

A. COSSU, V. GAZALE<sup>1</sup>, P. ORRÙ<sup>2</sup>, D. PALA<sup>1</sup>, A. PUDDU<sup>1</sup>

Dipartimento di Botanica ed Ecologia Vegetale, Università di Sassari,  
Via Muroni, 25 - 07100 Sassari, Italia.

<sup>1</sup>Battelle - Medsar, Tramariglio, Alghero, Italia.

<sup>2</sup>Dipartimento Scienze della Terra, Università di Cagliari, Cagliari, Italia.

## LINEAMENTI MORFOLOGICI E CARTOGRAFIA DEI POPOLAMENTI BENTONICI DI RADA DELLA REALE NELL'ISOLA DELL'ASINARA (SARDEGNA NW)

### MORPHOLOGICAL ELEMENTS AND CARTOGRAPHY OF BENTHIC COMMUNITY IN RADA DELLA REALE, ASINARA ISLAND (SARDINIA NW)

#### Abstract

*A detailed investigation of bottom types in Rada della Reale has been carried out in 1998 as part of resources study of Asinara National Park. The study area, along 23 km of coastline between Punta Barbatossa and Punta Trabucato, has a surface of 15 km<sup>2</sup>. Detailed information on biotic communities in the area has been recorded and transferred in a thematic map together with geomorphological features.*

*The main benthic community is represented by the Posidonia oceanica meadow, with a density up to 700-800 shoots/m<sup>2</sup>. Other seagrasses like Cymodocea nodosa and Caulerpa prolifera are also present. In the mediolittoral zone assemblages of Patella ferruginea are of main importance.*

*Considering the great value of the area, in the future an integrated management strategy that improves conservation and enhances the value of the resources must be developed.*

**Key-words:** benthos, geomorphological features, cartography, Asinara island, Sardinia.

#### Introduzione

L'Isola dell'Asinara è ubicata in prossimità della scarpata continentale e costituisce la porzione più prossimale al bordo di tutto il versante occidentale della Sardegna. Si possono distinguere due versanti principali dalle diverse caratteristiche morfologiche e di esposizione; il versante occidentale è caratterizzato da ripidi pendii che continuano nella parte immersa; qui la morfologia del

la bathimetria del 50 m. Il versante orientale deciva invece gradualmente fino ad una profondità massima di circa 50 m. Il fondo ha un basamento costituito da una massa scistosa attraversata da filoni, vene di quarzo e da substrati incoerenti formati da sabbie grossolane di detrito organogeno da cui frequentemente emergono grossi affioramenti rocciosi.

I venti determinano i maggiori effetti nel differenziare le comunità biologiche dei due versanti soprattutto per quelle più superficiali; quelli provenienti da ovest e nord-ovest sono i prevalenti e hanno anche maggiore intensità. I venti provenienti da levante, di discreta periodicità ed intensità, sortiscono sulle condizioni del mare effetti più contenuti per il ridosso offerto dalla Sardegna modellando, sulla sponda orientale, comunità di moda da semibattuta a calma.

I caratteri di unicità della flora e della vegetazione marina di questa isola sono stati illustrati in diversi lavori (Cossu e Gazale, 1998, 1997; 1990; Cossu *et al.* 1992a; 1992b). Tali peculiarità derivano da diversi fattori legati sia alle caratteristiche ambientali sia alla presenza di un carcere che ha condizionato le vicissitudini storiche e giuridiche che in quest'ultimo secolo hanno determinato l'indiretta conservazione della risorsa biologica.

Il presente lavoro riporta parte dei risultati rivolti allo studio dei lineamenti morfologici e dei popolamenti bentonici, coordinato dall'ICRAM, nell'ambito del più vasto progetto dello studio di definizione e delle proposte per il piano di zonizzazione del Parco Nazionale dell'Isola Asinara.

