono state raggruppate in gruppi morfologici.

I dati sono stati analizzati mediante PERMANOVA a 2 vie (Anderson, 2001), con i fattori Sito (2 livelli, random) e Area (2 livelli, random e gerarchizzato in Sito). L'indice di similarità di Bray-Curtis è stato calcolato sui valori non trasformati. Per rappresentare graficamente il popolamento è stato utilizzato un nMDS. Le componenti di pseudo-varianza sono state calcolate per tutte le scale spaziali studiate.

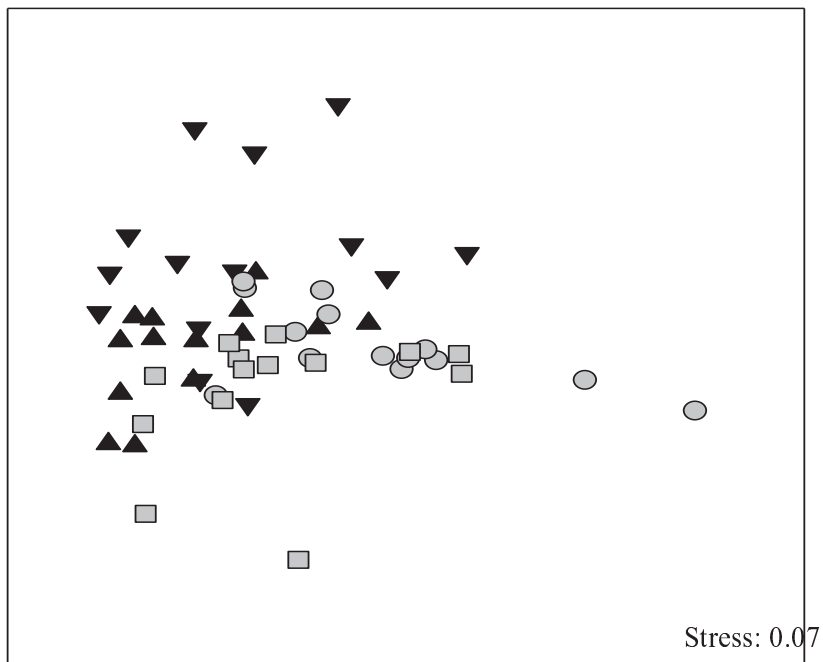
Risultati

L'analisi multivariata (PERMANOVA) ha mostrato differenze significative tra le aree, mentre non sono risultate significative le differenze tra siti. L'nMDS ha evidenziato che la dispersione tra campioni varia tra le differenti aree di studio. Le componenti di pseudo-varianza mostrano un'alta variabilità tra unità di campionamento (plots) che diminuisce alle scale spaziali di Area e Sito.

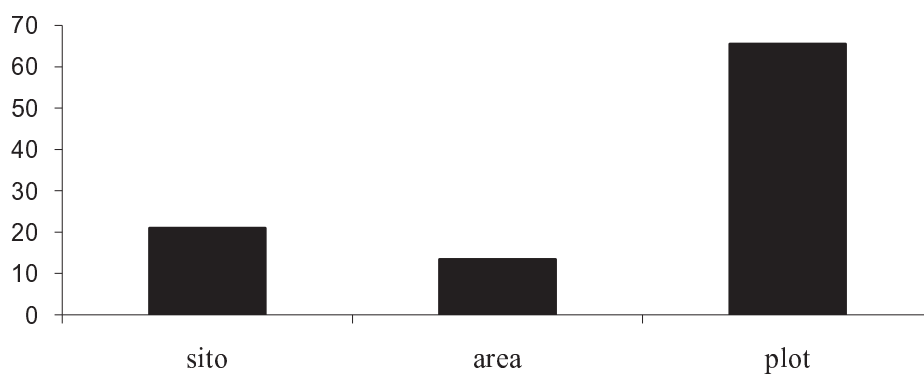
I popolamenti coralligeni di Calafuria hanno quindi mostrato una struttura omogenea all'interno dell'area, ma un'elevata variabilità alle più piccole scale spaziali studiate (tra campioni distanti alcuni metri e tra aree distanti decine di metri).

Tabella 1. Risultati di PERMANOVA applicato ai campioni del coralligeno di Calafuria. I valori significativi sono indicati in grassetto.

Source	df	MS	Pseudo-F	P(perm)
Sito = S	1	3403.6	3.3138	0.126
Area(S)	2	1025.8	3.8717	0.007
Residuo	52	264.94		
Totale	55			



MDS che mostra la distribuzione dei campioni di coralligeno di Calafuria; i colori indicano i siti e i simboli le aree in ciascun sito



Componenti di varianza calcolati per le tre scale spaziali studiate

Gradiente di profondità

Metodi

Sono state studiate le profondità di 30 e 40 metri. Per ciascuna profondità sono stati scelti casualmente due siti e in ciascun sito sono stati prelevati 3 campioni costituiti dall'asportazione totale di 400 cm² di substrato mediante martello e scalpello. In laboratorio sono state determinate le specie macroalgali e per ciascuna specie è stata valutata l'abbondanza come ricoprimento percentuale.

I dati sono stati analizzati mediante analisi multivariata (PERMANOVA) mediante un modello a 2 fattori con il fattore Profondità (30m vs. 40m) fisso, il fattore Sito (2 livelli) random e gerarchizzato nel fattore Profondità. Il coefficiente di dissimilarità di Bray-Curtis è stato utilizzato prima dell'analisi. Un MDS è stato utilizzato per una rappresentazione grafica dei risultati. Il SIMPER test è stato impiegato per determinare le specie che maggiormente contribuivano alla dissimilarità tra profondità.

Risultati

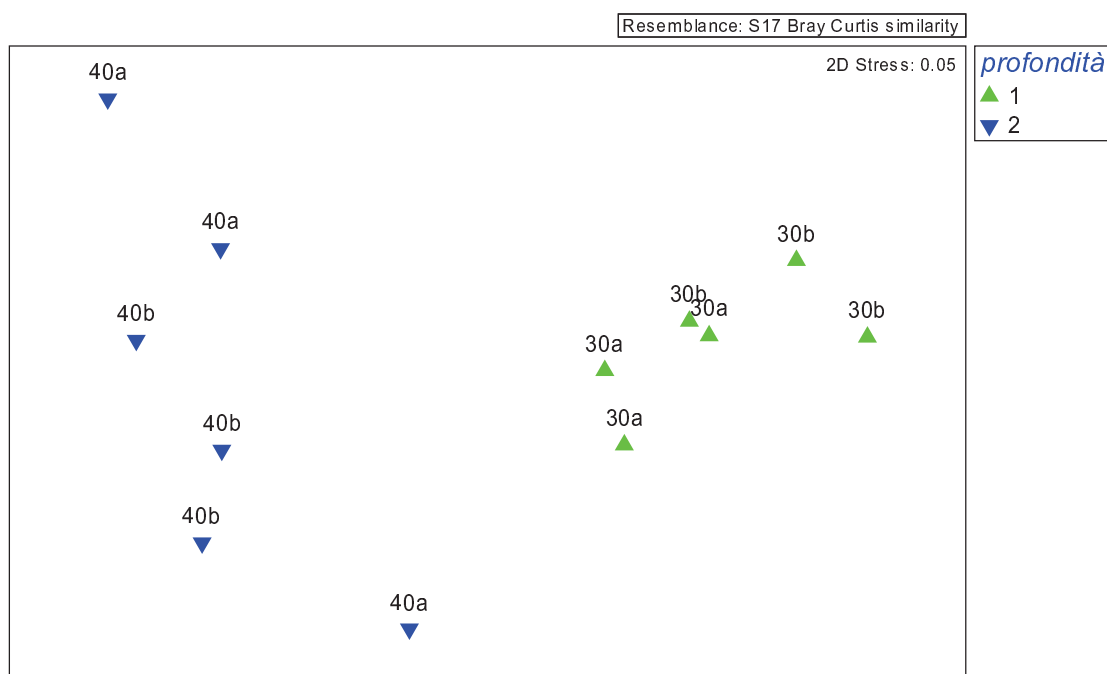
L'analisi multivariata mostra una differenza significativa nella composizione e abbondanza di specie macroalgali tra le due profondità considerate. Non risultano differenze significative tra i siti di studio. L'MDS conferma tale risultato evidenziando una chiara separazione tra i campioni prelevati alle due differenti profondità. In SIMPER test mostra che le specie che maggiormente contribuivano a differenziare i popolamenti delle due profondità erano *Flabellia petiolata*, *Tricheocarpa fragilis*, *Womersleyella setacea*, *Acrodiscus vidovichii*, più abbondanti a 30 metri e *Meredithia microphylla*, *Phyllophora crispa*, *Peyssonnelia rubra*, *Halopteris filicina* e *Osmundae pelagosae* caratterizzanti i popolamenti a 40 metri.

Risultati dell'analisi multivariata (PERMANOVA) sui popolamenti coralligeni in relazione alla profondità

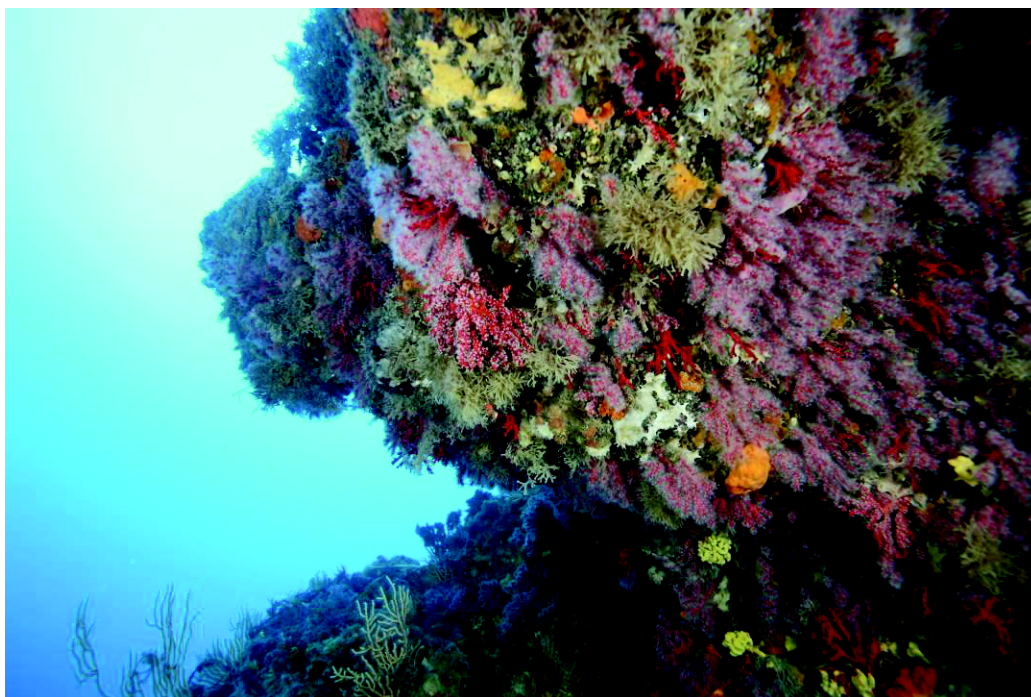
Source	df	MS	Pseudo-F	P(permanova)
Profondità = P	1	10263	7.5214	0.006
Sito(P)	2	1364.5	1.5125	0.113
Residuo	8	902.15		
Totale	11			

Risultati del SIMPER test indicanti le specie del coralligeno che maggiormente contribuiscono a determinare le differenze tra profondità

Specie	-30m	-40m	Contrib%
	Ricopr.	Ricopr.	
<i>Flabellia petiolata</i>	38.74	0.56	31.41
<i>Phyllophora crispa</i>	0	12.5	9.99
<i>Peyssonnelia rubra</i>	10.24	16.77	9.1
<i>Tricheocarpa fragilis</i>	10.5	1.42	7.95
<i>Womersleyella setacea</i>	14.56	5.53	7.67
<i>Meredithia microphylla</i>	1.12	9.44	7.47
<i>Acrodiscus vidovichii</i>	3.11	0.92	2.44
<i>Halopteris filicina</i>	0.2	2.8	2.18
<i>Osmundae pelagosae</i>	2.78	3.83	2.14



MDS che mostra la distribuzione dei campioni di coralligeno tra 30 e 40 metri di profondità; le lettere si riferiscono ai siti di studio



Coralligeno di Calafuria

La popolazione di *corallium rubrum*

Il corallo rosso (*Corallium rubrum* L. 1758) è un gorgonaceo (Cnidaria, Anthozoa, Octocorallia), endemico del Mediterraneo dove vive su fondo roccioso tra i 20 ed i 600 metri di profondità. La facies a *Corallium rubrum* rappresenta una delle peculiarità più importanti dell'habitat coralligeno (Ballesteros, 2006).

La popolazione di corallo rosso di Calafuria è stata ampiamente studiata a partire dalla fine degli anni '80 del secolo scorso; sono stati studiati, in particolare, gli aspetti della biologia di popolazione, soprattutto quelli relativi alla biologia riproduttiva, alla crescita, alla mortalità ed al reclutamento (Abbiati et al., 1992; Santangelo e Abbiati, 2001 Santangelo et al., 2003, 2004, Bramanti et al., 2003; 2005, 2009; Santangelo et al., 2007). Altre ricerche hanno analizzato la strutturazione genetica della popolazione in relazione alle modalità di dispersione su piccola e su ampia scala (Abbiati et al., 1993; 1999; Costantini et al., 2007).

Distribuzione

La popolazione di *Corallium rubrum* di Calafuria è insediata lungo la falesia che si estende per circa 2 miglia tra Antignano ed il Romito ad una profondità compresa tra i 20 ed i 37-38 metri. Sulla

falesia la popolazione raggiunge densità elevate; a profondità maggiori (fino a 45-46 metri) piccoli gruppi di colonie sono distribuite su rocce isolate che giacciono sul fondo sedimentario.

La popolazione di Calafuria presenta una distribuzione di tipo fortemente discontinuo; ciò è dovuto alla struttura della falesia su cui le colonie sono insediate: il corallo rosso colonizza, infatti, solamente le cavità poco illuminate, la sua distribuzione è quindi determinata da quella delle cavità idonee al suo insediamento. All'interno delle *patches* di corallo, che presentano una superficie in prevalenza inferiore al m^2 , la densità può superare le 30 colonie/dm².

Dimensioni delle colonie

Le colonie sono di taglia relativamente piccola (compresa entro 10 cm di altezza, 1.2 mm di diametro e 8 grammi di peso secco), sono generalmente poco ramificate (Santangelo *et al.*, 1993; Santangelo *et al.*, 1999). Oltre la metà delle colonie di questa popolazione è infestata da spugne perforanti che, scavando cavità nello scheletro interno, ne riducono la compattezza ed il valore commerciale (Corriero *et al.*, 1997).

La struttura di taglia/età (della popolazione di *Corallium rubrum* di Calafuria è ben rappresentata da una curva “monotona” decrescente (Santangelo *et al.*, 2004). Sulla base di questa struttura la popolazione è costituita per il 59% da individui delle prime due classi (costituite da colonie che non sono riproduttive); per il 39% da individui delle classi 3-6 mentre le classi successive costituiscono solo il 2% del totale. Il “life-span” della popolazione è stimato in 15-20 anni, notevolmente inferiore quindi alla massima longevità attribuita a questa specie, che è di oltre un secolo. Il fatto che la struttura di età di questa popolazione presenti un andamento “monotono decrescente” (ogni classe di età più vecchia è più numerosa della successiva) suggerisce che la popolazione si trovi in una condizione di relativo equilibrio (“steady state”: popolazione con mortalità costante nel tempo). Il fatto che a distanza di alcuni anni la struttura di taglia-età sia rimasta simile conferma l'ipotesi di stabilità della popolazione.

Riproduzione, reclutamento e mortalità

La maturità sessuale viene raggiunta relativamente presto. Una parte delle colonie di 2 cm di altezza (corrispondenti a circa 3 anni di età) sono già riproduttive. L'età a cui viene raggiunta la maturità sessuale è notevolmente precoce per una specie longeva come il corallo rosso, il cui ciclo vitale può superare il secolo (Santangelo *et al.*, 2003). La percentuale delle colonie riproduttive

aumenta rapidamente con l'età. La popolazione presenta un certo scostamento dalla sex ratio 1/1 con una lieve predominanza delle colonie femminili (Santangelo *et al.*, 2003).

La liberazione delle planule avviene in un periodo di tempo limitato (riproduzione di tipo "discreto"), all'inizio dell'estate (Santangelo *et al.*, 2003).

la maggior parte dell'output riproduttivo sia carico delle prime classi sessualmente mature (3-6) che pur costituendo il 39% del totale, da sole generano il 80 % delle planule prodotte complessivamente dalla popolazione. E' probabile che tutto questo abbia favorito la sopravvivenza di questa popolazione soggetta ad un'intensa mortalità di differente origine.

Il reclutamento medio della popolazione di Corallo rosso di Calafuria varia tra 12,37 ($DS \pm 6.1$) e 2,77 ($DS \pm 3.04$) *recruits* per dm^2 , che è molto più elevato rispetto a quello misurato in altre popolazioni insediate a profondità simili all'Elba ed alle Isole Medes in Spagna (Bramanti *et al.*, 2005; 2007).

Il reclutamento della popolazione di Calafuria sembra presentare un'accentuata dipendenza dalla densità delle colonie adulte che si manifesta con due differenti effetti: positivo per basse densità e negativo per densità maggiori. Mentre per basse densità delle colonie adulte la percentuale di planule che riesce ad insediarsi aumenterebbe con la densità delle colonie stesse (le colonie adulte favorirebbero l'insediamento larvale), ad elevate densità la percentuale delle planule che riescono ad insediarsi si ridurrebbe per l'effetto competitivo delle colonie adulte (Santangelo *et al.*, 2007; Bramanti *et al.*, 2009).

La popolazione di corallo rosso di Calafuria subisce una mortalità relativamente elevata, pari allo 0,44 %. Le cause della mortalità riscontrate in questa popolazione sono diverse; in particolare:

- 1) Il parassitismo da parte delle spugne perforanti che colpisce in media il 51,9% ($DS \pm 9.6$) delle colonie; questa percentuale è maggiore per le colonie più vecchie (Corriero *et al.*, 1997);
- 2) Le numerose immersioni da parte di subacquei spesso poco esperti e poco accorti provocano il distacco e la rottura delle ramificazioni di numerose colonie;
- 3) Le lenze, le reti e le ancore che, rimanendo impigliate nelle colonie ne provocano facilmente il distacco (e quindi la morte);
- 4) Alcuni ectoparassiti: il neogasteropode *Simnia carnea* e il costaceo palemonide *Balssia gast*, nutrendosi dei polipi, danneggiano le colonie di corallo (Abbiati e Santangelo, 1989).
- 5) Le morie di massa legate al Cambiamento Climatico Globale (Santangelo e Fronzoni, 2008); il riscaldamento anomalo della tarda estate del 1999 (Cerrano *et al.* 2001) ha ridotto il

reclutamento di questa popolazione in quell'anno e ucciso alcune delle colonie nella parte meno profonda della loro distribuzione batimetrica (Bramanti *et al.*, 2005; Santangelo *et al.*, 2007).

