



*Relazione allegata alla carta dei fondali dell'Isola di Linosa*

Renato Tonielli, Gabriella Di Martino, Sara Innangi





## Indice

1. Introduzione.....	- 1 -
2. Materiali e metodi.....	- 2 -
2.1. <i>Strumentazione Geofisica</i> .....	- 2 -
2.2. <i>Osservazioni dirette</i> .....	- 2 -
2.3. <i>Svolgimento del rilievo</i> .....	- 3 -
3. <i>Elaborazione dati</i> .....	- 5 -
3.1. <i>Batimetria</i> .....	- 5 -
3.2. <i>Backscatter</i> .....	- 6 -
3.3. <i>Analisi delle immagini ROV</i> .....	- 9 -
4. <i>Carta dei Fondali</i> .....	- 10 -
5. <i>Osservazioni finali</i> .....	- 12 -

## *Relazione allegata alla carta dei fondali dell'Isola di Linosa*

### *Convenzione per la realizzazione di Attività di Ricerca e Monitoraggio nell'Area Marina Protetta "Isole Pelagie"*

Renato Tonielli, Gabriella Di Martino, Sara Innangi

Istituto per l'Ambiente Marino Costiero, IAMC-CNR sede, Calata Porta di Massa, 80133 Napoli, Italy

#### *1. Introduzione*

Il presente documento descrive le attività svolte dall'Istituto per l'Ambiente Marino Costiero (IAMC-CNR) per la realizzazione della carta dei fondali dell'Isola di Linosa in relazione alla convenzione ("Realizzazione di Attività di ricerca e Monitoraggio nell'Area Marina Protetta Isole Pelagie" – Prot. N° 0013232 del 28/12/2015) che è stata stipulata tra l'IAMC ed il Comune di Lampedusa e Linosa, Ente Gestore dell'Area Marina Protetta – AMP "Isole Pelagie". La convenzione è stata stipulata a seguito della collaborazione nata tra l'AMP "Isole Pelagie" e l'IAMC per il monitoraggio dello stato di conservazione della *Posidonia oceanica* dell'isola di Lampedusa (Di Martino et al., 2015; Tonielli et al., 2016) ed è nata per lo svolgimento degli studi morfobatimetrici dei fondali nell'area marino costiera dell'isola di Linosa, nei settori di competenza dell'AMP, finalizzati in particolare alla mappatura dei fondali per la definizione delle biocenosi prioritarie (*Posidonia oceanica* e coralligeno). Come per la realizzazione della carta di Lampedusa (Di Martino et al., 2015), così per Linosa sono state utilizzate strumentazioni acustiche (acquisizioni batimetriche e di backscatter con ecoscandaglio multifascio) per la mappatura dei fondali (e.g. De Falco et al., 2010; Innangi et al., 2015; Tonielli et al., 2016) a cui sono state associate campionature dirette per la caratterizzazione dei fondali e il riconoscimento delle facies acustiche (e.g. Kloser et al., 2010; Parnum et al., 2004; Preston, 2009; Preston et al., 2001). Inoltre il dataset ottenuto è stato confrontato con i dati acquisiti nel 2008 ed in possesso all'AMP per verificare lo stato di distribuzione della prateria di *Posidonia oceanica* a distanza di 8 anni (Coastal Consulting Exploration, 2008).



## 2. Materiali e metodi

### 2.1. Strumentazione Geofisica

La strumentazione utilizzata durante i rilievi è il Multibeam Echo Sounder SeaBat 7125 Teledyne Reson, un ecoscandaglio ad altissima risoluzione con frequenza di 400 kHz, che consente acquisizioni fino alla profondità operativa di 200 m. Oltre all'informazione batimetrica, il SeaBat 7125 registra anche l'informazione di backscatter sia come Snippet che come Opzione Sidescan Sonar (vedi Innangi et al., 2015a), consentendo la realizzazione di mosaici acustici utili per la mappatura degli habitat di fondo mare. La tabella 1 mostra le caratteristiche tecniche del SeaBat 7125. Il multibeam ha necessità di essere interfacciato con strumentazione che fornisce una serie di correzioni per lo svolgimento del rilievo: un GPS differenziale HP-XP Omnistar per il posizionamento, un sensore di moto a fibre ottiche Ixea Octans Subsea 3000 per le correzioni di rollio, beccheggio e di girobussola, una sonda di velocità del suono in continuo Valeport miniSVS montata in prossimità dei trasduttori per il beam steering ed un profilatore di velocità del suono per la registrazione del profilo di velocità lungo la colonna d'acqua.

Il software di acquisizione utilizzato, il PDS2000, è interfacciato con la strumentazione al fine di applicare in tempo reale ai dati batimetrici e di backscatter il posizionamento e le correzioni dovute al moto dell'imbarcazione.

Frequency	400 kHz
Maxping rate	50 Hz ( $\pm 1$ Hz)
Along-track transmit beamwidth	1° at 400kHz
Across-track receive beamwidth	0.5° at 400kHz
Number of beams	512EA/ED at 400kHz
Max swath angle	140° in Equi-Distant Mode 165° in Equi-Angle Mode
Typical depth	0.5m to 150m at 400kHz
Max depth	>175 m at 400kHz
Depth resolution	6 mm

*Tab. 1 - Specifiche tecniche Reson SeaBat 7125*

### 2.2. Osservazioni dirette

Al fine di calibrare la risposta acustica del fondo, sono state effettuate osservazioni dirette con strumentazione R.O.V. (Remotely Operated underwater Vehicle) Pollux III° equipaggiato con due telecamere, una a bassa risoluzione e una seconda ad alta risoluzione (Fig. 1). Sulla bassa risoluzione venivano trasmesse in tempo reale le informazioni di profondità, girobussola e time.



Figura 1 - R.O.V. (Remotely Operated underwater Vehicle) Pollux III°.

### 2.3. Svolgimento del rilievo

I lavori di acquisizione sono stati svolti a bordo della N/O Minerva Uno (Fig. 2), durante la Campagna Oceanografica “Linosa”, svoltasi dal 17 al 29 agosto 2016 (Tonielli and Innangi, 2017). Il SeaBat 7125 è stato montato a palo, lateralmente alla murata della nave (Fig. 3). Gli offset strumentali sono stati accuratamente misurati ed inseriti nel software di acquisizione insieme agli angoli residui di installazione tra multibeam e sensore di moto, calcolati mediante l'apposita calibrazione.



Figura 2 – Nave Oceanografica Minerva Uno del Consiglio Nazionale delle Ricerche.



Figura 3 – Installazione a palo del Multibeam Echo Sounder SeaBat 7125

Il rilievo morfo-batimetrico ha interessato un range di profondità compreso tra i 5 e i 190 metri. La figura 4 mostra i settori dell'AMP di Linosa e le relative suddivisioni in Zona A, Zona B e Zona C; i rilievi morfobatimetrici sono stati svolti anche al di fuori dell'AMP, come mostrato dalla mappa di navigazione di figura 5.

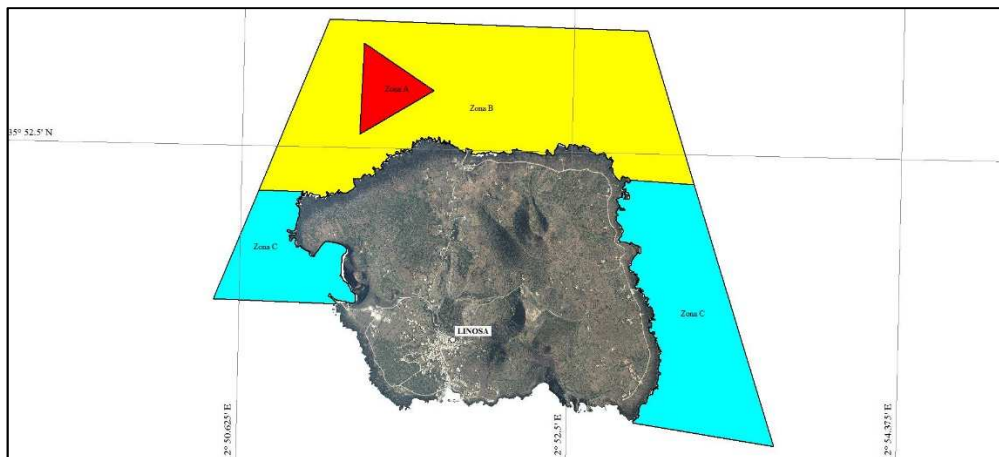


Figura 4 – Limiti dell'Area Marina Protetta dell'Isola di Linosa con le relative suddivisioni in Zone.