### Materiali e metodi

La Rada della Reale dell'Isola dell'Asinara è la zona interessata dallo studio e comprende il tratto di mare da Punta Barbarossa fino a Punta Trabuccato. Le attività di campagna si sono svolte nell'estate del 1998; si è allestita un'imbarcazione Gran Banks, di 10 m di lunghezza. L'indagine geofisica, che ha interessato la fascia batimetrica compresa tra 10 e 50 metri, è stata effettuata con rilevamenti sonar a scansione laterale (S. S. S.) (Belderson *et al.*, 1972) a 600 khz, secondo bande estese circa 75 m con linee trasversali rispetto alla costa, isodanziate di circa 700 metri (Newton, 1987). Il sistema di posizionamento era costituito da un GPS differenziale Trimble. L'imbarcazione era provvista inoltre di una telecamera subacquea filoguidata; le immagini subacquee venivano registrate da un apparato RVM con la posizione geografica, profondità ed una interpretazione del fondale. Le immagini S. S. S. sono state riunite in mosaico, che ha costituito la base cartografica per la definizione della geomorfologia dei fondali e delle relative biocenosi.

La caratterizzazione della morfologia del fondo marino e la mappatura delle forme per i fondali poco profondi, è stata realizzata con immagini da rilevamento aereo (Fig. 1) che ha consentito la distinzione dei limiti delle spiagge sommerse e delle piattaforme di abrasione in roccia pericostiere e le aree colonizzate da *Posidonia oceanica* fino alla profondità massima di 20 metri.

La verifica dei dati geofisici, biologici e del rilevamento aereo sono stati realizzati con indagini dirette; per i fondali fino a 50 metri sono state realizzate 25 stazioni di rilevamento geomorfologico con campionamento di roccia e sedimenti in immersione.

Per l'analisi delle comunità bentoniche, sono stati eseguiti campionamenti in 64 stazioni con ispezioni subacquee mediante A. R. A; sul substrato duro sono stati raccolti campioni tramite asportazione completa di quadrati di 20 cm<sup>2</sup> che poi venivano conservati in flaconi in polietilene e in acqua di mare e formalina neutra al 4%. Nei substrati mobili con prevalente copertura a fanerogame sono state eseguite stime di densità, copertura e lunghezza fogliare, con tre repliche in quadrati di 40 cm<sup>2</sup> in 21 stazioni (Fig. 2). Tali indagini hanno consentito la realizzazione di una cartografia con scala 1:25.000.

### Risultati e discussione

Nella Rada della Reale la zona interessata dallo studio comprende una linea di costa di 23 Km, per una estensione di circa 15 Km<sup>2</sup>.

I caratteri di unicità della flora e della vegetazione marina di questa isola sono stati illustrati in diversi lavori (Cossu e Gazale, 1998, 1997; 1990; Cossu *et al.* 1992a; 1992b). Tali peculiarità derivano da diversi fattori legati sia alle caratteristiche ambientali sia alla presenza di un carcere che ha condizionato le vicissitudini storiche e giuridiche che in quest'ultimo secolo hanno determinato l'indiretta conservazione della risorsa biologica.

Il presente lavoro riporta parte dei risultati rivolti allo studio dei lineamenti morfologici e dei popolamenti bentonici, coordinato dall'ICRAM, nell'ambito del più vasto progetto dello studio di definizione e delle proposte per il piano di zonizzazione del Parco Nazionale dell'Isola Asinara.

### Materiali e metodi

La Rada della Reale dell'Isola dell'Asinara è la zona interessata dallo studio e comprende il tratto di mare da Punta Barbarossa fino a Punta Trabuccato. Le attività di campagna si sono svolte nell'estate del 1998; si è allestita un'imbarcazione Gran Banks, di 10 m di lunghezza. L'indagine geofisica, che ha interessato la fascia batimetrica compresa tra 10 e 50 metri, è stata effettuata con rilevamenti sonar a scansione laterale (S. S. S.) (Belderson *et al.*, 1972) a 600 khz, secondo bande estese circa 75 m con linee trasversali rispetto alla costa, isodanziate di circa 700 metri (Newton, 1987). Il sistema di posizionamento era costituito da un GPS differenziale Trimble. L'imbarcazione era provvista inoltre di una telecamera subacquea filoguidata; le immagini subacquee venivano registrate da un apparato RVM con la posizione geografica, profondità ed una interpretazione del fondale. Le immagini S. S. S. sono state riunite in mosaico, che ha costituito la base cartografica per la definizione della geomorfologia dei fondali e delle relative biocenosi.