Nonostante un'alta mortalità, la popolazione di Calafuria appare dotata di una grande capacità di recupero, grazie ad un output riproduttivo ed un reclutamento particolarmente elevati se comparati a quelli di altre popolazioni.

Conclusioni

Il corallo di Calafuria costituisce una vera popolazione naturale geneticamente differenziata che si autoalimenta con la sua riproduzione e che è, quindi, indipendente da altre popolazioni limitrofe (come quella dell'Elba) per la propria sopravvivenza (Abbiati *et al.*, 1993, 1999; Costantini *et al.*, 2007).

La popolazione di Calafuria è caratterizzata da colonie di piccola taglia che presentano una densità elevatissima, un output riproduttivo ed un reclutamento molto elevato (maggiore di quello riscontrato nelle altre popolazioni e da una grande frequenza di spugne perforanti che ne riducono notevolmente il valore economico. Questa particolare struttura potrebbe essere stata causata dal tipo di sfruttamento subito in passato, che, eliminando le colonie più grandi (forti competitori) potrebbe aver favorito l'insediamento di un grande numero di giovani colonie di piccola taglia (Bramanti *et al.*, 2009). E' inoltre possibile che il parassitismo delle colonie di Calafuria, abbia limitato lo sfruttamento di questa popolazione negli ultimi anni, e ciò, insieme alla piccola taglia/età precoce a cui viene raggiunta la maturità sessuale ed all'elevata densità delle piccole colonie, possa avere favorito la sopravvivenza di questa popolazione. La sorte futura della popolazione di *Corallium rubrum* di Calafuria è però da considerare legata alla sua tutela nei prossimi anni e, come per tutte le specie bentoniche costiere, dalle tendenze future del clima globale.

Considerazioni generali

I popolamenti coralligeni di Calafuria mostrano una discreta biodiversità, se confrontati con altre aree della Toscana (Piazzi et al 2004), anche se in alcune porzioni della scogliera, l'invasione di specie alloctone ne ha compromesso la struttura originale (Piazzi et al 2007, Piazzi e Balata 2008, 2009).

I popolamenti coralligeni di Calafuria, rispetto agli altri i popolamenti toscani, mostrano una dominanza di feltri algali e basse abbondanze di Udoteacee erette quali *Halimeda tuna* e *Flabellia petiolata*, che normalmente caratterizzano questi popolamenti alla stessa profondità (Piazzi et al., 2004). Tali differenze possono essere legate a fattori di disturbo. Gli alti tassi di sedimentazione che caratterizzano l'area di Calafuria limitano la penetrazione della luce causando uno spostamento verso l'alto del limite di distribuzione di alcune specie, come le Udoteacee. Inoltre, la colonizzazione della Rhodophyta introdotta *Womersleyella setacea*, specie che caratterizza i feltri algali dell'area di studio, può limitare lo sviluppo di specie tipiche del coralligeno. Una sinergia tra il tasso di sedimentazione e l'invasione di specie alloctone può rappresentare il fattore principale che determina la struttura dei popolamenti di Calafuria e può essere considerato come la principale minaccia per tali popolamenti insieme alla distruzione meccanica conseguente ad ancoraggi e pesca.

Nonostante la presenza di tali tipi di disturbo, il coralligeno di Calafuria si presenta ben strutturato con un'alta abbondanza di Cnidaria, tra cui *Corallium rubrum*, che rappresenta una specie ampiamente distribuita all'interno dell'area di studio.

Riferimenti bibliografici

- ABBIATI M., BUFFONI B., CAFORIO G., DICOLO G., SANTANGELO G., 1992. Harvesting, predation and competition effects on a red coral population. *Neth. J. Sea Res.* 30: 219-228.
- ABBIATI M., SANTANGELO G., NOVELLI S., 1993. Genetic variation within and between two Tyrrhenian populations of the Mediterranean alcyonarian *Corallium rubrum*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 95: 245-250.
- ABBIATI M., VIRGILIO M., QUERCI J.. 1996. Spatial and temporal variability of species distribution on a sublittoral rocky cliff in the Ligurian Sea. *S. It. E. Atti* 17: 337-340.

- BALATA D., ACUNTO S. e CINELLI F., 2006 - Spatio-temporal variability and vertical distribution of a low rocky subtidal assemblage in the north-west Mediterranean. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 67: 553-561.
- BALLESTEROS E., 2006 - Mediterranean coralligenous assemblages: a synthesis of present knowledge. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review* 44: 123-195.
- BRAMANTI L., MAGAGNINI G., SANTANGELO G., 2003. Settlement and recruitment: the first stages in the life cycle of two epibenthic suspension feeders. *Ital. J. Zool.* 70: 175-178.
- BRAMANTI L., MAGAGNINI G., DEMAIO L., SANTANGELO G., 2005. Recruitment, early survival and growth of the Mediterranean Red Coral *Corallium rubrum* (L 1758), a four-year study. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 314: 69-78.
- BRAMANTI L., ROSSI S., TSOUNIS G., GILI J.M., SANTANGELO G., 2007. Settlement and early survival of red coral on artificial substrates in different geographic areas: some clues for demography and restoration. *Hydrobiol.* 580: 219-224
- CECCHI E., BALATA D., PIAZZI L., SERENA F. 2009. Variabilità spaziale dei popolamenti coralligeni di Calafuria (Livorno) *Atti Società Toscana Scienze Naturali*. 116: 119-121.
- CORRIERO G, ABBIATI M., SANTANGELO G., 1997. The sponge complex inhabiting a Mediterranean red coral population. *PSZN Mar. Ecol.* 18: 147-155.
- COSTANTINI F., FAUVELOT C., ABBIATI M., 2007. Fine-scale genetic structuring in *Corallium rubrum*: evidence of inbreeding and limited effects of larval dispersal. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 340: 100-119.
- PACCIARDI L. 2000. Variabilità spaziale e temporale di popolamenti coralligeni mediterranei in relazione all'orientamento della superficie del fondo. Tesi di Laurea, Università di Pisa
- PIAZZI L., BALATA D. 2008. The spread of *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* in the Mediterranean Sea: an example of how biological invasions can influence beta diversity. *Marine Environmental Research*, 65: 50-61.
- PIAZZI L., BALATA D. (2009). Invasion of alien macroalgae in different Mediterranean habitats. *Biological Invasions*. 11: 193-204.
- 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., BALATA D., PERTUSATI M. E CINELLI F., 2004 - Spatial and temporal variability of Mediterranean macroalgal coralligenous assemblages in relation to habitat and substrate inclination. *Botanica Marina* 47: 105-115.
- PIAZZI L., BALATA D., CINELLI F. 2007 Invasions of alien macroalgae in Mediterranean coralligenous assemblages. *Cryptogamie Algologie* 28: 289-301.
- PIAZZI L., BALATA D., 2008. The spread of *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* in the Mediterranean Sea: an example of how biological invasions can influence beta diversity. *Mar. Env. Res.* 65: 50-61.
- Piazzì L., Balata D., 2009. Invasion of alien macroalgae in different Mediterranean habitats. *Biol. Inv.* 11: 193-204.
- PREVIATI M. 2003. Studio di una popolazione di *Paramuricea clavata* (Risso, 1826) (Anthozoa, Gorgonacea, Paramuriceidae) delle coste toscane. Tesi di Laurea, Università di Firenze.
- SANTANGELO G., ABBIATI M., 2001. Red coral: conservation and management of an overexploited Mediterranean species. *Aquat. Cons. Mar. Freshw. Ecosys.* 11: 253-259.
- SANTANGELO G., CARLETTI E., MAGGI E., BRAMANTI L., 2003. Reproduction and population sexual structure of the overexploited Mediterranean red coral *Corallium rubrum*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 248: 99-108.
- SANTANGELO G., MAGGI E., BRAMANTI L., BONGIORNI L., 2004. Conservation biology and population demography of a Mediterranean overexploited species. *Sci. Mar.* 67: 199-204.
- SANTANGELO G., BRAMANTI L., IANNELLI M., 2007. Population dynamics and conservation biology of the over-exploited Mediterranean Red coral. *J. Theor. Biol.* 244: 416-423.
- SANTANGELO G., VIELMINI I., BRAMANTI L., IANNELLI M.. 2009. La popolazione di corallo rosso (*Corallium rubrum* L. 1758) di Calafuria (LI). *Atti Società Toscana Scienze Naturali* 116: 91-97.
- VIRGILIO M., AIROLDI L., ABBIATI M. 2006. Spatial and temporal variations of assemblages in a Mediterranean coralligenous reef and relationships with surface orientation. *Coral Reefs* 25: 265-272.

LE CAVITÀ SOMMERSE

Caratteristiche e importanza ecologica della grotte marine

Le grotte sommerse rappresentano un habitat peculiare, che presenta caratteristiche diverse da tutti gli altri habitat costieri e che è ritenuto di alto valore ecologico. Le loro caratteristiche geologiche, idrodinamiche ed ecologiche li rendono ambienti marini unici all'interno degli ecosistemi costieri.

Con il termine di grotte marine si comprende tutte le cavità sommerse o anche solo parzialmente invase dall'acqua marina. In base alla loro origine le cavità marine possono essere classificate in primarie, cioè originatesi insieme alla roccia in cui sono scavate, e secondarie, originatesi successivamente in seguito a fenomeni di degradazione. Le cavità primarie, più rare possono avere un'origine vulcanica o sedimentaria. Le cavità secondarie, notevolmente più frequenti, sono dovute alla degradazione delle rocce sottoposte all'azione di agenti ambientali che possono provocare un'accelerata erosione. In base all'agente ambientale predominante, possono essere suddivise in cavità di crollo, cavità carsiche, cavità di abrasione marina, cavità biogeniche (dovute all'azione di organismi perforatori) e cavità di origine mista, che si originano per concomitanza di diversi agenti speleo-genetici. Il ruolo dell'azione del mare è in genere molto modesto, in quanto l'azione meccanica si attenua velocemente con la profondità e l'azione chimica è importante solo all'interfaccia aria-acqua. Il mare in genere si limita a modificare con la propria azione cavità formati in ambiente subaereo. La maggior parte delle grotte sommerse è quindi di origine mista e deve la posizione alle variazioni del livello del mare.

Le grotte costituiscono un ecosistema particolare legato al rapido attenuarsi della luce e dell'idrodinamismo. La luce si attenua repentinamente fino ad estinguersi, determinando la scomparsa dei vegetali, quindi la mancanza di produzione primaria. Il confinamento legato alla riduzione dell'idrodinamismo, rende precario l'apporto di sostanza nutritiva dall'esterno determinando un impoverimento dei popolamenti. Le grotte con più di un'apertura presentano un rinnovo delle masse d'acqua costante che consente il mantenimento di ricche comunità bentoniche anche nelle parti più interne.

I fattori fisici che caratterizzano le cavità sommerse contribuiscono a selezionare organismi peculiari. All'interno delle cavità sommerse possiamo trovare sia organismi sciafili tipici del circolatorio, sia organismi esclusivi di tale ambiente, sia organismi tipici di acque profonde che

risalgono in all'interno delle cavità. Da un punto di vista evolutivo, la colonizzazione delle grotte è avvenuta secondo due eventi principali: la penetrazione di specie generaliste e la penetrazione di specie preadattate, che vivono cioè in ambienti con caratteristiche simili. Tra questi ultimi si possono distinguere specie cripto-biotiche (vivono in micro cavità di ambienti coralligeni), specie batiali, specie relitte (organismi arcaici, scomparsi da altri ambienti costieri in seguito a fenomeni competitivi). La distribuzione degli organismi all'interno delle grotte presenta una chiara zonazione relativa alla distanza dall'ingresso. Due biocenosi principali possono essere riconosciute, una biocenosi di grotta semioscura, prossima all'ingresso della cavità, e una biocenosi di grotta oscura, che caratterizza le zone interne. Un modello di zonazione bionomica identifica all'interno delle grotte sei differenti zone lungo un gradiente longitudinale: periferia, avangrotta (l'ingresso della cavità, con una presenza di organismi vegetali), grotta vivificata (dominata da filtratori passivi), grotta semiconfinata (con ricoprimento di circa il 60% e dominanza di forme massive), grotta confinata (con basso ricoprimento e dominanza di forme incrostanti), grotta estrema (con copertura inferiore al 10%).

Distribuzione e caratteristiche delle cavità sommerse di Calafuria

Lungo la costa di Calafuria, in relazione alle sue caratteristiche geologiche, non si ha un sistema di cavità marine particolarmente sviluppato. Ciononostante alcune cavità relativamente modeste si aprono lungo la scogliera tra i 20 e i 40 metri di profondità. Procedendo da nord verso sud si incontrano il Grottino del Boccale, il Camino, l'Arco e la Grotta del Grongo (AAVV 2009, Serena et al. 2011).

Grottino del Boccale

È situato davanti all'omonimo castello, ad una profondità di 20-25 metri. Si tratta di una cavità a tunnel.

Il Camino

È situato poco a sud rispetto al Grottino del Boccale. L'ingresso è posto ai piedi della falesia verticale alla profondità di 35 m. La cavità è costituita da un tunnel che risale per oltre 10 m per finire ad un secondo ingresso a 20 m di profondità.

L'Arco

Posto a occidente del Camino, l'Arco è costituito da un passaggio sub orizzontale che si apre a 40 m di profondità.

Grotta del Grongo

La grotta del grongo è situata a nord-ovest della Torre di Calafuria. Si tratta di una grotta a tunnel con i due ingressi posti a 25 m e a 15 m. Dall'ingresso situato a 25 m si penetra in un'ampia camera, separata in due parti da blocchi rocciosi; in fondo alla seconda parte della camera si apre in camino che conduce al secondo ingresso. Il pavimento è ricoperto di sabbia fine; l'altezza massima è di 2 m. La cavità ha uno sviluppo di circa 20 m.

Caratteristiche bionomiche

Le grotte sommerse di Calafuria presentano caratteristiche ecologiche simili tra loro. Si tratta infatti sempre di cavità con uno sviluppo piuttosto semplice e dotate di due aperture. Tali caratteristiche fanno sì che al loro interno non si vengano a creare situazioni di confinamento estremo, che al contrario si realizzano in cavità con sviluppo complesso e a fondo cieco. Inoltre, si aprono tutte al di sotto dei 20 m di profondità. Possono quindi essere identificati alcuni patterns comuni di distribuzione spaziale degli organismi sessili. I popolamenti nelle immediate vicinanze degli ingressi possono essere ricollegati a tipici popolamenti coralligeni di parete, dominati da Corallinales incrostanti, Peyssonellyaceae, briozoi e poriferi. La porzione interna varia invece tra le due più semplici, l'Arco e il Grottino del Boccale, e le due con uno sviluppo maggiore, la grotta del Grongo e il Camino. Nelle prime, il soffitto e le pareti rimangono sempre ben vivificate, con dominanza di madreporari (*Leptosammia pruvoti*), briozoi, poriferi e anche *Corallium rubrum*. Il Camino e la Grotta del Grongo presentano una parte centrale meno vivificata, con bassi ricoprimenti e dominanza di poriferi e serpulidi.

Importante anche la fauna vagile che colonizza le grotte. Tra i pesci, molte specie vi trovano rifugio più o meno occasionale, ma alcune fanno di tali ambienti il loro habitat di elezione. Tra le specie maggiormente legate alle cavità possiamo indicare *Thorogobius ephippiatus* e il raro *Gaidropsarus mediterraneus*. Molti sono anche i crostacei tipici di tale habitat segnalati nelle cavità sommerse di

Calafuria, come *Palinurus elephas*, *Homarus gammarus*, *Herbstia condyliata*, *Dromia personata*, *Stenopus spinosus*, *Lysmata saticaudata*, *Scyllarus arctus*, *Scyllarides latus*.

Considerazioni generali

Nonostante Calafuria non possa essere considerata un'area di elevato interesse speleo-marino, la presenza di 4 cavità in un tratto di costa relativamente breve e il fatto che si tratta delle uniche cavità sommerse presenti lungo le coste toscane dalla foce del Magra e Talamone, rappresentano fattori che contribuiscono a accrescerne l'importanza. Le grotte marine sono ambienti peculiari, ecologicamente rilevanti quanto sensibili ai fattori di disturbo. I popolamenti di grotta sono riconosciuti come uno dei principali target nell'ambito della conservazione della biodiversità e rappresentano quindi un elemento importante da considerare per la valorizzazione ambientale dell'area di Calafuria.

Riferimenti bibliografici

AAVV. 2009. *Calafuria sommersa*. Felici Editore.

SERENA F., MAZZANTI R., PIAZZI L. 2011. Le Grotte Marine della Toscana. *TALP, Rivista della Federazione Speleologica Toscana*. n. 41, pp160.

POPOLAMENTI A POLYCHAETA

I popolamenti a Polychaeta lungo la costa di Calafuria sono stati studiati nei piani mesolitorale e infralitorale fino ad una profondità di circa 7 metri (Abbiati et al. 1987, Giangrande 1988).

Sono stati campionati due differenti periodi, agosto e febbraio. I popolamenti sono stati campionati mediante grattaggio completo di superfici di 400 cm². I valori di abbondanza per ciascun campione sono stati valutati come numero di individui e i dati sono stati analizzati mediante tecniche multivariate.

Sono state identificate 119 specie. La famiglia dominante è risultata quella dei Syllidae con 45 specie, altre famiglie ben rappresentate erano Nereidae, Eunicidae, Sabellidae e Serpulidae.

L'analisi della distribuzione ha rivelato l'esistenza di 3 distinte comunità separate da due discontinuità: il mesolitorale, la fascia tra 0 e 2 metri circa e la fascia tra 2 e 6 metri.

Il popolamento del mesolitorale è risultato composto da 15 specie, delle quali le più abbondanti erano *Syllis amica*, la sola specie esclusiva di tale zona, *Protoaricia oerstedii* e *Platynereis dumerilii*.

Il popolamento della frangia infralitorale, tra 0 e 2 metri, presentava come specie dominanti *Platynereis dumerilii*, *Syllis gracilis* e *Protoaricia oerstedii*; altre specie abbondanti erano *Syllis prolifera*, *Eunice harassii*, *Spirobranchus polytrema*, *Ceratonereis costae*, *Nereis zonata*. Il popolamento algale corrispondente era rappresentato principalmente da alghe fotofile quali *Corallina elongata*, *Jania rubens*, *Laurencia obtusa*.