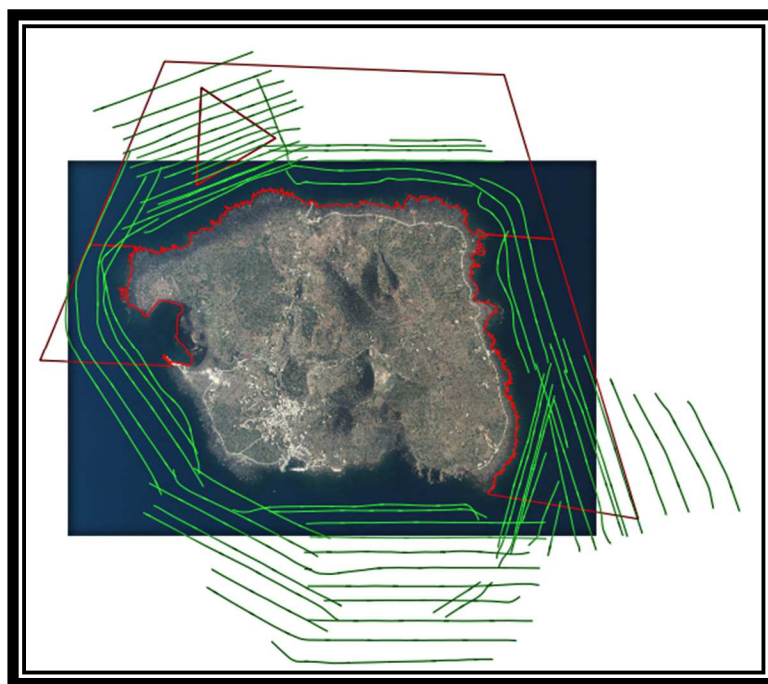


Figura 5 – Mappa di navigazione dell'acquisizione con il multibeam SeaBat 7125.

I dati sono stati acquisiti in modalità equi - distant per garantire la massima risoluzione possibile; le linee di navigazione sono state pianificate per ottenere una sovrapposizione del 20% tra spazzate adiacenti. Inoltre, in fase di processing sono state inserite le correzioni di marea, le cui curve appartengono alla Rete Mareografica Nazionale, portando tutti i dati al livello medio marino. La figura 6 mostra il rilievo di acquisizione non elaborato su cui sono stati pianificati i transetti ROV.

Le osservazioni dirette sono state effettuate prima all'interno e poi al di fuori dell'AMP (Fig. 6). Le prime due calate sono state effettuate a Nord/Nord-Est dell'isola per verificare la presenza della *Posidonia oceanica*: in particolare la prima calata è stata effettuata proprio all'interno della Zona A (Rov 1), mentre la seconda ha interessato il bordo esterno per trovare il limite inferiore della prateria (Rov 2). Altre due calate ROV sono state effettuate sui bordi e sulla cima di alcuni edifici vulcanici presenti a Sud-Ovest della Zona C dell'AMP (Rov 4 e 5), mentre a Nord-Est della Zona C dell'AMP è stata effettuata una calata ROV lungo la scarpata (Rov 11). Al di fuori dei limiti sono state svolte in totale 5 calate ROV, che sono state utilizzate, insieme a tutte le altre, per la costruzione della carta tematica finale.

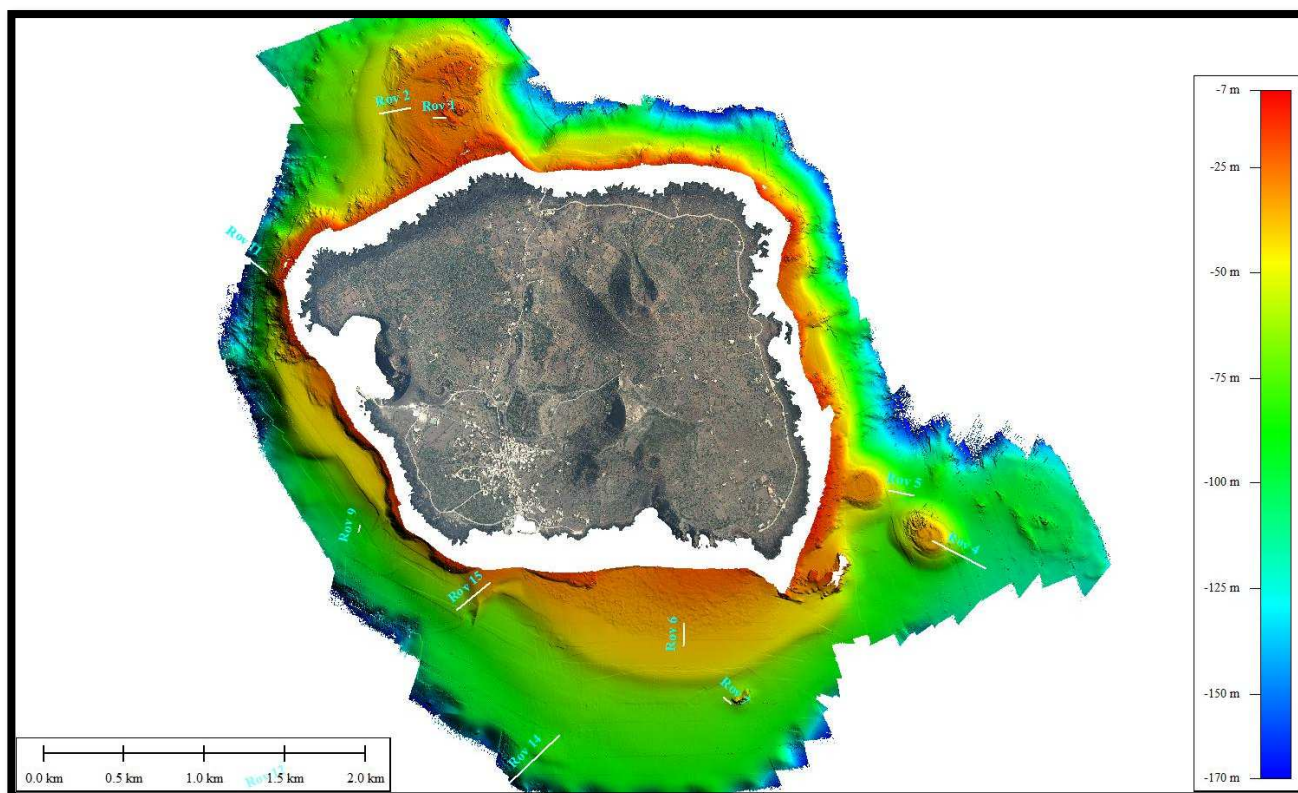


Figura 6 – Grid di acquisizione non elaborato a 2.5 m di risoluzione per pixel e mappa dei transetti ROV.