La caratterizzazione della morfologia del fondo marino e la mappatura delle forme per i fondali poco profondi, è stata realizzata con immagini da rilevamento aereo (Fig. 1) che ha consentito la distinzione dei limiti delle spiagge sommerse e delle piattaforme di abrasione in roccia pericostiere e le aree colonizzate da *Posidonia oceanica* fino alla profondità massima di 20 metri.

La verifica dei dati geofisici, biologici e del rilevamento aereo sono stati realizzati con indagini dirette; per i fondali fino a 50 metri sono state realizzate 25 stazioni di rilevamento geomorfologico con campionamento di roccia e sedimenti in immersione.

Per l'analisi delle comunità bentoniche, sono stati eseguiti campionamenti in 64 stazioni con ispezioni subacquee mediante A. R. A; sul substrato duro sono stati raccolti campioni tramite asportazione completa di quadrati di 20 cm<sup>2</sup> che poi venivano conservati in flaconi in polietilene e in acqua di mare e formalina neutra al 4%. Nei substrati mobili con prevalente copertura a fanerogame sono state eseguite stime di densità, copertura e lunghezza fogliare, con tre repliche in quadrati di 40 cm<sup>2</sup> in 21 stazioni (Fig. 2). Tali indagini hanno consentito la realizzazione di una cartografia con scala 1:25.000.

### Risultati e discussione

Nella Rada della Reale la zona interessata dallo studio comprende una linea di costa di 23 Km, per una estensione di circa 15 Km<sup>2</sup>.



Fig. 1 - Foto aerea di Cala Sgombro di Dentro in cui si possono distinguere le forme sommerse.  
*Aereal Photograph of Cala Sgombro di Dentro in wich are distinguishable submarine features.*

I fondali rocciosi di Cala della Reale sono caratterizzati da affioramenti scistosi, attraversati da filoni e vene di quarzo e da una importante rete di fratture. I dati petrografici permettono di estendere nell'area marina la presenza del basamento scistoso, contrariamente a quanto poteva supporre per la vicinanza dei graniti dell'Asinara. La sommità del rilievo presenta i caratteri di piattaforma di abrasione. Il versante è caratterizzato da sedimenti sabbiosi con una ricca vegetazione a *Posidonia oceanica*.

Una paleo-superficie di spianamento continentale, irregolare e debolmente inclinata verso il largo, è riconoscibile a profondità comprese tra 40 e 60 metri, caratterizzata da forme residuali a tor e inselberg della Secca di Scoglietti e delle Secche di Sgombro di Dentro; tali forme non sono esattamente collocabili cronologicamente, tuttavia il loro stato evolutivo fa supporre tempi di modellamento molto lunghi, riferibili a un periodo prequaternario, probabilmente tardo-miocenico, caratterizzato da condizioni climatiche caldo-umide e livello marino inferiore rispetto all'attuale, (Vail e Hardembol, 1977).



Fig. 2 - Toponimi e stazioni di *Posidonia oceanica* per le misure di densità e fenologia a Cala della Reale  
 Station locations for *Posidonia oceanica* density and phenological measurements in Cala della Reale.

Forme di ambiente subaereo a più rapida evoluzione, attualmente sommerse, sono rappresentate da rilievi pinnacolari di grandi dimensioni, con sommità a volta sub-sferica; tali morfotipi si rilevano frequentemente in tutta l'area meridionale della rada a profondità comprese tra 15 e 30 metri; l'origine di queste morfologie è riconducibile a processi continentali.

La principale formazione vegetale marina è rappresentata dal posidonieto che si insedia su roccia, nella zona compresa tra Punta Barbarossa e Punta Marcutza, e sulla sabbia da Punta Marcutza a Punta Trabuccato.