Il popolamento infralitorale, tra i 2 e i 6 metri di profondità, era costituito principalmente da specie tipiche di ambienti sciafili, quali *Lysidice ninetta*, *Keferstenia cirrata*, *Amphiglena mediterranea*, *Lumbrinereis funchalensis*, *Oriopsis armandi*, *Nereis rava*, *Eurysyllis tuberculata*, *Syllis truncata*, *S. hyalina*, *Pseudobrania clavata*, *Fabricia sabella*, *Exogone grammifera*, *Sphaerosyllis hystrix*. Il popolamento algale presente in tale zona presentava una dominanza di specie sciafile quali *Peyssonnelia* spp e *Halimeda tuna*.

La diversità specifica aumentava dalla superficie verso il fondo. L'indice di diversità di Shannon-Weaver era pari a 1.58 nel mesolitorale, 2.48 nella frangia e 3.32 nell'infralitorale.

La distribuzione dei Polychaeta non ha mostrato differenze stagionali sostanziali, evidenziando patterns di zonazione praticamente simili nei mesi di febbraio e agosto. La principale differenza tra i due periodi è risultata in un aumento del numero di specie in agosto, specialmente di Syllidae, nel popolamento di frangia.

La zonazione del popolamento di Polychaeta della costa di Calafuria rispecchia i modelli di zonazione di costa rocciosa basati sulla modificazione delle caratteristiche idrodinamiche, identificando in questo fattore uno dei principali responsabili dei patterns di distribuzione dei popolamenti superficiali. Altri fattori possono comunque essere presi in considerazione, quali l'attenuazione della luce e, soprattutto, il cambiamento della composizione dei popolamenti algali, che possono profondamente modificare le caratteristiche dell'habitat.

Lista delle specie di Polychaeta presenti nell'area di Calafuria nei piani meso e infralitorale

TAXA

Orbinidae

Protoaricia oerstedii (Claparede)

Ctenodrilidae

Ctenodrilus serratus (O. Schmidt)

Spionidae

Polydora caeca (Oersted)

Polydora armata Claparede

Prionospio cirrifera Wiren

Prionospio sp.

Scololepis cantabra (Rioja)

Scololepis cirratus (Delle Chiaja)

Cirratulidae

Caulleriella alata (Southern)

Caulleriella bioculata (Keferstein)

Cirratulus chrysoderma Oersted

Cirratulus cirratus (OF Muller)

Dodecaceria concharum Oersted

Maldanidae

Maldane sarsi Malmgren

Micromaldane ornithoteca (Mesnil)

Phyllodocidae

Eteone longa (Fabricius)

Eulalia limbata Claparede

Eulalia punctifera Grube

Eulalia sanguinea Oersted

Eulalia tripunctata McIntosh

Mystides limbata Saint-Joseph

Notophyllum foliosum Sars

Phyllodoce nana Saint-Joseph

TAXA*Pterocirrus macroceros* Grube**Sphaerodoridae***Ephesiella abyssorum* (Hansen)**Aphroditidae***Pontogenia chrysocoma* (Baird)**Polynoidae***Eunoe* sp.*Harmothoe longisetis* (Grube)*Harmothoe* sp.*Harmotoe aureolata* Grube*Harmotoe Ijumanni* (Malgrem)*Harmotoe spinifera* Ehlers*Lepidonotus clava* (Montagu)**Sigalionidae***Pholoe minuta* (Fabricius)*Pholoe synophtalmica* Claparede**Chrysopetalidae***Chrysopetalum debile* (Grube)**Hesionidae***Keferstenia cirrata* (Keferstein)*Leocrates atlanticus* Mc Intosh*Ophiodromus flexuosus* Delle Chiaie*Podarke pallida* Claparede*Syllidia armata* Quatrefages**Syllidae***Amblyosyllis formosa* Claparede*Autolytus aurantiacus* (Claparede)*Autolytus convolutus* Cognetti*Autolytus macrophtalmos* (Marenzeller)*Autolytus prolifer* (OF Muller)*Autolytus quindecendentatus* Langerhans*Autolytus* sp.*Branchiosyllis exilis* Westeide*Brania pusilla* (Dujardin)*Ehlersia cornuta* (Rathke)*Ehlersia ferruginea* (Langherans)*Eurysyllis tuberculata* Ehlers*Eusyllis assimilis* Marenzeller*Eusyllis blomstrandii* Malgrem*Exogone brevipes* (Claparede)*Exogone gemmifera* (Pagenstecher)*Exogone naidina* Oersted*Exogone rostrata* Naville*Exogone verugera* (Claparede)*Odontosyllis ctenostoma* Claparede*Odontosyllis fulgurans* Claparede*Odontosyllis gibba* Claparede

TAXA

Parapionosyllis minuta (Piderantoni)
Pionosyllis lamelligera Saint-Joseph
Pionosyllis longicirrata Saint-Joseph
Pionosyllis moronoe San Martin
Pionosyllis pulligera (Krohn)
Pseudobrania clavata (Claparede)
Pseudobrania limbata (Claparede)
Pseudobrania vieitezi San Martin
Pseudosyllis brevipennis (Grube)
Pterosyllis formosa Claparede
Spaerosyllis austriaca Banse
Sphaerosyllis bulbosa Southern
Sphaerosyllis hystrix Claparede
Sphaerosyllis longicauda Webster et Benedict
Sphaerosyllis pirifera Claparede
Syllides longicirrata Oersted
Syllis amica Quatrefages
Syllis armillaris Malgrem
Syllis bouvieri Gravier
Syllis garciae (Campoy)
Syllis golfonovoensis (Hartman-Schroeder)
Syllis gracilis Grube
Syllis hyalina Grube
Syllis khroni Ehlers
Syllis prolifera Krohn
Syllis spongicola Grube
Syllis truncata criptica Ben-Ehliou
Syllis variegata Grube
Syllis vittata Grube
Syllis zonata Haswell
Trypanosyllis zebra Grube
Xenosyllis scabra Marion et Borretzky

Nereidae

Ceratonereis costae (Grube)
Ceratonereis hircinicola Eisig
Micronereis variegata Claparede
Nereis jacksoni Kindberg
Nereis rava Ehlers
Nereis rifasciata Grube
Nereis zonata Malgrem
Nereis zonata Malgrem
Perinereis cultrifera (Grube)
Platynereis dumerilii Aoudouin et Milne-Edwards

Glyceridae

Glycera sp.

Euphrosinidae

Euphrosine foliosa Aoudouin et Milne-Edwards

TAXA**Eunicidae***Eunice harassii* Aoudouin et Milne-Edwards*Eunice torquata* Quatrefages*Lysidice ninetta* Aoudouin et Milne-Edwards*Marphysa sanguinea* (Montagu)*Nematonereis unicornis* (Grube)*Palola siciliensis* (Grube)**Lumbrineridae***Lumbrineris coccinea* (Renieri)*Lumbrineris funchalensis* Kinberg**Arabellidae***Arabella iricolor* (Montagu)**Dorvilleidae***Dorvilalea rubrovittata* (Grube)*Protodorvillea kefersteini* (Mc Intosh)**Orbiniidae***Protoaricia oerstedii* (Claparède)**Owenidae***Owenia fusiformis* Delle Chiaje**Cirratulidae***Cirriformia filigera* (Delle Chiaje)**Maldanidae***Micromaldane ornithochaeta* Mesnil**Opheliidae***Polyophthalmus pictus* (Dujardin)**Terebellidae***Parathelepus collaris* (Southern)*Polycirrus* sp.*Thelepus cincinnatus* (Fabricius)**Sabellidae***Amphiglena mediterranea* (Leydig)*Branchiomma bombix* (Dalyell)*Branchiomma lucullanum* (Delle Chiaje)*Chone collaris* Langerhans*Fabricia sabella* (Ehrenberg)*Fabricia tonerella* Banse*Oriopsis armandi* (Claparede)*Oriopsis eimeri* Langerhans*Potamilla* sp.*Potamilla stichophtalmos* (Grube)*Pseudopotamilla reniformis* (Muller)*Sabella fabricii* Kroyer*Sabella pavonina* Savageau*Sabella spallanzanii* Viviani**Serpulidae***Hydroides nigra* Zibrowius*Hydroides pseudouncinata* Zibrowius

TAXA

Pomatoceros triqueter Linnaeus
Protula tubularia (Montagu)
Serpula concharum Langherans
Serpula lobiancoi Rioja
Serpula vermicularis Linnaeus
Spyrobranchus polytrema (Philippi)
Vermiliopsis striaticeps (Grube)

Riferimenti bibliografici

ABBIATI M., BIANCHI C.N., CASTELLI A. 1987. Polychaete vertical zonation along a littoral cliff in the Western Mediterranean. PSZNI Marine Ecology, 8: 33

GIANGRANDE A. 1988. Polychaete zonation and its relation to algal distribution down a vertical cliff in the Western Mediterranean (Italy): a structural analysis. J Exp Mar Biol Ecol, 120: 263

MOLLUSCA

I popolamenti di Molluschi sono ampiamente utilizzati per caratterizzare e monitorare gli ecosistemi costieri, in relazione al fatto che sono considerati buoni indicatori dello stato ecologico degli ambienti ove vivono, oltre che per il ruolo funzionale che rivestono in termini di biomassa e biodiversità. La maggior parte degli studi sui Molluschi dell'area livornese è riferita a fondi mobili o agli Opisthobranchi del litorale cittadino (Sordi e Majidi 1956) e delle Secche della Meloria (Sordi 1969), mentre meno investigati sono i popolamenti di fondo duro dell'area di Calafuria.

Metodi

I dati sono riferiti ad una lista fornita da E. Campani del Gruppo Malacologico Livornese e da due lavori di tesi eseguite presso l'Università di Pisa (Cappagli 1999, Campani 1999), rispettivamente sull'ecologia dei molluschi Prosobranchi e Opisthobranchi dell'area di Calafuria. Entrambi questi lavori hanno investigato la dinamica stagionale dei popolamenti di molluschi in due differenti habitat: il pianoro fotofilo alla profondità di circa 10 metri e la scogliera coralligena alla profondità di circa 25 metri. Per ogni stagione e per ogni profondità sono stati campionati due siti. Sono state utilizzate sia tecniche di campionamento visivo che distruttivo tramite grattaggio completo del substrato. I dati sono stati analizzati mediante tecniche multivariate.

I dati relativi alle praterie di *Posidonia oceanica* sono riferiti ai risultati dello studio effettuato nell'ambito del progetto transfrontaliero INTERREG IIIA (Bedini 2004).

Risultati

In totale sono state determinate 399 specie: 5 Placophora, 297 Gastropoda, 84 Bivalvia, 8 Scaphopoda, 5 Cephalopoda.

I popolamenti di molluschi dell'area di Calafuria hanno mostrato una composizione specifica simile a quella di altre aree del Mediterraneo (Chemello, 1991; Chemello e Russo, 1997; Chemello *et al.*, 1997) ma una biodiversità che può essere considerata elevata.

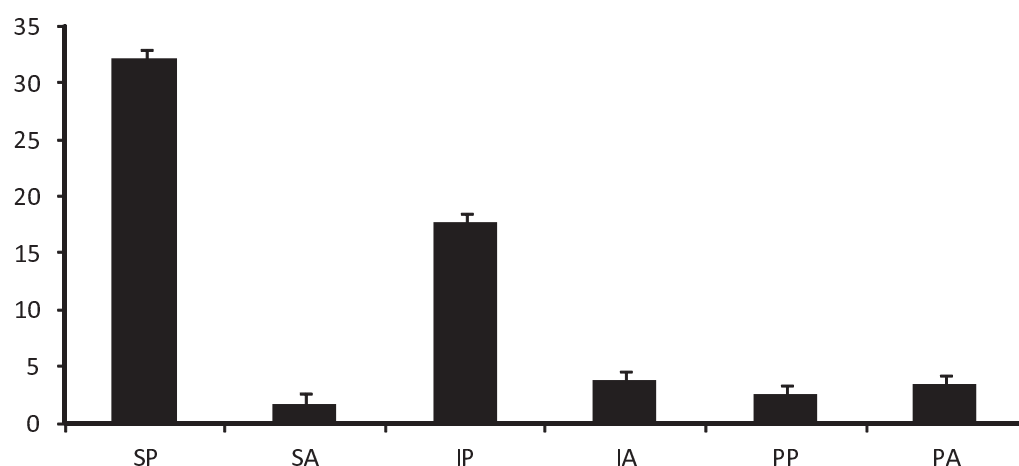
L'elevato numero di specie è probabilmente da mettere in relazione all'eterogeneità degli habitat presenti nell'area. La presenza di popolamenti algali ben sviluppati, in particolare, rappresenta un importante fattore ecologico per la distribuzione dei molluschi, sia per motivi trofici che per il

livello di complessità dei talli (Chemello, 1991; Chemello e Russo, 1997; Chemello *et al.*, 1997; Sánchez-Moyano *et al.*, 2000; Chavanich e Harris, 2002; Kelaher *et al.*, 2007).

Lo studio relativo ai molluschi Prosobranchi ha messo in evidenza un'abbondanza maggiore di specie della famiglia Rissoidae, confermando lo stretto legame tra questi organismi e la presenza di alghe a portamento eretto che caratterizzano i popolamenti bentonici dell'area di studio. I popolamenti superficiale e profondo sono risultati differenti soprattutto in relazione all'abbondanza di alcune specie, come *Crisilla semistriata*, *Rissoa decorata* e *Pusillina philippi* nel popolamento superficiale e *Caecum subannulatum*, *Parastrophia austuriana* e *Alvania lineata* in quello profondo. Tale distribuzione si spiega con un maggior legame alle alghe calcaree di queste ultime specie. *Bittium* spp. risultava il taxa più abbondante nei due habitat. Le abbondanze massime sono state osservate nel periodo autunno-inverno.

Lo studio relativo ai molluschi Opisthobranchi ha messo in evidenza una netta differenza tra i popolamenti superficiale e profondo. Il popolamento superficiale risultava caratterizzato dai Sacoglossi *Elysia timida* e *Thuridilla hopei*. Il popolamento profondo presentava maggiormente abbondanti le specie *Discodoris atromaculata*, *Flabellina babai*, *Hypselodoris picta*, *H. tricolor*, *Phyllidia flava*. Alcune specie, come *Flabellina affinis*, *Cratena peregrina* e *Hypselodoris fontandraui*, sono risultate distribuite lungo tutto il gradiente batimetrico. Variazioni stagionali sono risultate significative per il popolamento superficiale ma non per quello profondo, che presentava una maggiore stabilità, anche se le dimensioni degli individui sono apparse maggiori in inverno. Da segnalare la presenza di *Phyllidia flava*, una specie considerata rara che è risultata piuttosto comune nell'area di Calafuria.

Nelle praterie di *Posidonia oceanica*, le specie più comuni sono risultate *Alvania discors*, *Bittium reticulatum*, *Gibbula varia*, *Rissoa auriscalpium*, *Rissoa variabilis* e *Rissoa ventricosa*. L'abbondanza degli organismi segue un gradiente di profondità con valori massimi presso il limite superiore della prateria e minimi presso quello inferiore. Per quanto riguarda la stagionalità, importanti variazioni sono state osservate nelle porzioni più superficiali della prateria, dove si hanno maggiori abbondanze in primavera-estate, mentre presso il limite inferiore tali variazioni appaiono molto attenuate.



Numero di individui per campione nella praterie di *Posidonia oceanica*, a 3 profondità (S = superficiale, I = intermedio, P = Profondo) e in due differenti periodi (P = Primavera, A = Autunno)

Lista dei taxa identificati nell'area di Calafuria

PLACOPHORA

LEPIDOPLEURIDA

Leptochitonidae

Lepidopleurus cajetanus (Poli, 1791)

Ischnochitonidae

Lepidochitona caprearum (Scacchi, 1836)

Ischnochiton rissoi (Payreudeau, 1826)

Chitonidae

Chiton olivaceus Splengler, 1797

Acanthochitonidae

Acanthochitona fascicularis (Linné, 1767)

GASTROPODA

PATELLOGASTROPODA

Patellidae

Patella caerulea Linnaeus, 1758

Patella rustica Linnaeus, 1758

Patella ulyssiponensis Gmelin, 1791

Lottiidae

Tectura virginea (Mueller O.F., 1776)

VETIGASTROPODA**Fissurellidae**

Emarginula octaviana Coen, 1939

Emarginella huzardii (Payraudeau, 1826)

Fissurella nubecula (Linnaeus, 1758)

Diodora gibberula (Lamarck, 1822)

Diodora graeca (Linnaeus, 1758)

Diodora italica (Defrance, 1820)

Scissurellidae

Scissurella costata D'Orbigny, 1824

Haliotidae

Haliotis tuberculata tuberculata Linnaeus, 1758

Trochidae

Jujubinus exasperatus (Pennant, 1777)

Jujubinus gravinae (Dautzemberg, 1881)

Jujubinus striatus striatus (Linnaeus, 1758)

Clanculus corallinus (Gmelin, 1791)

Clanculus jussieui (Payraudeau, 1826)

Clanculus cruciatus (Linnaeus, 1758)

Osilinus articulatus Lamarck, 1822

Osilinus turbinatus (Von Born, 1778)

Gibbula adansonii (Payraudeau, 1826)

Gibbula divaricata (Linnaeus, 1758)

Gibbula fanulum (Gmelin, 1791)

Gibbula guttadauri (Philippi, 1836)

Gibbula magus (Linnaeus, 1758)

Gibbula philberti (Recluz, 1843)

Gibbula racketti (Payraudeau, 1826)

Gibbula rarilineata (Michaud, 1829)

Gibbula turbinoides (Deshayes, 1835)

Gibbula umbilicaris (Linnaeus, 1758)

Gibbula varia (Linnaeus, 1758)

Phorcus richardi (Payraudeau, 1826)

Calliostomatidae

Calliostoma conulus (Linnaeus, 1758)

Calliostoma laugierii (Payraudeau, 1826)

Chilodontidae

Danilia tinei (Calcara, 1839)

Turbinidae

Bolma rugosa Risso, 1826

Colloniidae

Homalopoma sanguineum (Linnaeus, 1758)

Phasianellidae

Tricolia pullus pullus (Linnaeus, 1758)

Tricolia speciosa (Von Muhelfeldt, 1824)

Tricolia tenuis (Michaud, 1829)

Skeneidae

Skenea serpuloides (Montagu, 1808)

NERITIMORPHA**Neritidae**

Smaragdia viridis (Linnaeus, 1758)

CAENOCASTROPODA**Cerithiidae**

Cerithidium submamillatum (De Rayneval e Ponz, 1854)

Bittium latreillii (Payraudeau, 1826)

Bittium reticulatum (da Costa, 1778)

Bittium scabrum (Olivi, 1792)

Cerithium lividulum Risso, 1826

Cerithium renovatum Monterosato, 1884

Cerithium vulgatum Bruguiere, 1792

Planaxidae

Fossarus ambiguus (Linnaeus, 1758)

