



SeaForest LIFE

LIFE17 CCM/IT/000121

Azione A.1.1

Cartografia e caratterizzazione dell'habitat 1120* per le aree protette coinvolte nel progetto



Beneficiario responsabile: ISPRA

Autori: Sante Francesco Rende, Silvia Maltese

Collaboratori: Marina Pulcini, Alfonso Scarpato, Saverio Devoti, Luca Parlagreco



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DELLA
Tuscia



Parco Nazionale
del Cilento,
Vallo di Diano
e Alburni



Sommario

Azione A.1.1 Cartografia e caratterizzazione dell'habitat 1120* per le aree protette coinvolte nel progetto	3
ABSTRACT	3
ABSTRACT	5
AREE DI STUDIO	7
MATERIALI E METODI	16
Metodologie di elaborazione delle immagini satellitari.....	17
Aggiornamento delle cartografie delle praterie mediante fotointerpretazione.....	25
Aggiornamento delle cartografie delle praterie mediante classificazione <i>object-based</i>	28
Valutazione dell'accuratezza della classificazione.....	28
Censimento delle imbarcazioni mediante metodologia semiautomatica.....	31
Calcolo della densità delle imbarcazioni	36
RISULTATI	37
Aggiornamento della mappatura delle praterie di <i>P. oceanica</i> : Parco Nazionale dell'Arcipelago di La Maddalena.....	37
Aggiornamento della mappatura delle praterie di <i>P. oceanica</i> : Parco Nazionale dell'Asinara.....	41
Aggiornamento della mappatura delle praterie di <i>P. oceanica</i> : Parco Nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni - AMP Santa Maria di Castellabate.	45
Aggiornamento della mappatura delle praterie di <i>P. oceanica</i> : Parco Nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni - AMP Costa degli Infreschi e della Masseta.....	48
Censimento imbarcazioni: Parco Nazionale dell'Arcipelago di La Maddalena.....	51
Censimento imbarcazioni: Parco Nazionale dell'Asinara	59
Censimento imbarcazioni: Parco Nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni- AMP Santa Maria di Castellabate.	67
Censimento imbarcazioni: Parco Nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni-AMP Costa degli Infreschi e della Masseta	73
CONCLUSIONI	79
BIBLIOGRAFIA CONSULTATA	80
Allegato 1	83
Protocollo metodologico per la cartografia e la caratterizzazione dell'habitat 1120* <i>Posidonia oceanica</i> <i>Blue Carbon</i>	83
Integrazione dell'indice MAI nel modello INVEST-CBC.....	86
Valutazione dello stato di conservazione dei posidonieti nelle aree <i>Blue Carbon</i>	87
Allegato 2	88
Aggiornamento cartografie Parchi Nazionali.....	88

Azione A.1.1 Cartografia e caratterizzazione dell'habitat 1120* per le aree protette coinvolte nel progetto

ABSTRACT

Nell'ambito dell'Azione A1.1 è stata eseguita la valutazione dell'estensione dell'habitat, nelle aree *Blue Carbon* oggetto di studio, mediante l'analisi di immagini satellitari multispettrali ad alta risoluzione (*World View 1*, *Pleiades 1*, *2*) e a media risoluzione, come ad esempio le immagini satellitari *Sentinel 2*. Mediante le immagini satellitari siamo stati in grado di rilevare la presenza e l'estensione delle praterie con differenti gradi di densità e di copertura (<25% al 100%).

Questi sistemi, in combinazione con le osservazioni *in situ*, rappresentano strumenti efficaci per mappare l'estensione delle praterie di *P. oceanica* minimizzando le emissioni di CO₂ connesse allo svolgimento delle attività di rilievo *in situ*. Tale attività di analisi, svolta avvalendosi del *Remote Sensing*, è stata condotta principalmente dal personale qualificato ISPRA, con il supporto del servizio esterno dello *Spin-off* dell'Università della Calabria "*3D Research*", che si è occupato principalmente della procedura di correzione della colonna d'acqua.

Le immagini satellitari ad alta risoluzione sono state acquisite in modalità gratuita tramite il Provider PANDA (*Planetary Data Access*), mediante sottoscrizione di un *user account* per ente pubblico di ricerca. Le immagini a media risoluzione *Sentinel 2* sono state acquisite gratuitamente tramite la banca dati del Sistema *Copernicus Open Access Hub*.

Sono state aggiornate tutte le cartografie delle praterie di *Posidonia oceanica*, ricadenti nelle aree *Blue Carbon* oggetto di studio, nell'arco temporale compreso tra il 1999 – 2019. Dal punto di vista delle variazioni sono state riscontrate lievi riduzioni delle superfici coperte dai posidonieti in tutte le aree *Blue Carbon* ricadenti nei tre Parchi Nazionali (Parco Nazionale dell'Arcipelago di La Maddalena, Parco Nazionale dell'Asinara, Parco nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni). Sono stati inoltre predisposti, per tutti i Parchi Nazionali oggetto di studio, gli strati informativi per il calcolo dello stoccaggio del carbonio da parte dei posidonieti, mediante il modello *Invest*.

Parallelamente è stato svolto uno studio cartografico al fine di quantificare la pressione indotta dall'ancoraggio delle imbarcazioni da diporto sulle praterie presenti nelle aree *Blue Carbon* oggetto di indagine.

Tale indagine è stata svolta, mediante l'analisi di immagini satellitari *Sentinel 1* e *Sentinel 2*, adoperando procedure semi-automatiche ed automatiche di riconoscimento delle imbarcazioni. I

dati acquisiti hanno permesso di quantificare il livello di pressione esercitata dalla nautica da diporto sull'*habitat Blue Carbon Posidonia oceanica*.

Dai primi risultati ottenuti emerge che nei Parchi Nazionali indagati sono proprio le aree *Blue Carbon* a rappresentare le zone a maggiore frequentazione del turismo da diporto. Nelle suddette aree gran parte degli ancoraggi vengono effettuati in prevalenza sull'*habitat a P. oceanica*, con prevedibile impatto e degrado sullo stato di conservazione dei posidonieti con possibili riflessi sulla capacità di produzione di *Blue Carbon* e di stoccaggio della CO₂.

ABSTRACT

Under Action A1.1, the assessment of the extent of the habitat in the Blue Carbon study areas was carried out through the analysis of high-resolution (World View 1, Pleiades 1,2) and medium resolution multispectral satellite images, such as Sentinel 2 satellite images. Using the satellite images we could detect the presence and extent of seagrass meadows with different degrees of density and coverage (<25% to 100%) in the study areas.

These systems, together with the in situ observations, represent powerful tools to map the extension of the *P. oceanica* meadows minimizing the CO₂ emissions related to the in situ survey activities. This Remote Sensing analysis activity was mainly performed by qualified ISPRA researchers, with the support of the external service of the University of Calabria Spin-off “3D Research”, which mainly dealt with the water column correction procedure.

The high-resolution satellite images have been freely acquired on PANDA (Planetary Data Access) Provider, through the subscription of a user account for a public research institution, while Sentinel 2 medium resolution images have been freely acquired through the Copernicus Open Access Hub System database.

Maps of *Posidonia oceanica* meadows in the Blue Carbon areas have been updated (from 1999 to 2019). From the point of view of variations, slight reductions in the areas covered by *Posidonia oceanica* were found in all Blue Carbon areas in the three National Parks (Parco Nazionale dell'Arcipelago di La Maddalena, Parco Nazionale dell'Asinara, Parco nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni). In addition, for all the study areas, the information layers to estimate the carbon storage in *P. oceanica* have been prepared using the Invest Model (Natural Capital Project).

At the same time, a cartographic study has been carried out in order to quantify the pressure induced by the anchorage of recreational boats on *Posidonia oceanica* meadows in the investigated Blue Carbon areas.

This survey was carried out by analysing Sentinel 1 and Sentinel 2 satellite images, using semiautomatic and automatic boat recognition procedures. The acquired data enabled us to quantify the level of pressure exerted by recreational boating on the Blue Carbon *Posidonia oceanica* habitat.

The preliminary results have pointed out that the investigated Blue Carbon areas represent, in the three National Parks, the most frequented areas for recreational boating. In these areas there

are a lot of boats anchoring on *P. oceanica* habitat, leading to a foreseeable impact and degradation on the conservation status of the seagrass meadows with possible negative effects on the Blue Carbon production and CO₂ storage capacity.

AREE DI STUDIO

L'aggiornamento delle cartografie dei posidonieti è stato condotto per i seguenti Parchi Nazionali: **Parco Nazionale dell'Arcipelago di La Maddalena, Parco Nazionale dell'Asinara, Parco Nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni** (Figura 1). Per tali aree esisteva una precedente mappatura delle praterie di *P. oceanica*, promossa e finanziata a livello nazionale dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, risalente al 1999 per il Parco Nazionale della Maddalena e dell'Asinara e al 2003 per l'Area Marina Protetta Santa Maria di Castellabate e per l'Area Marina Protetta Costa degli Infreschi e della Masseta (Parco Nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni). Nelle Figure 2-5 vengono riportati gli estratti cartografici delle praterie ricavati dai dati già esistenti prodotti nell'ambito del programma nazionale di mappatura finanziato dal Ministero dell'Ambiente (fonte dati GIS Natura).

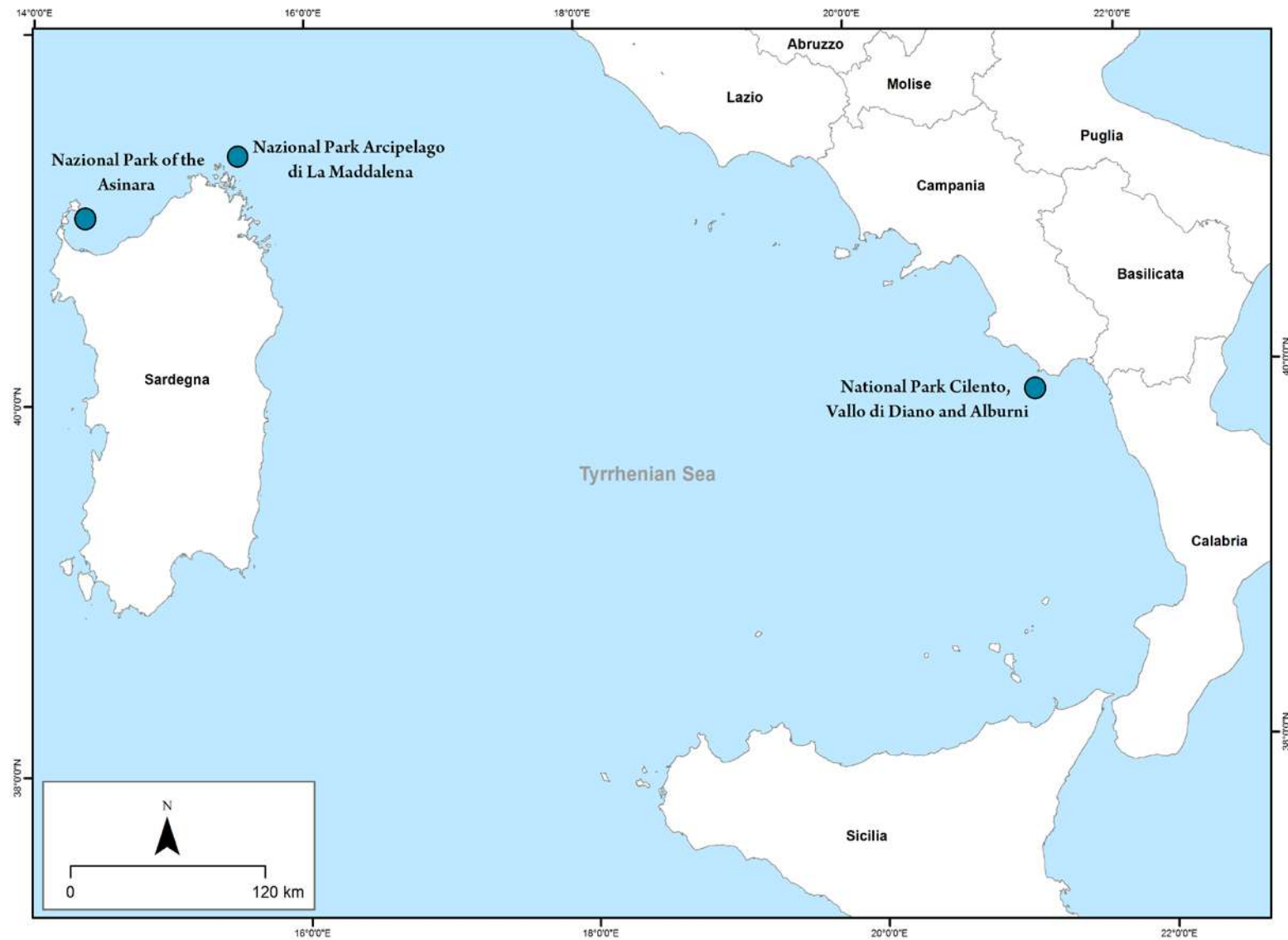


Figura 1 – Parchi Nazionali oggetto di studio nell'ambito del progetto LIFE SeaForest (Elaborazione ISPRA).

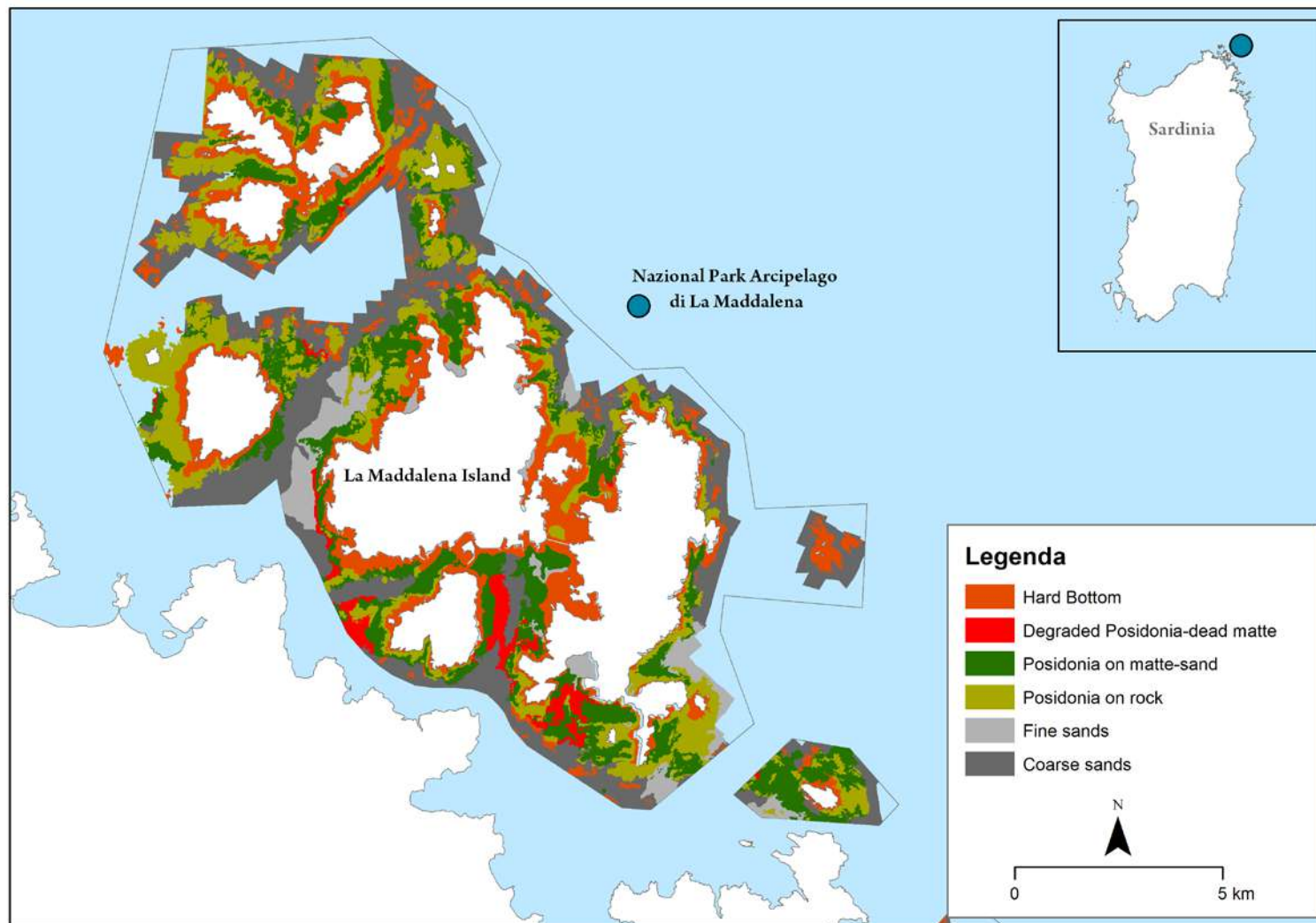


Figura 2 – Mappatura delle praterie di *P. oceanica* nel Parco Nazionale dell'Arcipelago di La Maddalena. Fonte dati Mappatura MATTM (anno 1999) (Elaborazione ISPRA).

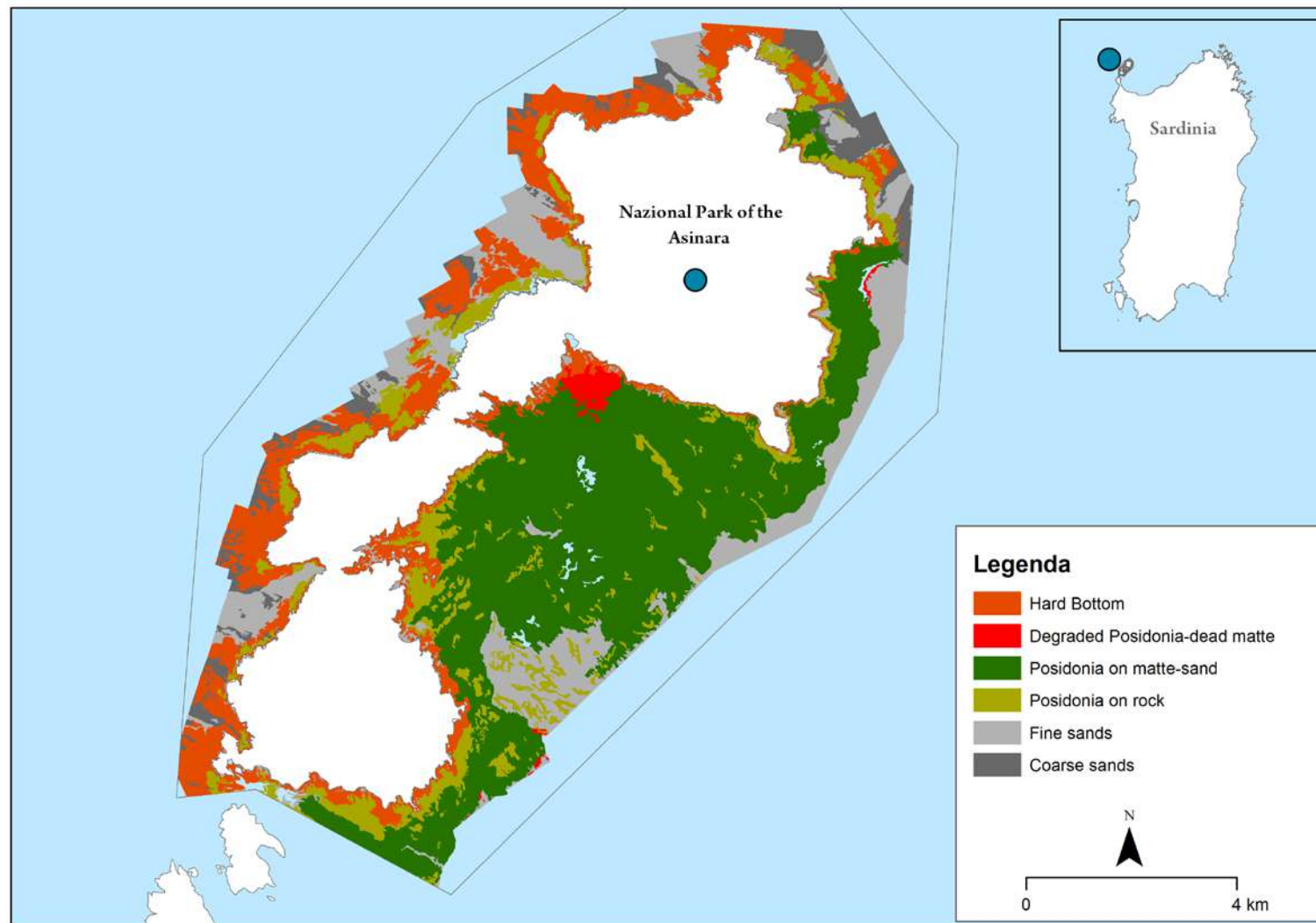


Figura 3 – Mappatura delle praterie di *P. oceanica* nel Parco Nazionale dell'Asinara. Fonte dati Mappatura MATTM (anno 1999) (Elaborazione ISPRA).