### 3. Elaborazione dati

#### 3.1. Batimetria

I dati batimetrici sono stati trattati con il software Reson PDS2000, che si compone di una serie di moduli finalizzati al processing dei dati che consentono di agire sui dati di navigazione e su quelli batimetrici, modificando all'occorrenza i filtri applicati in acquisizione. La curva di marea registrata durante i giorni di lavoro è stata applicata ai dati prima delle successive fasi di processing. I punti di navigazione sono stati controllati con il modulo *Position*, che permette di eliminare, interpolare o spostare i punti errati dovuti a salti del segnale GPS ed assegnare così ad ogni lettura del fondo la posizione corretta; nel caso dell'acquisizione in oggetto non sono stati riscontrati errori di posizionamento. I punti batimetrici acquisiti



sono stati visualizzati nella finestra Multibeam Area Editing che consente di caricare contemporaneamente più linee di navigazione ed evidenziare così le letture errate ed eliminarle in modo manuale: il metodo di eliminazione manuale delle letture errate è stato preferito all'applicazione di filtri statistici al fine di preservare la risoluzione del dato acquisito. Il dato processato è stato utilizzato per creare un modello digitale del fondale (DTM – Digital Terrain Model) con cella pari a 2,5 metri (Fig. 7). In totale è stata coperta un'area di 963 km<sup>2</sup>.

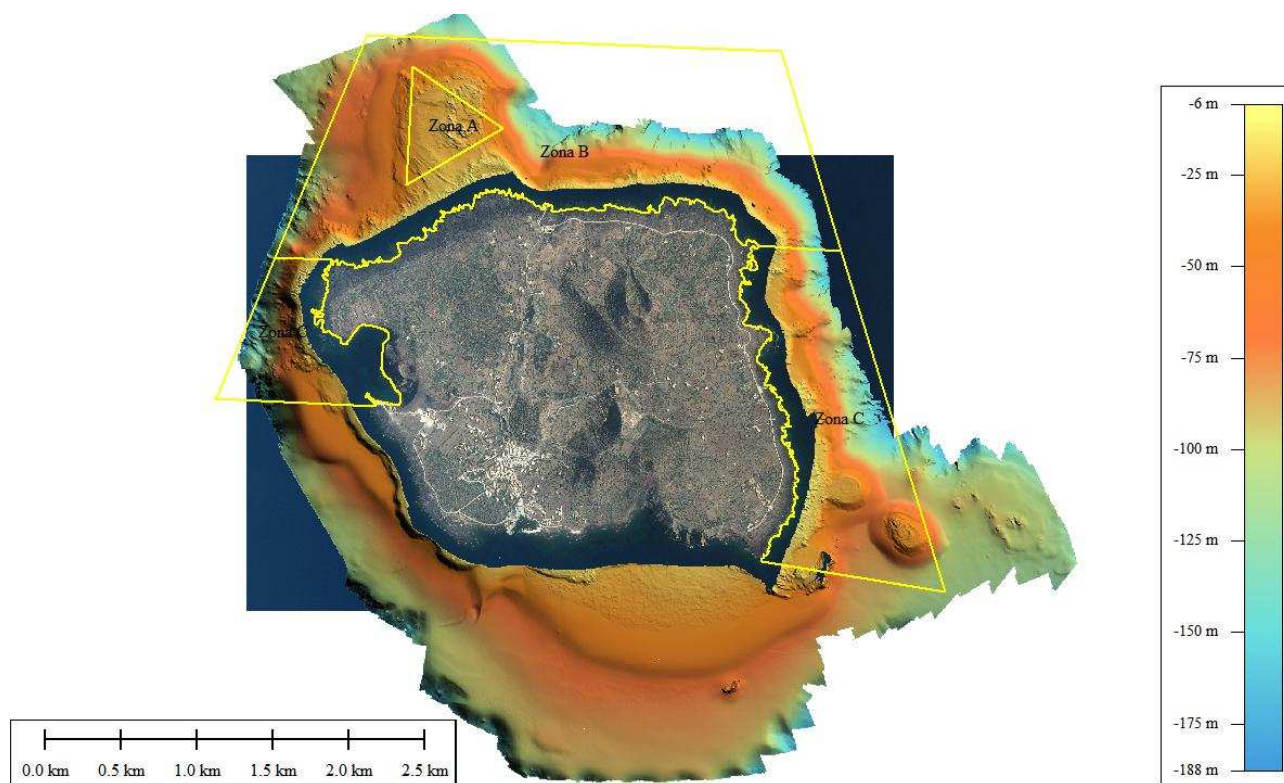


Figura 7 - DTM elaborato alla risoluzione di 2,5 m.

### 3.2. Backscatter

Il segnale di backscatter è stato elaborato con il software FMGeocoder Toolbox (FMGT) di Fledermaus 7.6 della QPS Company, un software disegnato per l'elaborazione e la gestione dei dati di backscatter da multibeam. Le singole linee sono caricate nel software che, attraverso una serie di algoritmi dedicati, esamina e processa il dato di backscatter, applicando le correzioni sulla base delle informazioni di batimetria contenute all'interno delle linee stesse. Uno dei vantaggi nell'utilizzare FMGT, oltre la notevole fluidità nel trattamento del dato, è la possibilità di agire direttamente sull'istogramma dei valori di ampiezza del backscatter per aumentare o diminuire il contrasto acustico del dato, senza alterare le *color settings* del mosaico. Inoltre è possibile modificare un singolo settore di una linea, in modo da normalizzare il segnale e rendere omogeneo il mosaico risultante (Fig. 8).

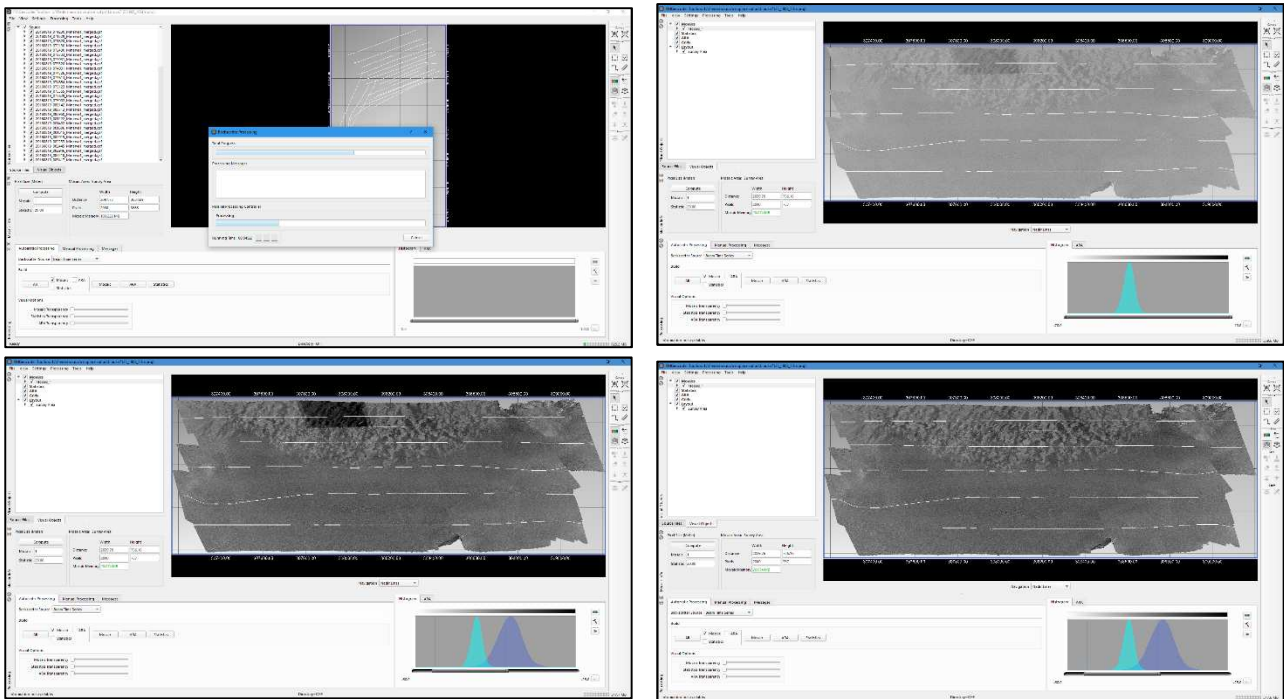


Figura 8 – Fasi di elaborazione del segnale di backscatter con il software FMGT. In alto a sinistra le linee sono caricate, analizzate e trasformate in un formato proprietario. In alto a destra la creazione di un mosaico acustico di un settore dell'isola. In basso a sinistra la variazione della curva di ampiezza del valore di backscatter che consente di aumentarne il contrasto. In basso a destra la normalizzazione di un settore di linea che era originariamente sovrassatura.