Lo stato della prateria appare in buone condizioni nella maggior parte del territorio esaminato; si è notato tuttavia nelle prospezioni qualche segno di strascico o di degrado (Figg. 4 e 5) limitatamente alle aree marine prossimali alla costa tra Campu Perdu e Punta Trabuccato dove sono presenti anche danni da ancoraggio.

La densità di *P. oceanica* compresa da 5 a 10 metri su sabbia può inquadrarsi nella classe 1 (prateria molto densa), della scala proposta da Giraud (1977), mentre la prateria relativa alla zona di Cala Sant'Andrea è una prateria di classe 2 (prateria densa) anche per il substrato costituito da affioramenti rocciosi che costituiscono la dominante del paesaggio sottomarino.



Fig. 3 - Un frame di registrazione del transetto sul limite inferiore nella zona centrale della rada che ne evidenzia il limite di tipo progressivo a 34 m di profondità.

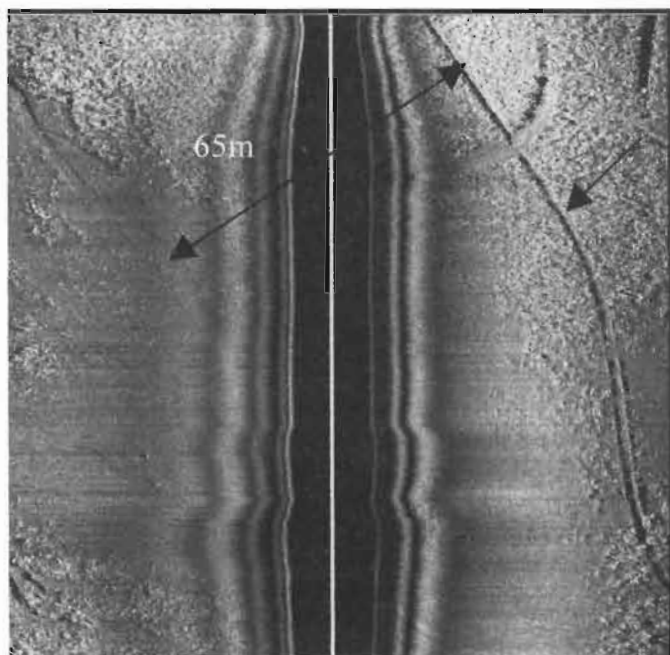
*Single frame of a transect in the middle part of the bay showing the progressive inferior limit, at 34 m depth.*

Una costante di tutta l'area risulta il limite inferiore che si attesta intorno ai 35 metri con un andamento di tipo progressivo (Figg. 3 e 5; Tab. 1); la prateria appartiene alla classe 4 (prateria molto rada) in coerenza con il modello di distribuzione e l'ecologia di *P. oceanica*.

Il limite inferiore risulta in regressione in prossimità di Punta Trabuccato ma soprattutto da Cala Sant'Andrea fino a Punta Li Giorri. In questa area anche le stime di densità confermano valori inferiori a quelli attesi in posidonieti in stato ottimale (Pergent *et al.*, 1995).

La zona compresa tra Punta Trabuccato e la Barca Fanale nella batimetria che va dagli 8 ai 20 metri sono stati registrati i massimi valori di densità (700-800 fasci  $m^{-2}$ ) a rimarcare il buono stato di conservazione di quest'area.

Le comunità più superficiali di substrato mobile (Fig. 5) sono costituite da praterie a *Cymodocea nodosa* e *Caulerpa prolifera*. *Cymodocea nodosa* è stata rinvenuta a Cala Sgombro di Dentro, Cala Marcutta, Cala Trunca, Cala Stagno Lungo con una superficie complessiva di 2,5  $Km^2$ ; essa si sviluppa solo su sabbia in bassi fondali con copertura rada.



g. 4 - Segni dei divergenti di strascico registrati dal side scan sonar nei fondali della porzione settentrionale della rada.

*Trawl scars detected with the side scan sonar in the northern part of the bay.*

b. 1 - Misure di densità e valori di copertura % nella Rada della Reale dei settori profondi della prateria (localizzazione in Fig. 2). \* Densità anomale \*\* Densità sub-normale (Pergent *et al.*, 1995).