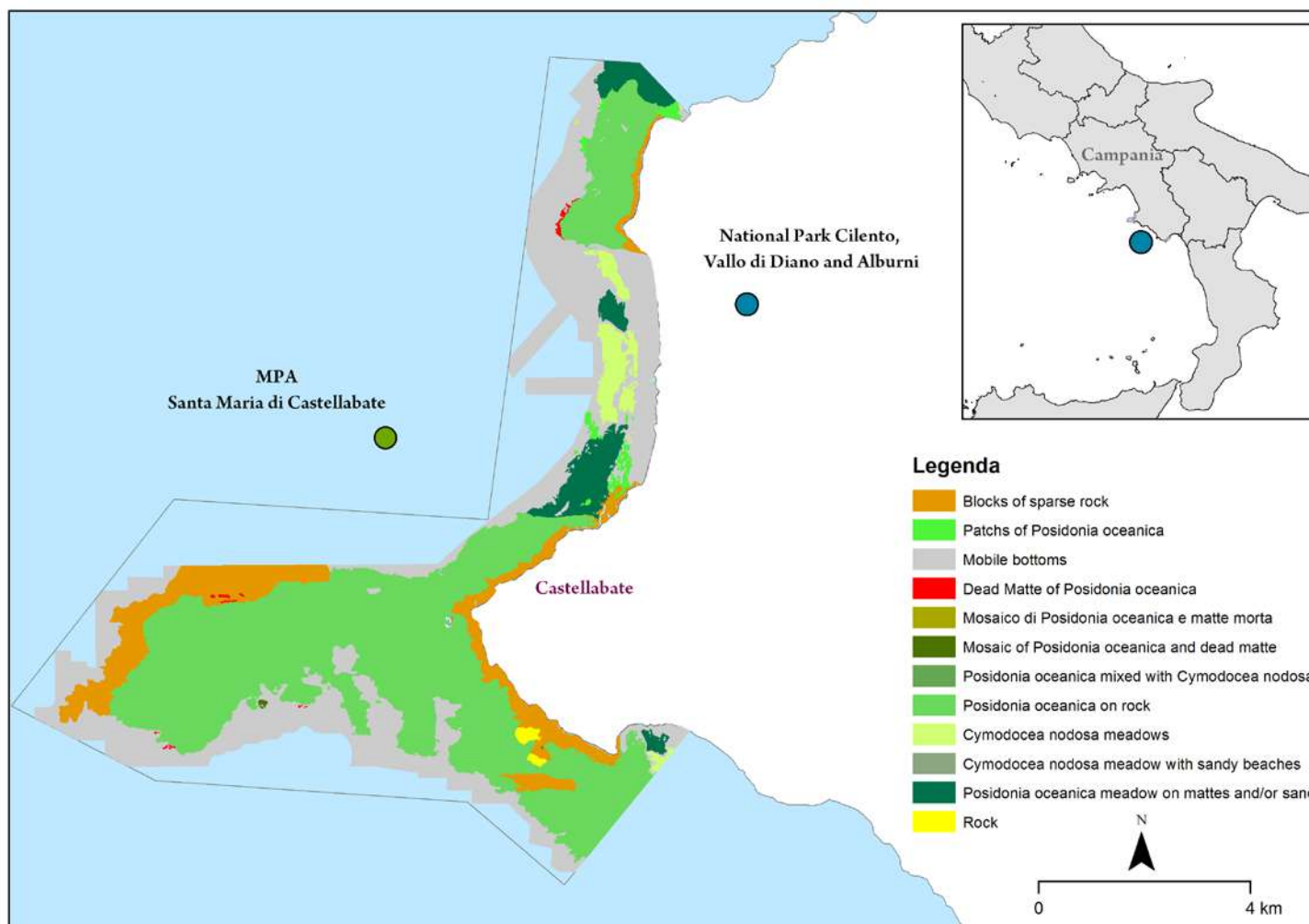


Figura 4 – Mappatura delle praterie di *P. oceanica* nel Parco nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni (Area Marina Protetta Santa Maria di Castellabate). Fonte dati Mappatura MATTM (anno 2003) (Elaborazione ISPRA).

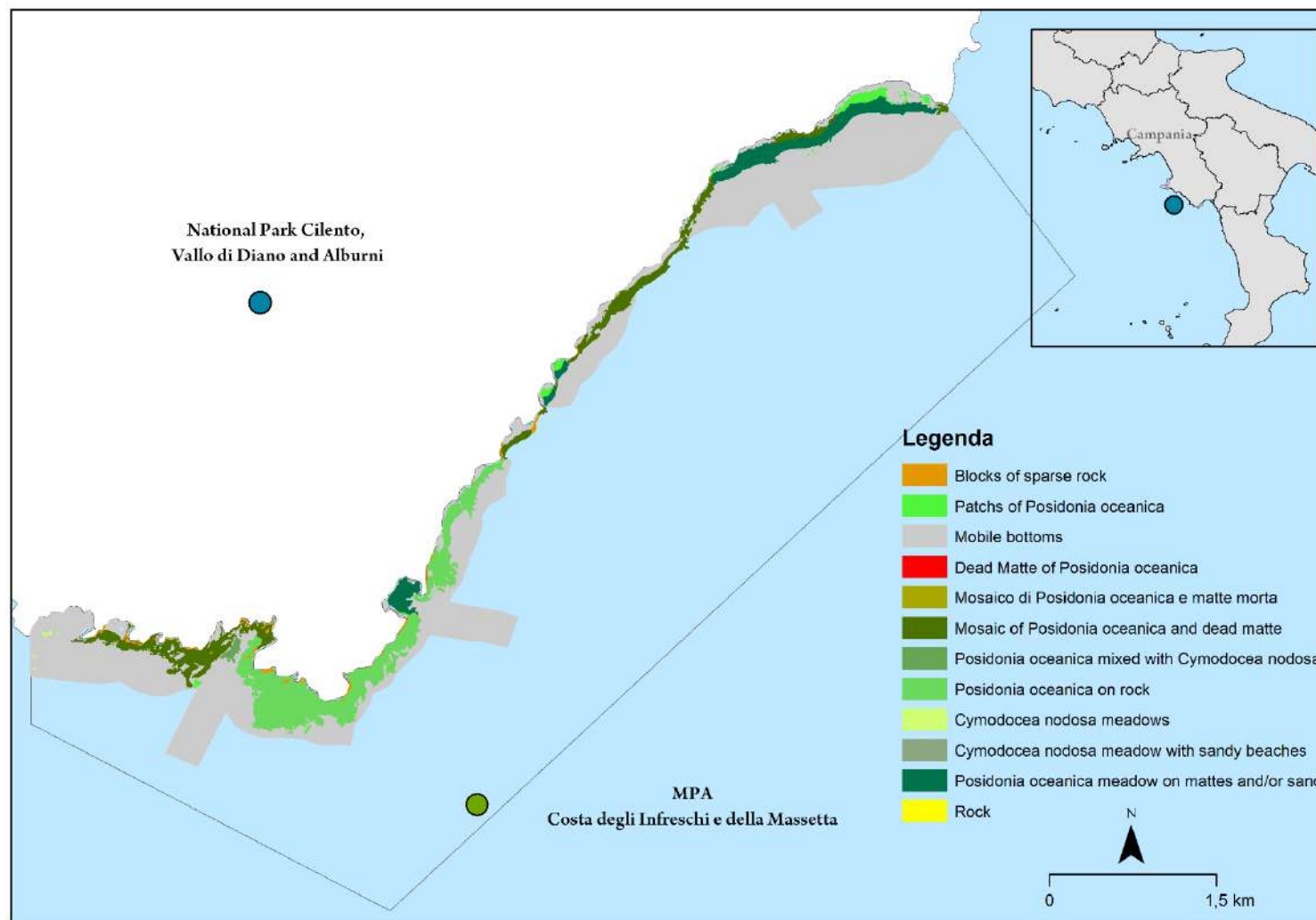


Figura 5 – Mappatura delle praterie di *P. oceanica* nel Parco Nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni (Area Marina Protetta Costa degli Infreschi e della Masseta. Fonte dati Mappatura MATTM (anno 2003) (Elaborazione ISPRA).

Sulla base dei dati cartografici acquisiti, per ogni singolo Parco Nazionale sono state identificate, con il supporto delle conoscenze territoriali ed ambientali degli enti Parco, le aree *Blue Carbon* nelle quali sono state condotte le attività di aggiornamento cartografico delle praterie medesime. Per quanto riguarda il Parco Nazionale dell'Arcipelago di La Maddalena, sono state identificate due aree *Blue Carbon* di cui una comprendente Porto Palma e Cala Caprese e la seconda comprendente Porto della Madonna e Cala Santa Maria (Figura 6). Relativamente al Parco Nazionale dell'Asinara, sono state identificate due aree *Blue Carbon* di cui una comprendente il sito SIC Isola Piana, mentre la seconda area *Blue Carbon* è stata collocata all'interno dell'Area Marina Protetta dell'Asinara e comprendente Cala Reale (Figura 7). Infine, nel Parco Nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni sono state identificate due aree *Blue Carbon*, di cui una all'interno dell'Area Marina Protetta Santa Maria di Castellabate e comprendente la Baia di Ogliastro e Punta Licosa (Figura 8), mentre la seconda area *Blue Carbon* è stata posta all'interno dell'Area Marina Protetta Costa degli Infreschi e della Masseta, comprendente Cala Bianca, Cala degli Infreschi e Punta Spinosa (Figura 9).

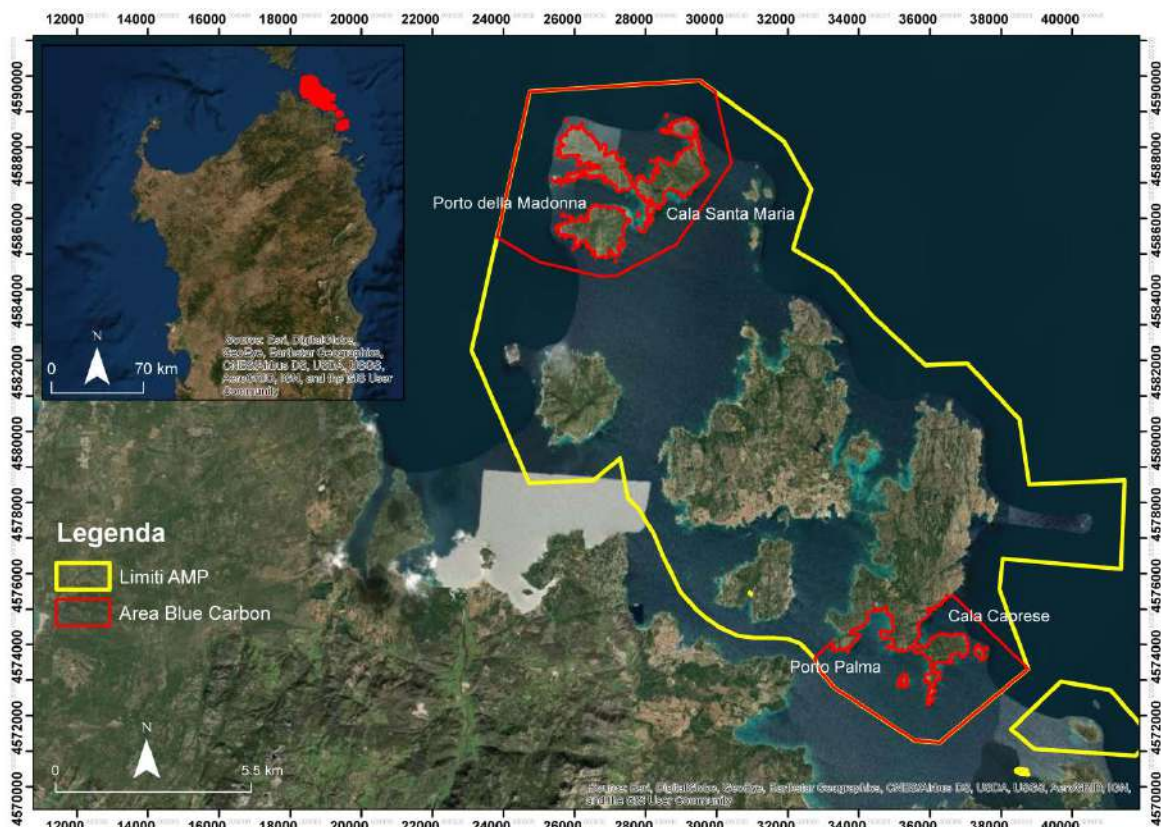


Figura 6 – Aree *Blue Carbon* nel Parco Nazionale di La Maddalena (Elaborazione ISPRA).

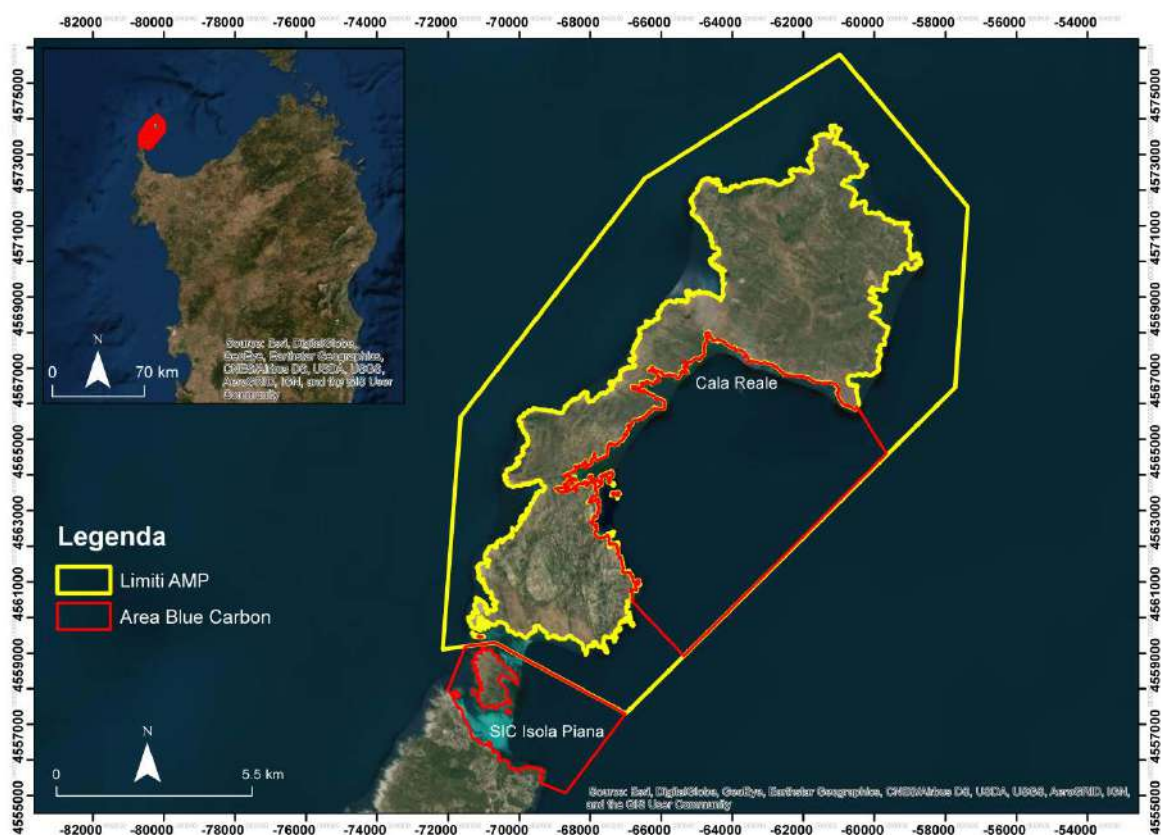


Figura 7 – Aree *Blue Carbon* nel Parco Nazionale dell'Asinara (AMP dell'Asinara e sito SIC Isola Piana) (Elaborazione ISPRA).

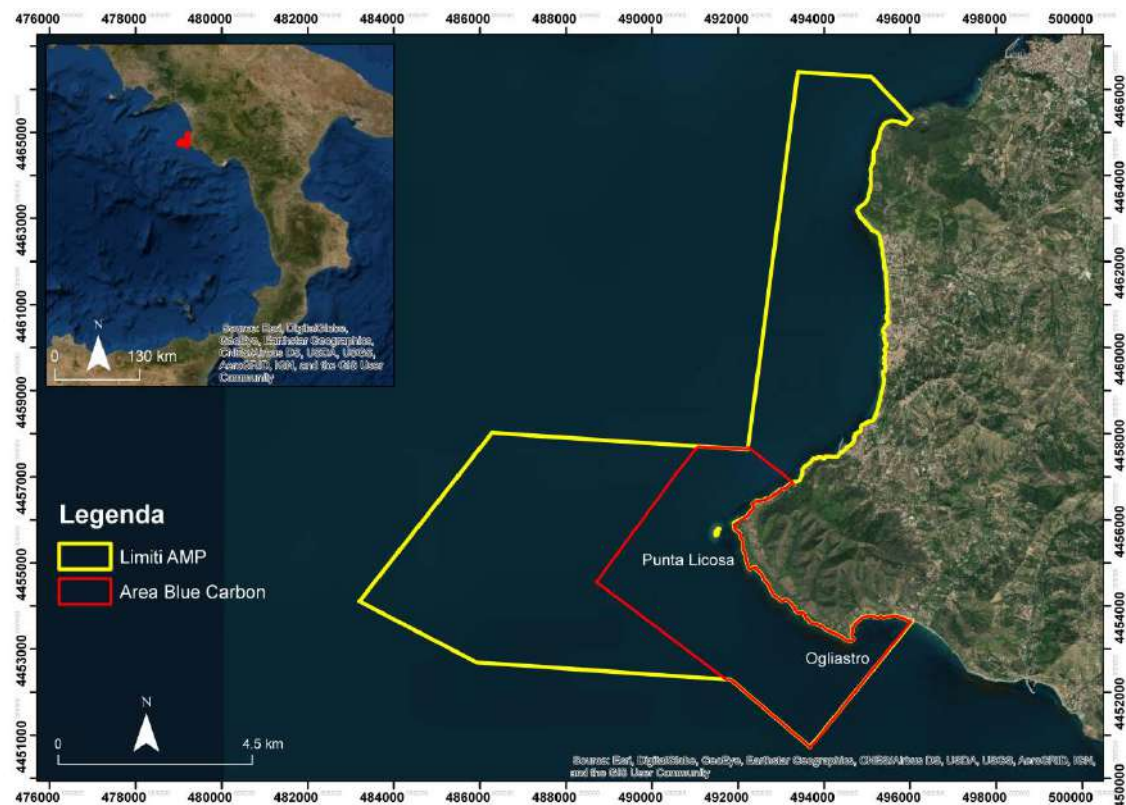


Figura 8 – Aree *Blue Carbon* nel Parco nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni (AMP Santa Maria di Castellabate) (Elaborazione ISPRA).