È stato così realizzato un mosaico acustico alla risoluzione di 2,5 m per pixel ed è stata scelta una scala di grigio in cui le aree più chiare indicano maggior assorbimento, mentre quelle scure maggiore riflessione, come mostrato nella figura 9. La figura 10 è invece il mosaico con l'applicazione del *Texture Map*, ossia il mosaico si modella sulla base del DTM ed in questo modo è possibile riconoscere meglio le strutture e la loro risposta acustica.

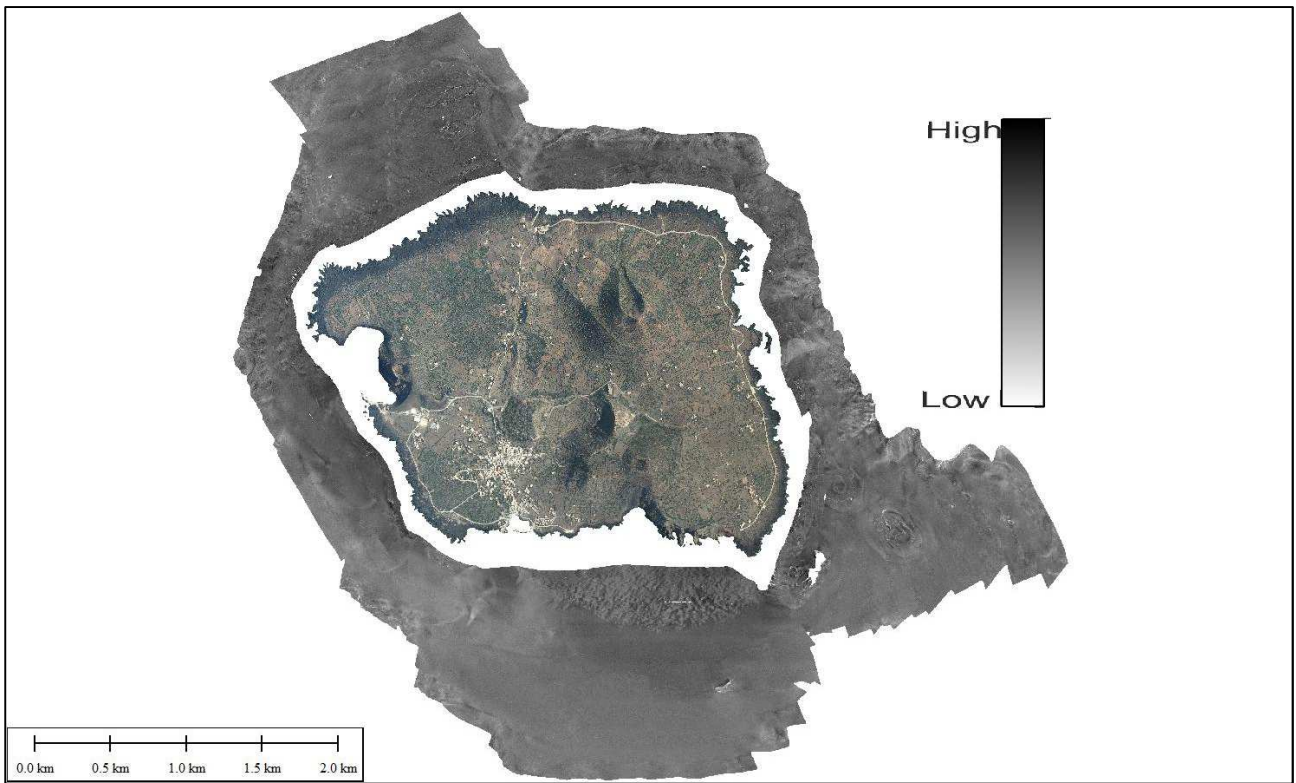


Figura 9 - Backscatter processato alla risoluzione di 2,5 m

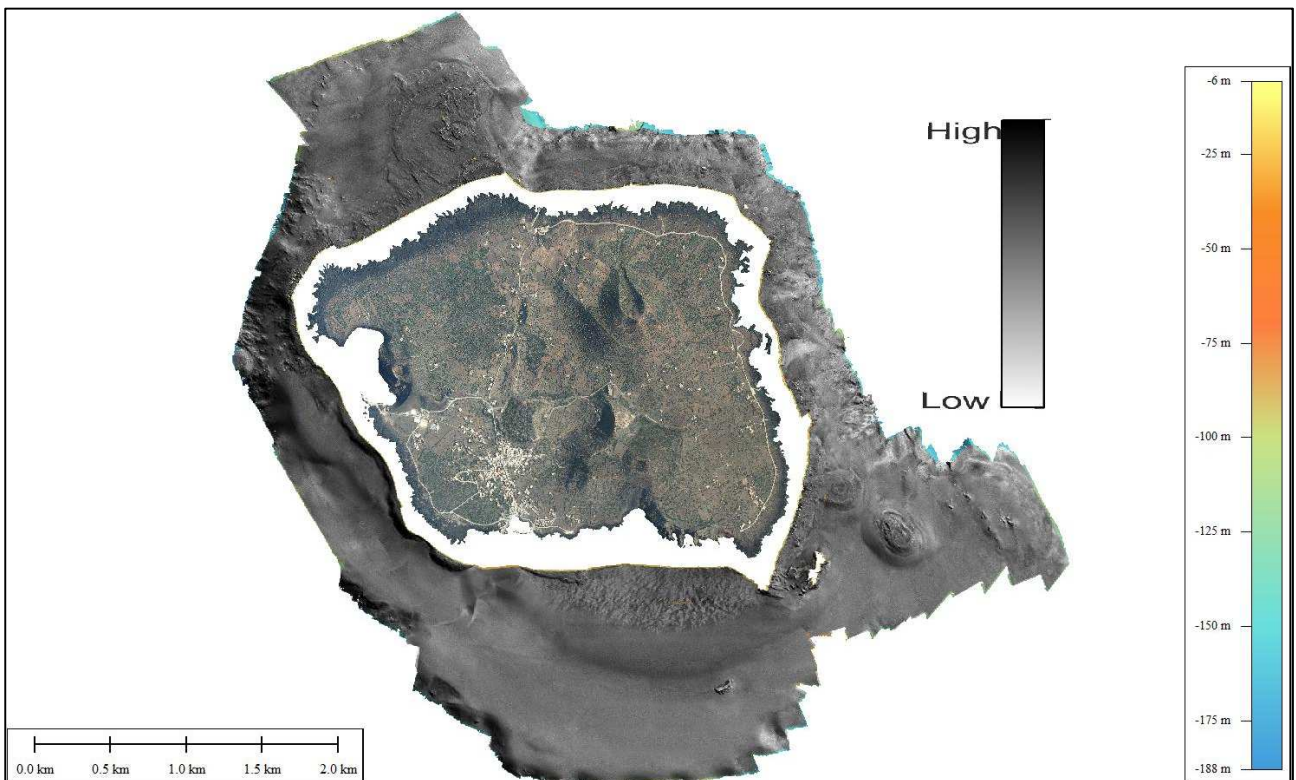


Figura 10 – Applicazione del Texture Map sul DTM elaborato.



### 3.3. Analisi delle immagini ROV

I video registrati con il ROV sono stati analizzati e la loro descrizione è stata inserita all'interno di un database per consentire successivamente di combinare le informazioni delle immagini video con le informazioni acustiche e morfologiche dell'isola. Le immagini che seguono mostrano alcuni snapshots dei video analizzati.