*Density and % cover measurements of the meadow in Rada della Reale (Locations in Fig. 2.) \* Abnormal density \*\*sub-normal density (Pergent *et al.*, 1995).*

Stazione	profondità	copertura	Densità
N°	(m)	%	N° fasci m <sup>2</sup>
2	16	85	260
3	15	90	222*
4	25	50	129
5	28	80-90	169
6	21	85-90	172
7	16	90	150*
8	26	80	173
9	21	80	129*
10	26	97	177
11	13	100	185*
14	26	50	104
15	28	85	164
19	16	95	150*
22	34	20	44
23	28	30	48**
24	26	40	77**
26	19	100	308
27	30	20	33**
28	15	70	175**
29	27	50	54**
30	13	70	166**

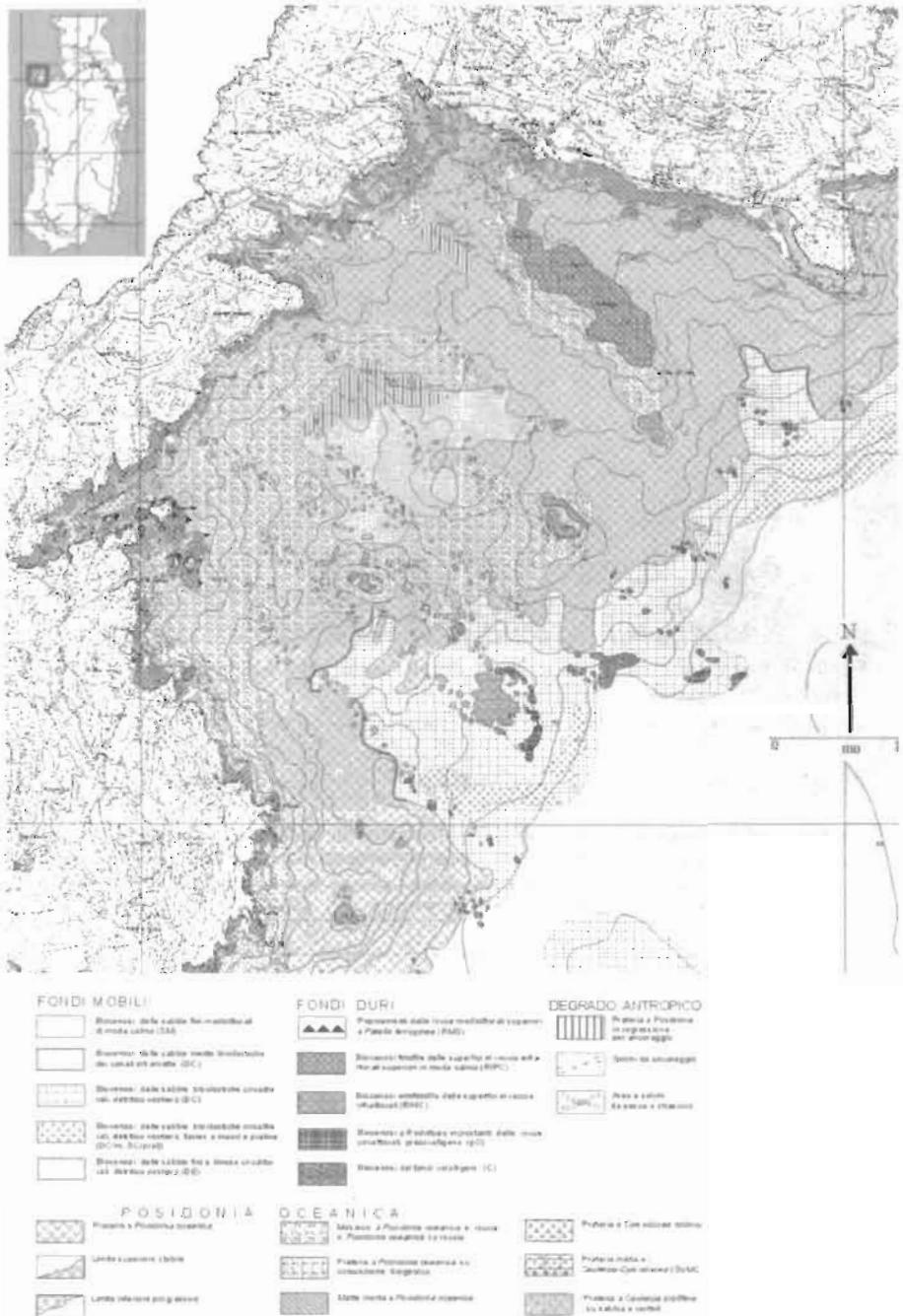


Fig. 5 - Carta biocenotica - geomorfologica dei fondi marini della Rada. (da: Carta geomorfologica e biocenotica dei fondi marini - Studio di