Siliquariidae

Tenagodus obtusus (Schumacher, 1817)

Turritellidae

Turritella communis Risso, 1826

Turritella turbona Monterosato, 1887

Triphoridae

Metaxia metaxa (Delle Chiaie, 1828)

Marshallora adversa (Montagu, 1803)

Monophorus perversus (Linnaeus, 1758)

Monophorus thiriota Bouchet, 1984

Cheirodonta pallescens (Jeffreys, 1867)

Cerithiopsidae

Cerithiopsis minima (Brusina, 1865)

Cerithiopsis nana Jeffreys, 1867

Cerithiopsis tubercularis (Montagu, 1803)

Janthinidae

Janthina pallida Thompson, 1840

Aclididae

Aclis minor (Brown, 1827)

Epitonidae

Gyroscala lamellosa (Lamarck, 1822)

Epitonium commune (Lamarck, 1822)

Epitonium muricatum (Risso, 1826)

Epitonium turtoni (Turton, 1819)

Eulimidae

Eulima bilineata Alder, 1848

Eulima glabra (Da Costa, 1778)

Melanella boscii (Payraudeau, 1827)

Melanella polita (Linnaeus, 1758)

Parvioris ibizenca (Nordsiek, 1968)

Vitreolina antiflexa Monterosato, 1884

Vitreolina curva (Monterosato, 1874)

Vitreolina philippi (de Rayneval e Ponzi, 1854)

Littorinidae

Melaraphe neritoides (Linnaeus, 1758)

Skeneopsidae

Skeneopsis planorbis (Fabricius O., 1780)

Cingulopsidae

Eatonina pumila (Monterosato, 1884)

Rissoidae

Rissoa auriscalpium (Linnaeus, 1758)

Rissoa guerinii Récluz, 1843

Rissoa lia (Monterosato, 1884)

Rissoa membranacea (Adams J, 1800)

Rissoa monodonta Philippi, 1836

Rissoa similis Scacchi, 1836

Rissoa variabilis (Von Muhelfeldt, 1824)

Rissoa ventricosa Desmarest, 1814

Rissoa violacea Desmarest, 1814

Alvania beani (Hanley, 1844)

Alvania cancellata (da Costa, 1778)

Alvania carinata (Da Costa, 1778)

Alvania datchaensis Amati e Oliverio, 1987

Alvania discors (Allan, 1818)

Alvania geryonia (Nardo, 1847)

Alvania hirta Monterosato, 1884

Alvania lanciae (Calcara, 1841)

Alvania lineata Risso, 1826

Alvania mamillata Risso, 1826

Alvania pagodula (B.D.D., 1884)

Alvania subcrenulata (B.D.D., 1884)

Alvania tenera (Philippi, 1844)

Crisilla beniamina (Monterosato, 1884)

Crisilla semistriata (Montagu, 1808)

Manzonina crassa (Kanmacher, 1798)

Peringiella elegans (Locard, 1892)

Pusillina incospicua (Alder, 1844)

Pusillina lineolata (Michaud, 1832)

Pusillina marginata (Michaud, 1832)

Pusillina philippi (Aradas e Maggiore, 1844)

Pusillina radiata (Philippi, 1836)

Setia maculata (Monterosato, 1869)

Setia turricolata Monterosato, 1884

Rissoina bruguieri (Payraudeau, 1826)

Rissoina decussata (Montagu, 1803)

Anabathridae

Pisinna glabrata (Von Muehlfeld, 1824)

Nodulus contortus (Jeffreys, 1856)

Barleeidae

Barleeia unifasciata (Montagu, 1803)

Caecidae

Parastrophia asturiana De Folin, 1870

Caecum auriculatum De Folin, 1868

Caecum sardinianum Carpenter, 1858

Caecum subannulatum De Folin, 1870

Caecum trachea (Montagu, 1803)

Iravariidae

Ceratia proxima (Forbes e Hanle, 1850)

Hyala vitrea (Montagu, 1803)

Tornidae

Tornus subcarinatus (Montagu, 1803)

Circulus striatus (Philippi, 1836)

Circulus tricarinatus (Wood, 1848)

Truncatellidae

Truncatella subcylindrica (Linné, 1767)

Vermetidae

Petalconchus glomeratus (Linnaeus, 1758)

Vermetus cristatus Biondi, 1857

Vermetus triquetrus Bivona Ant., 1832

Aporrhaidae

Aporrhais pespelecani (Linnaeus, 1758)

Calyptraeidae

Calyptraea chinensis (Linnaeus, 1758)

Triviidae

Trivia pulex (Solander, 1828)

Cypraeidae

Luria lurida (Linnaeus, 1758)

Ovulidae

Neosimnia spelta (Linnaeus, 1758)

Naticidae

Natica hebraea (Martyn, 1784)

Natica stercusmuscarum (Gmelin, 1791)

Notocochlis dillwynii Payraudeau, 1826

Notocochlis qualteriana Récluz, 1844

Euspira macilenta (Philippi, 1844)

Euspira pulchella (Risso, 1826)

Tonnidae

Galeodea echinophora (Linnaeus, 1758)

Ranellidae

Cabestana cutacea cutacea (Linné, 1767)

NEOGASTROPODA**Muricidae**

Dermomurex scalaroides (Blainville, 1829)

Ocenebra erinaceus (Linnaeus, 1758)

Ocenebrina aciculata aciculata (Lamarck, 1822)

Ocenebrina edwardsii (Payraudeau, 1826)

Hadriania oretea (De Gregorio, 1885)

Muricopsis cristata (Brocchi, 1814)
Trophonopsis muricatus (Montagu, 1803)
Stramonita haemastoma (Linné, 1767)
Coralliophila meyendorffii (Calcara, 1835)

Marginellidae

Volvarina mitrella (Risso, 1826)
Granulina boucheti Gofas, 1992
Granulina marginata (Bivona, 1832)

Cystiscidae

Gibberula miliaria (Linnaeus, 1758)
Gibberula philippi (Monterosato, 1878)

Mitridae

Mitra cornea (Gmelin, 1791)
Mitra cornicula (Linnaeus, 1758)

Costellariidae

Vexillum ebenus (Lamark, 1811)
Vexillum savignyi (Payraudeau, 1826)
Vexillum tricolor (Gmelin, 1790)

Buccinidae

Buccinulum corneum Linnaeus, 1758
Pisania striata (Gmelin, 1791)
Chauvetia mamillata (Risso, 1826)
Polia dorbignyi (Payraudeau, 1826)
Polia scabra Locard, 1886

Nassariidae

Nassarius corniculus (Olivi, 1792)
Nassarius costulatus cuvierii (Payraudeau, 1826)
Nassarius incrassatus (Stroem, 1768)
Nassarius pygmaeus (Lamark, 1822)

Columbellidae

Columbella rustica (Linnaeus, 1758)
Mitrella gervillii (Payraudeau, 1826)
Mitrella minor (Scacchi, 1836)
Mitrella scripta (Linnaeus, 1758)

Fasciariidae

Fasciolaria lignaria (Linnaeus, 1758)
Fusinus labronicus (Monterosato, 1884)
Fusinus parvulus (Monterosato, 1884)
Fusinus pulchellus (Philippi, 1844)
Fusinus syracusanus (Linnaeus, 1758)

Turridae

Haedropleura septangularis (Montagu, 1803)

Conidae

Mitromorpha mediterranea Mifsud, 2001
Mangelia attenuata (Montagu, 1803)
Mangelia costulata Blainville, 1829
Mangelia multilineolata (Deshayes, 1835)
Mangelia paciniana (Calcara, 1839)

Mangelia stosiciana Brusina, 1869
Mangelia taeniata (Deshayes, 1835)
Mangelia tenuicostata (Brugnone, 1868)
Mangelia unifasciata (Deshayes, 1835)
Mangelia vauquelini (Payraudeau, 1826)
Bela brachystoma (Philippi, 1844)
Bela nebula (Montagu, 1803)
Clathromangelia granum (Philippi, 1844)
Raphitoma bicolor (Risso, 1826)
Raphitoma concinna (Scacchi, 1836)
Raphitoma laviae (Philippi, 1844)
Raphitoma leufroyi (Michaud, 1828)
Raphitoma linearis (Montagu, 1803)
Raphitoma philberti (Michaud, 1829)
Raphitoma pseudohystrix (Sykes, 1906)
Conus mediterraneus Hwass, 1792

HETEROSTROPHA

Rissoellidae

Rissoella diaphana (Alder, 1848)
Rissoella inflata Locard, 1892

Omalogyridae

Ammonicera fischeriana (Monterosato, 1869)
Ammonicera rota (Forbes e Hanley, 1850)
Omalogyra atomus (Philippi, 1841)
Omalogyra simplex (Costa OG, 1861)

Corniostrotridae

Tomura depressa (Granata, Grillo, 1877)

Hyalogyrinidae

Xenoskenea pellucida (Monterosato, 1874)

Tjaernoidea

Tjaernoidea exquisita (Jeffreys, 1883)

Cimidae

Graphis albida (Kanmacher, 1798)
Cima minima (Jeffreys, 1858)

Murchisonellidae

Anisocyclus gradata (Monterosato, 1878)
Anisocyclus nitidissima (Montagu, 1803)
Anisocyclus pointeli (De Folin, 1869)
Anisocyclus striatula (Jeffreys, 1856)

Pyramidellidae

Odostomia eulimoides Hanley, 1844
Odostomia lukisii Jeffreys, 1859
Odostomia plicata (Montagu, 1803)
Odostomia scalaris MacGillivray, 1843
Auristomia erjaveciana Brusina, 1869
Auristomia fusulus Monterosato, 1878
Liostomia clavulus (Lovén, 1846)

Megastomia conoidea (Brocchi, 1814)
Megastomia conspicua Alder, 1850
Chrysallida brusinai (Cossman, 1921)
Chrysallida emaciata (Brusina, 1866)
Chrysallida fenestrata (Jeffreys, 1848)
Chrysallida intermixta (Monterosato, 1884)
Chrysallida interstincta (Adams J., 1797)
Chrysallida juliae (De Folin, 1872)
Chrysallida monterosatii (Clessin, 1900)
Chrysallida suturalis (Philippi, 1844)
Chrysallida terebellum (Philippi, 1844)
Folinella excavata (Philippi, 1836)
Odostomella bicincta (Tiberi, 1868)
Odostomella doliolum (Philippi, 1844)
Odostomella jeffreysiana (Monterosato, 1884)
Noemiamea dolioliformis (Jeffreys, 1848)
Ondina obliqua (Alder, 1844)
Ondina vitrea (Brusina, 1866)
Euparthenia humboldti (Risso, 1826)
Bacteridium carinatum (De Folin, 1869)
Careliopsis modesta (De Folin, 1870)
Eulimella acicula (Philippi, 1836)
Eulimella ventricosa (Forbes, 1844)
Turbonilla acutissima Monterosato, 1884
Turbonilla hamata Nordsieck, 1972
Turbonilla jeffreysi (Jeffreys, 1848)
Turbonilla lactea (Linnaeus, 1758)
Turbonilla pusilla (Philippi, 1844)
Turbonilla rufa (Philippi, 1836)
Turbonilla striatula (Linnaeus, 1758)

CEPHALASPIDEA

Acteonidae

Acteon tornatilis (Linnaeus, 1758)

Retusidae

Retusa mammillata (Philippi, 1836)
Retusa minutissima (Monterosato, 1878)
Retusa truncatula (Bruguiere, 1792)
Cylichnina laevisculpta (Granata-Grillo, 1877)
Cylichnina umbilicata (Montagu, 1803)
Volvulella acuminata (Bruguiere, 1792)

Ringiculidae

Ringicula conformis Monterosato, 1877

Bullidae

Bulla striata Bruguiere, 1792

Haminoeidae

Atys jeffreysi (Weinkauff, 1868)
Weinkauffia turgidula (Forbes, 1844)

Philinidae

Philine angulata Jeffreys, 1867
Philine aperta (Linné, 1767)
Philine catena (Montagu, 1803)
Philine denticulata (Adams J., 1800)
Philine intricata Monterosato, 1875
Philine iris Tringali L.P., 2001
Philine scabra (Mueller, 1784)
Johania retifera (Forbes, 1844)
Laona flexuosa Sars M., 1870
Laona pruinosa (Clark, 1827)

Cylichnidae

Cylichna cylindracea (Pennant, 1777)
Cylichna parvula Jeffreys, 1883
Roxania utriculus (Brocchi, 1814)

THECOSOMATA**Cavoliniidae**

Creseis acicula Rang, 1828
Styliola subula (Quoy e Gaimard, 1827)

Limacinidae

Limacina retroversa (Flemiong, 1823)
Limacina inflata (D'Orbigny, 1836)

SACOGLOSSA**Volvatellidae**

Ascobulla fragilis (Jeffreys, 1856)

Elysiidae

Elysia timida (Risso, 1818)
Thuridilla hopei (Verany, 1853)

PLEUROBRANCOMORPHA**Pleurobranchidae**

Pleurobranchus membranaceus (Montagu, 1815)
Berthella aurantiaca (Risso, 1818)
Berthellina edwardsi (Vayssiere, 1896)

UMBRACULIDEA**Tylodinidae**

Tylodina perversa (Gmelin, 1791)

Umbraculidae

Umbraculum umbraculum (Röding, 1798)

APLYSIOMORPHA**Aplysiidae**

Aplysia depilans Gmelin, 1791
Aplysia punctata (Cuvier, 1803)
Aplysia parvula Guilding in Mørch, 1863

NUDIBRANCHIA

Tergipedidae

Cuthona caerulea (Montagu, 1804)

Favorinidae

Cratena peregrina (Gmelin, 1791)

Flabellinidae

Flabellina ischitana Hirano e Thompson, 1990

Flabellina affinis (Gmelin, 1791)

Flabellina babai Schmekel, 1972

Proctonotidae

Janolus cristatus (Delle Chiaie, 1841)

Onchidorididae

Diaphorodoris papillata Portmann e Sandmeier, 1960

Chromodorididae

Chromodoris luteorosa (Rapp, 1927)

Hypselodoris orsinii (Vérany, 1846)

Hypselodoris bilineata? (Pruvot-Fol, 1953)

Hypselodoris picta (ex *elegans*) (Schultz in Philippi, 1836)

Hypselodoris fontandau (ex *messinensis*) (Pruvot-Fol, 1951)

Hypselodoris tricolor (Cantraine, 1835)

Phyllidiidae

Phyllidia flava Aradas, 1847

Discodorididae

Discodoris atromaculata (Berg, 1880)

BASOMMATOPHORA

Siphonariidae

Willamia gussonii (Costa O.G., 1829)

EUPULMONATA

Trimusculidae

Trimusculus mammillaris (Linnaeus, 1758)

BIVALVIA

SOLEMYOIDA

Solemyidae

Solemya togata (Poli, 1795)

NUCULOIDA

Nuculidae

Nucula nitidosa Winckworth, 1930

Nucula sulcata Bronn, 1831

Nuculanidae

Lembulus pellus (Linné, 1767)

Saccella commutata (Philippi, 1844)

ARCOIDA**Arcidae**

Arca noae Linnaeus, 1758

Barbatia barbata Linnaeus, 1758

Noetidae

Striarca lactea (Linnaeus, 1758)

MYTILOIDA**Mytilidae**

Mytilus galloprovincialis Lamarck, 1819

Mytilaster minimus (Poli, 1795)

Mytilaster solidus Monterosato, 1872

Crenella arenaria Monterosato, 1875

Rhomboidella prideauxi (Leach, 1815)

Lithophaga lithophaga (Linnaeus, 1758)

Pinnidae

Pinna nobilis (Linnaeus, 1758)

PTERIOIDA**Pectinidae**

Manupecten pesfelis (Linnaeus, 1758)

Talochlamys multistriata (Poli, 1795)

Mimachlamys varia (Linnaeus, 1758)

Flexopecten hyalinus (Poli, 1795)

Spondylidae

Spondylus gaederopus (Linnaeus, 1758)

Anomiidae

Anomia ephippium Linnaeus, 1758

Limidae

Lima lima (Linnaeus, 1758)

Limaria hians (Gmelin, 1791)

Limaria tuberculata (Olivi, 1792)

OSTREOIDA**Ostreidae**

Ostrea edulis Linnaeus, 1758

Ostreola stentina (Payraudeau, 1826)

VENEROIDA**Lucinidae**

Ctena decussata (Costa O.G., 1829)

Loripes lacteus (Linnaeus, 1758)

Myrtea spinifera (Montagu, 1803)

Anodontia fragilis (Philippi, 1836)

Lucinella divaricata (Linnaeus, 1758)

Thyasiridae

Thyasira alleni Carrozza, 1981

Thyasira biplicata (Philippi, 1836)

Ungulinidae

Diplodonta trigona (Scacchi, 1835)

Chamidae

Chama gryphoides (Linnaeus, 1758)

Pseudochama gryphina (Lamarck, 1819)

Galeommatidae

Galeomma turtoni Turton, 1825

Kelliidae

Bornia sebetia (Costa O. G., 1829)

Lasaeidae

Lasaea rubra (Montagu, 1803)

Scacchia oblonga (Philippi, 1836)

Leptonidae

Lepton squamosum (Montagu, 1803)

Hemilepton nitidum (Turton, 1822)

Litigiella glabra (Fischer P., 1873)

Arculus sykesi (Chaster, 1895)

Montacutidae

Montacuta goudi van Aartsen, 1996

Montacuta phascolionis (Dautzenberg e Fischer, 1925)

Kurtiella bidentata (Montagu, 1803)

Kurtiella tumidula (Jeffreys, 1866)

Coracuta obliquata (Chaster, 1897)

Epilepton clarkiae (Clark W., 1852)

Neoleptonidae

Neolepton sulcatulum (Jeffreys, 1859)

Sportellidae

Sportella recondita (Fischer P., 1872)

Carditidae

Cardita calyculata (Linnaeus, 1758)

Glans aculeata (Poli, 1795)

Glans trapezia (Linnaeus, 1758)

Venericardia antiquata (Linnaeus, 1758)

Astartidae

Goodallia triangularis (Montagu, 1803)

Cardiidae

Parvicardium exiguum (Gmelin, 1791)

Parvicardium minimum (Philippi, 1836)

Parvicardium scriptum (Bucquoy, Dautzenberg, Dollfus, 1892)

Papillicardium papillosum (Poli, 1796)

Laevicardium crassum (Gmelin, 1791)

Mactridae

Spisula subtruncata (Da Costa, 1778)

Pharidae

Phaxas pellucidus adriaticus (Coen, 1933)

Tellinidae

Tellina donacina (Linné, 1767)

Arcopagia balaustina (Linnaeus, 1758)

Semelidae

Abra alba (Wood W, 1802)

Abra nitida (Mueller O.F., 1776)