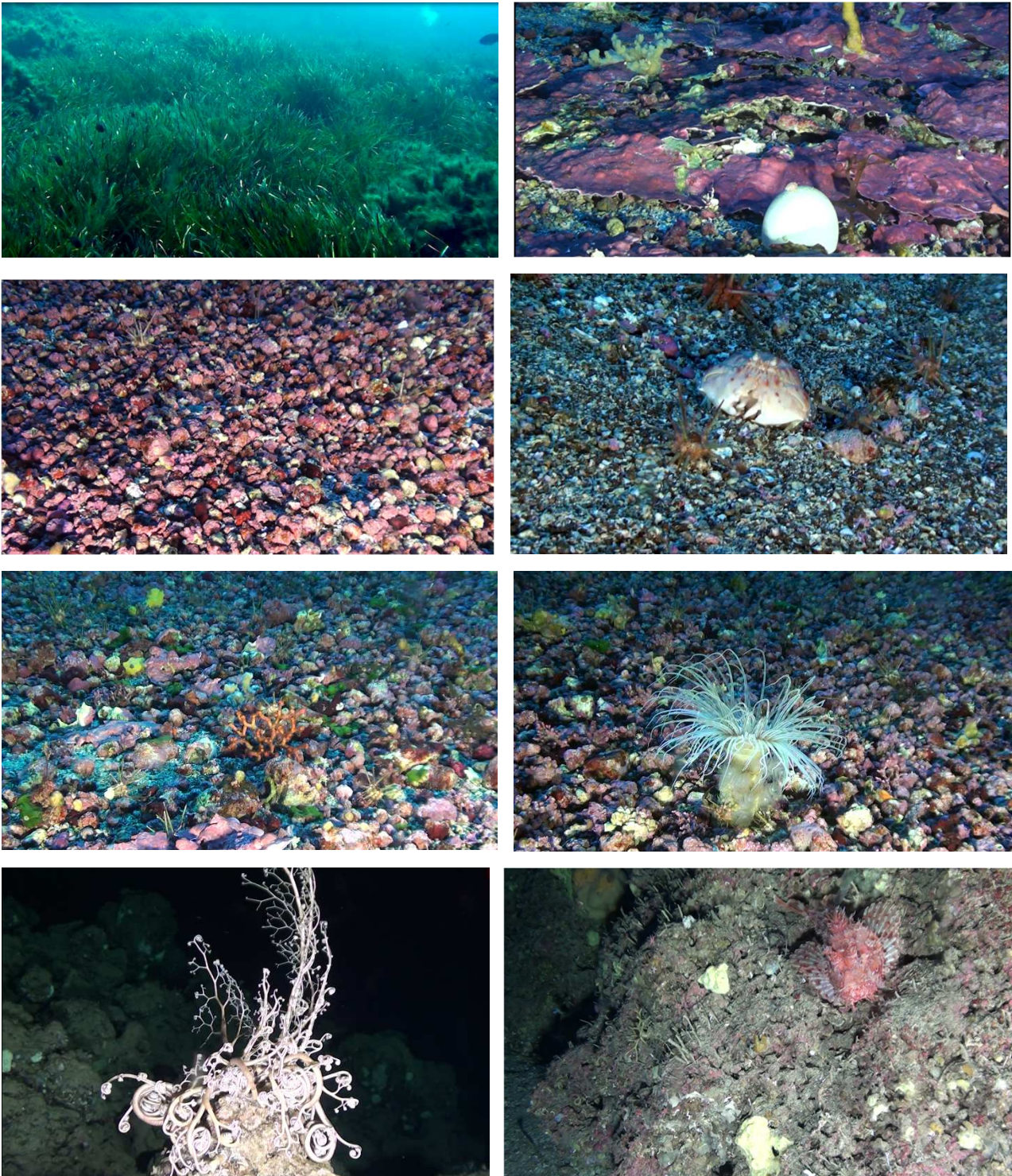


Figura 11 - Snapshots dei filmati ROV



#### 4. Carta dei Fondali

Tutte le informazioni raccolte sono state informatizzate per la realizzazione di una carta dei fondali dell'Isola di Linosa, in formato A0 e a scala di 1:10 000, a cui sono state aggiunte le carte del mosaico acustico e del DTM, a scala 1:15 000 (Fig. 12 e Allegato A).

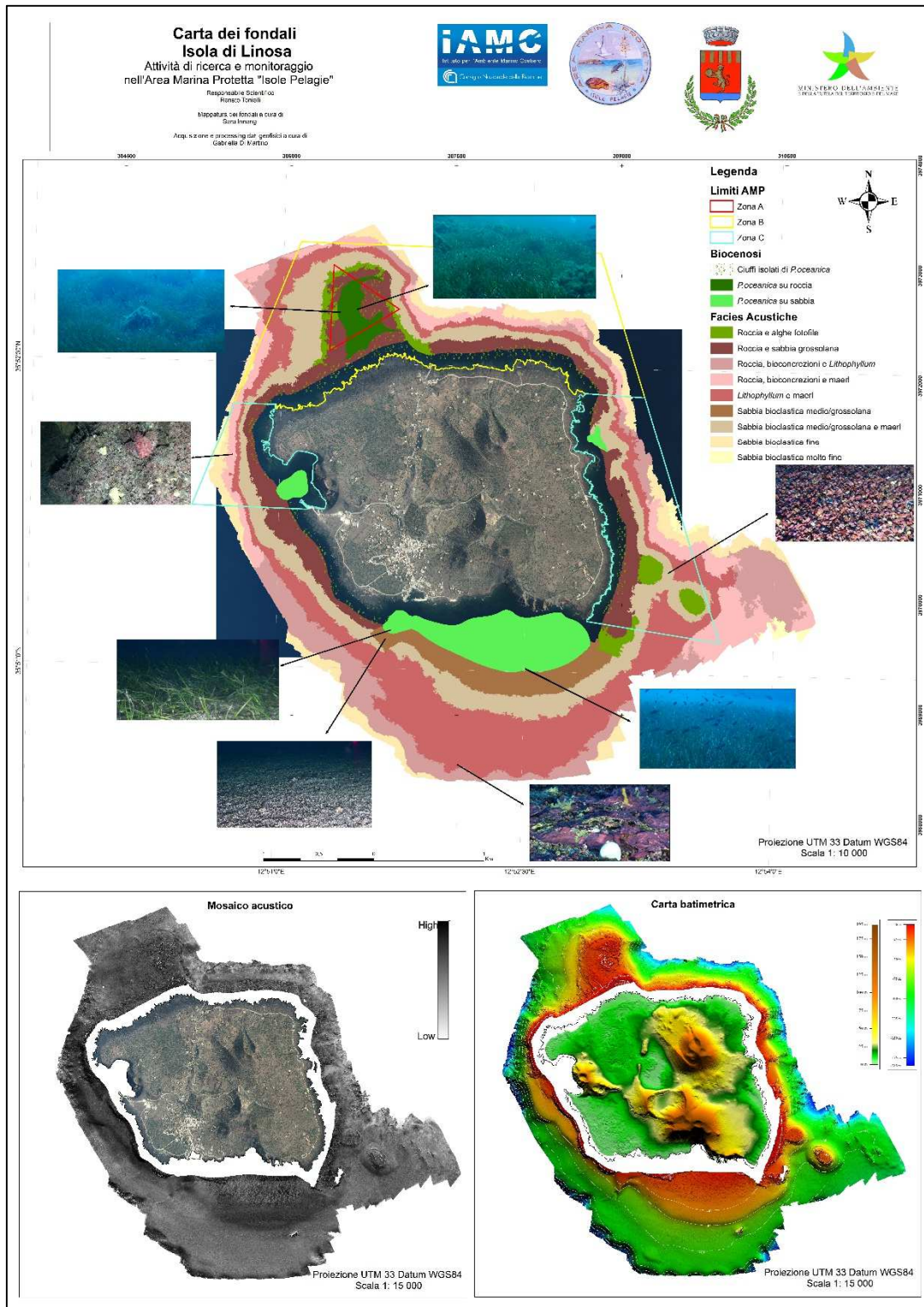


Figura 12 - Carta dei fondali dell'Isola di Linosa.