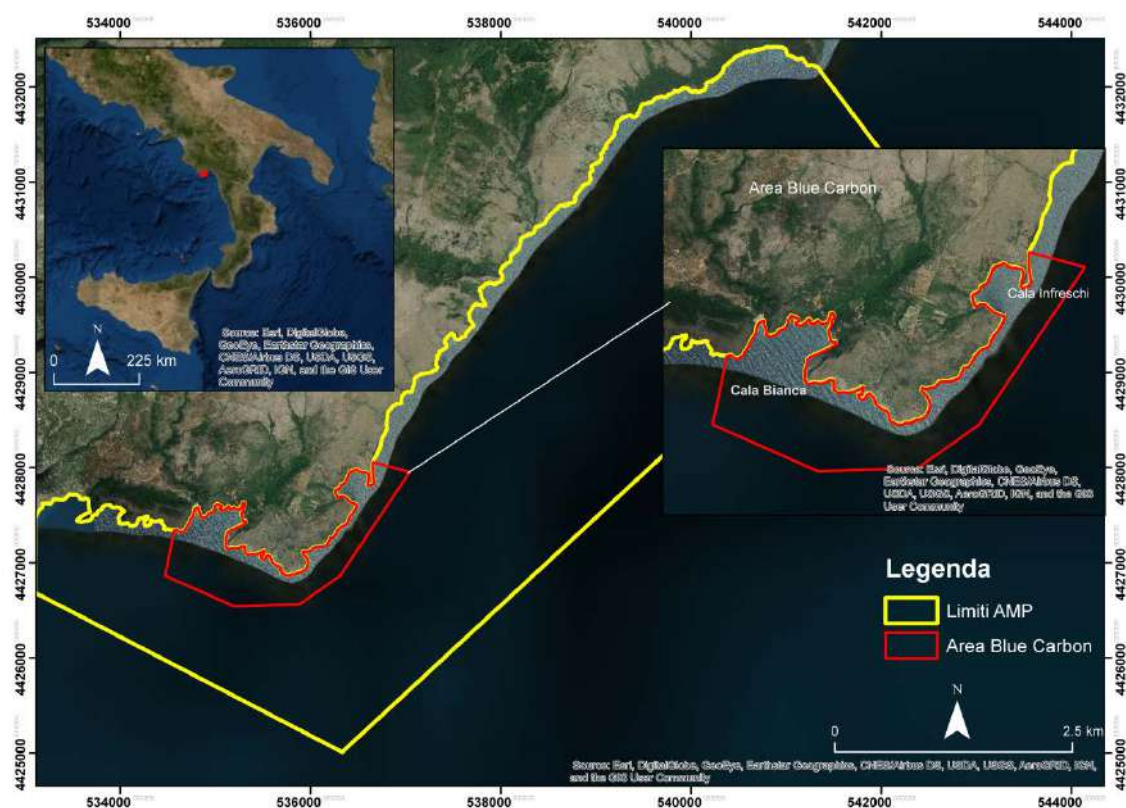


Figura 9 – Aree *Blue Carbon* Mappatura nel Parco nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni (AMP Costa degli Infreschi e della Masseta) (Elaborazione ISPRA).

MATERIALI E METODI

Per ognuna delle aree oggetto di studio, con il supporto dell'assistenza esterna dello *Spin-off 3D Research* dell'Università della Calabria, sono state condotte le elaborazioni delle immagini satellitari, acquisite dai sensori multispettrali montati a bordo dei satelliti *World View 1* e *World View 2*, *Sentinel 2* e *Pléiades*. Sono state inoltre utilizzate le immagini iperspettrali riprese da sensore MIVIS aviotrasportato. Le elaborazioni ottenute da tutti i sensori citati, nonostante le differenti risoluzioni spaziali e spettrali, sono da considerarsi affidabili ai fini della mappatura delle praterie di *P. oceanica* (Dattola *et.al.* 2018). Allo stato attuale sono state elaborate in totale 18 immagini satellitari come riportato in elenco:

Parco Nazionale di La Maddalena

EW02_WV1_PM4_SO_20150617T100618_20150617T100620_DGI_29849_8FDD.0000

EW02_WV1_PM4_OR_20140727T122735_20140727T122745_GAF_25179_185B.DIR

PH1A_PHR_MS___3_20180630T102412_20180630T102412_TOU_1234_92aa.DIMA

S2A_MSIL2A_20180817T101021_N0206_R022_T32TNL_20180817T122224.SAFE

S2B_MSIL1C_20181021T101039_N0206_R022_T32TNL_20181021T141054.SAFE

Parco Nazionale dell'Asinara

EW02_WV1_PM8_SO_20110225T100200_20110225T100207_DGI_7248_4486.0000

EW02_WV1_PM4_OR_20150622T124044_20150622T124046_GAF_29921_9F7D.DIR

PH1B_PHR_MS___2A_20170521T103853_20170521T103853_TOU_1234_d01c.DIMA

S2A_MSIL1C_20190815T102031_N0208_R065_T32TML_20190815T154136.SAFE

S2A_MSIL2A_20180402T102021_N0206_R065_T32TML_20180402T155007.SAFE

S2A_MSIL2A_20180422T102031_N0206_R065_T32TML_20180422T141352.SAFE

S2A_MSIL2A_20180830T102021_N0206_R065_T32TML_20180830T123227.SAFE

S2B_MSIL1C_20190810T102029_N0208_R065_T32TML_20190810T130801.SAFE

Parco nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni. AMP Santa Maria di Castellabate

S2A_MSIL2A_20190915T095031_N0213_R079_T33TVE_20190915T115457.SAFE

Parco nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni. AMP degli Infreschi e della Masseta

MIVIS-camp-cos-43

MIVIS-camp-cos-44

S2A_MSIL2A_20180930T095031_N0208_R079_T33TWE_20180930T122751.SAFE

S2A_MSIL2A_20190826T095031_N0213_R079_T33TWE_20190826T141735.SAFE

Metodologie di elaborazione delle immagini satellitari

Le immagini multispettrali sono costituite da un numero di bande variabili in funzione del sensore/satellite utilizzato; inoltre, è possibile che differiscano anche in termini di risoluzione spaziale. Le immagini sono state elaborate seguendo il flusso di lavoro riportato nella Figura 10. Le immagini aeree e satellitari sono state elaborate tramite il software *ERDAS IMAGINE* e *ArcGis 10.3*.

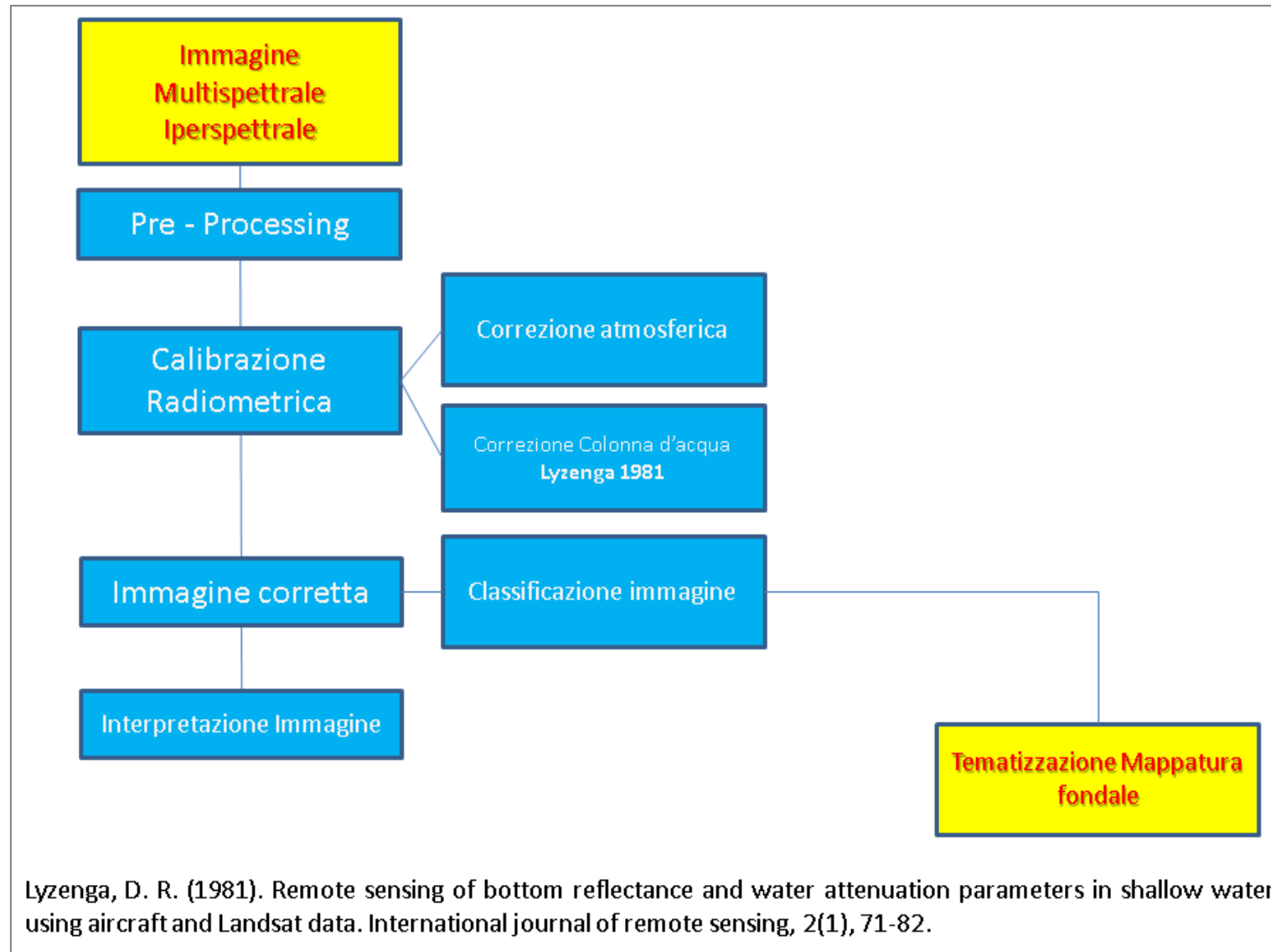


Figura 10 – Schema operativo di sintesi adottato per il processamento delle immagini satellitari (Lyzenga, 1981).

Successivamente al *download* dell'immagine, è stata eseguita, dove necessaria, la correzione atmosferica: alcune immagini *Sentinel 2*, ad esempio, possono essere scaricate già corrette atmosfericamente. Tenendo conto che le uniche bande in grado di penetrare la superficie marina e raggiungere il fondale sono solo quelle che ricadono nella porzione di spettro del visibile, per le elaborazioni successive sono state selezionate esclusivamente tali bande.

Dell'immagine satellitare è stato necessario selezionare la porzione che rappresenta esclusivamente il mare, dato che la terraferma non è utile ai fini della mappatura dei fondali. Questa procedura migliora la dinamica in fase di visualizzazione e limita gli errori durante la fase di classificazione. La selezione del mare rispetto all'intera immagine è stata eseguita mediante due procedure differenti: a) creazione di un'area di interesse (AOI) del mare (poligono/area di interesse); b) creazione di una maschera sulla base dei valori di riflettanza. Il primo metodo produce una vera e propria selezione del mare tramite una subsezione della porzione di immagine di interesse, mentre il secondo metodo comporta la selezione di un valore di riflettanza di "taglio" sulla base del quale costruire una seconda immagine-maschera. In questo secondo caso, la maschera è un'immagine che ha esclusivamente valori pari a 0 e 1; tali valori, moltiplicati per l'immagine originale, rimuovono la terraferma (moltiplicazione per 0) e mantengono il mare (moltiplicazione per 1).

Tra i disturbi ricorrenti e significativi nelle immagini satellitari, o comunque riprese dall'alto, in ambiente marino si ha il "*sun glint*", ovvero il riflesso causato dalla luce solare incidente sulla superficie marina. Tale riflesso, catturato dal sensore ricevente a bordo dei diversi sistemi di trasporto (satellite, aereo, drone), è in grado di mascherare totalmente o parzialmente il fondale marino. Questo fattore di disturbo, quando necessario, può essere rimosso o limitato nei suoi effetti tramite specifiche procedure.

La luce in entrata in mare raggiunge il fondale e viene riflessa verso l'alto emergendo dopo aver compiuto un percorso che comporta interazioni con la colonna d'acqua e tutte le sostanze in essa disciolte/disperse. Tra queste sostanze si possono avere: fitoplancton, solidi sospesi (argilla, limo ecc), sostanze organiche disciolte. I fenomeni principali causati dall'interazione tra luce e acqua contenente le sostanze sopra citate sono assorbimenti, diffusioni e riflessioni, fenomeni in grado di produrre una diminuzione dell'intensità del segnale luminoso riflesso che raggiungerà il sensore di registrazione. E' possibile tenere conto dei fenomeni descritti, riducendone gli effetti sull'immagine e sulle successive fasi di elaborazione mediante opportune procedure definite di "correzione della colonna d'acqua". La correzione consiste in una sorta di "normalizzazione" dell'energia riflessa

proveniente dal fondale in modo tale che i medesimi ambienti, alle diverse profondità, abbiano una risposta in termini di riflettanza comparabile.

La formula utilizzata per la procedura descritta è riportata di seguito (Lyzenga 1978, 1981):

$$\text{depth invariant band} = \ln(R_i) - k_i/k_j * \ln(R_j)$$

Dove la depth invariant band è a tutti gli effetti un'immagine *raster* derivata, ottenuta dalla combinazione di due bande reali dell'immagine originale;

$\ln(R_i)$ = logaritmo naturale riflettanza della banda i

$\ln(R_j)$ = logaritmo naturale riflettanza della banda j

k_i/k_j = coefficiente di normalizzazione

Le figure che seguono (Figure 11-18) rappresentano alcuni stralci delle immagini originali e delle medesime elaborate (correzione atmosferica, rimozione *sun glint* e correzione colonna d'acqua). Le immagini integrali, georeferite e corrette, sono state caricate nella cartella di progetto condivisa *online*, dalla quale possono essere scaricate per la visualizzazione e/o eventuali successive elaborazioni.

Parco Nazionale dell'Arcipelago di La Maddalena

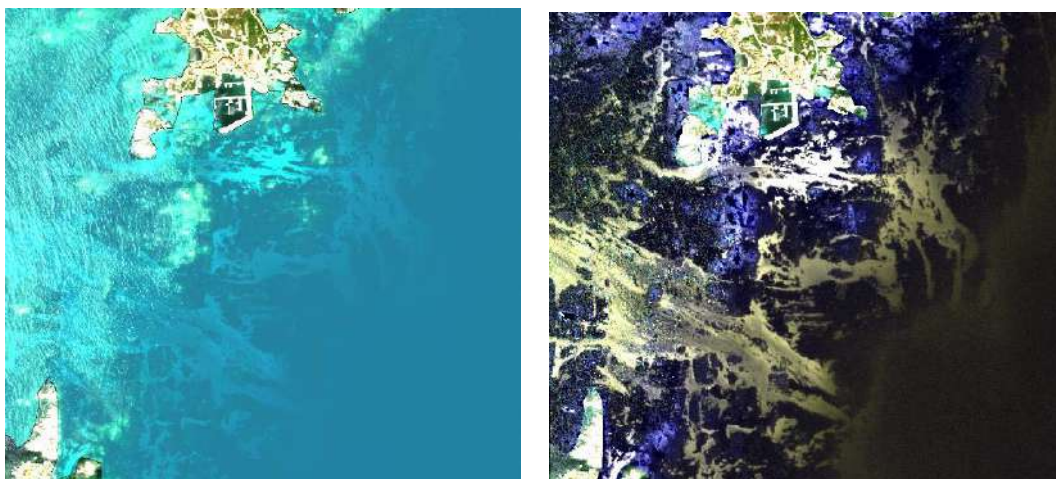


Figura 11 – Immagine EW02_WV1_PM4_SO_20150617T100618_20150617T100620_DGI_29849_8FDD.0000-settore nord ovest. A sinistra immagine non elaborata, a destra immagine WCC elaborata.

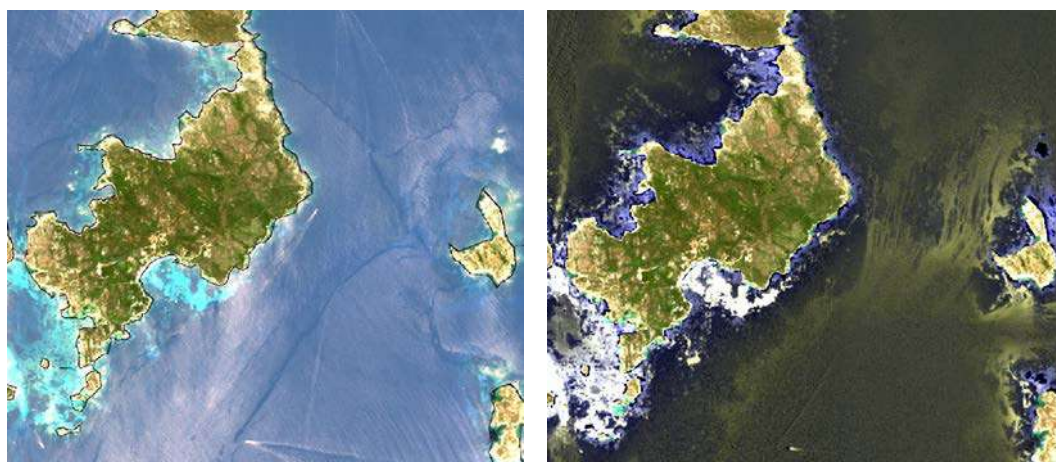


Figura 12 - Immagine EW02_WV1_PM4_SO_20150617T100618_20150617T100620_DGI_29849_8FDD.0000-settore sud est. A sinistra immagine non elaborata, a destra immagine WCC elaborata.



Figura 13 – Immagine EW02_WV1_PM4_OR_20150622T124044_20150622T124046_GAF_29921_9F7D.DIR. A sinistra immagine non elaborata, a destra immagine WCC elaborata.