Solecurtidae

Azorinus chamasolen (Da Costa, 1778)

Trapezidae

Coralliophaga lithophagella (Lamarck, 1819)

Veneridae

Gouldia minima (Montagu, 1803)

Timoclea ovata (Pennant, 1777)

Pitar rudis (Poli, 1795)

Irus irus Linnaeus, 1758

Petricolidae

Petricola lajonkairii (Payraudeau, 1826)

Petricola lithophaga (Recluz, 1786)

Mysia undata (Pennant, 1777)

MYOIDA**Corbulidae**

Corbula gibba (Olivi, 1792)

Gastrochaenidae

Gastrochaena dubia (Pennant, 1777)

Hiatellidae

Hiatella arctica (Linné, 1767)

PHOLADOMYOIDA**Pholadomyidae**

Panacca loweni Jeffreys, 1882

Pandoridae

Pandora inaequivalvis (Linnaeus, 1758)

Pandora pinna (Montagu, 1803)

Cuspidaridae

Cuspidaria cuspidata (Olivi, 1792)

Cardiomya costellata (Deshayes, 1835)

SCAPHOPODA**DENTALIIDA****Dentaliidae**

Antalis inaequicostata Dautzenberg, 1891

Antalis vulgaris Da Costa, 1778

Fustiaridae

Fustaria rubescens (Deshayes, 1826)

Gadiliniidae

Episiphon filum (Sowerby GB II, 1860)

GADILIDA**Entalinidae**

Entalina tetragona (Brocchi, 1814)

Pulsellidae

Pulsellum lofotense Sars M., 1865

Gadilidae

Dischides politus (Wood S., 1842)

Cadulus jeffreysi (Monterosato, 1875)

CEPHALOPODA

SEPIIDA

Sepiidae

Sepia officinalis Linnaeus, 1758

SEPIOLIDA

Sepiolidae

Sepiola rondeleti Leach, 1817

MYOPSIDA

Loliginidae

Loligo vulgaris Lamarck, 1798

OCTOPODA

Octopodidae

Octopus vulgaris Cuvier, 1797

Octopus macropus Risso, 1826

Considerazioni generali

I popolamenti di molluschi dell'area di Calafuria hanno mostrato una composizione specifica simile a quella di altre aree del Mediterraneo (Chemello e Russo, 1997; Chemello et al., 1997, 1999), ma una biodiversità che può essere considerata elevata in relazione alla superficie dell'area. L'elevato numero di specie è probabilmente da mettere in relazione all'eterogeneità degli habitat presenti nell'area. La presenza di popolamenti algali ben sviluppati, in particolare, rappresenta un importante fattore ecologico per la distribuzione dei molluschi, sia per motivi trofici che per il livello di complessità dei talli (Chemello e Russo, 1997; Chemello et al., 1997; Sánchez-Moyano et al., 2000; Chavanich e Harris, 2002; Kelaher et al., 2007). Sia lo studio degli Opisthobranchi che quello dei Prosobranchi hanno messo in evidenza una differenziazione tra gli habitat investigati, confermando l'importanza dell'eterogeneità spaziale dell'area di Calafuria. La prateria di *Posidonia oceanica* rappresenta anch'essa un importante fattore per la presenza dei molluschi nell'area.

Da sottolineare, infine, la presenza di alcune specie considerate piuttosto rare, come *Phyllidia flava*, *Umbraculum umbraculum*, *Tylodina perversa*.

Riferimenti bibliografici

BEDINI R., 2004. INTERREG IIIA. Relazione finale. *Istituto di Biologia ed Ecologia Marina di Piombino*.

CAMPANI S., 2000. Ecologia e trofismo delle comunità di Nudibranchi ed Ascoglossi presenti lungo il litorale livornese. Tesi di Laurea, Università di Pisa

CAPPAGLI M., 2000. Variazioni temporali della comunità di Molluschi Gasteropodi (subclassis Prosobranchia), in rapporto a popolamenti algali del litorale livornese. Tesi di Laurea, Università di Pisa, 81pp.

CHAVANICH S., HARRIS L.J., 2002. The influence of macroalgae on seasonal abundance and feeding preference of a subtidal snail, *Lacuna vincta* (Montagu) (Littorinidae) in the Gulf of Maine. *J. Mollus. Stud.* 68: 73-78.

CHEMELLO R., RUSSO G.F., 1997. The Molluscan taxocoene of photophilic algae from Lampedusa Island (Strait of Sicily, southern Mediterranean). *Boll. Malacologico*.

CHEMELLO R., DI PIAZZA F., DIELI T., RIGGIO S., 1997. Struttura della malacocenosi associata alle alghe fotofile: effetti della profondità e della complessità d'habitat. *Biol. Mar. Medit.* 4: 167-168.

- CHEMELLO R., MILAZZO M., NASTA E., RIGGIO S., 1999. Studio della malacofauna di alghe fotofile nella riserva marina "Isola di Ustica" (Sicilia settentrionale). *Biol. Mar. Medit.* 6: 247-249.
- KELAHER B.P., CASTILLAJ.C., PRADO L., YORK P, SCHWINDT E, BORTOLUS A., 2007. Spatial variation in Molluscan assemblages from coralline turfs of Argentinean Patagonia. *J. Mollus. Stud.* 73: 139-146
- SÁNCHEZ-MOYANO J.E., ESTACIO F.J., GARCÍA-ADIEGO E.M, GARCÍA-GÓMEZ J.C., 2000. The Molluscan epifauna of the alga *Halopteris scoparia* in southern Spain as a bioindicator of coastal environmental conditions. *J. Mollus. Stud.* 66: 431-448
- SORDI M. 1969. Biologia delle secche della Meloria. II – Gasteropodi Opistobranchi. *Boll. Pesc. Piscic. Idrob.* 24: 105-114.
- SORDI M., MAJIDI P. 1956. Osservazioni sui Nudibranchi e Ascoglossi (Gasteropodi Obistobranchi) del litorale livornese. *Boll. Pesc. Piscic. Idrob.* 11:235-245.

I POPOLAMENTI A CROSTACEI DELLE PRATERIE DI *POSIDONIA OCEANICA*

La fauna vagile delle praterie di *Posidonia oceanica* riveste un'importante ruolo ecologico in relazione ai valori di biodiversità e al ruolo funzionale. L'importanza delle praterie è, infatti, legata anche al loro ruolo di habitat per molti organismi che all'interno di esse trovano rifugio o nutrimento. L'insieme di organismi presenti crea una complessa rete trofica che prende avvio dall'alta produzione primaria che caratterizza la prateria e che è collegata con reti trofiche di altri habitat costieri grazie sia all'azione di predatori che trovano nutrimento nelle praterie, sia ai movimenti della fauna vagile e all'esportazione di detriti dalla prateria alle aree circostanti (Mazzella et al., 1992).

Tra gli organismi vagili delle praterie, i crostacei sono, insieme ai molluschi, il gruppo più rappresentato, in termini di biomassa e numero di specie. L'abbondanza e la composizione in specie dei crostacei all'interno delle praterie è legata sia ai cicli stagionali degli organismi che alla profondità.

Di seguito sono riportati dei dati relativi ai popolamenti a crostacei della prateria di Calafuria, ottenuti durante una campagna di campionamento effettuata nel 2003-4 nell'ambito del progetto transfrontaliero INTERREG IIIA (Bedini 2004).

Metodi

Sono stati campionate tre differenti profondità: 8 metri, 15 metri e 22 metri, rispettivamente in prossimità del limite superiore, della parte intermedia e del limite inferiore della prateria.

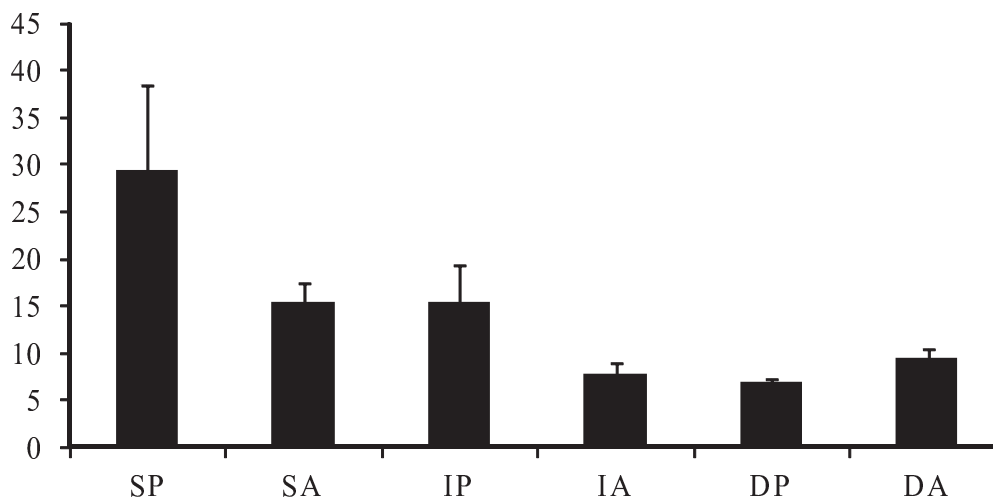
il campionamento è stato effettuato in due differenti periodi, primavera-estate e autunno-inverno, in relazione a differenti caratteristiche della prateria stessa. Per ogni periodo sono state campionate due date. Per ogni data e profondità sono stati prelevati 3 campioni. Ciascun campione era rappresentato da due repliche ottenute mediante strascico a mano in immersione di un retino di 0,12 m² di ampiezza lungo un percorso di 60 m.

In laboratorio sono state identificati i taxa presenti in ciascun campione ed è stata valutata l'abbondanza di ciascun taxa come numero di individui.

Risultati

Sono stati determinati 88 taxa di crostacei. Le specie più comuni sono risultate *Gammarus aequicauda*, *Gnathia maxillaris*, *Hippolyte inermis* e *Hyale schmidtii*, oltre a alcuni misidiacei e copepodi non determinati.

L'abbondanza degli organismi decresce dalla porzione più superficiale a quella più profonda. A 8 metri e a 15 metri il numero totale di organismi per campione è maggiore nel periodo primavera-estate rispetto al periodo autunno-inverno. A 22 metri non sono risultate importanti differenze tra periodi.



Numero di individui per campione nella praterie di *Posidonia oceanica*, a 3 profondità (S = superficiale, I = intermedio, D = Profondo) e in due differenti periodi (P = Primavera, A = Autunno)

Lista dei taxa identificati nell'area di Calafuria

TAXA	S-P	S-A	I-P	I-A	P-P	P-A
<i>Acanthonyx lunulatus</i> (Risso, 1816)	-	-	+	-	-	-
<i>Acartia clausi</i> Giesbrecht, 1889	-	-	-	-	+	+
<i>Alpheus dentipes</i> Guérin-Méneville, 1832	+	-	-	-	-	-

TAXA	S-P	S-A	I-P	I-A	P-P	P-A
<i>Ampelisca diadema</i> (Costa,1853)	+	-	-	-	-	-
<i>Amphitoe ramondi</i> Audouin, 1826	+	-	+	-	-	-
<i>Aora gracilis</i> (Bate, 1857)	-	-	+	-	-	-
<i>Aora spinicornis</i> Afonso, 1976	+	+	-	-	+	+
<i>Apherusa alacris</i> Krapp-Schickel, 1969	-	+	-	-	-	-
<i>Apherusa bispinosa</i> (Bate, 1857)	+	-	-	-	-	-
<i>Athanas nitescens</i> (Leach, 1814)	-	+	+	-	-	-
<i>Aurila convexa</i> (Baird, 1850)	-	-	-	+	-	-
<i>Calcinus tubularis</i> (Linnaeus, 1767)	-	-	-	+	-	-
<i>Caprella acanthifera</i> Leach,1814	+	+	+	-	+	-
<i>Caprella equilibra</i> Say, 1818	+	-	-	-	-	+
<i>Caprella rapax</i> Mayer, 1890	-	-	-	-	+	-
<i>Ceradocus orchestiipes</i> Costa, 1853	+	+	+	-	-	-
<i>Cestopagurus timidus</i> (Roux, 1830)	-	-	-	+	-	+
<i>Clibanarius erythropus</i> (Latreille, 1818)	+	-	+	-	-	-
Copepoda spp	+	+	+	+	+	+
<i>Copilia mediterranea</i> (Claus, 1863)	-	-	-	+	-	+
<i>Dexamine spiniventris</i> (Costa, 1853)	+	-	+	-	-	-
<i>Dexamine spinosa</i> (Montagu, 1813)	+	-	+	+	-	-
<i>Diogenes pugilator</i> (Roux, 1829)	-	-	+	-	+	-
<i>Dynamene bidentata</i> (Adams, 1800)	+	-	+	+	-	-
<i>Elasmopus affinis</i> Della Valle, 1893	-	+	-	-	-	-
<i>Elasmopus rapax</i> Costa, 1853	+	+	+	-	+	-
<i>Erichthonius brasiliensis</i> (Dana, 1853)	+	-	+	-	-	-
<i>Eurydice pulchra</i> Leach, 1815	-	-	+	+	+	+
<i>Galathea strigosa</i> (Linnaeus, 1761)	-	-	+	-	-	-
<i>Gammarella fucicola</i> (Leach,1814)	+	-	+	-	-	-
<i>Gammarellus angulosus</i> (Rathke, 1843)	-	-	+	-	-	-
<i>Gammaropsis crenulata</i> Krapp-Schickel, 1979	+	-	+	-	-	-
<i>Gammaropsis ulrici</i> Krapp-Schickel e Myers, 1979	-	+	-	-	-	-

TAXA	S-P	S-A	I-P	I-A	P-P	P-A
<i>Gammarus aequicauda</i> (Martynov, 1931)	+	+	+	+	+	+
<i>Gammarus crinicornis</i> Stock, 1966	+	-	+	-	-	-
<i>Gnathia maxillaris</i> (Montagu, 1804)	+	+	+	+	+	+
<i>Hippolyte inermis</i> Leach, 1815	+	+	+	+	+	+
<i>Hippolyte leptocerus</i> (Heller, 1863)	-	-	-	-	-	+
<i>Hippolyte longirostris</i> (Czerniavsky, 1868)	+	-	-	-	-	+
<i>Hippolyte varians</i> Leach, 1814	+	+	+	-	-	-
<i>Hyale crassipes</i> (Heller, 1866)	+	-	-	-	-	-
<i>Hyale schmidtii</i> (Heller, 1866)	+	-	+	+	+	+
<i>Idotea emarginata</i> (Fabricius, 1793)	+	-	-	-	-	-
<i>Synischia hectica</i> (Pallas, 1772)	+	-	+	-	+	+
<i>Idotea pelagica</i> Leach, 1815	+	-	-	+	+	-
<i>Iphimedia serratipes</i> Ruffo e Schiecke, 1979	+	-	-	-	-	-
<i>Jassa oia</i> (Bate, 1862)	-	-	+	-	-	-
<i>Leptocheirus bispinosus</i> Norman, 1908	+	-	+	-	-	-
<i>Leptochelia savignyi</i> (Kroyer, 1842)	-	-	-	-	+	-
<i>Leptocheirus guttatus</i> (Grube, 1864)	+	-	-	-	-	-
<i>Leucothoe euryonyx</i> Walker, 1901	-	-	-	-	-	-
<i>Leucothoe procera</i> Bate, 1857	-	-	+	-	+	+
<i>Leucothoe spini carpa</i> (Abildgaard, 1789)	+	-	-	-	-	+
<i>Liljeborgia dellavallei</i> Stebbing, 1906	+	-	-	-	-	-
<i>Lysianassa costae</i> (Milne-Edwards, 1830)	-	+	+	-	-	-
<i>Lysianassa longicornis</i> (Lucas, 1849)	+	-	+	-	-	-
<i>Lysianassa pilicornis</i> (Heller, 1866)	+	-	-	-	-	-
<i>Lysianella dellavallei</i> Stebbing, 1906	+	-	-	-	-	-
<i>Maera inaequipipes</i> (Costa, 1857)	+	-	+	-	+	-
<i>Maera knudseni</i> Reid, 1951	-	-	+	-	-	-
<i>Maerella tenui mana</i> (Bate, 1862)	+	-	+	-	-	-
<i>Microdeutopus algicola</i> Della Valle, 1893	+	-	-	-	-	-
<i>Microdeutopus chelifera</i> (Bate, 1862)	-	+	-	-	-	-

TAXA	S-P	S-A	I-P	I-A	P-P	P-A
<i>Microdeutopus obtusatus</i> Myers, 1973	+	-	+	-	-	-
<i>Microdeutopus versiculatus</i> (Bate, 1856)	+	-	-	-	-	-
Misidiacea spp	+	+	+	+	+	+
<i>Nebalia bipes</i> (Fabricius, 1780)	-	-	-	-	-	+
<i>Orchestia montagui</i> Audouin, 1826	-	-	+	-	-	-
<i>Palaemon elegans</i> Rathke, 1837	-	+	-	-	-	-
<i>Palaemon serratus</i> (Pennant, 1777)	+	+	+	+	-	+
<i>Palaemon xiphias</i> Risso, 1816	+	+	+	+	+	-
<i>Parhyalella richardi</i> (Chevreux, 1902)	+	-	-	-	-	-
<i>Peltocoxa mediterranea</i> Schiecke, 1977	-	-	-	+	-	-
<i>Photis longicaudata</i> (Bate e Westwood, 1862)	+	+	+	-	-	+
<i>Photis longipes</i> (Della Valle, 1893)	+	-	-	-	-	-
<i>Phtisica marina</i> Slabber, 1749	+	+	+	+	+	+
<i>Podocerus variegatus</i> Leach, 1814	+	-	-	-	-	-
<i>Pseudoprotella phasma</i> Montagu, 1804	+	-	-	-	-	-
<i>Sclerochilus contortus</i> (Norman, 1861)	-	-	-	+	-	-
<i>Siphonoecetes dellavallei</i> Stebbing, 1899	+	-	-	-	-	-
<i>Stenothoe tergestina</i> Nebeski, 1881	+	-	-	-	-	-
<i>Synisoma capito</i> (Rathke, 1837)	+	-	+	-	-	-
<i>Synisoma lancifer</i> (Miers, 1881)	+	-	+	-	-	-
<i>Tmetonyx similis</i> (Sars, 1891)	+	-	-	-	-	-
<i>Thoralus cranchii</i> (Leach, 1817)	-	+	-	+	-	-
<i>Tritaeta gibbosa</i> (Bate, 1862)	-	-	-	-	-	+
<i>Unciolella lunata</i> Chevreux, 1911	-	+	-	-	+	+
<i>Urothoe poseidonis</i> Reibish, 1905	-	-	+	-	+	-

Considerazioni generali

I popolamenti a crostacei della prateria di Calafuria hanno mostrato un'elevata biodiversità. È stata inoltre riscontrata un'alta variabilità spaziale legata alla profondità, e una variabilità temporale limitata alle porzioni più superficiali. Tale pattern può essere legato oltre che ai cicli degli organismi, anche alle caratteristiche strutturali della prateria, che raggiunge i massimi valori di altezza delle foglie in primavera-estate, periodo coincidente con i valori massimi di abbondanza di organismi osservati. La prateria, con il suo ciclo di rinnovamento delle foglie, può influenzare in modo importante i popolamenti ad essa associati.