Per la realizzazione di questa carta è stato utilizzato un nuovo software automatico di analisi delle immagini, RSOBIA (*Remote Sensing Object Based Image Analysis*) sviluppato dal gruppo di ricerca di “Habitat Mapping and Characterization” del NOC (*National Oceanography Centre*) di Southampton. Identificando le aree con proprietà statistiche simili, RSOBIA fornisce un metodo ripetibile ed oggettivo per produrre mappe tematiche del fondo sulla base di una serie di informazioni ottenute dalle immagini raster (tra cui la batimetria, il backscatter e le variabili ambientali derivanti, come ad esempio la pendenza e la rugosità). A partire dal mosaico acustico, insieme alle informazioni batimetriche, su cui è calcolata la pendenza e la rugosità del fondo, il software suddivide l’immagine in un determinato numero di classi il cui valore (*Majority*) rappresenta la maggior classe comune a tutti i pixel di un poligono. Il passaggio successivo consiste nell’associare alla classe le osservazioni sedimentologiche ottenute dalle verità a mare, campionamenti e filmati ROV (*groundtruth samples*). Utilizzando RSOBIA si ottiene una classificazione litologica del fondo ed infatti la distribuzione della prateria di *Posidonia oceanica* non è stata ottenuta con RSOBIA, ma è stata aggiunta manualmente in fase di interpretazione. Sono stati quindi riconosciuti i seguenti layer:

#### Biocenosi

- *P. oceanica su roccia*, presente a Nord dell’isola e riconosciuta grazie alle osservazioni dirette con ROV.
- *P. oceanica su sabbia*, presente soprattutto sul terrazzo deposizionale a Sud dell’isola, nel settore al di fuori dell’AMP. Altri due piccoli settori sono stati riconosciuti a Est e ad Ovest dell’isola, sia dai dati acustici che grazie all’utilizzo delle immagini satellitari.
- *Ciuffi isolati di P. oceanica*, digitalizzate attorno all’isola ad una profondità compresa tra i 5 e i 10 metri, su un fondale per lo più roccioso. Tale layer è ipotizzato non essendoci state delle osservazioni dirette al riguardo.

#### Facies Acustiche

- *Roccia e alghe fotofile*, queste aree sono state distinte perché non è presente materiale sabbioso e non c’è evidenza della presenza della *Posidonia oceanica*.
- *Roccia e sabbia grossolana*, layer in cui è presente soprattutto la roccia con plaghe di sabbia grossolana, ben visibile nel mosaico acustico, di origine sia bioclastica che vulcanica. Anche in questo layer la roccia può essere ricoperta di alghe fotofile.
- *Roccia, bioconcrezioni e Lithophyllum*, e *Roccia, bioconcrezioni e mærl*; questi due layer cambiano sulla base della profondità e della risposta acustica; anche se visivamente la differenza è molto piccola, viene ben riconosciuta da RSOBIA.
- *Lithophyllum e mærl*, uno dei settori più ampi che copre soprattutto l’area a Sud dell’isola, caratterizzato da un tappeto a copertura totale di *Lithophyllum* con presenza di spugne, briozoi,

idrozoï e altre biocenosi a cui si alternano distribuzioni molto diffuse e fitte di tappeti di rodoliti/mäerl (Vedi Fig. 11).

- *Sabbia bioclastica medio/grossolana*, si sviluppa sul terrazzo deposizionale a sud dell'isola, tra i 20 e i 45 m di profondità e su cui si è instaurata una fitta prateria di *Posidonia oceanica*, il cui limite inferiore è a 38 m.
- *Sabbia bioclastica medio/grossolana e mäerl*, si sviluppa soprattutto in una fascia di profondità compresa tra i 45 e 70 metri, anche se in alcuni punti arriva fino a 75 metri, caratterizzata da letti di rodoliti/mäerl a cui si alternano sabbie medie sempre di origine bioclastica.
- *Sabbia bioclastica fine e molto fine*; questi due facies si sviluppano ai bordi dell'area acquisita.

## 5. Osservazioni finali

- Linosa è una piccola isola di origine vulcanica con un'estensione di 5,4 Km<sup>2</sup>, situata al centro del Mar Mediterraneo, 160 Km a sud della Sicilia e 160 Km a est della Tunisia. Linosa è un'isola completamente diversa dalle altre due dell'arcipelago delle Pelagie, che fanno parte della placca continentale africana e derivano da una frattura del continente stesso. Inoltre, la sua posizione geografica, così particolare, a cavallo fra due continenti, oltre alla sua origine vulcanica, fanno sì che Linosa sia un ambiente ottimale per una incredibile biodiversità, quasi unica per i fondali italiani. Questo progetto ha dato quindi la possibilità di trovare un ambiente, sì ottimale per la crescita della *Posidonia oceanica*, ma soprattutto per la formazione di piattaforme di origine coralligena, quasi del tutto incontaminate che necessitano di particolare attenzione e protezione. Tutti i transetti ROV, infatti, hanno mostrato la presenza di biocostruzioni, bioconcrezioni, letti di rodoliti/mäerl e di *Lithophyllum*, alghe coralligene e altre biocenosi, rivelando un ambiente praticamente unico. In particolare il settore a Sud dell'isola è caratterizzato da un'estesa piattaforma di ambiente coralligeno che si estende dai 100 ai 50 metri di profondità circa, mentre intorno ai 38 metri si sviluppa un'estesa prateria di *Posidonia oceanica* su un fondale sabbioso. Si ritiene importante segnalare che questi settori si trovano al di fuori dell'AMP.
- In totale la copertura della prateria di *Posidonia oceanica* è di 0.914 Km<sup>2</sup>, di cui 0.261 Km<sup>2</sup> all'interno dell'AMP e 0.653 Km<sup>2</sup> al di fuori. Il confronto tra i dati attuali ed i dati del 2008, per i quali sono state riconosciute le aree con *Posidonia oceanica* (Fig. 13), mostra che non esiste nessuna differenza significativa riguardo la distribuzione della fanerogama e le differenze tra gli areali possono essere attribuite unicamente alle diverse caratteristiche tecniche delle strumentazioni utilizzate ed alla precisione del posizionamento dei dati. Si segnala, infine, che i dati acquisiti nel 2008 si limitavano al solo settore appartenente all'AMP, quindi non è possibile recuperare informazioni riguardo l'evoluzione delle aree esterne che sono state invece acquisite durante questo progetto.