Parco Nazionale dell'Asinara

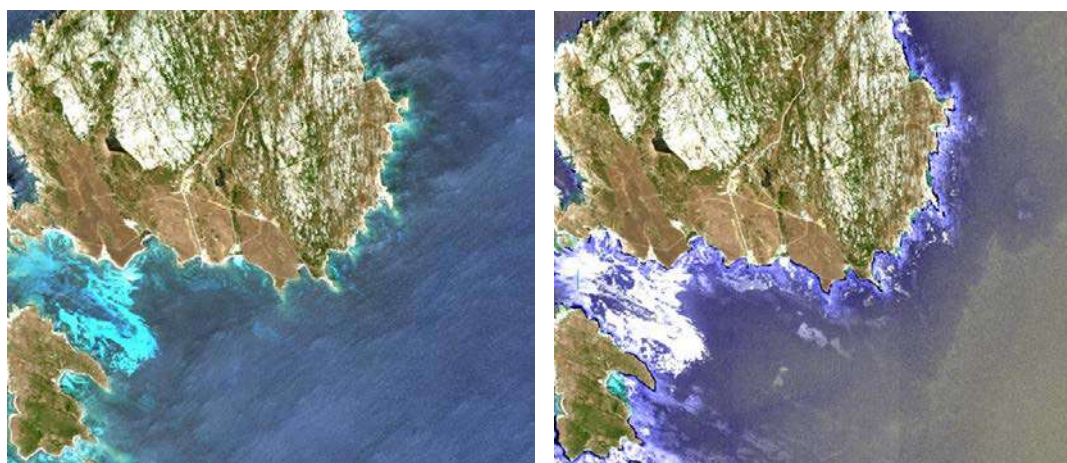


Figura 14 – Immagine EW02_WV1_PM4_OR_20150622T124044_20150622T124046_GAF_29921_9F7D.DIR. A sinistra immagine non elaborata, a destra immagine WCC elaborata.



Figura 15 - Immagine S2A_MSIL2A_20180830T102021_N0206_R065_T32TML_20180830T123227. A sinistra immagine non elaborata, a destra immagine WCC elaborata.

Parco nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni - Area Marina Protetta Santa Maria di Castellabate

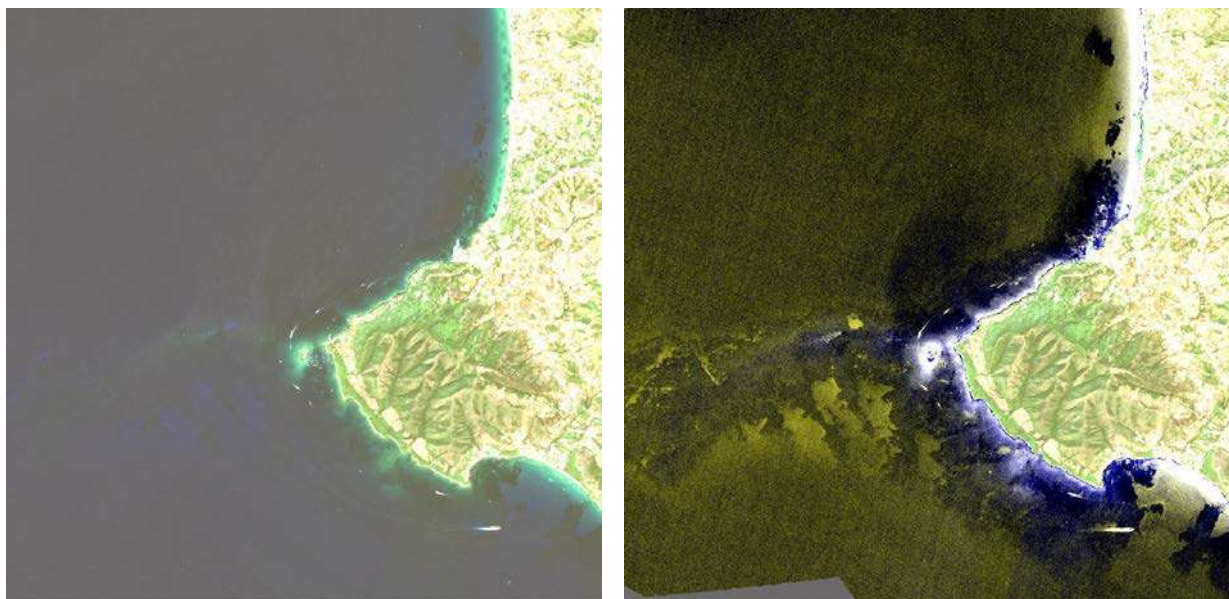


Figura 16. Immagine S2A_MSIL2A_20190915T095031_N0213_R079_T33TVE_20190915T115457. A sinistra immagine non elaborata, a destra immagine WCC elaborata.

Parco nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni - Area Marina Protetta Costa degli Infreschi e della Masseta



Figura 17. Immagine MIVIS-camp-cos-43. A sinistra immagine non elaborata, a destra immagine WCC elaborata.

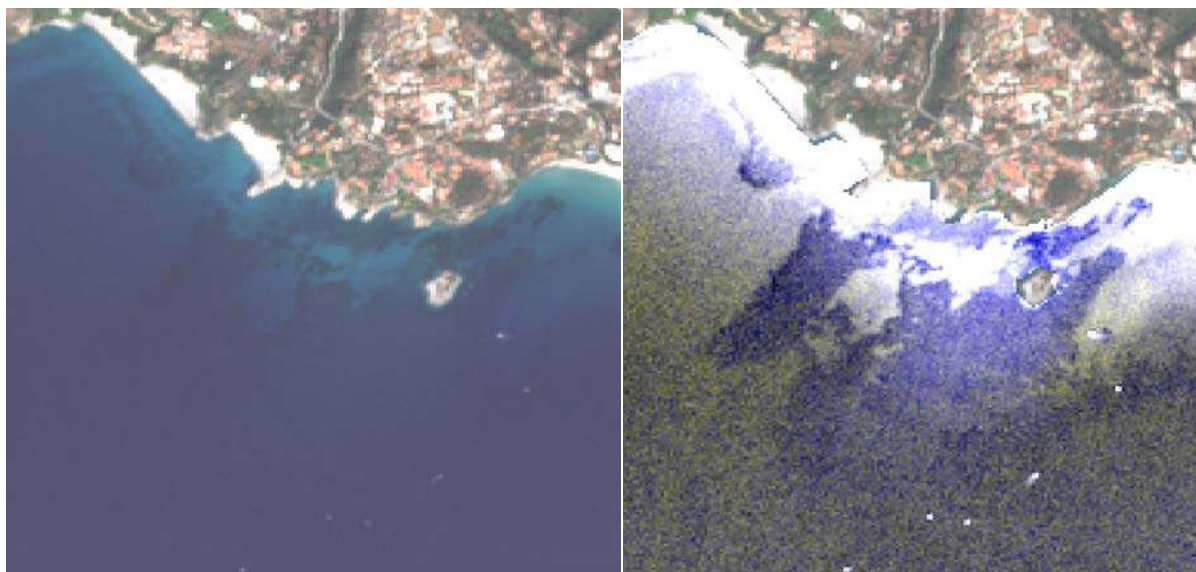


Figura 18 - Immagine S2A_MSIL2A_20180930T095031_N0208_R079_T33TWE_20180930T122751. A sinistra immagine non elaborata, a destra immagine WCC elaborata.

Aggiornamento delle cartografie delle praterie mediante fotointerpretazione

Le immagini satellitari relative a ciascuno dei Parchi Nazionali oggetto di studio, sono state successivamente elaborate mediante fotointerpretazione, adoperando il software ARCGIS 10.3, dove nello specifico è stato utilizzato il comando *Reshape Feature Tool* per delimitare i poligoni vettoriali delle coperture delle ecomorfosi delle praterie (Figura 19). Il processo di fotointerpretazione è stato eseguito tenendo conto principalmente dei dati di copertura delle precedenti mappature finanziate dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. Sono stati altresì adoperati, ai fini dell'aggiornamento delle mappature delle praterie di *P. oceanica*, ulteriori dati aggiuntivi come ad esempio i rilievi batimetrici *Multibeam* e i rilievi *LIDAR Bathymetry*, quest'ultimi disponibili per le Aree marine Protette Santa Maria di Castellabate e Costa degli Infreschi e Masseta (programma PON Mampira - Ministero dell'Ambiente – anno 2012).

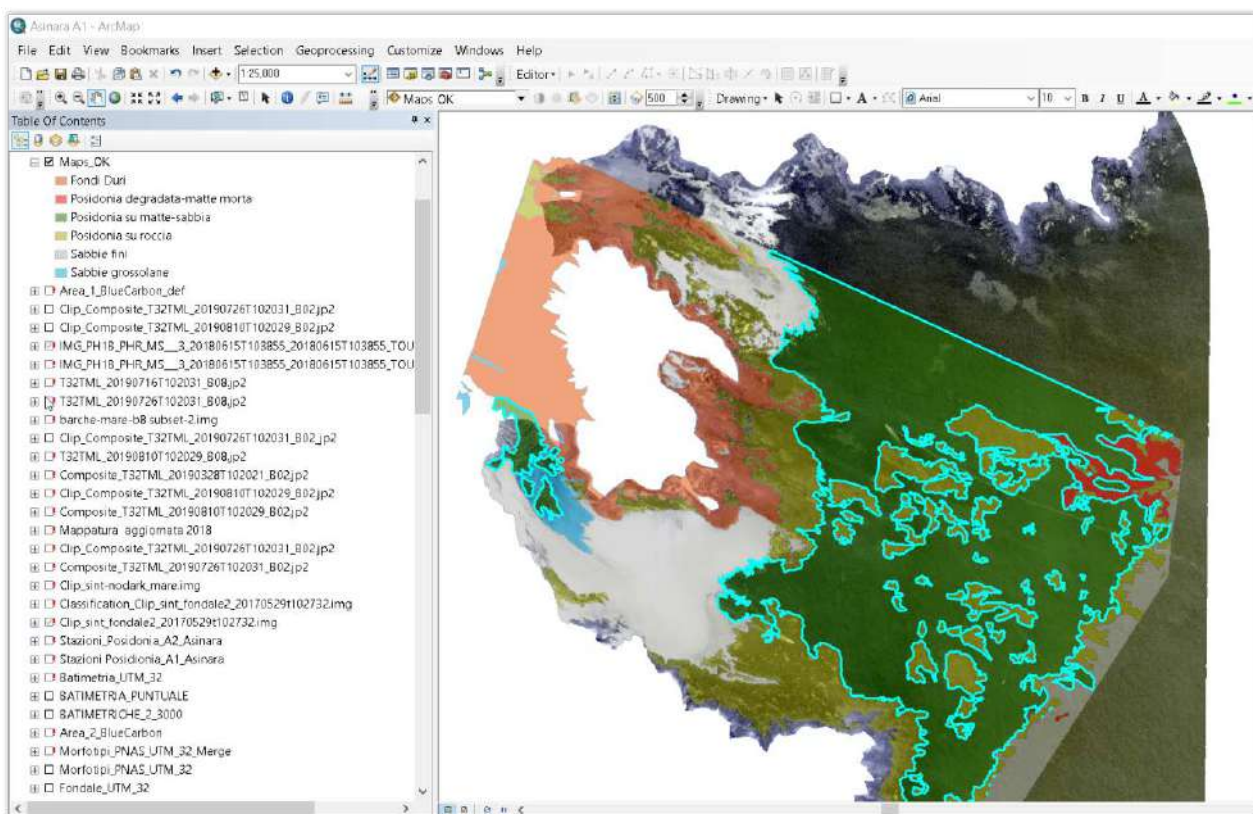


Figura 19– Foto interpretazione delle immagini satellitari (Software ARCGIS 10.3).

Per quanto concerne l'Area Marina Protetta dell'Asinara, nella Figura 20 si riporta l'esempio del Modello Digitale di Elevazione (DEM) batimetrico acquisito nel 2018 nell'ambito delle attività di mappatura dei fondali marini svolto dall'Istituto OGS. Per quanto riguarda il Parco Nazionale di La Maddalena si riporta l'esempio del Modello Digitale di Elevazione (DEM) batimetrico ottenuto dai dati forniti dall'Istituto CNR IAS "Istituto per lo studio degli Impatti Antropici e Sostenibilità in

ambiente marino, con sede ad Oristano (Figura 21). Relativamente all'Area Marina Protetta Santa Maria di Castellabate e Costa degli Infreschi e Masseta, si riporta nelle Figure 22-23, il Modello Digitale di Elevazione (DEM) ottenuto dal volo *LIDAR Bathymetry* finanziato dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (PON Mampira).

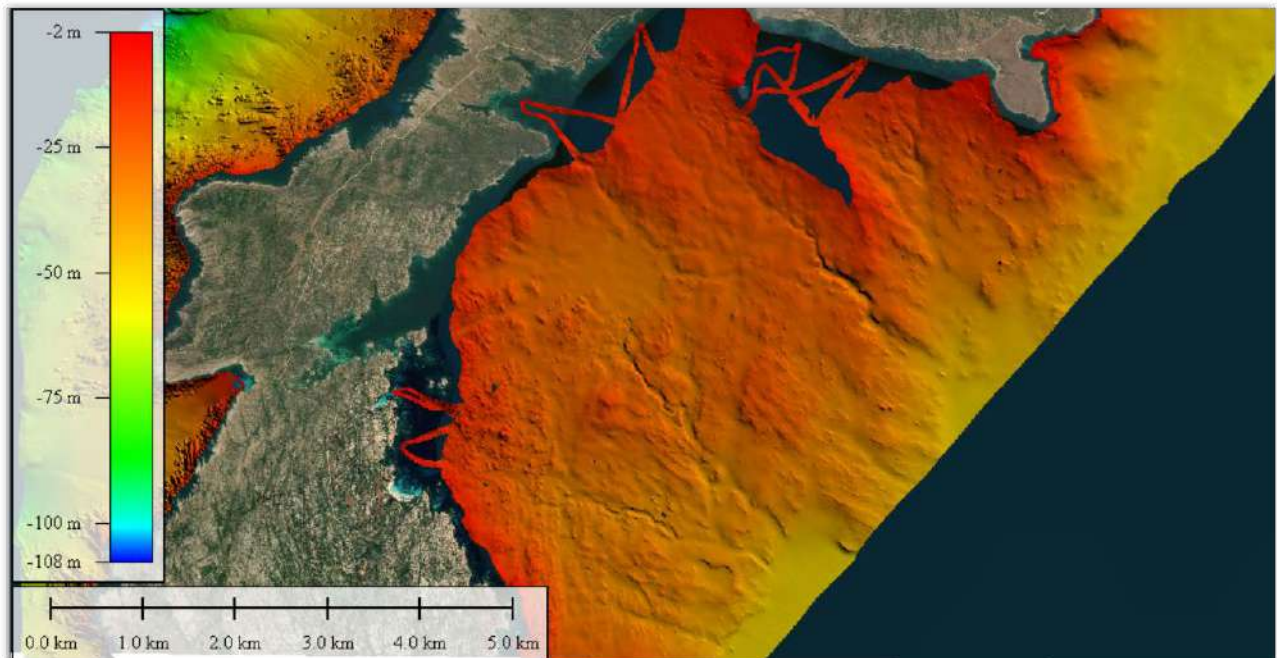


Figura 20 – *Digital Elevation Model (DEM) Bathymetry* AMP Asinara. Fonte Dati AMP Asinara

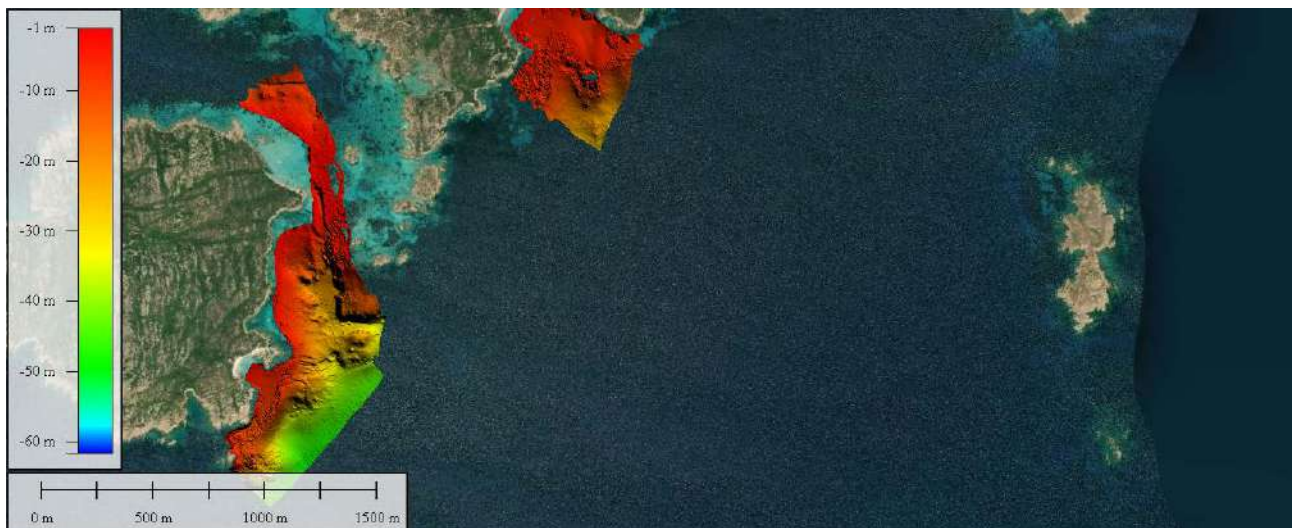


Figura 21 – *Digital Elevation Model (DEM) Bathymetry* PN di La Maddalena (Porto della Madonna, Cala Santa Maria). Fonte Dati CNR Oristano.

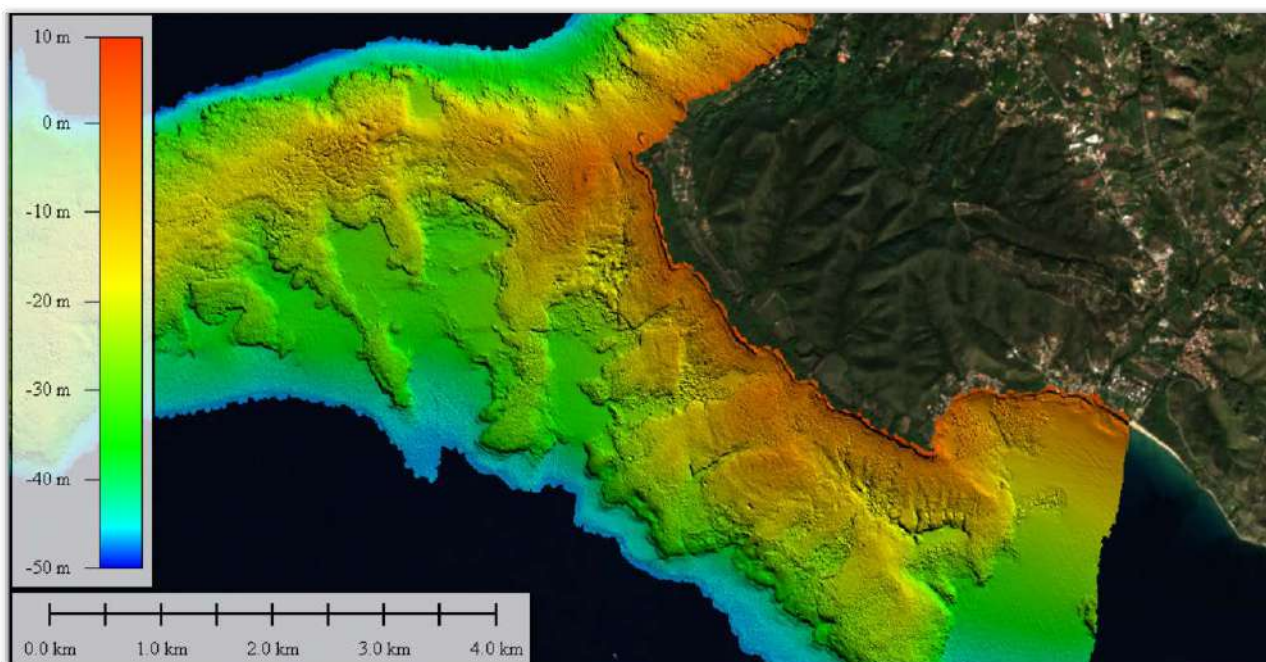


Figura 22– LIDAR Bathymetry AMP Santa Maria di Castellabate. Fonte dati Portale Cartografico Nazionale (PCN).