Riferimenti bibliografici

BEDINI R., 2004. INTERREG IIIA. Relazione finale. *Istituto di Biologia ed Ecologia Marina di Piombino*.

MAZZELLA L., BUIA M.C., GAMBI M.C., LORENTI M., RUSSO G.F., SCIPIONE M.B., ZUPO V., 1992. Plant-animal trophic relationships in the *Posidonia oceanica* ecosystem of Mediterranean Sea: a review. In John DM, Hawkins SJ e Price JH eds, Plant-animal interactions in the marine benthos. Systematic association special volume, Clarendon press, Oxford: 165-187

POPOLAMENTI ITTICI

I popolamenti ittici di Calafuria sono stati oggetto di un solo studio specifico che ne ha esaminato la composizione in specie e la biodiversità (Piazzi et al., 2012). Una lista faunistica è stata inoltre redatta per i tre principali habitat presenti nell'area (costa, pianoro e scogliera profonda) a partire da osservazioni degli autori e da segnalazioni documentate negli ultimi 10 anni (Piazzi et al. 2009).

Composizione in specie

Sono stati censiti nell'area 106 taxa. Alcune specie sono risultate abbondanti in tutti gli habitat, come *Serranus cabrilla*, *S. scriba*, *Mullus surmuletus*, *Diplodus vulgaris*, *Boops boops*, *Chromis chromis*, *Coris julis*, *Labrus merula*, *Symphodus mediterraneus*.

Il popolamento superficiale è risultato caratterizzato da *Oblada melanura*, *Atherina* spp, *Mugil* spp, *Trypterigion* spp, alcune specie di blennidi come *Parablennius sanguinolentus*, *Aidablennius sphyinx*, *Coryphoblennius galerita*, *Paralipophrys trigloides* e, stagionalmente *Belone belone*. Sul pianoro sono risultati particolarmente frequenti *Diplodus sargus*, *D. annularis*, *Labrus viridis*, *Symphodus tinca*, *Mullus surmuletus*, *Sarpa salpa*. Il popolamento profondo è risultato caratterizzato da *Labrus mixtus*, *Epinephelus marginatus*, *Sciaena umbra*, *Muraena helena*. Sul fondo sabbioso sono state ritrovate specie tipiche di tale ambiente, quali *Bothus podas*, *Trachinus radiatus*.

Per quanto riguarda le specie bersaglio, sono risultate presenti nell'area *Epinephelus marginatus*, *Sciaena umbra*, *Labrus merula*, *L. viridis*, *Diplodus sargus*, *D. puntazzo*, *Spondylus cantharus*, *Sparus aurata*, *Dentex dentex*, *Sarda sarda* e *Scorpaena scrofa*. *Epinephelus marginatus* ha mostrato un calo a partire dal 2005. Sono risultate sporadiche *Dicentrarchus labrax*, *Seriola dumerili* e *Lichia amia*.

Nell'area sono state segnalate alcune specie di Gobidae considerate rare in Mediterraneo, come *Didogobius schlieveni*, *Pomatoschistus bathi*, *Gammogobius steinitzi*, *Chromogobius zebratus*, *Odondebuenia balearica* e *Thorogobius macrolepis*.

Il popolamento ittico studiato ha mostrato una composizione in specie tipica di altri popolamenti della stessa area (Bell, 1983; Pelaprat, 1999; Micheli et al., 2005; Cecchi et al., 2007). Tuttavia alcune specie comunemente distribuite lungo la costa e isole toscane, come *Anthias anthias* (Micheli et al., 2005; Cecchi et al., 2007), non sono risultate presenti nell'area di studio.

Nell'area di Calafuria sono state ritrovate alcune specie di Gobidae considerate rare nel Mediterraneo. Di *Didogobius schlieweni* si hanno ad oggi solo 7 segnalazioni, delle quali 4 in Adriatico e 3 nel Mediterraneo nord-occidentale. Si tratta di una specie criptica, distribuita a bassa profondità, che sembra avere abitudini esclusivamente notturne (Ballesta *et al.*, 1998; Kovačić, 2005; Patzner, 2007). Altre specie rare in Mediterraneo sono *Gammogobius steinitzi*, segnalato in Francia e Baleari e *Thorogobius macrolepis*, trovato finora in Francia e Adriatico (Miller, 1986; Anhelt e Kovačić, 1997).

Lista dei taxa individuati a Calafuria durante il periodo di studio. C: costa, P: pianoro, SP: scogliera profonda, FS: fondo sabbioso.

TAXA	HABITAT			
	C	P	SP	FS
RAJIFORMES				
Rajidae				
<i>Raja asterias</i> Delaroche, 1809	-	-	-	x
<i>Raja undulata</i> Lacépède, 1802	-	-	-	x
Trygonidae				
<i>Dasyatis pastinaca</i> (Linnaeus, 1758)	-	x	-	-
TORPEDINIFORMES				
Torpenidae				
<i>Torpedo marmorata</i> Risso, 1810	-	-	-	x
CLUPEIFORMES				
Engraulidae				
<i>Engraulis encrasicolus</i> (Linnaeus, 1758)	x	-	-	-
Clupeidae				
<i>Sardina pilchardus</i> (Walbaum, 1792)	-	x	-	-
ANGUILLIFORMES				
Congridae				
<i>Conger conger</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	x	-

TAXA	HABITAT			
	C	P	SP	FS
Murenidae				
<i>Muraena helena</i> Linnaeus, 1758	-	X	X	-
Ophidiidae				
<i>Ophidion</i> spp	-	-	-	X
BELONIFORMES				
Belonidae				
<i>Belone belone</i> (Linnaeus, 1761)	X	-	-	-
GADIFORMES				
Phycidae				
<i>Phycis phycis</i> (Linnaeus, 1766)	-	-	X	-
Lotidae				
<i>Gaidropsarus mediterraneus</i> (Linnaeus, 1758)	-	X	-	-
PERCIFORMES				
Serranidae				
<i>Epinephelus costae</i> (Steindachner, 1878)	-	X	-	-
<i>Epinephelus marginatus</i> (Lowe, 1834)	-	X	X	-
<i>Serranus cabrilla</i> (Linnaeus, 1758)	X	X	X	-
<i>Serranus hepatus</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	-	X
<i>Serranus scriba</i> (Linnaeus, 1758)	X	X	X	-
Moronidae				
<i>Dicentrarchus labrax</i> (Linnaeus, 1758)	X	-	-	-
Apogonidae				
<i>Apogon imberbis</i> (Linnaeus, 1758)	X	X	X	-
Carangidae				
<i>Lichia amia</i> (Linnaeus, 1758)	X	-	-	-
<i>Seriola dumerili</i> (Risso, 1810)	-	X	X	-
<i>Trachinotus ovatus</i> (Linnaeus, 1758)	X	-	-	-
<i>Trachurus</i> spp.	-	-	X	-
Sciaenidae				

TAXA	HABITAT			
	C	P	SP	FS
<i>Sciaena umbra</i> (Linnaeus, 1758)	-	X	X	-
Mullidae				
<i>Mullus surmuletus</i> Linnaeus, 1758	X	X	X	-
Sparidae				
<i>Boops boops</i> (Linnaeus, 1758)	-	X	-	-
<i>Dentex dentex</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	X	-
<i>Diplodus annularis</i> (Linnaeus, 1758)	-	X	-	-
<i>Diplodus puntazzo</i> (Cetti, 1777)	-	X	X	-
<i>Diplodus sargus</i> (Linnaeus, 1758)	-	X	X	-
<i>Diplodus vulgaris</i> (Geoffroy Saint-Hilaire, 1817)	X	X	X	-
<i>Lithognathus mormyrus</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	-	X
<i>Oblada melanura</i> (Linnaeus, 1758)	X	X	-	-
<i>Pagellus erithrynus</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	-	X
<i>Pagrus pagrus</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	-	X
<i>Sarpa salpa</i> (Linnaeus, 1758)	X	X	X	-
<i>Sparus auratus</i> (Linnaeus, 1758)	-	X	-	-
<i>Spondyllosoma cantharus</i> (Linnaeus, 1758)	-	X	-	-
Centracanthidae				
<i>Centracanthus cirrus</i> Rafinesque, 1810	-	-	-	X
<i>Spicara maena</i> (Linnaeus, 1758)	-	X	X	-
<i>Spicara smaris</i> (Linnaeus, 1758)	-	X	-	-
Trachinidae				
<i>Trachinus radiatus</i> Cuvier, 1829	-	-	-	X
Pomacentridae				
<i>Chromis chromis</i> (Linnaeus, 1758)	X	X	X	-
Bythidae				
<i>Grammonus ater</i> (Risso, 1810)	-	-	X	-
Labridae				
<i>Coris julis</i> (Linnaeus, 1758)	X	X	X	-

TAXA	HABITAT			
	C	P	SP	FS
<i>Labrus merula</i> Linnaeus, 1758	X	X	X	-
<i>Labrus mixtus</i> Linnaeus, 1758	-	-	X	-
<i>Labrus viridis</i> Linnaeus, 1758	-	X	X	-
<i>Symphodus cinereus</i> (Bonnaterre, 1788)	-	X	-	X
<i>Symphodus doderlenii</i> Jordan, 1891	-	X	-	-
<i>Symphodus mediterraneus</i> (Linnaeus, 1758)	X	X	X	-
<i>Symphodus melanocercus</i> (Risso, 1810)	X	X	X	-
<i>Symphodus ocellatus</i> Forsskal, 1775	-	X	-	-
<i>Symphodus roissali</i> (Risso, 1810)	X	X	-	-
<i>Symphodus rostratus</i> (Bloch, 1791)	X	X	X	-
<i>Symphodus tinca</i> Linnaeus, 1758	X	X	-	-
<i>Thalassoma pavo</i> Cuv. et Val. o (Linnaeus, 1758)	X	-	-	-
Blenniidae				
<i>Aidablennius sphynx</i> (Valenciennes, 1836)	X	-	-	-
<i>Coryphoblennius galerita</i> (Linnaeus, 1758)	X	-	-	-
<i>Lipophrys canevae</i> (Vinciguerra, 1880)	X	-	-	-
<i>Parablennius gattorugine</i> (Linnaeus, 1758)	X	X	X	-
<i>Parablennius incognitus</i> (Bath, 1968)	X	-	-	-
<i>Parablennius pilicornis</i> (Cuvier, 1829)	X	-	-	-
<i>Parablennius rouxi</i> (Cocco, 1833)	-	X	X	-
<i>Parablennius sanguinolentus</i> (Pallas, 1814)	X	-	-	-
<i>Parablennius tentacularis</i> (Brunnich, 1768)	X	-	-	-
<i>Parablennius zvonimiri</i> (Kolombatovic, 1892)	X	-	-	-
<i>Paralipophrys trigloides</i> (Valenciennes, 1836)	X	-	-	-
<i>Salaria pavo</i> (Risso, 1810)	X	-	-	-
<i>Scartella cristata</i> (Linnaeus, 1758)	X	-	-	-
Tripterygiidae				
<i>Tripterygion delaisi</i> Cadenat e Blache. 1971	X	-	-	-
<i>Tripterygion melanurus</i> Guichenot, 1845	X	-	-	-

TAXA	HABITAT			
	C	P	SP	FS
<i>Tripterygion tripteronotus</i> (Risso, 1810)	X	-	-	-
Scombridae				
<i>Sarda sarda</i> (Bloch, 1793)	-	-	X	-
Gobiidae				
<i>Aphia minuta</i> (Risso, 1810)	-	-	-	X
<i>Chromogobius zebratus</i> (Kolombatovic, 1891)	-	X	-	-
<i>Didogobius schlieweni</i> Miller, 1992	-	X	-	-
<i>Gammogobius steinitzi</i> Bath, 1971	-	X	-	-
<i>Gobius auratus</i> Risso, 1810	-	-	X	-
<i>Gobius buccichii</i> (Steindachner, 1870)	-	X	-	X
<i>Gobius cobitis</i> Pallas, 1811	X	-	-	-
<i>Gobius cruentatus</i> Gmelin, 1789	-	-	X	-
<i>Gobius geniporus</i> Valenciennes, 1837	-	X	-	-
<i>Gobius paganellus</i> Linnaeus, 1758	-	X	-	-
<i>Odondebuenia balearica</i> (Pellegrin e Fage, 1907)	-	X	-	-
<i>Pomatoschistus bathi</i> Miller, 1982	-	-	-	X
<i>Thorogobius ephippiatus</i> (Lowe, 1839)	-	-	X	-
<i>Thorogobius macrolepis</i> (Kolombatovic, 1891)	-	-	-	X
Gobiesocoidae				
<i>Lepadogaster candollei</i> Risso, 1810	X	-	-	-
<i>Apletodon incognitus</i> Hofrichter e Patzner, 1997	X	-	-	-
SCOPERPENIFORMES				
Scorpaenidae				
<i>Scorpaena notata</i> Rafinesque, 1810	-	X	X	-
<i>Scorpaena porcus</i> Linnaeus, 1758	-	X	X	-
<i>Scorpaena scrofa</i> Linnaeus, 1758	-	X	X	X
Dactylopteridae				
<i>Dactylopterus volitans</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	-	X
Triglidae				

TAXA	HABITAT			
	C	P	SP	FS
<i>Chelidonichthys lastoviza</i> (Bonnaterre, 1788)	-	-	-	X
SYNGNATHIFORMES				
Syngnathidae				
<i>Hippocampus hippocampus</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	X	-
Syngnathidae				
<i>Sygnathus typhle</i> Linnaeus, 1758	-	X	-	-
MUGILIFORMES				
Sphyraenidae				
<i>Sphyraena</i> spp.	-	-	X	-
Mugilidae				
<i>Chelon labrosus</i> (Risso, 1827)	X	-	-	-
<i>Liza aurata</i> (Risso, 1810)	X	-	-	-
<i>Mugil cephalus</i> Linnaeus, 1758	X	-	-	-
ATHERINIFORMES				
Atherinidae				
<i>Atherina</i> spp.	X	-	-	-
PLEURONECTIFORMES				
Bothidae				
<i>Bothus podas</i> (Delaroche, 1809)	-	-	-	X
Soleidae				
<i>Monochirus hispidus</i> Rafinesque, 1814	-	-	-	X
AULOPIIFORMES				
Synodontidae				
<i>Synodus saurus</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	-	X
ZEIFORMES				
Zeidae				
<i>Zeus faber</i> Linnaeus, 1758	-	-	X	-

Dinamica spaziale e temporale dei popolamenti ittici di Calafuria

Metodi

Tre profondità (0-5m, 10-15m, 20-25m) sono state considerate. Lo studio è stato ripetuto per 3 anni in un arco di tempo di 6 anni tra il 2003 e il 2008. In ciascun anno sono stati considerati il periodo primaverile e quello autunnale. In ciascun periodo sono state scelte due date di campionamento. In ciascuna data e per ciascuna profondità sono stati campionati due siti. In ciascun sito sono state campionate due fasce di fondo lunghe 50 metri e larghe 5. L'operatore subacqueo ha percorso tali superfici annotando le specie presenti all'interno di un parallelepipedo di 5 metri di altezza.

I dati sono stati analizzati mediante analisi multivariata (PERMANOVA) mediante un modello a 5 fattori con il fattore Profondità (5m vs. 15m vs. 25m) fisso, il fattore Anno (3 livelli) random e ortogonale, il fattore Stagione (primavera vs. autunno) fisso e ortogonale, il fattore Data (2 livelli) random e gerarchizzato nella stagione x anno, il fattore Sito (2 livelli) random e gerarchizzato nell'interazione Profondità x Data. Il coefficiente di dissimilarità di Bray-Curtis è stato utilizzato prima dell'analisi. Un MDS è stato utilizzato per una rappresentazione grafica dei risultati. Il SIMPER test è stato impiegato per determinare le specie che maggiormente contribuivano alla dissimilarità tra profondità e tra stagioni.

Risultati

L'analisi multivariate (PERMANOVA) ha evidenziato una significatività per l'interazione habitat x stagione. Il Pairwise test ha mostrato che le differenze tra le profondità erano significative in entrambe le stagioni, mentre le differenze tra stagioni erano significative per i popolamenti superficiale e intermedio ma non per quello profondo. Le differenze tra anni, date e siti non sono risultate significative. L'MDS ha mostrato una chiara separazione tra i tre habitat.

Il SIMPER test ha mostrato i seguenti valori di dissimilarità: 48.5 tra i popolamenti profondo e intermedio, 61.1 tra quelli intermedio e superficiale e 89.2 tra quelli superficiale e profondo. Le specie che maggiormente contribuivano a separare i tre popolamenti erano *Oblada melanura*, *Thalassoma pavo*, *Atherina* spp., *Chelon* spp., *Trypterigion* spp., *Belone belone*, *Coryphoblennius galerita*, *Aidablennius sphynx* e *Paralipophrys trigloides* maggiormente abbondanti tra 0 e 5 metri, *Boops salpa*, *Diplodus sargus*, *Mullus surmuletus*, *Symphodus tinca* e *S. mediterraneus* più

abbondanti nel popolamento intermedio e *Serranus cabrilla*, *Epinephelus marginatus*, *Muraena helena*, *Sciaenops ocellatus* e *Labrus mixtus* caratterizzanti il popolamento profondo.

Le specie che cambiavano la loro abbondanza tra le stagioni erano principalmente quelle degli habitat più superficiali, quali *Atherina* spp., *Oblada melanura* e *Belone belone*.

I risultati dello studio mostrano che i popolamenti ittici di Calafuria sono rimasti stabili nel periodo di tempo considerato, mentre la loro struttura cambia in relazione alla profondità; differenze stagionali sono state riscontrate solo negli habitat più superficiali.

I popolamenti dei tre habitat principali presenti nell'area di studio hanno mostrato profonde differenze. Tale risultato è in accordo con quanto riportato per i popolamenti ittici di fondo duro mediterranei, per i quali la struttura dell'habitat è considerata una delle principali cause che determinano i patterns di distribuzione spaziale (Garcia Charton e Pérez-Ruzafa, 1998; Garcia Charton *et al.*, 1999). Se le differenze tra i popolamenti superficiali e gli altri appare scontato, le differenze tra il pianoro e la scogliera profonda sono legate sia alla presenza in quest'ultimo habitat di specie legate ad ambienti di coralligeno, come *Labrus mixtus*, sia a specie abbondanti probabilmente come risposta alla pressione di pesca, come *Epinephelus marginatus* e *Sciaenops ocellatus*. Tale pattern appare comune in molte aree mediterranee, mostrando come certe attività umane possano influenzare il comportamento della fauna ittica e, conseguentemente, la sua distribuzione spaziale, con importanti ripercussioni sul funzionamento degli ecosistemi (Pelaprat, 1999). Per contro, sul pianoro sono risultate presenti specie legate alle praterie di *Posidonia oceanica*, come *Diplodus annularis*, *Boops boops* e alcune specie di labridi (Guidetti, 2000).