definizione del Parco Nazionale dell'Isola dell'Asinara, - Cossu A., Gazale V., Orrù P. e Tunesi L., 1999 - non pubblicata)

*Thematic chart with submarine geomorphological and biological features of the bay (from: Carta geomorfologica e biocenotica dei fondi marini - Studio di definizione del Parco Nazionale dell'Isola dell'Asinara, - Cossu A., Gazale V., Orrù P. e Tunesi L., 1999 - unpublished)*



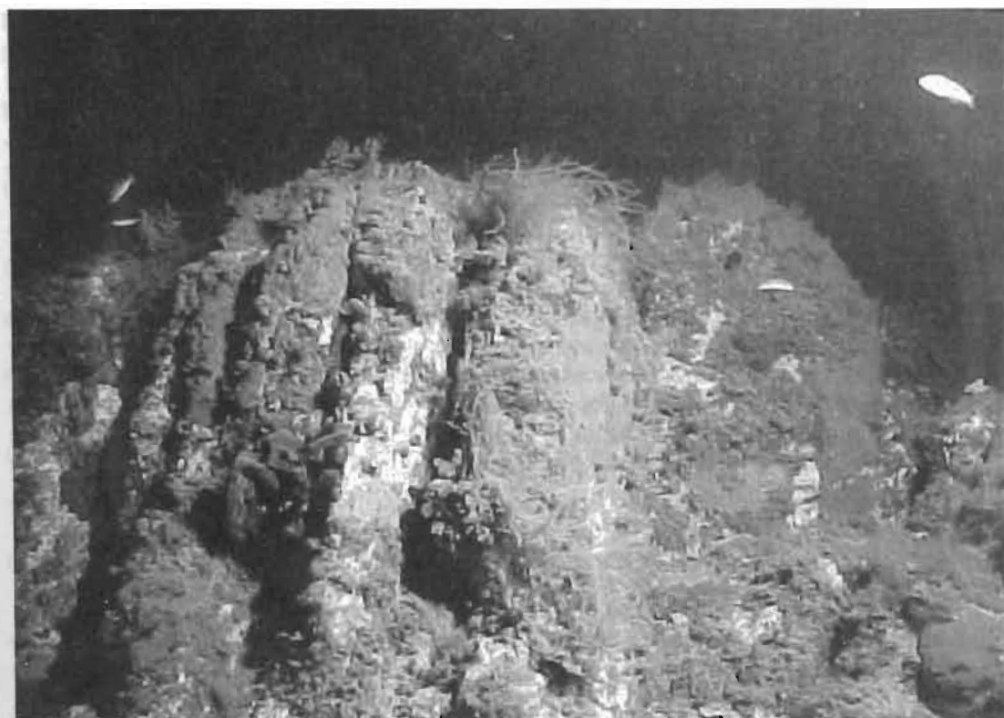


Fig. 6 - Emergenze rocciose nel circalitorale sul fondale di trentacinque metri colonizzate prevalentemente da spugne del genere *Spirastrella*, *Crambe*, *Spongia* e *Dysidea* più un corredo di alghe brune quali *Sporochnus pedunculatus* e ectocarpacee filamenose.