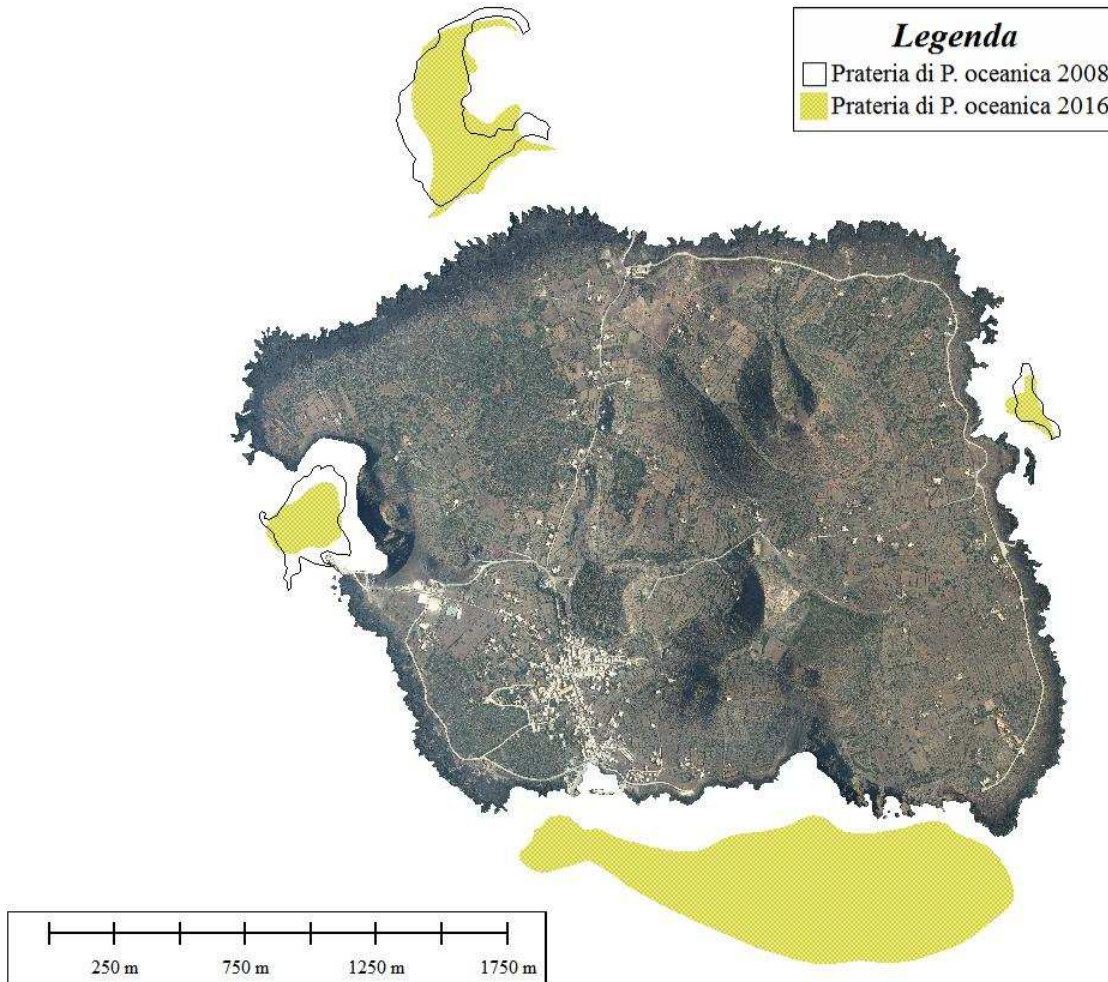


Figura 13 - Confronto fra le aree a prateria di *P. oceanica* del 2008 e del 2016

- Le immagini ROV ad alta risoluzione hanno fornito importanti informazioni per definire l'alta percentuale di materiale bioclastico presente in tutti i sedimenti, e soprattutto la possibilità di definire le classi, impossibili da poter interpretare dalla sola analisi del segnale di backscatter. Se da un lato l'origine vulcanica di Linosa tende a saturare il segnale verso una riflessione maggiore, dall'altro lato il materiale bioclastico, le biocostruzioni e tutto il coralligeno in generale, tendono a portare il segnale verso valori più bassi. La combinazione di queste due caratteristiche fa sì che l'interpretazione del mosaico acustico, nel modo più classico (aree scure maggiore riflettività e maggiore granulometria, aree chiare maggiore assorbimento e materiale più fine) sia molto difficile. Il vantaggio di aver utilizzato RSOBIA è stata la possibilità di integrare tutti i dati raccolti per ottenere una classificazione molto dettagliata e veritiera dei fondali di Linosa.



## Ringraziamenti

Si ringrazia tutto l'equipaggio della N/O Minerva Uno per l'ottimo lavoro svolto durante la campagna oceanografica.

Si ringraziano i ricercatori del NOC, il dott. Tim Le Bas e il dott. Claudio Iacono, per la disponibilità e l'ospitalità offerta nell'insegnare ad utilizzare RSOBIA.

## Bibliografia

- Coastal Consulting Exploration, S., 2008. Relazione su rilievi marini finalizzati allo studio della morfologia e batimetria dei fondali dell'Isola di Linosa. Internal Technical Report of Marine Protected Area, Lampedusa, Italy.
- De Falco, G., Tonielli, R., Di Martino, G., Innangi, S., Simeone, S., Parnum, I.M., 2010. Relationships between multibeam backscatter, sediment grain size and *Posidonia oceanica* seagrass distribution. *Cont. Shelf Res.* 30, 1941–1950. doi:10.1016/j.csr.2010.09.006
- Di Martino, G., Innangi, S., Felsani, M., Giardina, F., Tonielli, R., 2015. Acquisizione dati morfo-batimetrici: convenzione Isole Pelagie per il monitoraggio della prateria a *Posidonia oceanica*. doi:6619TR2015
- Innangi, S., Barra, M., Di Martino, G., Parnum, I.M., Tonielli, R., Mazzola, S., 2015a. Reson SeaBat 8125 backscatter data as a tool for seabed characterization (Central Mediterranean, Southern Italy): Results from different processing approaches. *Appl. Acoust.* 87, 109–122. doi:10.1016/j.apacoust.2014.06.014
- Innangi, S., Passaro, S., Tonielli, R., Milano, G., Ventura, G., Tarburrino, S., 2015b. Seafloor mapping using high-resolution multibeam backscatter : The Palinuro Seamount ( Eastern Tyrrhenian Sea ). *J. Maps* 1–11. doi:10.1080/17445647.2015.1071719
- Kloser, R.J., Penrose, J.D., Butler, a. J., 2010. Multi-beam backscatter measurements used to infer seabed habitats. *Cont. Shelf Res.* 30, 1772–1782. doi:10.1016/j.csr.2010.08.004
- Parnum, I.M., Siwabessy, P.J.W., Gavrilov, a. N., 2004. Identification of seafloor habitats in coastal shelf waters using a multibeam echosounder. *Acoust.* 2004.
- Preston, J., 2009. Automated acoustic seabed classification of multibeam images of Stanton Banks. *Appl. Acoust.* 70, 1277–1287. doi:10.1016/j.apacoust.2008.07.011
- Preston, J.M., Christney, A.C., Bloomer, S.F., Beaudet, I.L., 2001. Seabed Classification of Multibeam Sonar Images, in: *OCEANS, 2001. MTS/IEEE Conference and Exhibition*. Honolulu, HI, pp. 2616–2623. doi:10.1109/OCEANS.2001.968411
- Tonielli, R., Innangi, S., 2017. Relazione finale della Campagna Oceanografica “ Linosa .” doi:8361TR2017
- Tonielli, R., Innangi, S., Budillon, F., Martino, G. Di, Felsani, M., Giardina, F., Innangi, M., Filiciotto, F., Tonielli, R., Innangi, S., Budillon, F., Martino, G. Di, Felsani, M., Giardina, F., Innangi, M., Filiciotto, F., 2016. Distribution of *Posidonia oceanica* ( L .) Delile meadows around Lampedusa Island ( Strait of. *J. Maps* 5647. doi:10.1080/17445647.2016.1195298



# Carta dei fondali Isola di Linosa

Attività di ricerca e monitoraggio  
nell'Area Marina Protetta "Isole Pelagie"