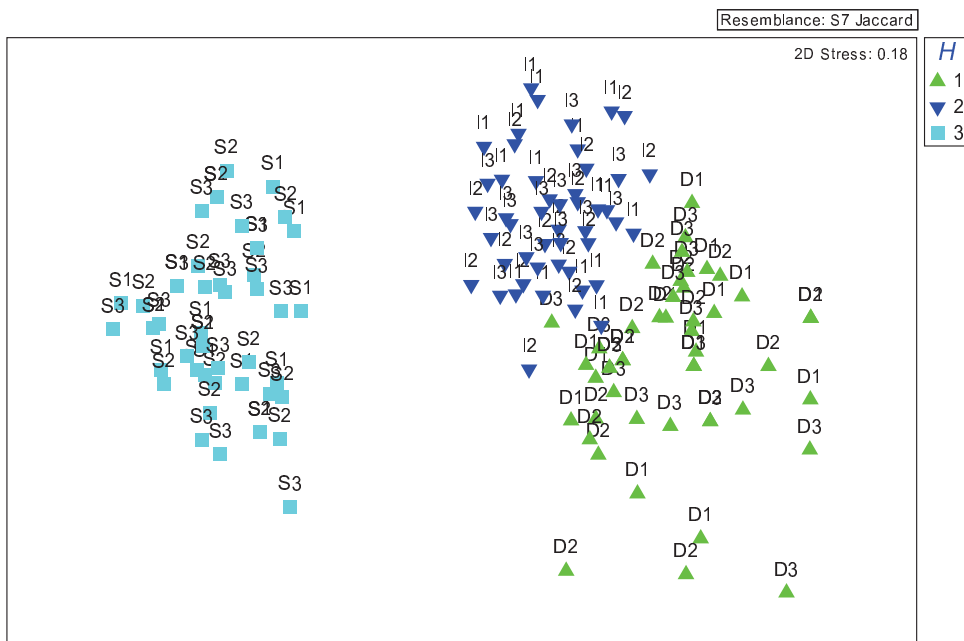
La mancanza di differenze significative tra anni rappresenta un risultato interessante. I popolamenti ittici possono modificare la loro struttura su lunghi periodi in seguito a cambiamenti dello sforzo di pesca, alla disponibilità di cibo o a modifiche nel loro comportamento (Harmelin 1987; Dufour *et al.* 1995; Pelaprat 1999). Nonostante queste variabili, che possono influenzare alcune specie, la struttura dei popolamenti rimane stabile attraverso gli anni. Tale caratteristica rende questi popolamenti validi bioindicatori di modificazioni ambientali e ne suggerisce la necessità di monitoraggio.

Risultati dell'analisi multivariata (PERMANOVA) sui popolamenti ittici di Calafuria

Source	df	MS	Pseudo-F	P(perm)
Habitat = H	2	60411	118.24	0.001
Anno = A	2	360.21	0.36831	1
Stagione = S	1	4132	8.7466	0.001
HxA	4	510.92	0.57311	0.997
HxS	2	3575	6.7931	0.001
AxS	2	472.41	0.48304	0.989
Data(AxS) = D(AxS)	6	977.99	0.73392	0.986
HxAxS	4	526.27	0.59033	0.997
Hx D(AxS)	12	891.49	0.669	1
Sito(Hx D(AxS))	36	1332.6	0.70109	1
Residuo	72	1900.7		
Totale	143			

PAIRWISE TESTS

	P(perm)		P(perm)
Primavera	)	Profondo	
Profondo, intermedio	0.001	Primavera, Autunno	0.072
Profondo, superficiale	0.001		
intermedio,			
superficiale	0.001	intermedio	
		Primavera, Autunno	0.001
Autunno			
Profondo, intermedio	0.001	superficiale	
Profondo, superficiale	0.001	Primavera, Autunno	0.001
intermedio,			
superficiale	0.001		



MDS sui popolamenti ittici di Calafuria: D = profondo, I = intermedio, S = superficiale

Risultati del SIMPER test che evidenziano le specie che maggiormente contribuiscono alla dissimilarità tra habitat

Taxa	Abbondanza	Abbondanza	Contrib%
	Profondo	intermedio	Dissimilarità: 48.5
<i>Symphodus tinca</i>	0	0.9	6.52
<i>Diplodus annularis</i>	0	0.54	3.94
<i>Boops salpa</i>	0.46	0.9	3.91
<i>Symphodus melanocercus</i>	0.27	0.58	3.9
<i>Symphodus mediterraneus</i>	0.44	0.67	3.83
<i>Labrus merula</i>	0.31	0.58	3.83
<i>Epinephelus marginatus</i>	0.54	0.21	3.75
<i>Muraena helena</i>	0.46	0.13	3.4
<i>Charax puntazzo</i>	0.25	0.42	3.36
<i>Blennius rouxi</i>	0.42	0.13	3.15

Taxa	Abbondanza	Abbondanza	Contrib%
	Profondo	intermedio	Dissimilarità: 48.5
<i>Labrus mixtus</i>	0.4	0	2.81
<i>Sciaena umbra</i>	0.33	0.17	2.76
	Profondo	superficiale	Dissimilarità : 69.2
<i>Diplodus sargus</i>	0.79	0	5.37
<i>Oblada melanura</i>	0	0.85	4.56
<i>Tripterygion tripteronotus</i>	0	0.79	4.25
<i>Chelon labrosus</i>	0	0.77	4.08
<i>Atherina</i> spp.	0	0.75	3.98
<i>Serranus cabrilla</i>	0.9	0.21	3.95
<i>Aidablennius sphynx</i>	0	0.63	3.36
<i>Apogon imberbis</i>	0.58	0.04	3.03
<i>Epinephelus marginatus</i>	0.54	0	2.83
<i>Thalassoma pavo</i>	0	0.54	2.8
<i>Belone belone</i>	0	0.5	2.59
<i>Coryphoblennius galerita</i>	0	0.5	2.55
<i>Paralipophrys trigloides</i>	0	0.46	2.49
<i>Muraena helena</i>	0.46	0	2.45
<i>Labrus mixtus</i>	0.4	0	2.07
	intermedio	superficiale	Dissimilarità: 61.1
<i>Diplodus sargus</i>	0.79	0	4.28
<i>Chelon labrosus</i>	0	0.77	4.12
<i>Tripterygion tripteronotus</i>	0.08	0.79	4.03
<i>Atherina</i> spp.	0	0.75	4.01
<i>Serranus cabrilla</i>	0.85	0.21	3.8
<i>Mullus surmuletus</i>	0.83	0.21	3.76
<i>Symphodus tinca</i>	0.9	0.29	3.61
<i>Aidablennius sphynx</i>	0	0.63	3.39
<i>Symphodus mediterraneus</i>	0.67	0.17	3.3
<i>Oblada melanura</i>	0.38	0.85	3.25

Taxa	Abbondanza	Abbondanza	Contrib%
	Profondo	intermedio	Dissimilarità: 48.5
<i>Diplodus annularis</i>	0.54	0	2.93
<i>Serranus scriba</i>	0.83	0.46	2.88
<i>Labrus merula</i>	0.58	0.29	2.87
<i>Thalassoma pavo</i>	0	0.54	2.84
<i>Belone belone</i>	0	0.5	2.62

Patterns di diversità dei popolamenti ittici di Calafuria

Metodi

La diversità alpha è stata valutata come numero di specie per campione, per sito e per ciascun habitat che caratterizza l'area: costa, pianoro e scogliera profonda.

La diversità beta è stata valutata sia all'interno di ciascun habitat che lungo un gradiente di profondità.

La diversità beta in ciascun habitat è stata stimata come la partecipazione delle differenze della diversità alpha tra campioni: $\beta_s = NH / \lambda$, dove NH = la ricchezza specifica nell'habitat H, λ = il numero medio di specie per campione nell'habitat H (Gray 2000).

La diversità beta è stata valutata mediante il β_D indice (Lorance 2002): $\beta_D = (G+L)/N1+N2$ dove G = il numero di specie guadagnate lungo un gradiente, L = il numero di specie perse lungo un gradiente, N1 and N2 = la ricchezza di specie negli habitat 1 e 2.

Un diagramma di Venn è stato utilizzato per mostrare il numero di specie esclusive di ciascun habitat e le specie in comune tra gli habitat.

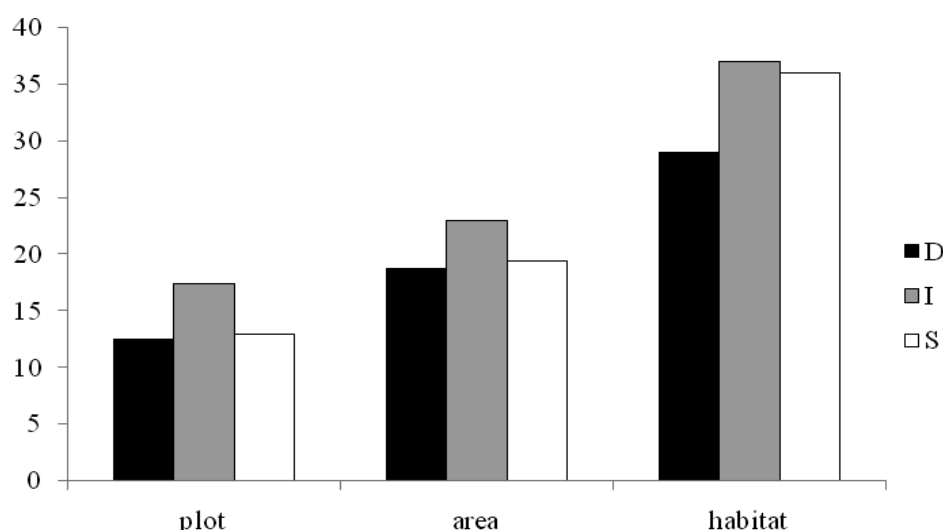
Risultati

Il numero medio di specie per campione è risultato di 13.0 ± 9.3 (media $\pm$ SE, n=48), 16.1 ± 0.3 e 14.4 ± 0.3 , rispettivamente per i popolamenti profondo, intermedio e superficiale. Il numero totale di specie nei tre habitat era di 33, 38 e 35.

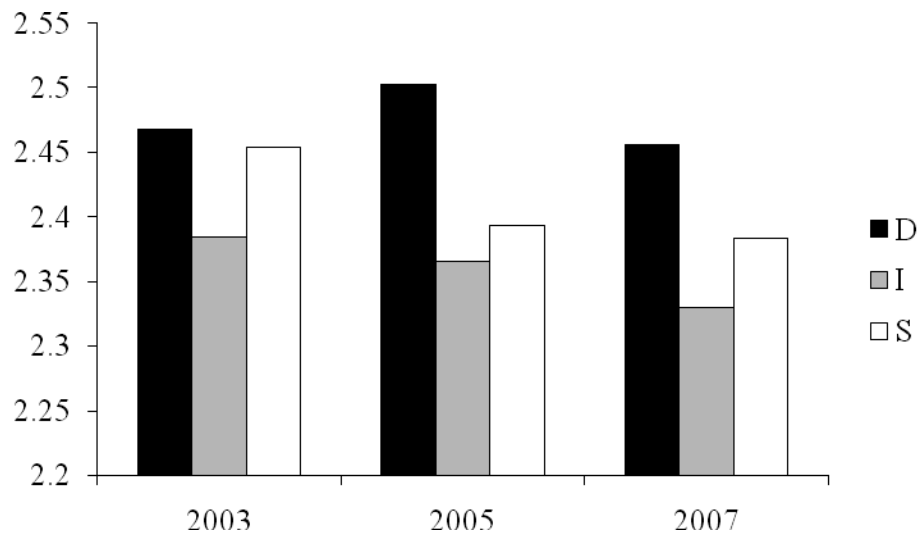
I valori dell'indice β_H erano più alti per il popolamento profondo durante tutti gli anni di studio. Il diagramma di Venn mostra che 19, 10 e 8 taxa sono risultati esclusivi dei popolamenti

superficiale, intermedio e profondo; 25 erano comuni tra i popolamenti profondo e intermedio, 16 erano comuni tra l'intermedio e il superficiale e 13 tra il superficiale e il profondo. I valori dell'indice βD erano 0.39 tra il popolamento superficiale e quello intermedio, 0.25 tra l'intermedio e il profondo e 0.40 tra il superficiale e il profondo.

Una ricchezza specifica più alta nel popolamento intermedio può essere legata alla presenza di organismi a più ampia valenza ecologica; infatti, i popolamenti superficiale e profondo sono caratterizzati da specie maggiormente legate a quel particolare habitat. Un opposto pattern è invece emerso dai valori di diversità beta che sono risultati sempre più alti nel popolamento profondo. Tale risultato può essere legato a differenti cause. Da una parte la presenza di un habitat coralligeno nella scogliera profonda può promuovere la diversità beta grazie ad un incremento di eterogeneità del substrato che può influenzare la distribuzione degli organismi (Garcia-Charton and Pérez-Ruzafa 2001); l'influenza delle biocostruzioni sulla distribuzione delle specie ittiche è stata ampiamente investigate, al contrario poco si sa di tale aspetto per le biocostruzioni mediterranee. D'altra parte anche le caratteristiche delle specie che costituiscono il popolamento profondo, soprattutto di carnivori di grandi dimensioni e di specie territoriali possono influenzare i valori di diversità beta.



Valori di ricchezza specifica per campione (plot), area di studio e habitat



Valori di diversità beta nei tre habitat per i tre anni di studio

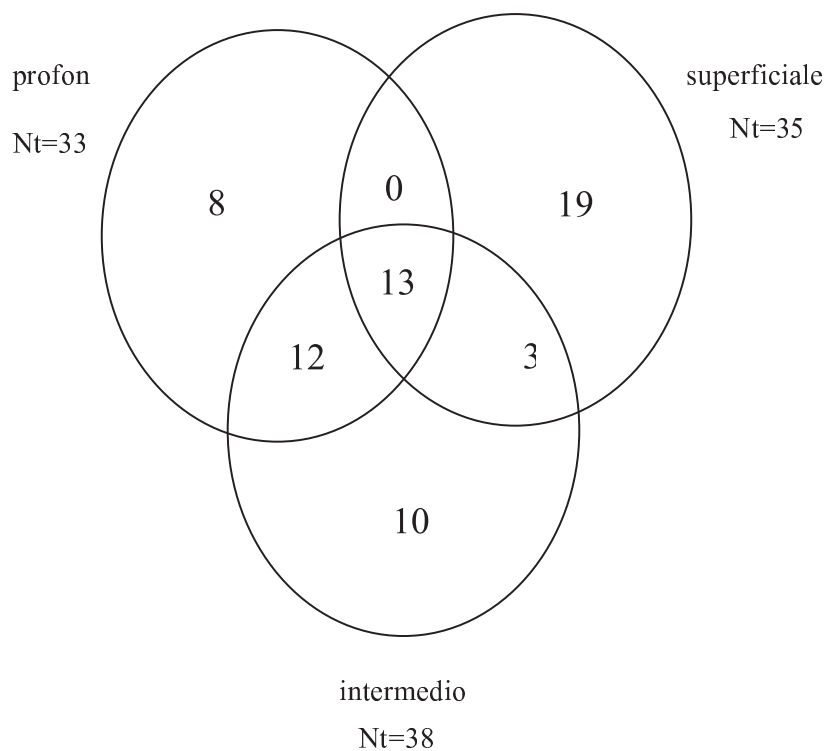


Diagramma di Venn che mostra le specie esclusive e/o in comune dei tre habitat

Considerazioni conclusive

L'area di studio è soggetta ad una forte pressione antropica, legata alla frequentazione turistica e, soprattutto, alla pesca sportiva. Nonostante ciò, i popolamenti ittici hanno mostrato elevati valori di biodiversità ed anche una rilevante presenza di specie bersaglio. La presenza di popolamenti ittici ancora ricchi e diversificati nonostante l'alta pressione di prelievo, mette in evidenza le potenzialità dell'area. Queste potenzialità possono essere legate sia ad un'alta capacità portante che permette una ricostituzione relativamente veloce degli stocks, sia alla morfologia dei fondali che consente ampie possibilità di rifugio alle specie ittiche. Alla morfologia dei fondali sono anche legati i valori di diversità beta riscontrati che, insieme agli altri aspetti sopra riportati contribuiscono al valore dei popolamenti ittici di Calafuria. Infine, non è da trascurare la presenza nell'area di specie rare e/o poco segnalate nell'area geografica considerata. La sola presenza di tali specie, soprattutto Gobidae particolarmente legate al substrato e al territorio, può giustificare interventi di protezione dell'area.

Riferimenti bibliografici

- ANHELT H., KOVAČIĆ M., 1997. A northern Adriatic population of *Thorogobius macrolepis* (Teleostei: Gobiidae). *Cybium* 21: 149-162.
- BALLESTA L., MILLER P.J., QUIGNARD J.-P., 1998. First record of *Didogobius schlieweni* Miller, 1992 (Gobiidae) in the western Mediterranean Sea. *Cybium* 22: 290–292.
- BELL J.D., 1983. Effects of depth and marine reserve fishing restrictions on the structure of a rocky reef fish assemblage in the north-western Mediterranean Sea. *J. Appl. Ecol.* 20: 357-369.
- CECCHI E., PIAZZI L., BALATA D., 2007. Interaction between depth and protection in determining the structure of Mediterranean coastal fish assemblages. *Aquat. Living Resour.* 20: 123-129.
- DUFOUR V., JOUVENEL J., GAZLIN R., 1995. Study of a Mediterranean reef fish assemblage. Comparison of population distributions between depths in protected and unprotected areas over a decade. *Aquat. Living Resour.* 8: 17-25.
- FRANCOUR P., 1994. Pluriannual analysis of the reserve effect on ichthyofauna in the Scandola natural reserve. *Oceanol. Acta* 17: 309-317.
- GARCIA-CHARTON J.A., PÉREZ-RUZAF A., 1998. Correlation between habitat structure and a rocky reef fish assemblage in SW Mediterranean. *P.S.Z.N.I. Mar. Ecol.* 19: 111-128.