*Rocks of the circalittoral zone in 35 m depth, mainly covered by sponges of the genus Spirastrella, Crambe, Spongia, Dysidea and brown algae such as Sporochnus pedunculatus and filamentous ectocarpacee.*

Cala Stagno Lungo è una zona di forte accumulo di sostanza organica (Fig. 5) e *P. oceanica* è presente intorno agli 11 metri. La fascia da 2 a 11 m è colonizzata da un mosaico di *Caulerpa prolifera* e *Cymodocea nodosa* che si interrompe solo in zone dove le foglie morte di *P. oceanica* costituiscono spessi depositi.

La biocenosi fotofila e termofila della roccia infralitorale di moda calma è presente nella zona di Scoglietti e nella fascia litorale rocciosa prossima alla linea di riva, alternata a quella della roccia infralitorale superiore di moda calma. In questa biocenosi il *Cystoseira* sfuma in diverse facies a *Halopteris scoparia*, *Dilophus spiralis*, *Laurencia obtusa*, *Padina pavonica* e diverse specie di dictyotacee (Fig. 5).

All'interno del posidonieto sono presenti emergenze rocciose di diverse dimensioni i cui popolamenti sono ascrivibili alle biocenosi emifotofile delle rocce dell'infralitorale inferiore caratterizzate da *Cystoseira spinosa* con il corredo tipico delle specie *Valonia macrophysa*, *Halopteris filicina* e *Dictyota dichotoma*; tali emergenze si rilevano a profondità più elevate (Fig. 6) mostrando allora elementi sciafili; alla base dei massi ricoperti prevalentemente da poriferi, si

rinvencono specie algali quali *Sporochnus pedunculatus*, *Codium bursa*, *Arthrocladia villosa* e alcune ectocarpacee filamentose.

Nella parte più profonda della rada, a contatto con il limite inferiore del posidonieto la biocenosi più rappresentativa è quella delle sabbie bioclastiche circalitorali dei fondi detritici costieri con facies a Maërl e a Praline, con abbondanza di alghe calcaree quali *Phymatolithon calcareum*, *Mesophyllum coralloides* e *Lithothamnion corallioides*.

A due miglia ad ovest di Punta Trabucato e al centro della rada, a profondità comprese tra 40 e 50 m è presente la biocenosi a coralligeno su superfici piuttosto contenute, con gli elementi tipici *Halimeda tuna*, *Peyssonnelia sp.*, *Rhodymenia ardissoni*, *Lithophyllum grandiusculum* e il gorgonaceo *Eunicella cavolinii*. Tra i più importanti popolamenti bentonici superficiali si evidenzia *Patella ferruginea*, specie minacciata di estinzione e ormai limitata a piccole isole del Mediterraneo occidentale; si è notata una discreta densità negli isolotti situati tra Cala di Sgombro di Dentro e Punta li Giorri dove sono state eseguite anche misure biometriche. Sono stati rinvenuti più 50 individui quasi tutti più grandi di 5 cm di lunghezza con il massimo di 8,2 cm con media di 6,5 cm e sd di 0,9 cm.

## Conclusioni

Le attività svolte hanno permesso di definire un quadro di dettaglio delle biocenosi presenti nella rada della Reale. Le osservazioni hanno mostrato nella fascia mediolitorale la presenza di comunità di estrema fragilità, rarità e in forte regresione in ambito mediterraneo come quella a *Patella ferruginea*; nell'infralitorale una vasta prateria di posidonia che pur essendo in generale in buono stato, non è esente da fenomeni di alterazione antropica. Il materiale prodotto costituisce un primo contributo per la definizione dell'insieme complessivo dell'intera isola, necessario per tutte le attività di pianificazione territoriale per la gestione sia dell'area marina che di quella a terra. Nella rada della Reale infatti sorgerà la sede del parco con i relativi servizi. In quest'area pertanto graviterà il massimo carico di frequentazione. Si è dunque reso necessario disporre di una fotografia dell'ambiente che possa costituire una base per il controllo di eventuali fenomeni di degrado indotto dal turismo anche se di tipo non residenziale come quello che dovrebbe insistere sull'isola. Le buone condizioni osservate anche in precedenti campagne possono essere rapidamente compromesse se non si attuano delle misure che mirano alla conservazione del patrimonio biologico.