Responsabile Scientifico  
Renato Tonielli

Mappatura dei fondali a cura di  
Sara Innangi

Acquisizione e processing dati geofisici a cura di  
Gabriella Di Martino



304500 306000 307500 309000 310500

## Legenda

### Limiti AMP

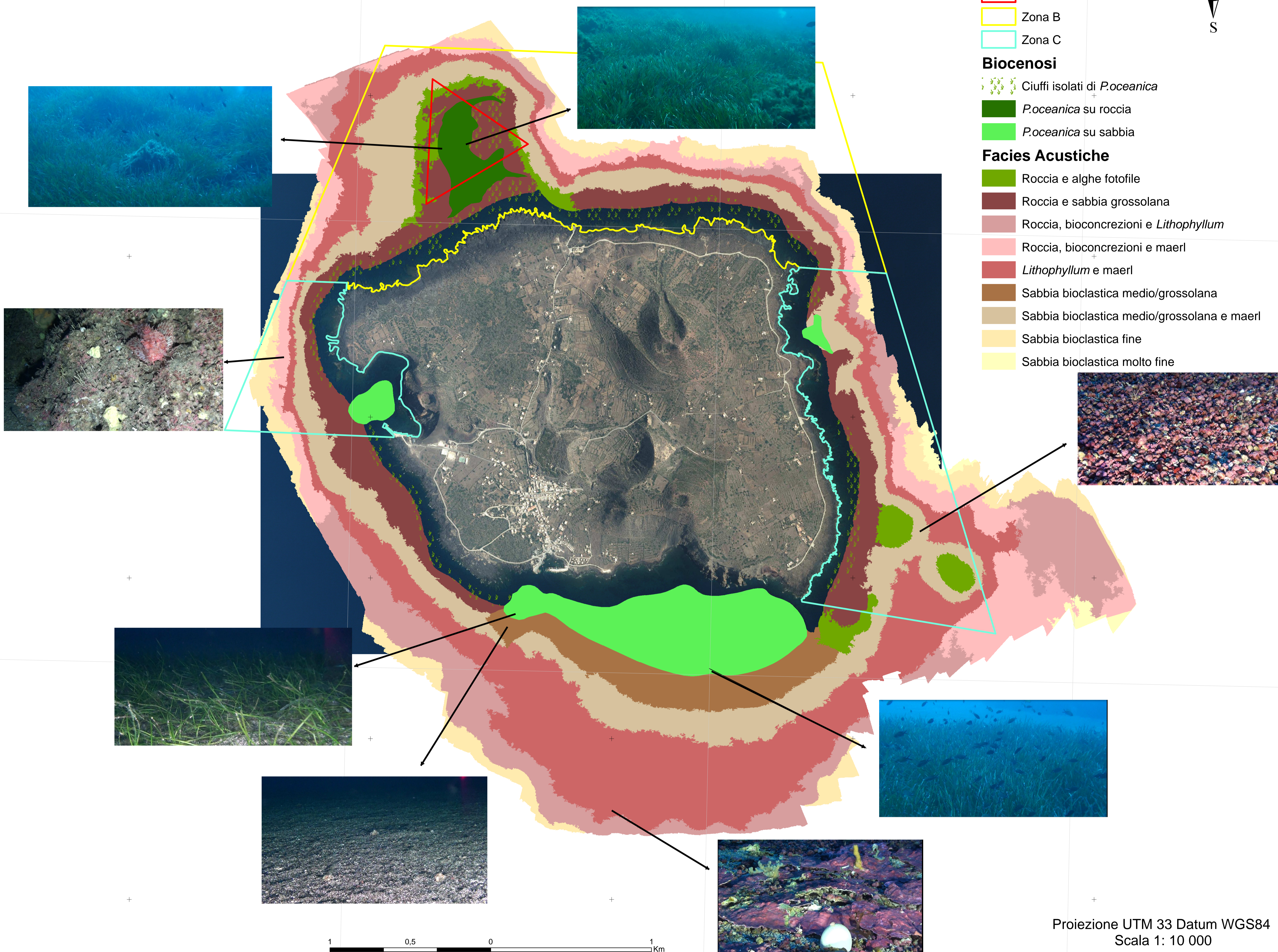
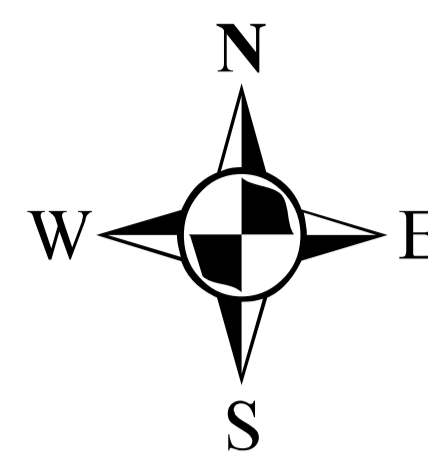
- Zona A
- Zona B
- Zona C

### Biocenosi

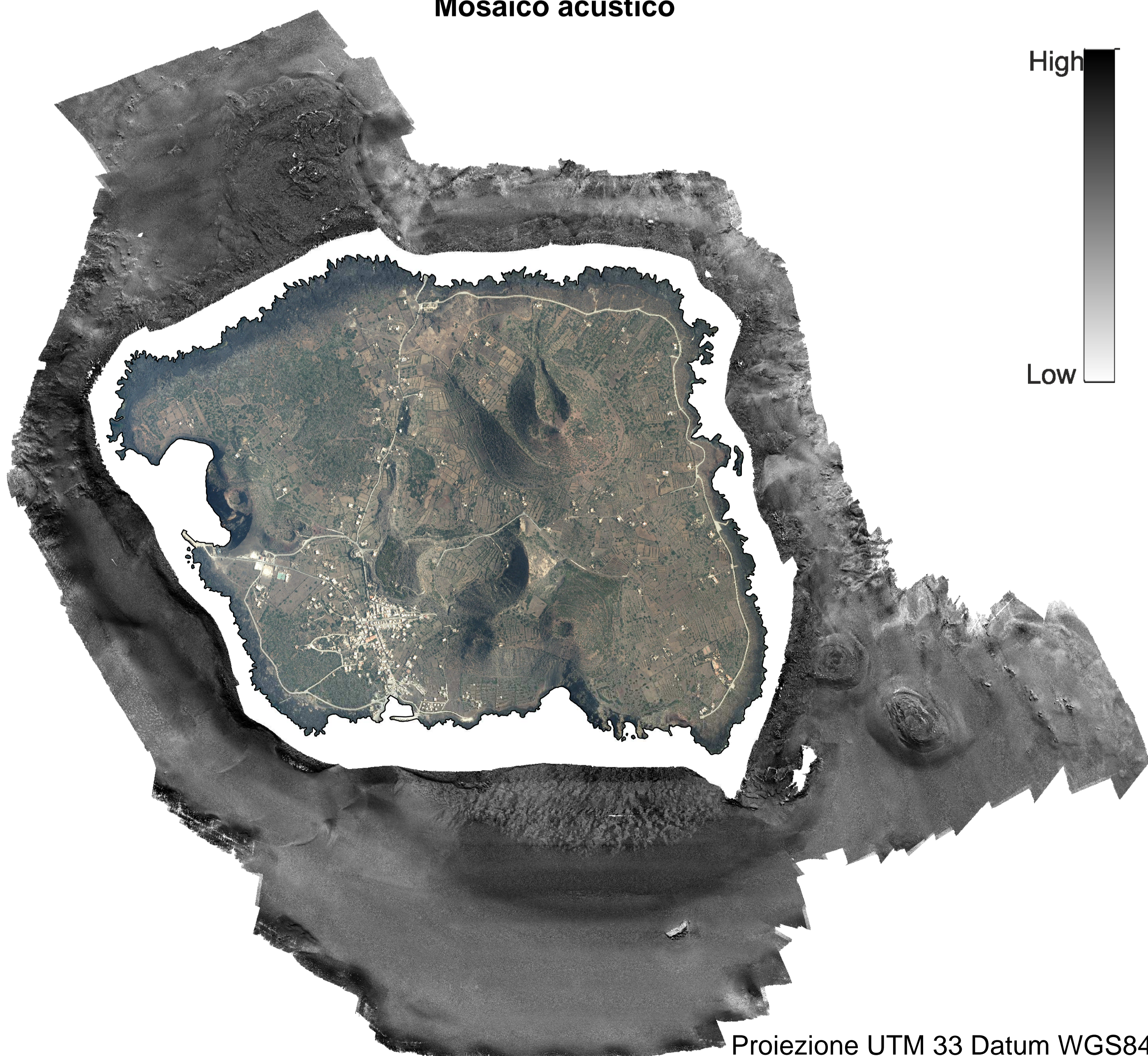
- Ciuffi isolati di *P.oceanica*
- P.oceanica* su roccia
- P.oceanica* su sabbia

### Facies Acustiche

- Roccia e alghe fotofile
- Roccia e sabbia grossolana
- Roccia, bioconcrezioni e *Lithophyllum*
- Roccia, bioconcrezioni e maerl
- Lithophyllum* e maerl
- Sabbia bioclastica medio/grossolana
- Sabbia bioclastica medio/grossolana e maerl
- Sabbia bioclastica fine
- Sabbia bioclastica molto fine



## Mosaico acustico



## Carta batimetrica