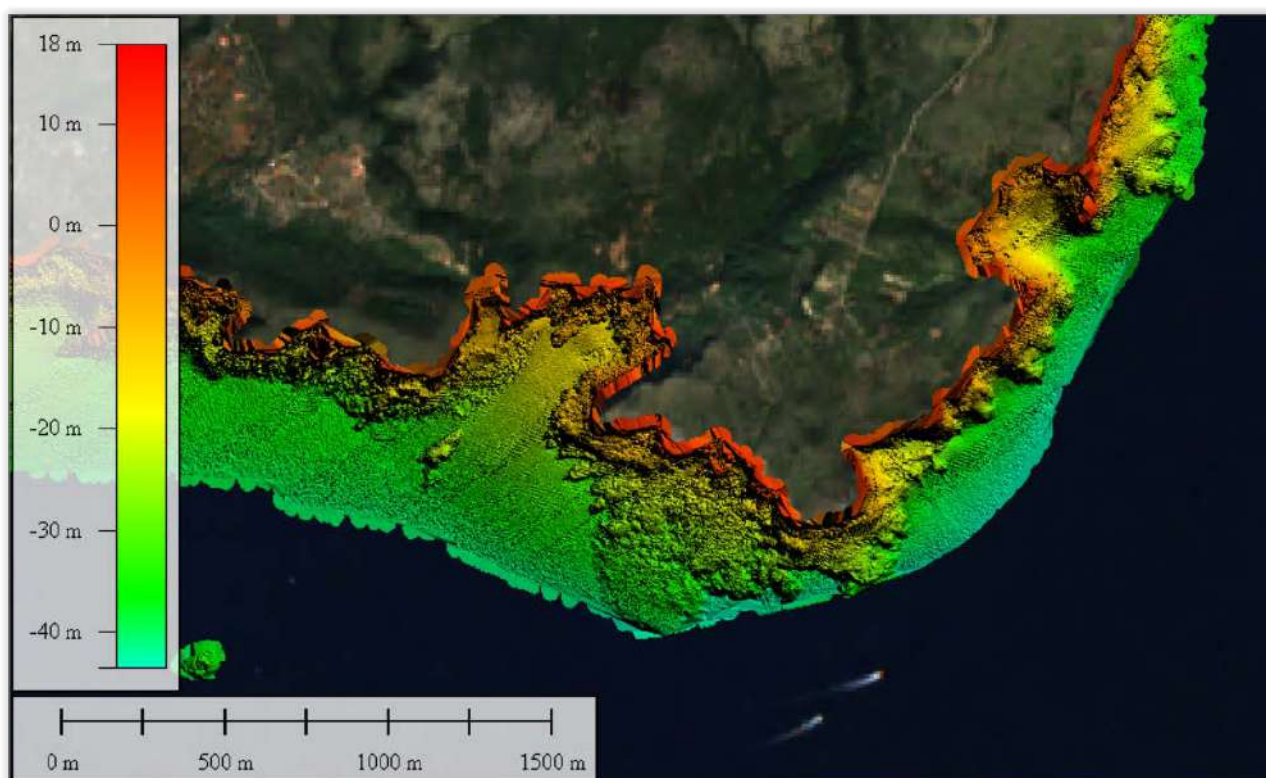


Figura 23– LIDAR Bathymetry AMP Costa degli Infreschi e della Masseta. Fonte dati Portale Cartografico Nazionale (PCN).

Aggiornamento delle cartografie delle praterie mediante classificazione *object-based*

Nell'ambito delle attività di ricerca condotte nel Progetto Life Sea Forest, al fine di automatizzare la classificazione delle immagini satellitari, è stato impiegato, a titolo sperimentale, il *software* di analisi e di classificazione delle immagini denominato *eCognition Essential* Versione 1.3.5, quest'ultimo dotato di algoritmi OBIA e *Support Vector Machine*. Il *software eCognition Essential* utilizza algoritmi *image-objects* per raggruppare, mediante processo di segmentazione, i *pixels* che presentano caratteristiche simili (luminosità, colore, tessitura). I sistemi OBIA sono di particolare interesse nel caso di immagine ad alta risoluzione dove uno stesso oggetto è rappresentato da una grande quantità di *pixels*, con questo assembramento viene ridotto il numero di elementi da processare nella fase di classificazione. Le informazioni spettrali contenute in un *object* derivano dai valori medi radiometrici dei *pixels* che ne fanno parte. Questo nuovo modo di operare utilizza anche un altro genere di informazioni aggiuntive, o *features*: forma, tessitura, relazioni geo-spaziali, contesto, rapporti dimensionali.

Una disponibilità di un numero maggiore di informazioni consente una migliore identificazione degli oggetti reali che possono essere individuati secondo criteri geometrici, relazioni tra *image-objects*, tessitura, oltre alle caratteristiche spettrali, con un'analogia al ragionamento d'interpretazione visiva da parte di un operatore umano. Con questa tecnica di classificazione le unità di base dell'analisi sono gli *image-objects*; partendo dal presupposto che è di interesse estrarre dall'immagine informazioni sul mondo reale, è auspicabile una coincidenza degli oggetti reali con gli *image-objects*, cosa improbabile nella metodologia *pixel-based*. Il processo di classificazione *object-oriented* è caratterizzato da due azioni: la segmentazione e la classificazione. Come mostrato in Figura 24 è obbligatorio iniziare con la segmentazione per creare gli *image-objects*, solo dopo sono possibili la classificazione e le successive ripetizioni di queste azioni per identificare al meglio gli oggetti d'interesse.

Valutazione dell'accuratezza della classificazione

Le immagini classificate sono state sottoposte ad una rigorosa valutazione statistica di accuratezza del dato cartografato, considerando sia la corrispondenza delle classi (livello di dettaglio della classificazione) che l'accuratezza spaziale (livello di dettaglio delle geometrie vettoriali). L'accuratezza di una mappa tematica è definita come la misura della fedeltà tra mappa ottenuta dalla classificazione e un riferimento che viene assunto come verità a mare (Short & Coles, 2001; Bruce *et al.*, 1997). L'errore di classificazione viene commesso quando un *pixel* o un *object*, durante

il processo di classificazione, viene assegnato ad una classe alla quale non appartiene. L'errore viene caratterizzato per frequenza, natura, grandezza e sorgente. La frequenza indica quante volte si ha l'errore di misclassificazione, la natura specifica le classi interessate, la grandezza esprime la gravità dell'errore, la sorgente indica la provenienza dell'errore. La valutazione dell'accuratezza è eseguita mediante il confronto dell'immagine classificata e una seconda immagine che viene assunta come verità a mare, prodotta generalmente da informazioni più dettagliate e accurate. Queste immagini per essere confrontate devono essere compatibili rispetto alla scala, al livello di dettaglio, numero e tipologia di classi (Martelli, 2009).

Esistono due metodologie per valutare l'accuratezza: *non-site-specific* e *site-specific*. Il primo metodo effettua una valutazione confrontando i valori delle aree assegnate alle classi nelle due immagini; è un metodo elementare che non considera la localizzazione spaziale delle classi e questo limite può causare gravi errori di valutazione. L'accuratezza *site-specific*, invece, opera confrontando individualmente *pixel* per *pixel* le due immagini; è un procedimento oneroso ma garantisce una stima dell'accuratezza affidabile in quanto è considerata la localizzazione degli errori. Idealmente questo procedimento andrebbe applicato sull'intera immagine ma nella realtà dei fatti è complesso, quindi è applicato su alcune aree campione dette *test samples* che non devono assolutamente essere coincidenti ai *training sites*, perché significherebbe valutare la classificazione sulle informazioni utilizzate a produrla.

Nella Figura 24 viene riportata la sequenza di elaborazione delle immagini satellitari mediante procedura automatica eseguita con il *software eCognition Essential*.

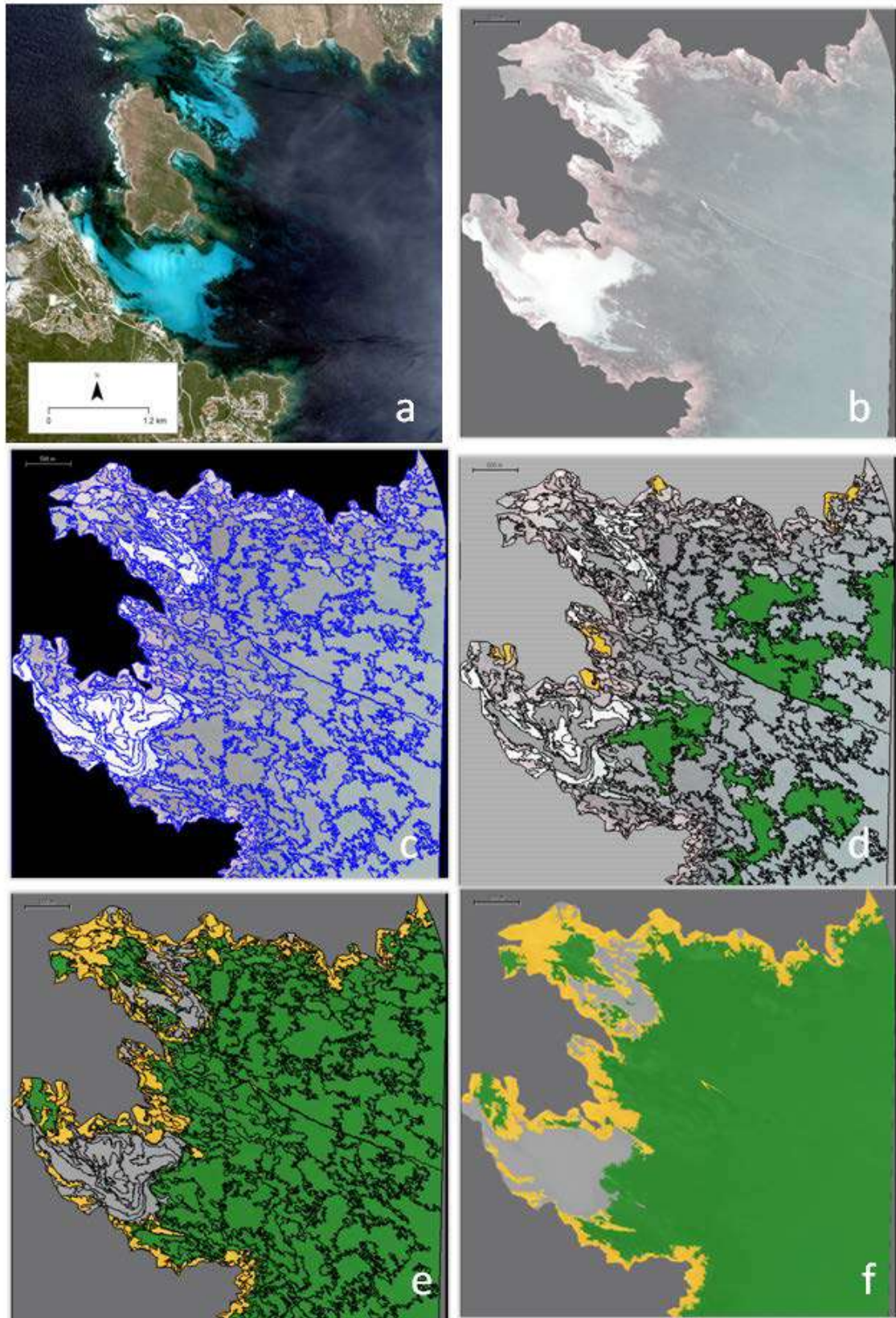


Figura 24 – Esempio di processo di elaborazione mediante il software *eCognition Essential*. a) immagine satellitare *Pléiades True Color Image*; b) immagine satellitare *Pléiades WCC*; c) *Multiresolution segmentation*; d) *Training samples data*; e) Classificazione immagine (k-NN); f) immagine finale classificata.

Censimento delle imbarcazioni mediante metodologia semiautomatica

Il conteggio delle imbarcazioni è stato eseguito mediante l'impiego del *software ESRI ArcGis 10.3*, adottando una procedura semiautomatica di identificazione dei *target* associati alle imbarcazioni. Le elaborazioni sono state condotte su immagini del satellite *Sentinel 2* (programma *Copernicus*). Nello specifico, sono state adoperare le immagini della banda 8 NIR (*Near Infra-Red*) (Figura 25) e le immagini TCI (*True Color Image*) (Figura 26) come controllo sui *target* e sui falsi allarmi.

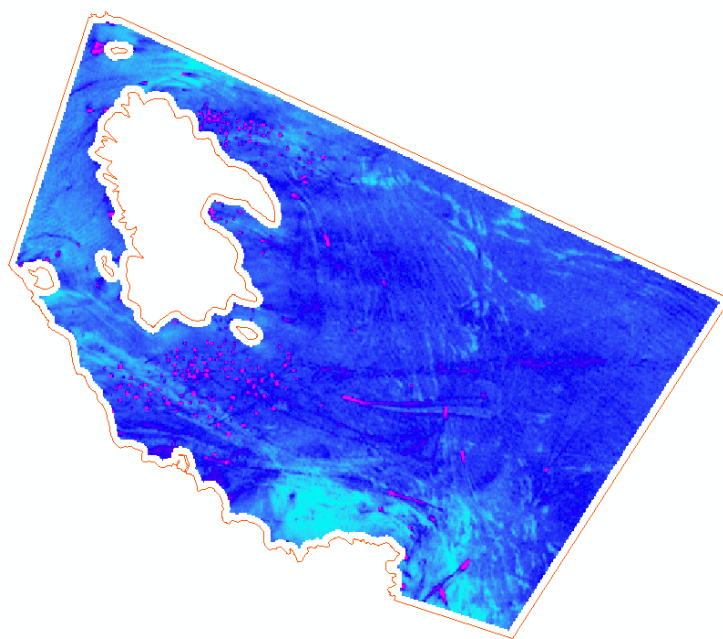


Figura 25 - Immagine banda 8 NIR - Sito SIC Isola Piana, Asinara.

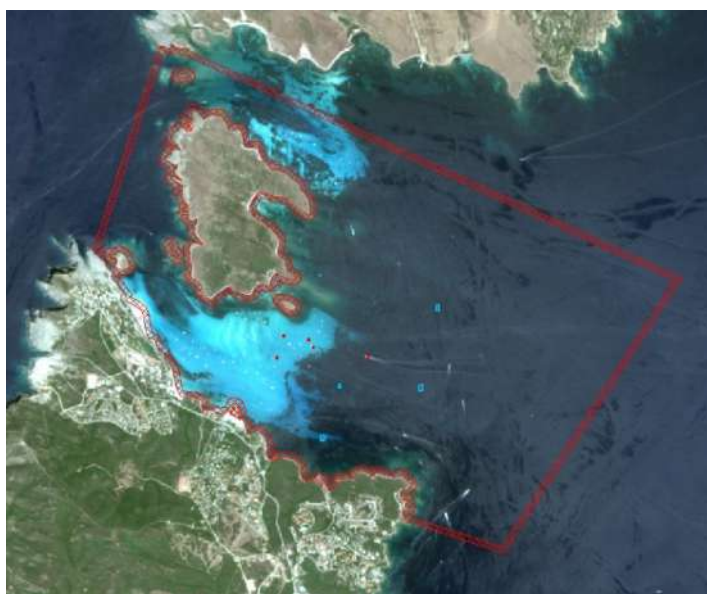


Figura 26 - Immagine TCI - Sito SIC Isola Piana, Asinara.

Le immagini satellitari (banda 8 NIR e TCI) sono state preventivamente elaborate al fine di minimizzare i falsi allarmi indotti da *target* non direttamente riconducibili alle imbarcazioni, come ad esempio elementi persistenti come scogli, costa emersa, elementi antropici (moli di porto, costruzioni lungo costa, ecc). A riguardo sono state predisposte ed adoperate apposite maschere per l'eliminazione della costa emersa (Figure 27-28). Nello specifico è stato adoperato un *buffer* di taglio di 50 m rispetto alla linea di costa.

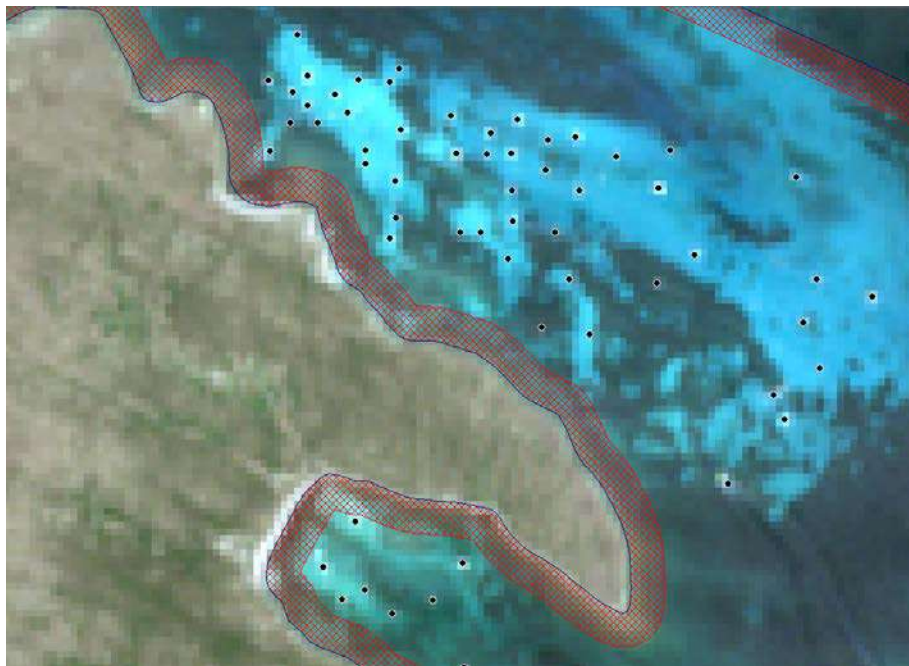


Figura 27 -Buffer di 50 metri; immagine TCI - Sito SIC Isola Piana, Asinara.



Figura 28 - Buffer di 50 metri; immagine banda 8 NIR - Sito SIC Isola Piana, Asinara.

Per l'identificazione e il conteggio dei *target* riconducibili alle imbarcazioni è stato adoperato il classificatore di immagini presente nel *software ESRI ArcGis 10.3*. La classificazione è stata eseguita sull'immagine della banda 8 NIR abbassando i valori dell'estensione di gamma dell'immagine al fine di minimizzare le interferenze indotte dal *sunlint*, dalle increspature del mare e dalle ombre generate dalle nuvole (Figure 29-30).