## Summary

The present work covers the major morphological and bionomical features of Rada della Reale - Asinara National Park. Hard bottoms are constituted by schistous bassets, with quartz dikes and many fractures. The basement is also schistous. The bottom surface can be considered an abrasion platform. In shallow waters, the principal soft bottom communities are *Cymodocea nodosa* and *Caulerpa prolifera* meadows. The infralittoral zone is mainly colonized by *Posidonia oceanica* that appear in a good health, except for some areas in which trawl tracks are detectable.

Photophilic and thermophile biocenosis of infralittoral rocky bottoms in calm waters is also well represented. In the subtidal zone close to the shoreline, *Halopteris scoparia*, *Dilophus spiralis*, *Laurencia obtusa*, *Padina pavonica* and dictyotaceae are also present on rocky bottoms.

The circalittoral zone is constituted by sand drift and Maërl. Coralligenous is also present in small areas. The environmental health of the area can be considered acceptable, but some anthropogenic perturbations, such as illegal trawl fishing activities, are evident and need mitigation.

**Bibliografia**

- BELDERSON R.H., KENYON N.H., STRIDE A.H., STUBBS A.R. (1972) - *Sonographs of the sea floor, a picture atlas*. Elsevier, Amsterdam.
- COSSU A., GAZALE V. (1998) - Aspetti della flora e della vegetazione marina dell'Isola dell'Asinara. In: M. Gutierrez, M. Mattone e F. Valsecchi (eds), *L'isola, la storia, il parco*, ed. Poliedro: 181-188.
- COSSU A., GAZALE V. (1997) - Osservazioni ecologiche sulla distribuzione di *Lithophyllum lichenoides* Ph. (Corallinales, Rhodophyta) nelle isole della Sardegna settentrionale. *Boll. Soc. Sarda Sci. Nat.*, **31**: 101-119
- COSSU A., GAZALE V., MONNI A. (1992a) - Primo contributo allo studio del fitobenthos dell'Isola Asinara. *Boll. Acc. Gioenia Sci. Nat.*, **25** (339): 179-194.
- COSSU A., GAZALE V., BAROLI M. (1992b) - La flora algale della Sardegna. Inventario delle alghe bentoniche. *Gior.Bot. Ital.*, **126** (5): 651-707.
- COSSU A., GAZALE V. (1990) - *Phyllariopsis purpurascens* (C. Ag.) Henry (Phyllariaceae, Laminariales, Phaeophyceae): première signalisations en Méditerranée centre-occidentale. *Inf. Bot. Ital.*, **22**: 1-4.
- GIRAUD G. (1977) - Essai de classement des herbiers de *P. oceanica*. *Bot. Mar.*, **20** (8): 487-491.
- NEWTON F.J. (1989) - *The consummate search/survey system - New developments in sonar image processing*. Triton Technology, inc., Watsonville, CA.
- ORRÙ P., ULZEGA A. (1987) - Rilevamento geomorfologico costiero e sottomarino applicato alla definizione delle risorse ambientali (Golfo di Orosei, Sardegna orientale). *Mem. Soc. Geol. It.*, **37**: 471-479.
- ORRÙ P. (1990) - Evidenze di degrado da pesca a strascico sulla piattaforma continentale del Golfo di Orosei (Sardegna orientale). *Atti del Convegno Internazionale sui Parchi e le Riserve Marine del Mediterraneo, S. Teodoro, 28/30 aprile 1989*.
- PERGENT G., CHESSA L., COSSU A., GAZALE V., PASQUALINI V., PERGENT-MARTINI C. (1995) - Aménagement du littoral: Apport de la cartographie benthique. *Res Méditerranée*, **2**: 45-58.
- PERGENT G., PERGENT-MARTINI C., BOUDOURESQUE C.F. (1995) - Utilisation de l'herbier à *P. oceanica* comme indicateur biologique de la qualité du milieu littoral en Méditerranée: Etat des connaissances. *Mésogée*, **54**: 3-29.
- VAIL P.R., HANDERBOL J. (1977) - Sea-level changes during Tertiary. *Oceanus*, **22**: 71-80.