- GARCIA-RUBIES A., ZABALA M., 1990. Effects of total fishing prohibition on a rocky fish assemblages of Medes Islands marine reserve (NW Mediterranean). *Sci. Mar.* 54: 317-328.
- GUIDETTI P., 2000. Differences among fish assemblages associated with nearshore *Posidonia oceanica* seagrass beds, rocky-algal reefs and unvegetated sand habitats in the Adriatic Sea. *Estuar. Coast. Shelf Sc.* 50: 515-529.
- HARMELIN J.G., 1987. Structure and variability of the ichthyofauna in a Mediterranean protected area (National Park of Port-Cros, France). *Mar. Ecol.* 8: 263-284.
- HARMELIN J.G., BACHET F., GARCIA F., 1995. Mediterranean marine reserves: fish indices as tests of protection efficiency. *PSZNI Mar. Ecol.* 16: 233-250.
- KOVAČIĆ M., 2005. An annotated checklist of the family Gobiidae in the Adriatic Sea. *Ann. Istrian Medit. St. Ser. Hist. Nat.* 15: 1–24.
- MICHEL F., BENEDETTI-CECCHI L., GAMBACCINI S., BERTOCCI I., BORSINI C., OSIO C.G., ROMANO F., 2005. Cascading human impacts, marine protected areas and the structure of Mediterranean rocky-reef assemblages. *Ecol. Monogr.* 75: 81-102.
- MILLER P.J., 1986. Gobiidae. In: Fishes of the Northeastern Atlantic and the Mediterranean. Vol. III. Whitehead P.J.P., Bauchot M. L., Hureau J. C., Nielson J., Tortonese Editori. UNESCO, Paris. pp. 1019-1085 .
- PATZNER R.A., 2007. A recent finding of *Didogobius schlieweni* (Gobiidae) with some notes on its ecology and distribution. *Acta Ichthyol. Pisc.* 37: 63–65.
- PELAPRAT C., 1999. Influence of protection measures on the seasonal and annual variations of densities and biomasses within the no invigilated fishing reserve of Calvi. *Nat. Sic.* 23: 223-242.
- PIAZZI L., CECCHI E., GUERRIERI S., SERENA F. 2009. Il popolamento ittico di Calafuria (Livorno.) *Atti Società Toscana Scienze Naturali.* 116: 73-79.
- PIAZZI L., CECCHI E., SERENA F. 2012. Spatial and temporal patterns of diversity of Mediterranean rocky fish assemblages. *Vie Milieu* 62: 129-136
- RIUS M., 2007. The effect of protection on fish population in the Ses Negres Marine Reserve (NW Mediterranean, Spain). *Sci. Mar.* 71: 499-504.

VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ ECOLOGICA

La valutazione della qualità ecologica delle aree marine costiere, così come previsto dalla European Framework Directive 60/2000 implica l'uso di differenti indicatori biologici. Lo stato ecologico viene valutato attraverso il rapporto (Ecological Quality Ratio, EQR) tra i valori degli elementi biologici misurati in un determinato corpo idrico e quelli di riferimento. Cinque classi di stato ecologico corrispondono a altrettanti intervalli di questo rapporto o (elevato, buono, moderato, povero, cattivo).

Nell'area di Calafuria sono stati applicati tre differenti indici, il CARLIT per i popolamenti di battigia, il BiPo (Ballesteros et al., 2007) per le praterie di *Posidonia oceanica* (Lopez y Rojo et al., 2010) e l'ESCA per i popolamenti coralligeni (Cechi et al. 2010).

MAPPATURA DEI POPOLAMENTI SUPERFICIALI MEDIANTE METODO CARLIT

Il metodo CARLIT (Cartography of Littoral and Upper-Sublittoral Benthic Communities, Ballesteros et al. 2007) è stato proposto nell'ambito della Direttiva Quadro in Materia di Acque (WFD 2000/60/EU) come strumento per definire un indice di qualità ambientale. Si tratta di un metodo cartografico che determina lo sviluppo lineare dei popolamenti superficiali di costa rocciosa, permettendo l'inserimento di tali dati in un Sistema d'Informazione Geografica (GIS).

Tale metodo è stato applicato lungo la costa di Calafuria nell'ambito del monitoraggio marino costiero svolto dall'ARPAT (Cecchi et al. 2009).

La costa di Calafuria è stata suddivisa in 4 settori di 850 metri. I dati sono stati raccolti nel giugno 2007, seguendo la costa su una piccola imbarcazione alla distanza di 3-4 metri. La presenza dei principali popolamenti è stata annotata sul supporto cartografico unitamente alle caratteristiche geomorfologiche della costa. Ad ogni unità di campionamento è stato attribuito un valore di sensibilità in relazione al popolamento dominante. I Valori di Qualità Ecologica (Ecological Quality Values, EQV) sono stati quantificati per ogni settore e per l'intero tratto di costa come media dei valori di sensibilità in funzione del numero di unità di campionamento.

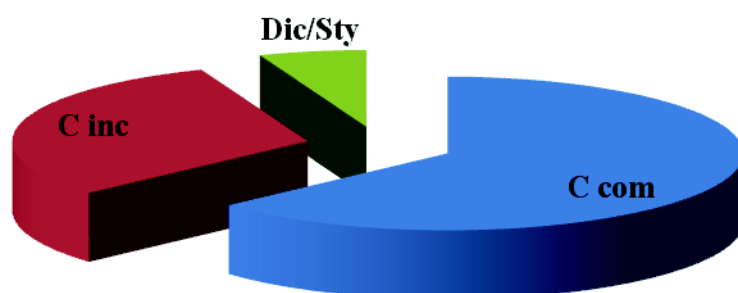
Il Rapporto di Qualità Ecologica (Ecological Quality Ratio, EQR) è stato ottenuto rapportando i valori di qualità ecologica riscontrati con i valori di riferimento per ogni determinata categoria geomorfologia della costa: $EQR = \sum EQV \cdot L_i / EQV_{rif} / \sum L_i$, dove L rappresenta la lunghezza in metri della linea di costa interessata dalla categoria morfologica *i*. L'EQR è un valore dimensionale

compreso tra 0 e 1 e permette di classificare le aree secondo 5 classi di stato ecologico (Ballesteros et al 2007, Mangialajo et al 2007).

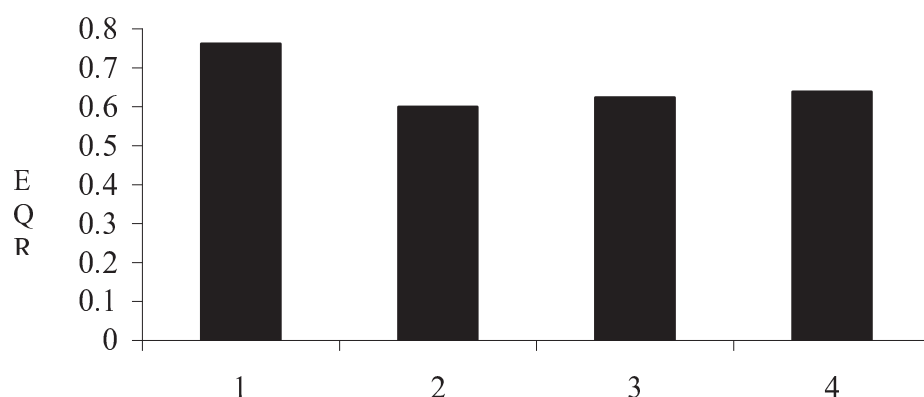
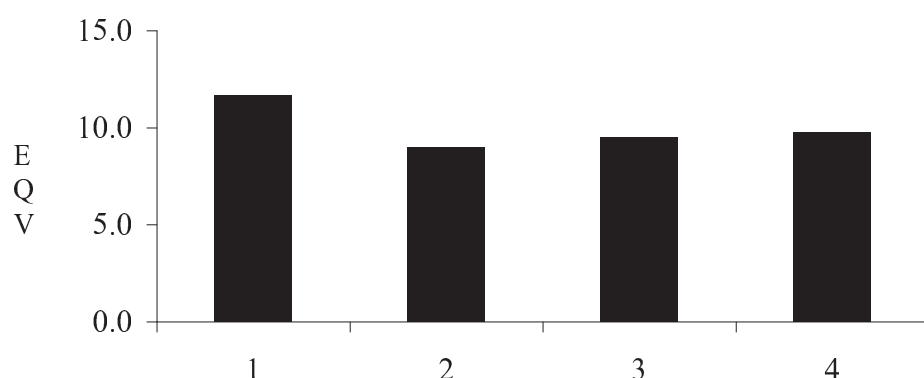
La costa di Calafuria è risultata caratterizzata principalmente da popolamenti fotofili dominati da *Cystoseira compressa*, che rappresentano il 63.2% dei popolamenti riscontrati. Altre tipologie individuate erano rappresentate da popolamenti fotofili costituiti da Dictyotales e Sphacelariales e da popolamenti sciafili dominate da corallinacee incrostanti. Quest'ultima tipologia è stata riscontrata principalmente sulle porzioni di costa con maggiore pendenza.

La distribuzione delle tipologie mostra una dominanza pressoché totale di popolamenti a *C. compressa* nel settore più settentrionale, mentre negli altri si ha un'alternanza di tali popolamenti con quelli a corallinacee incrostanti. Popolamenti a Dictyotales e Sphacelariales erano presenti nel settore più meridionale. I valori di qualità ecologica (EQV) sono risultati quindi più alti nel settore più settentrionale.

Il rapporto di Qualità ecologica (EQR) per l'intera area è risultato pari a 0.65, mentre questo valore variava tra i settori da un minimo di 0.60 ad un massimo di 0.76.



Percentuali delle principali tipologie di popolamento caratterizzanti la frangia infralitorale di Calafuria



Valori di qualità ecologica (EQV) e del rapporto di qualità ecologica (EQR) rilevati nei 4 settori di studio lungo la costa di Calafuria

VALUTAZIONE DELLA PRATERIA DI *POSIDONIA OCEANICA* MEDIANTE METODO PoBI

La prateria presenta una struttura a chiazze con valori di densità da considerare normali in relazione al tipo di substrato. Anche gli altri descrittori della prateria sono risultati simili a quelli riportati per le praterie della stessa zona biogeografica. Il limite inferiore si colloca ad una profondità media di circa 25 metri che è da considerare piuttosto superficiale. I valori di EQR sono riportati in tabella: gli EQR' relative a densità, superficie fogliare e tipologia sono risultati indicatori di un buono stato ecologico, mentre la profondità ricade in un livello di qualità moderato. Il valore dell'indice indica un livello di qualità buono.

Valori di EQR

EQR'	EQR'	EQR' _{LLpro}	EQR'	EQR	Stato
densità	superficie folgiare	fondità	tipo		Ecologico
0.62	0.64	0.44	0.89	0.65	
(buono)	(buono)	(moder)	(buono)		Buono

STUDIO DEI POPOLAMENTI CORALLI GENI MEDIANTE METODO ESCA

L'indice ESCA (Ecological Status of Coralligenous Assemblages, Cecchi e Piazzì 2010, Cecchi et al. 2010, Ricevuto et al. 2011) è stato elaborato a partire dai risultati di studi ecologici condotti lungo le coste continentali e insulari toscane a partire da 2001 (Piazzì et al. 2012 e bibliografia annessa) ed è stato concepito per definire la qualità ambientale in modo idoneo a rispondere alle richieste della European Water Framework Directive. L'indice, è impiegato da 6 anni dall'ARPA Toscana nell'ambito del monitoraggio costiero (Mancusi et al. 2010).

All'interno dell'area di studio sono stati campionati 2 siti a distanza di circa un chilometro tra loro e in ciascun sito sono state selezionate due aree di campionamento distanti tra loro un centinaio di metri, in ciascuna delle quali sono state effettuate 15 repliche.

Ciascuna replica consiste in un campione fotografico che copre una superficie di 1878 cm², ottenuto mediante una macchina fotografica digitale Nikon coolpix 6000 sc.

Attraverso l'uso del software ImageJ, i dati fotografici ottenuti sul campo sono stati analizzati secondo il metodo del mosaico a patches. Il risultato di questa operazione genera un mosaico eterogeneo di macchie di diversa grandezza e colore, al fine di consentire una discriminazione tra specie presenti nella superficie fotografata. La struttura viene determinata dalla composizione, configurazione e proporzione delle diverse patches.

Il calcolo dell'indice è stato effettuato mediando i tre valori di EQB ottenuti attraverso:

- Qualità dei taxa presenti: SENSITIVITY LEVEL
- Diversità alpha: NUMERO DI TAXA O GRUPPI;
- Diversità beta: Eterogeneità dei popolamenti, attraverso il calcolo della PERMDISP utilizzando il programma PRIMER 6 + PERMANOVA.

L'applicazione del metodo ESCA a Calafuria ha mostrato un valore dell'indice di 0.56 che ricade nella categoria moderata. analizzando separatamente le differenti componenti dell'indice, si nota

che i valori di diversità sia alpha che beta sono da considerarsi buoni, mentre è risultato particolarmente basso il valore relativo agli aspetti quali/quantitativi dei popolamenti. Questo risultato è probabilmente da ricondurre all'alta abbondanza di specie filamentose e parallelamente ai bassi valori di copertura di macroalghe a tallo eretto. La presenza del feltro algale porta ad una diminuzione dei valori di qualità ecologica dei popolamenti

Valori di EQR relativi ai popolamenti coralligeni di Calafuria

EQR_{SL}	EQR_P	EQR_{PF}	EQR	Stato Ecologico
0.32	0.67	0.68		
(povero)	(buono)	(buono)	0.56	moderato

RIASSUNTO DEI RISULTATI

L'applicazione di differenti metodi di valutazione alla costa di Calafuria ha permesso di ottenere un valore complessivo di qualità che rientra nella categoria "buono".

Valori di qualità ecologica

EQR	EQR	EQR	EQR	Stato Ecologico
<i>P. oceanica</i>	Popolamenti macroalgali	Popolamenti coralligeni		
0.65 (buono)	0.69 (buono)	0.56 (moder)	0.64	BUONO

Riferimenti bibliografici

- BALLESTEROS E., TORRAS X., PINEDO S., GARCIA M., MANGALAJO M., DE TORRES M., 2007. A new methodology based on littoral community cartography dominated by macroalgae for the implementation of European Water Framework Directive. *Mar. Pollut. Bull.* 55:172-180.
- CECCHI E., PIAZZI L. 2010. A new method for the assessment of the ecological status of coralligenous assemblage. *Biologia Marina Mediterranea* 17:162-163.
- CECCHI E., PIAZZI L., SERENA F. 2009. Applicazione del metodo CARLIT lungo la costa di Calafuria (Livorno). *Ati Società Toscana Scienze Naturali* 116: 123-125.
- CECCHI E., PIAZZI L., SERENA F. 2010. The use of coralligenous assemblages in the monitoring survey along the Tuscany coasts: the assessment of sampling procedures and results of five-years studies. 3° Simposio CNR Livorno
- LOPEZ Y ROJO C., CASAZZA G., PERGENT-MARTINI C., PERGENT G. 2010 – A biotic index using the seagrass *Posidonia oceanica* (BiPo), to evaluate ecological status of coastal waters. *Ecol. Indicators* 10: 380-389.
- MANCUSI C., CECCHI E., PIAZZI L. , RIA M. , SILVESTRI R. , SERENA F. 2010. Assessment of the ecological quality of coastal water through the concurrent use of different biological indicators. *Biologia Marina Mediterranea* 17: 171-172.
- MANGIALAJO L., RUGGIERI N., ASNAGHI V., CHIANTORE M., POVERO P., CATTANEO-VIETTI R. 2007. Ecological status in the Ligurian Sea : the effect of coastline urbanisation and the importance of proper reference sites. *Mar. Pollut. Bull.* 55: 30-41.

CONCLUSIONI

Il valore naturalistico della costa di Calafuria è legato sia al valore in sé dei popolamenti e specie presenti ma anche alla sua collocazione geografica. Infatti, esso rappresenta uno dei tre tratti di costa alta rocciosa presenti lungo le coste continentali della Toscana e l'unico del litorale settentrionale della regione. Per tale motivo Calafuria è la sola area tra le Cinque Terre e il promontorio di Baratti dove è possibile trovare alcune particolari biocenosi e può rappresentare un importante ponte per la dispersione delle specie.

Nella parte più superficiale, è da rimarcare la presenza di un sistema di pozze di scogliera particolarmente sviluppato, unico in Toscana, che ospita popolamenti di specie di *Cystoseira* considerate ad alto valore ecologico.

I popolamenti algali sono considerati ben strutturati e sono segnalate anche alcune specie del genere *Cystoseira* rare o comunque non presenti nel resto della Toscana continentale. Inoltre tali popolamenti mostrano alti valori di biodiversità. Questo pattern è visibile sia in relazione al totale delle specie presenti, da considerare alto in rapporto alla superficie dell'area, sia ad altre componenti di biodiversità, come la diversità beta, legata all'alta eterogeneità di habitat che caratterizza l'area.

Sul pianoro sommerso, tra 10 e 20 metri di profondità è presente una prateria di *Posidonia oceanica* che può essere considerata in un buon stato ecologico.

A partire dai 15 metri e fino a 40, si ha la presenza di biocostruzioni, che nella parte più profonda danno luogo a un tipico habitat coralligeno. I popolamenti coralligeni di Calafuria rappresentano gli unici popolamenti simili e di una certa estensione della Toscana continentale, se si esclude il monte Argentario.

Nei popolamenti coralligeni di Calafuria sono presenti specie di elevato interesse, tra le quali 5 specie di gorgoniacei e il *Corallium rubrum*. Quest'ultimo forma estesi popolamenti tra i 20 e i 40 metri di profondità. La presenza di una popolazione vitale di corallo rosso come quella di Calafuria, insediata ad una decina di chilometri dal porto industriale di Livorno costituisce un fenomeno di eccezionale interesse naturalistico, fino ad ora sottovalutato dalle autorità che presiedono alla tutela del territorio. La sua accessibilità pone delle incertezze circa la sua sopravvivenza che dipende dall'attenzione che verrà posta alla sua tutela nei prossimi anni.

I popolamenti di macroinvertebrati che sono stati investigati hanno mostrato alti valori di biodiversità, in particolar modo i molluschi.

Nonostante l'alta pressione di prelievo, i popolamenti ittici all'interno dell'area hanno mostrato elevati valori di biodiversità ed anche una rilevante presenza di specie bersaglio. I popolamenti ittici sembrano presentare ancora una struttura tale da poter permettere un recupero pressoché totale se adeguatamente protetti. Inoltre, sempre per quanto riguarda la fauna ittica, sono state segnalate nell'area specie particolarmente rare. La sola presenza di tali specie, soprattutto Gobidae particolarmente legate al substrato e al territorio, può giustificare interventi di protezione dell'area.

Nell'insieme, l'area di Calafuria, grazie alla sua collocazione geografica e alla morfologia dei fondali, che creano un'alta diversificazione di habitat, sembra rappresentare un sito caratterizzato da un'alta biodiversità, se comparato al resto delle coste continentali italiane.