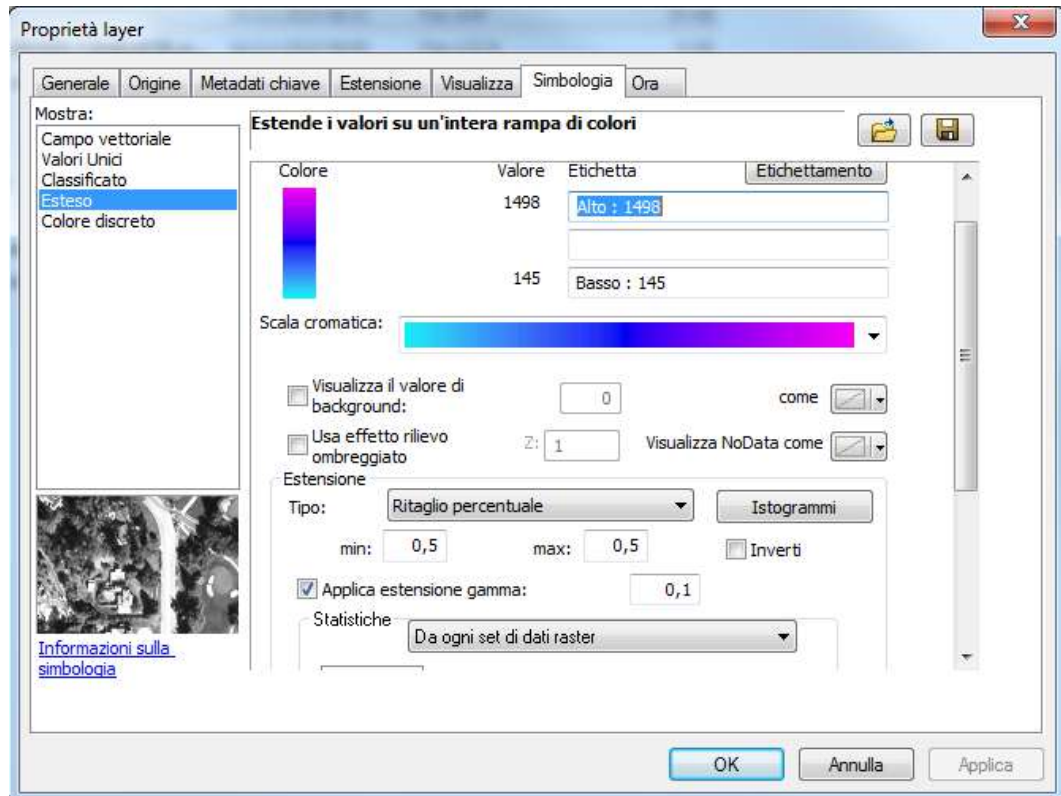


Figura 29 - Modifica dell'estensione di gamma dell'immagine banda 8 NIR.

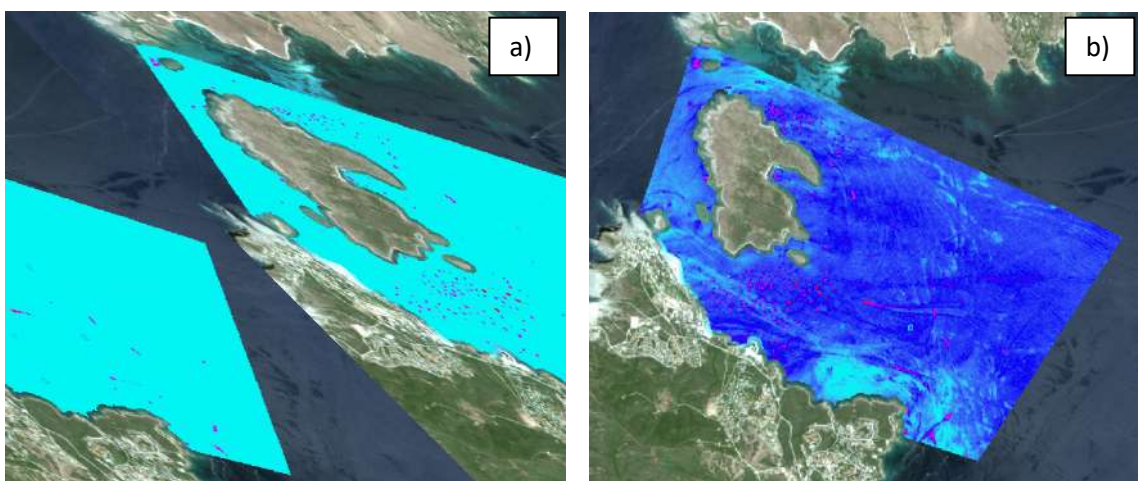


Figura 30 - a) Immagine banda 8 NIR con estensione di gamma iniziale; b) Immagine banda 8 NIR con estensione di gamma ridotto.

Mediante la riduzione dell'estensione di gamma abbiamo ottenuto una migliore visibilità dei *target* riconducibili alle imbarcazioni rispetto al *ground*, ossia la superficie del mare. In totale sono state predisposte due classi tematiche: il *ground* e le barche (Figura 31). Nella Figura 32 viene riportata la classificazione ottenuta mediante il classificatore di ArcGIS 10.3.

ID	Nome classe	Valore	Colore	Conteggio
1	Ground	1	Blue	55
2	Barche	2	Red	1

Figura 31 - Classi adoperate per l'identificazione delle imbarcazioni. *Software ESRI ArcGIS 10.3.*

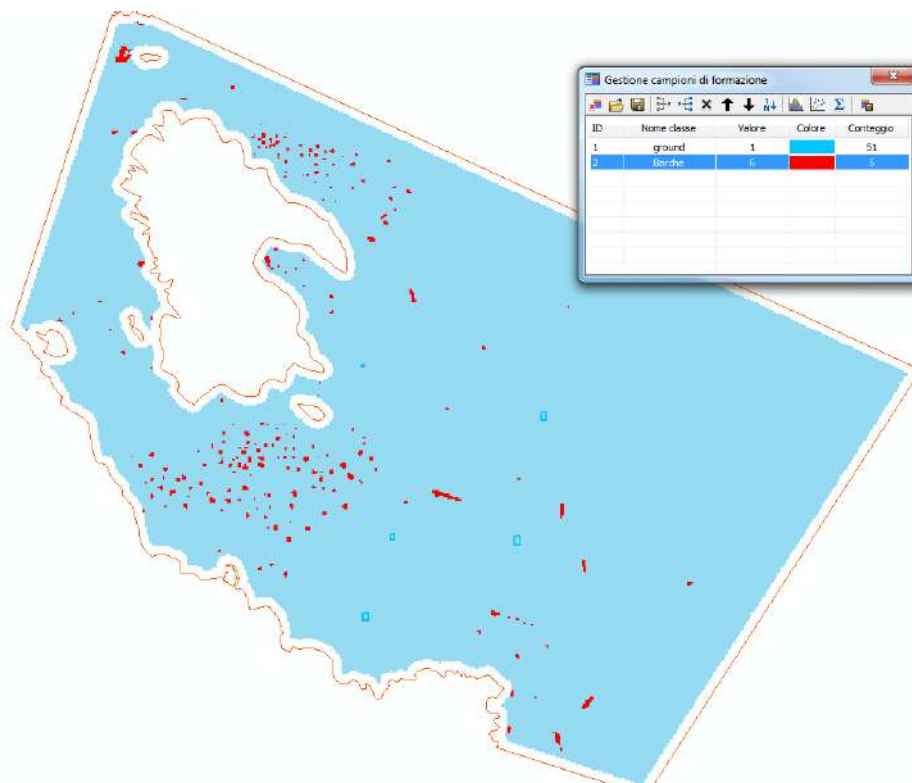


Figura 32 - Risultati della classificazione dell'immagine banda 8 NIR.

Il risultato finale è l'ottenimento di un *raster* composto dal *ground* (superficie del mare) e dalle imbarcazioni. Successivamente è stata predisposta la conversione del dato *raster* in dato vettoriale (tipo poligono). Sul dato vettoriale è stata eseguita l'eliminazione del tematismo "*ground*", al fine di separare il dato dei poligoni associati alle imbarcazioni. Lo *step* finale dell'elaborazione è stato eseguito mediante il calcolo dei centroidi dei poligoni associati alle imbarcazioni (Figura 33 a e b).

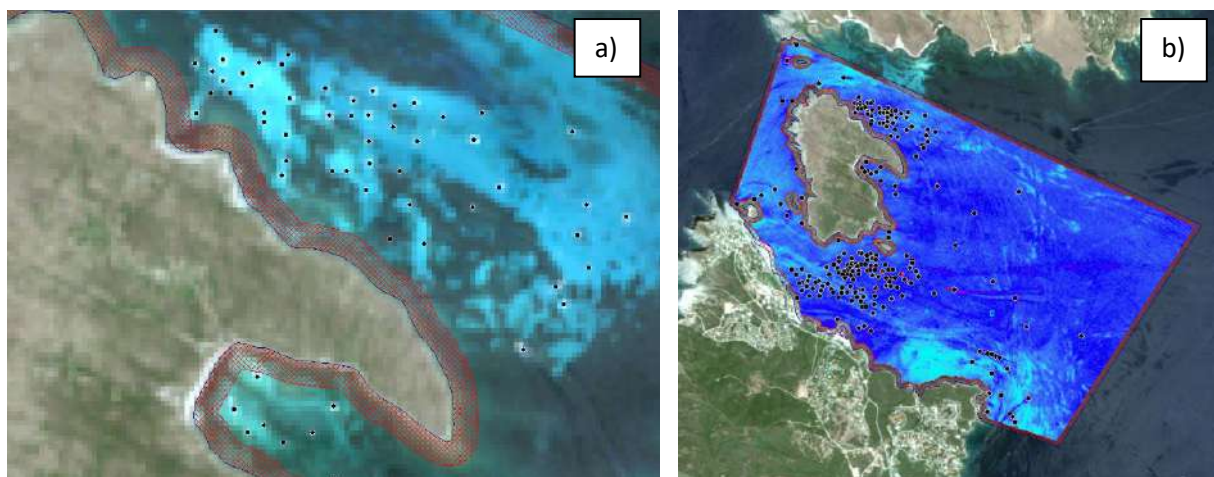


Figura 33 - Calcolo dei centroidi dei poligoni associati alle imbarcazioni: a) immagine TCI; b) immagine banda 8 NIR.

Calcolo della densità delle imbarcazioni

I dati relativi al censimento delle imbarcazioni sono stati successivamente elaborati mediante il *tool* “*density*”, presente all’interno del *software ArcGis 10.3*, ottenendo delle superfici *raster* rappresentative della densità puntuale delle imbarcazioni all’interno delle aree *Blue Carbon*.

RISULTATI

Aggiornamento della mappatura delle praterie di *P. oceanica*: Parco Nazionale dell'Arcipelago di La Maddalena

Per quanto riguarda il Parco Nazionale dell'Arcipelago di La Maddalena, con riferimento all'area *Blue Carbon* Cala Caprese e Porto Palma (area *Blue Carbon* 1), nella Figura 34 viene riportata la distribuzione delle praterie di *P. oceanica* relativa alla mappatura effettuata nell'anno 1999, mentre nella Figura 35 viene riportato l'aggiornamento della mappatura delle praterie condotta nell'anno 2018 nell'ambito del progetto Life SeaForest. Relativamente all'Area *Blue Carbon* Porto della Madonna e Cala Santa Maria (area *Blue Carbon* 2), nella Figura 36 viene riportata la distribuzione delle praterie relativa alla mappatura condotta nell'anno 1999, mentre nella Figura 37 viene riportata la distribuzione delle stesse relativa alla mappatura effettuata nell'anno 2018 nell'ambito del progetto Life SeaForest. Come è possibile evincere dai grafici riportati nella Figura 38, tra il 1999 e il 2018 nell'area *Blue Carbon* 1 (Cala Caprese-Porto Palma) la variazione totale della copertura delle ecomorfosi, in termini di regressione e/o di incremento, è stata di circa 10,6 ettari. La diminuzione è stata riscontrata prevalentemente per l'ecomorfosi *P. oceanica* su roccia, con una variazione negativa di circa 5,3 ettari, mentre per quanto riguarda l'ecomorfosi *P. oceanica* su *matte* e sabbia, la variazione negativa è stata di circa 4,7 ettari. Nell'area *Blue Carbon* 2 (Porto della Madonna-Cala Santa Maria) tra il 1999 e il 2018, come mostrato nei grafici della Figura 39, vi è stata una variazione negativa, ovvero di regressione della copertura delle ecomorfosi, di circa 7 ettari; di questi, 3,2 ettari sono a carico *P. oceanica* su *matte* e sabbia e 3,8 ettari sono a carico della *P. oceanica* su roccia. In generale per entrambe le aree *Blue Carbon*, nonostante vi sia verosimilmente una sovrastima della regressione dell'*habitat* per via della componente di errore indotta dall'accuratezza del dato cartografico originario di partenza del 1999, si osserva una diminuzione delle superfici occupate dall'*habitat* *P. oceanica*, confermando il *trend* di regressione nell'area oggetto di studio.

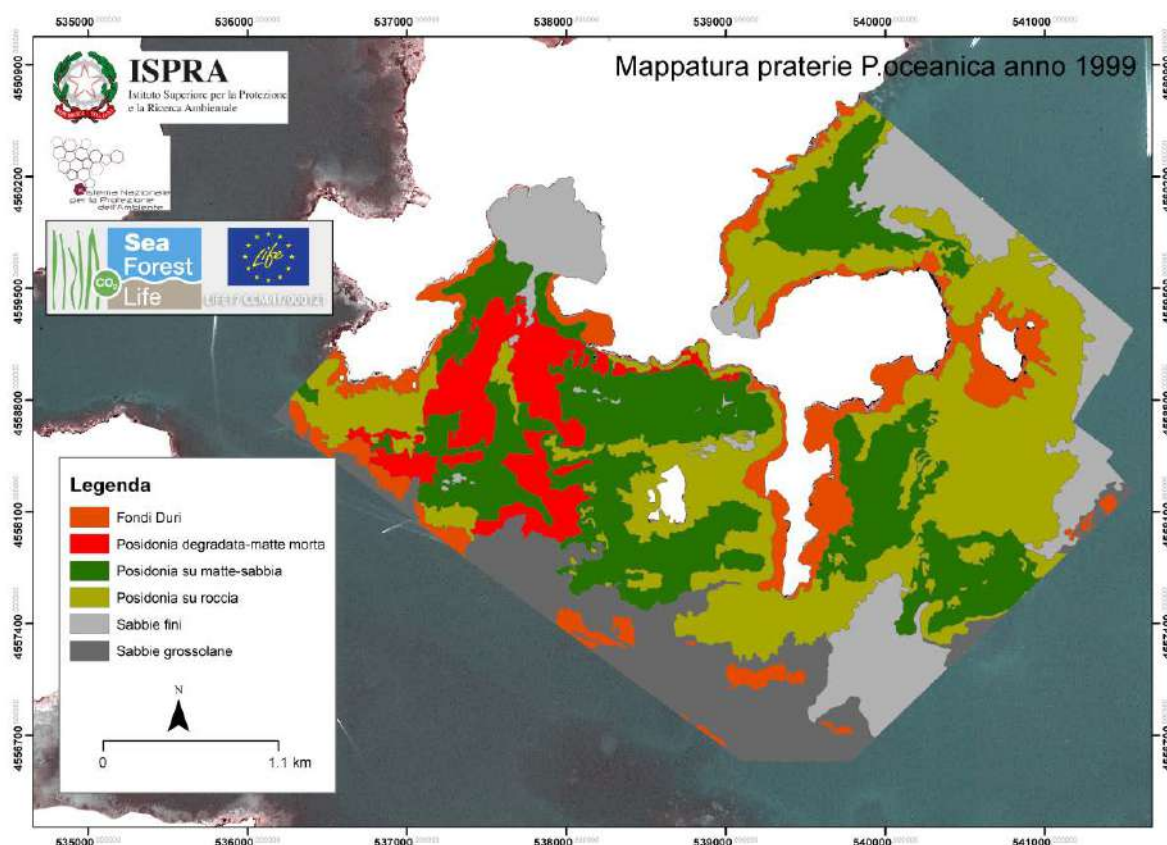


Figura 34 – Mappatura area *Blue Carbon* 1 (Cala Caprese-Porto Palma) nel PN di La Maddalena (1999).

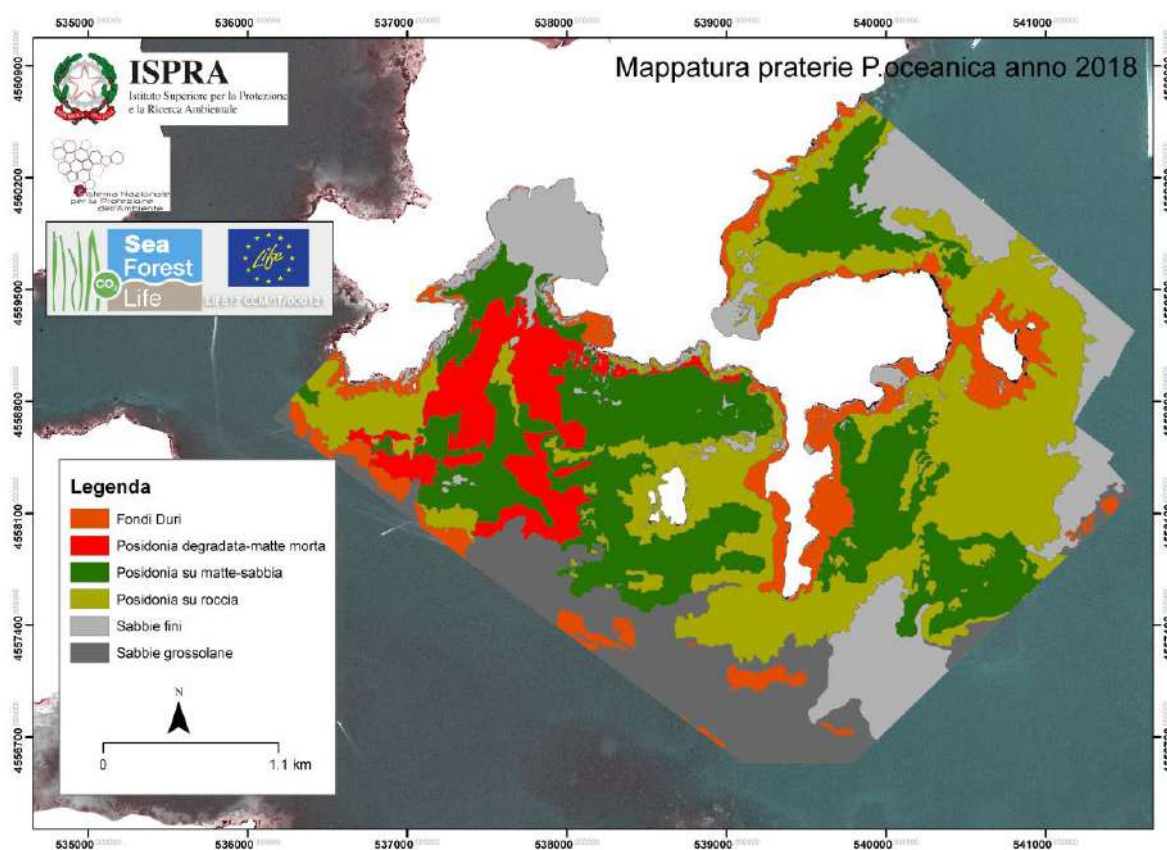


Figura 35 - Mappatura area *Blue Carbon* 1 (Cala Caprese-Porto Palma) nel PN di La Maddalena (2018).

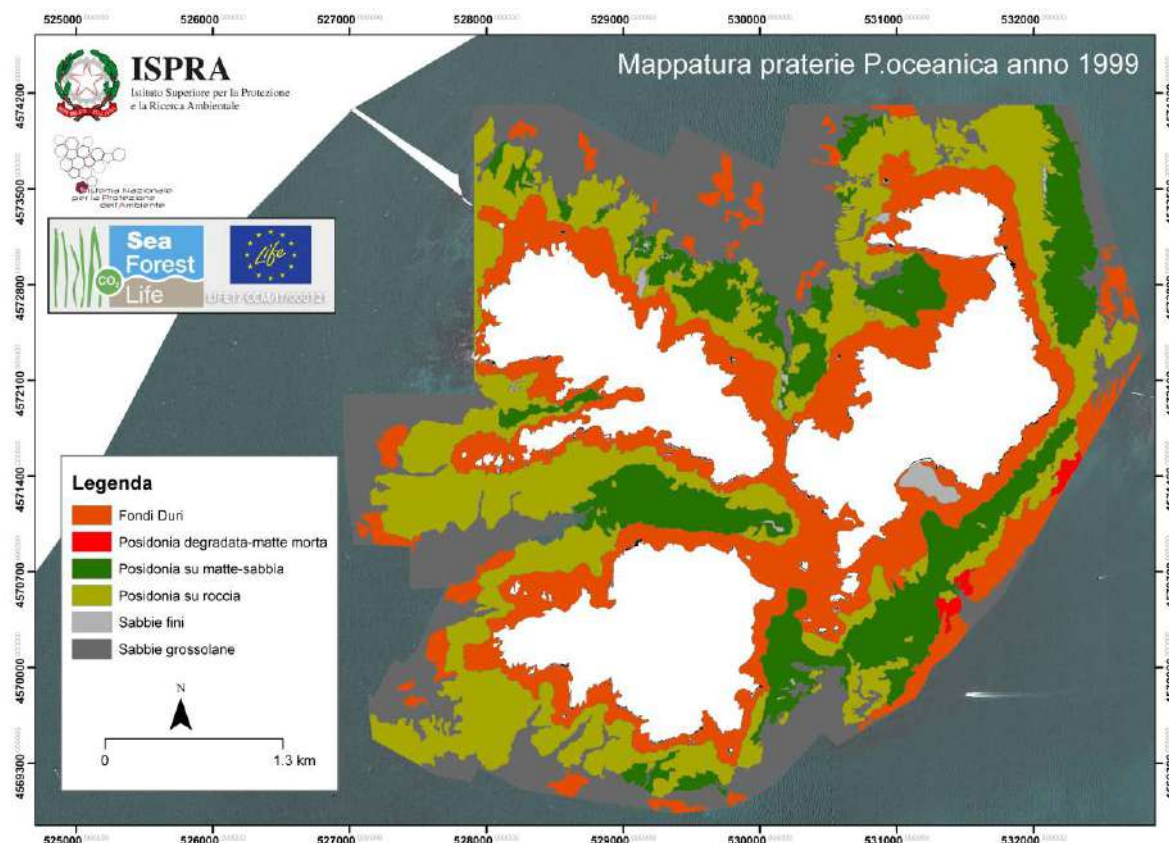


Figura 36 – Mappatura area Blue Carbon 2 (Porto della Madonna - Cala Santa Maria) nel PN di La Maddalena (1999).

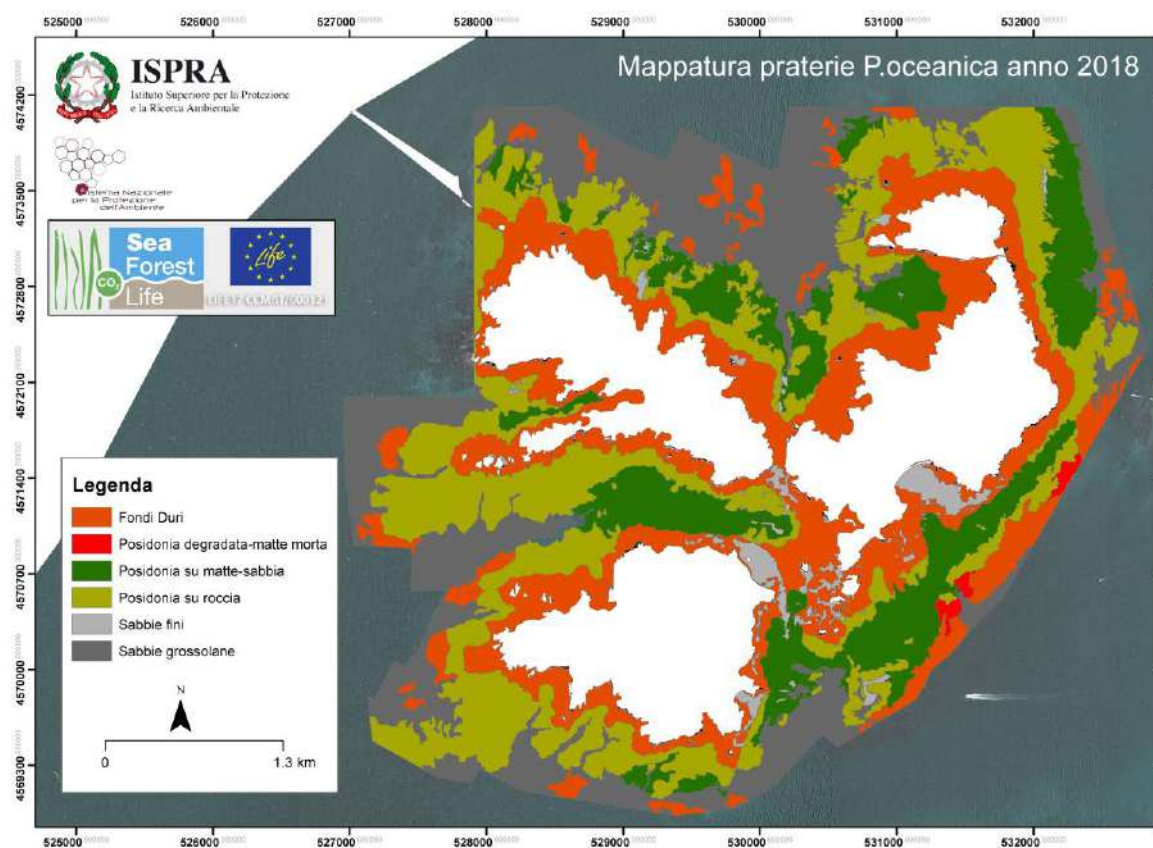


Figura 37 – Mappatura area Blue Carbon 2 (Porto della Madonna - Cala Santa Maria) nel PN di La Maddalena (2018).

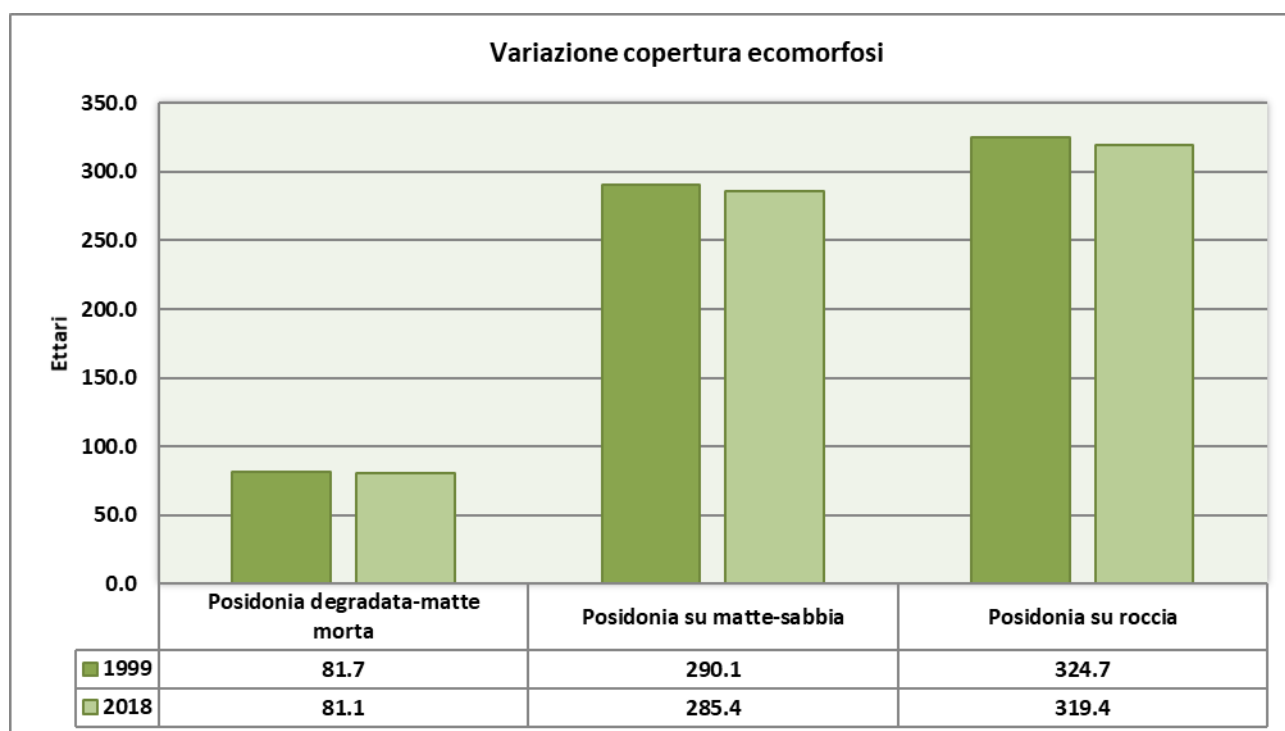


Figura 38 – Variazione della copertura delle ecomorfosi tra il 1999 e il 2018 nell’area *Blue Carbon 1* (Cala Caprese-Porto Palma).

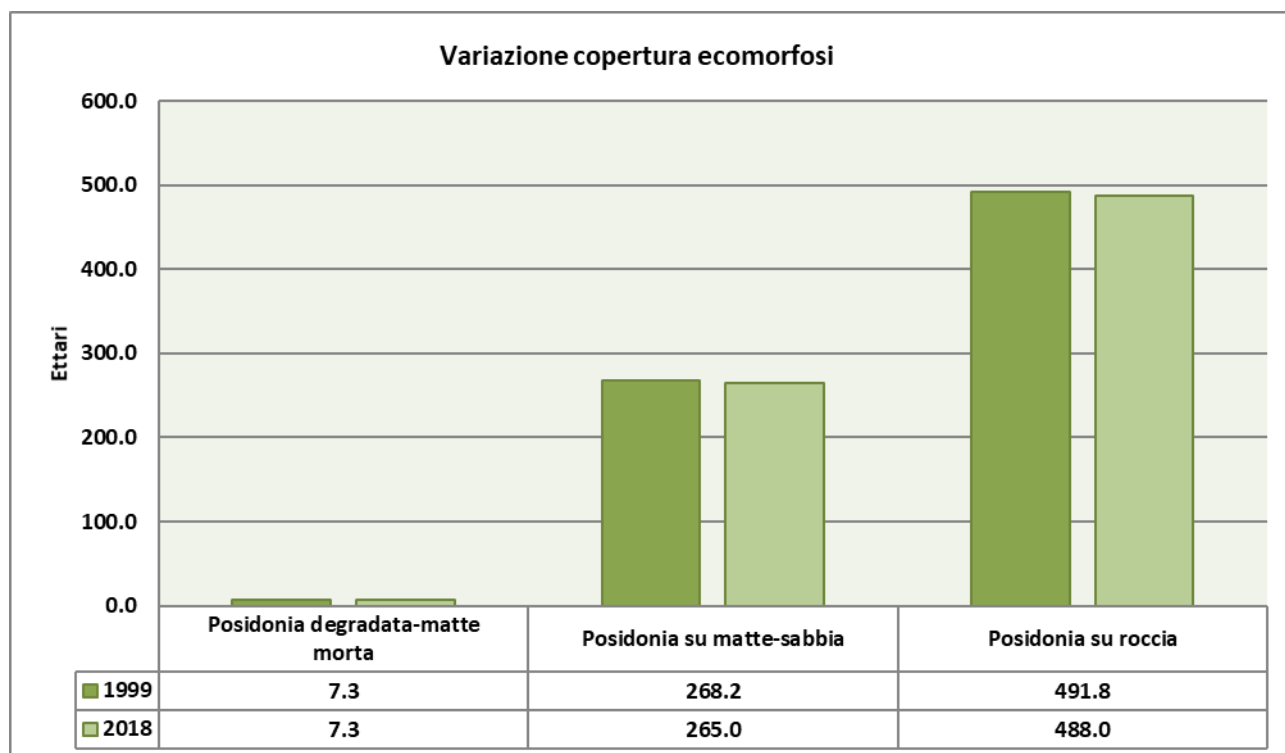


Figura 39 – Variazione della copertura delle ecomorfosi tra il 1999 e il 2018 nell’area *Blue Carbon 2* (Porto della Madonna - Cala Santa Maria).

Aggiornamento della mappatura delle praterie di *P. oceanica*: Parco Nazionale dell'Asinara

Relativamente al Parco Nazionale dell'Asinara, con riferimento all'area *Blue Carbon 1* (sito SIC Isola Piana), nella Figura 40 viene riportata la distribuzione delle praterie di *P. oceanica* relativa alla mappatura condotta nell'anno 1999, mentre nella Figura 41 viene riportato l'aggiornamento della mappatura condotta nell'anno 2018 nell'ambito del progetto Life SeaForest. La distribuzione delle praterie di *P. oceanica* nell'area *Blue Carbon 2* (Cala Reale) è invece riportata nelle Figure 42-43; tali figure riportano, rispettivamente, la mappatura effettuata nel 1999 e quella aggiornata nell'ambito del progetto Life SeaForest nel 2019. La Figura 44 mostra graficamente la variazione della copertura delle ecomorfosi tra il 1999 e il 2018 nell'area *Blue Carbon 1* (Isola Piana), la quale è stata di circa 10,8 ettari. In questa area è stata riscontrata per l'ecomorfosi *P. oceanica* su roccia una variazione negativa di circa 21,8 ettari, mentre per quanto riguarda l'ecomorfosi *P. oceanica* su *matte* e sabbia c'è stata una variazione positiva di circa 11 ettari. Per l'area *Blue Carbon 2* (Cala Reale) (Figura 45) la variazione, ovvero la regressione delle ecomorfosi, è stata invece di circa 34,1 ettari. Tale variazione è avvenuta soprattutto a livello del limite inferiore a carico della *P. oceanica* su *matte* e sabbia.

In generale per entrambe le aree *Blue Carbon*, nonostante vi sia verosimilmente una sovrastima della regressione dell'*habitat* per via della componente di errore indotta dall'accuratezza del dato cartografico originario di partenza del 1999, si osserva una diminuzione delle superfici occupate dall'*habitat P. oceanica*, confermando il *trend* di regressione nell'area oggetto di studio.

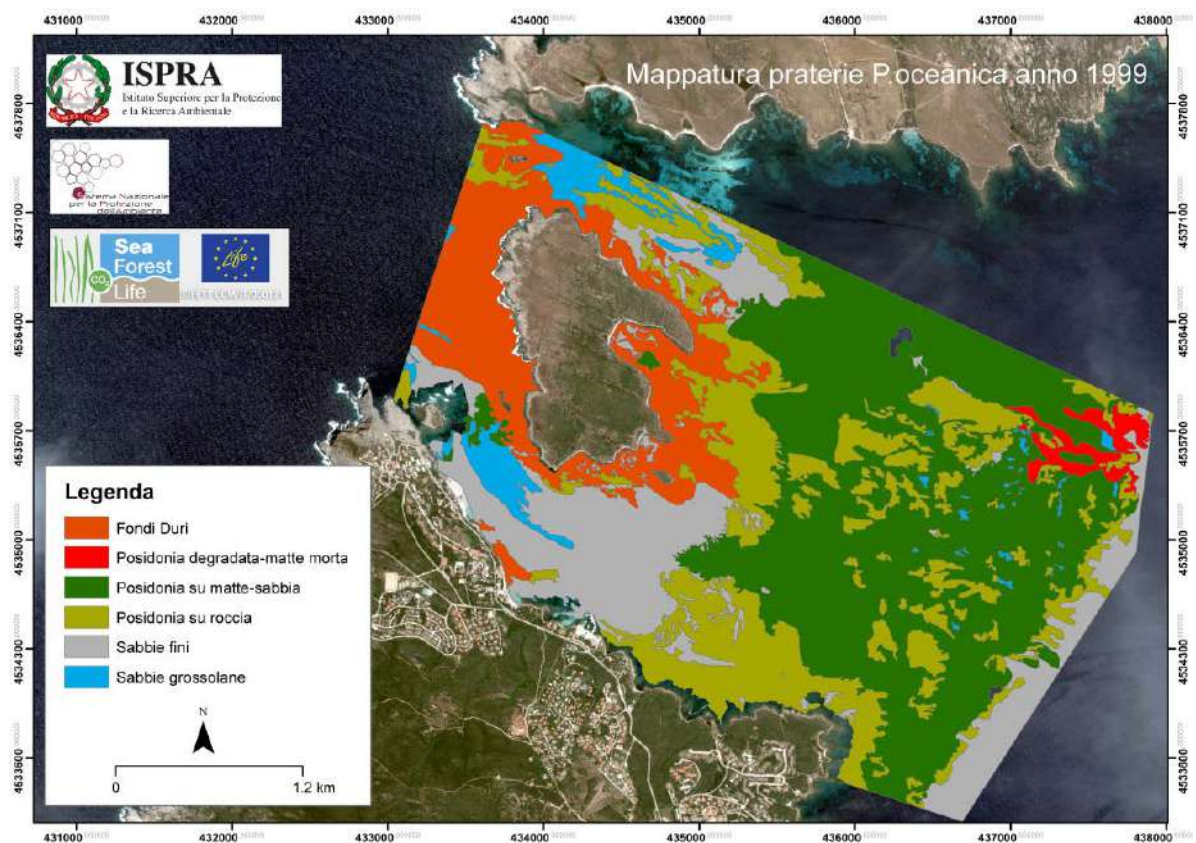


Figura 40 – Mappatura area *Blue Carbon 1* (Sito SIC Isola Piana) (1999).

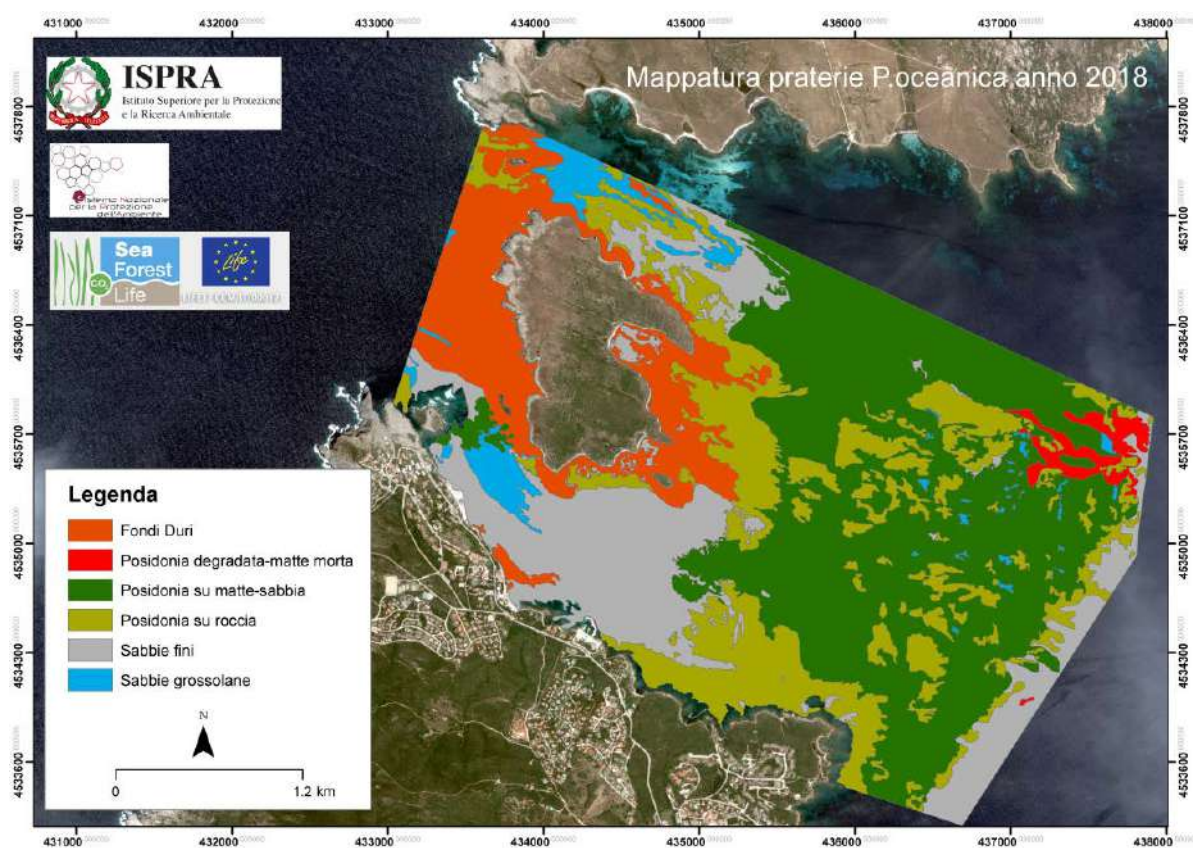


Figura 41 – Mappatura area *Blue Carbon 1* (Sito SIC Isola Piana) (2018).

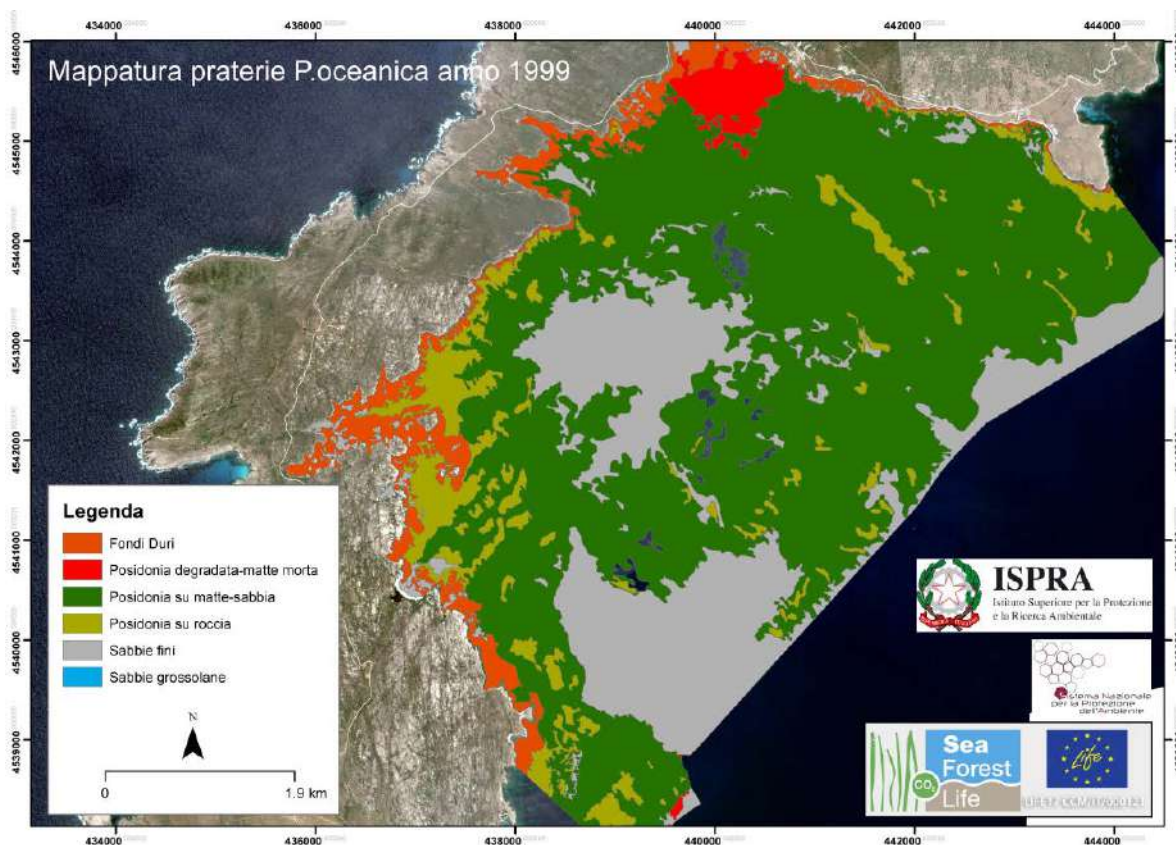


Figura 42 – Mappatura nell’area *Blue Carbon 2* (Cala Reale) nel PN Isola dell’Asinara (1999).

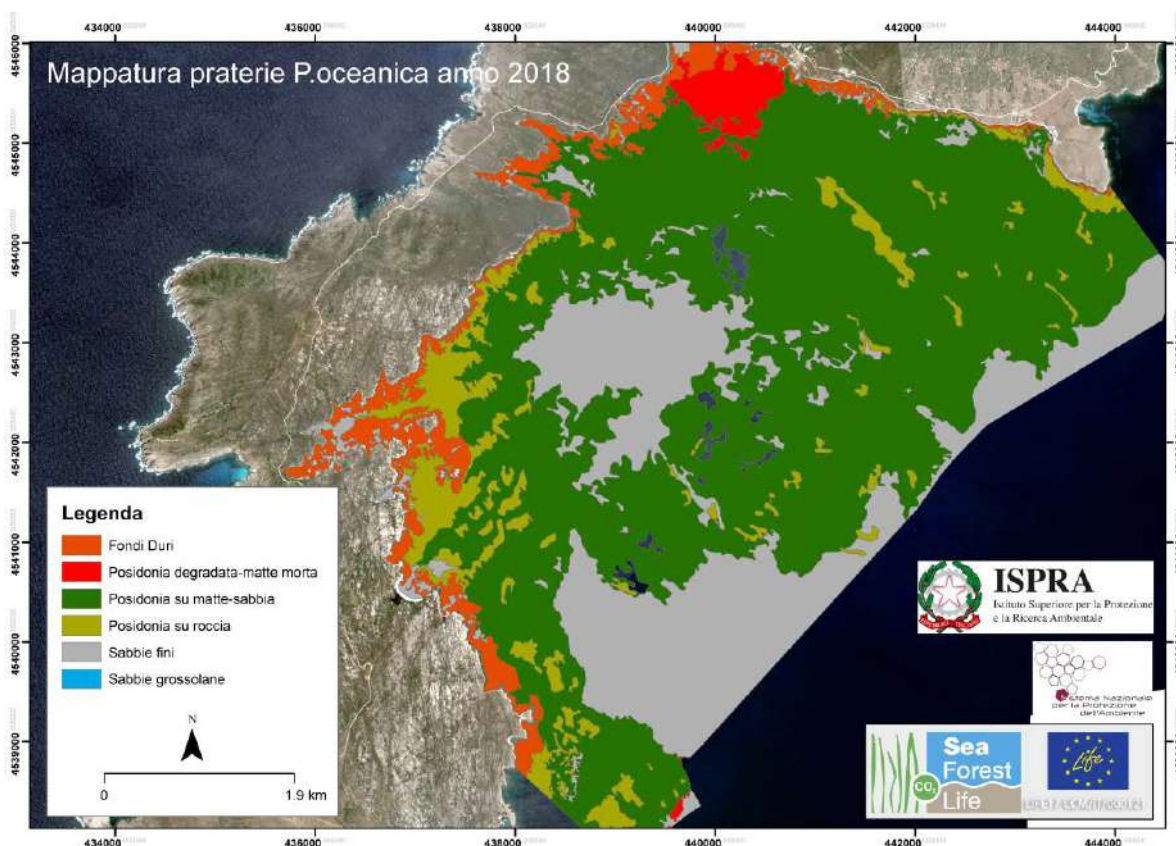


Figura 43 – Mappatura nell’area *Blue Carbon 2* (Cala Reale) nel PN Isola dell’Asinara (2018).

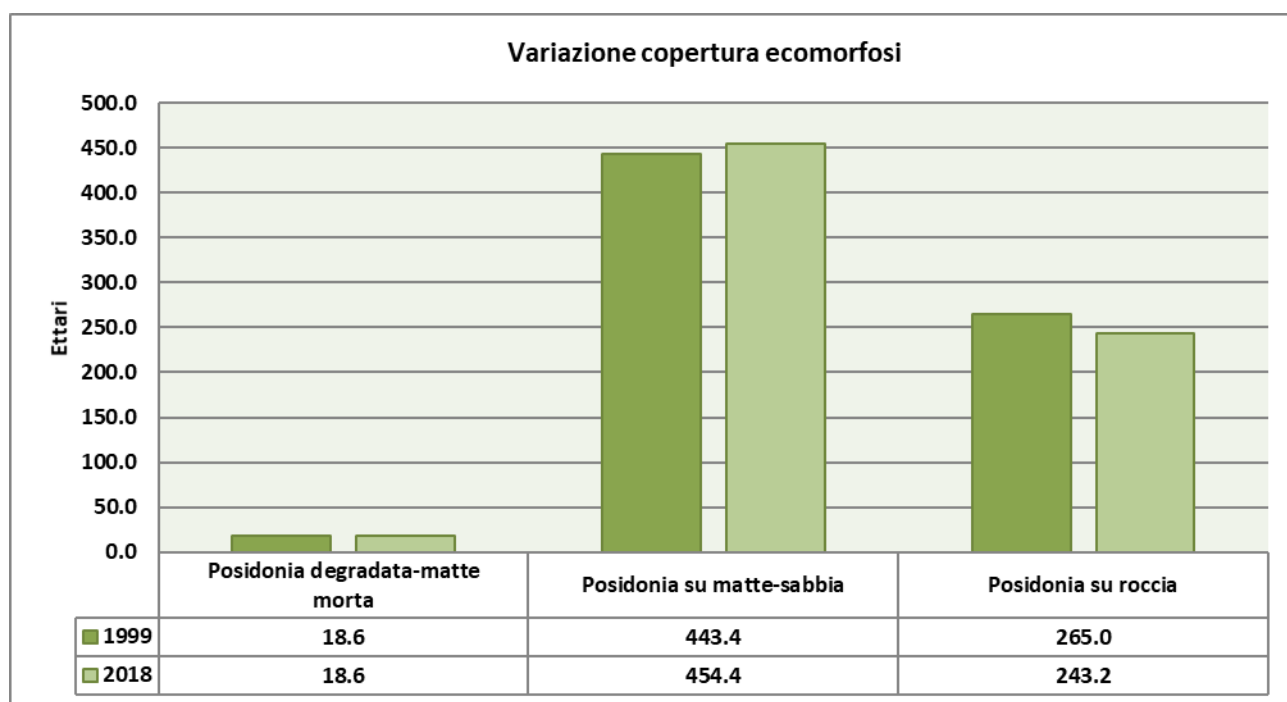


Figura 44 – Variazione della copertura delle ecomorfosi tra il 1999 e il 2018 nell'area *Blue Carbon 1* (Sito SIC Isola Piana).

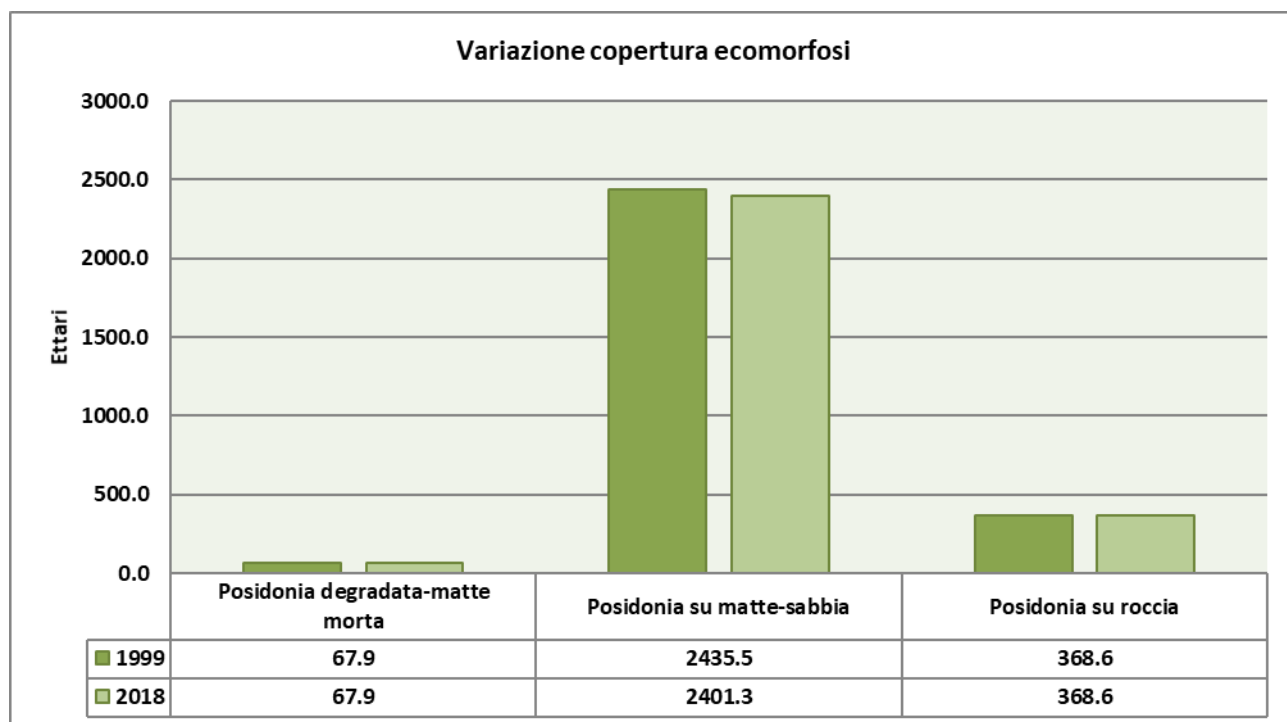


Figura 45 – Variazione della copertura delle ecomorfosi tra il 1999 e il 2018 nell'area *Blue Carbon 2* (Cala Reale).

Aggiornamento della mappatura delle praterie di *P. oceanica*: Parco Nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni - AMP Santa Maria di Castellabate.

Per quanto riguarda il Parco Nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni, con riferimento all'area *Blue Carbon* individuata all'interno dell'AMP Santa Maria di Castellabate, nella Figura 46 viene riportata la distribuzione delle praterie di *P. oceanica* relativa alla mappatura condotta nell'anno 2003 e nell'anno 2019. Come mostrato nei grafici della Figura 47, la variazione negativa della copertura delle ecomorfosi tra il 2003 e il 2019 è stata di circa 15,6 ettari. La diminuzione è stata riscontrata prevalentemente per l'ecomorfosi *P. oceanica* su roccia, con una variazione negativa di circa 15,9 ettari, mentre per quanto riguarda l'ecomorfosi *P. oceanica* su *matte* e/o sabbia, la variazione positiva è stata di circa 0,3 ettari. In generale nell'area *Blue Carbon* dell'AMP Santa Maria di Castellabate, nonostante vi sia verosimilmente una sovrastima della regressione dell'*habitat* per via della componente di errore indotta dall'accuratezza del dato cartografico originario di partenza del 2003, si osserva una diminuzione delle superfici occupate dall'*habitat P. oceanica*, confermando il *trend* di regressione nell'area oggetto di studio.

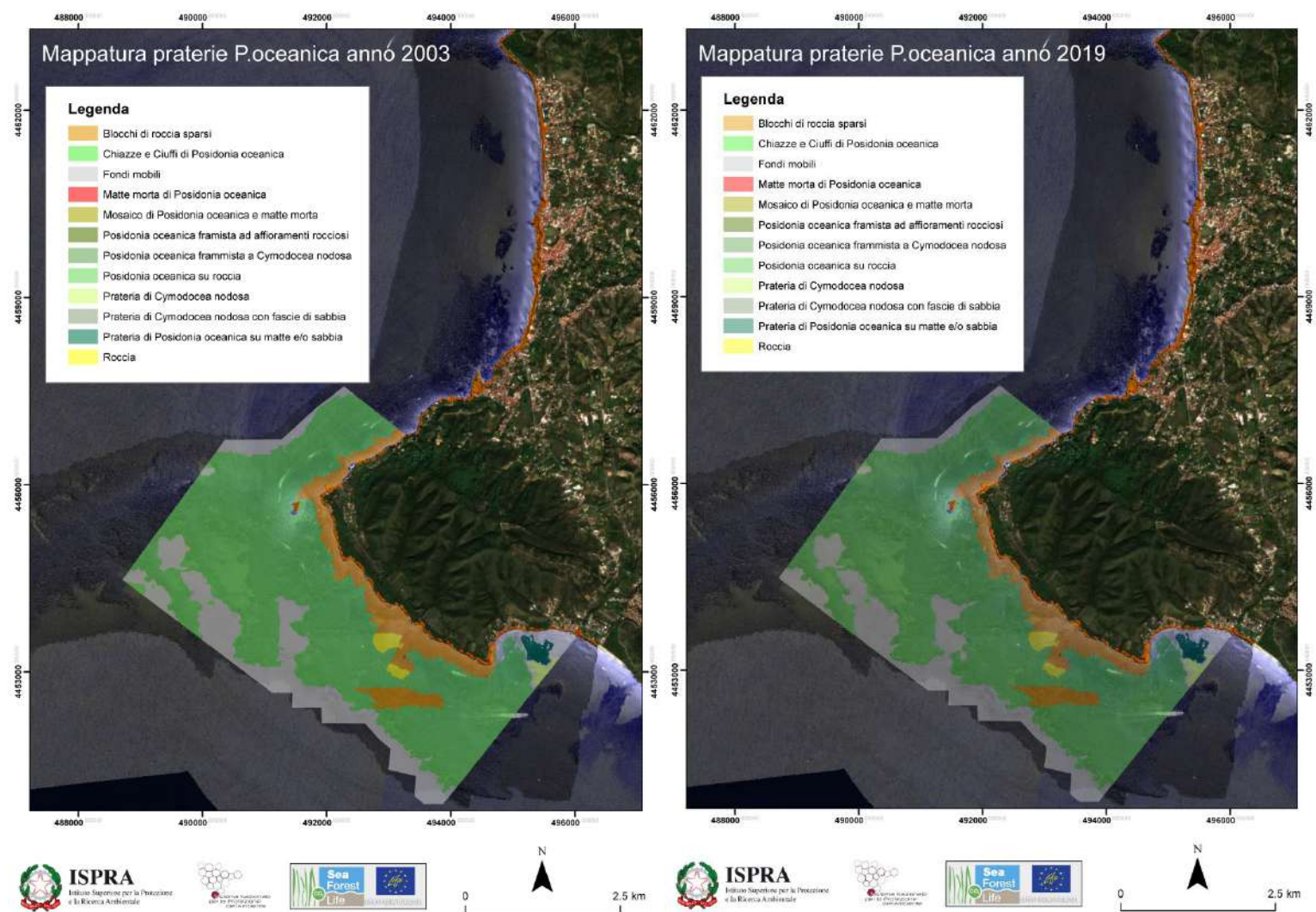


Figura 46 – Mappatura nell’area *Blue Carbon* individuata nell’AMP Santa Maria di Castellabate-PN del Cilento, Vallo di Diano e Alburni (2003 e 2019).

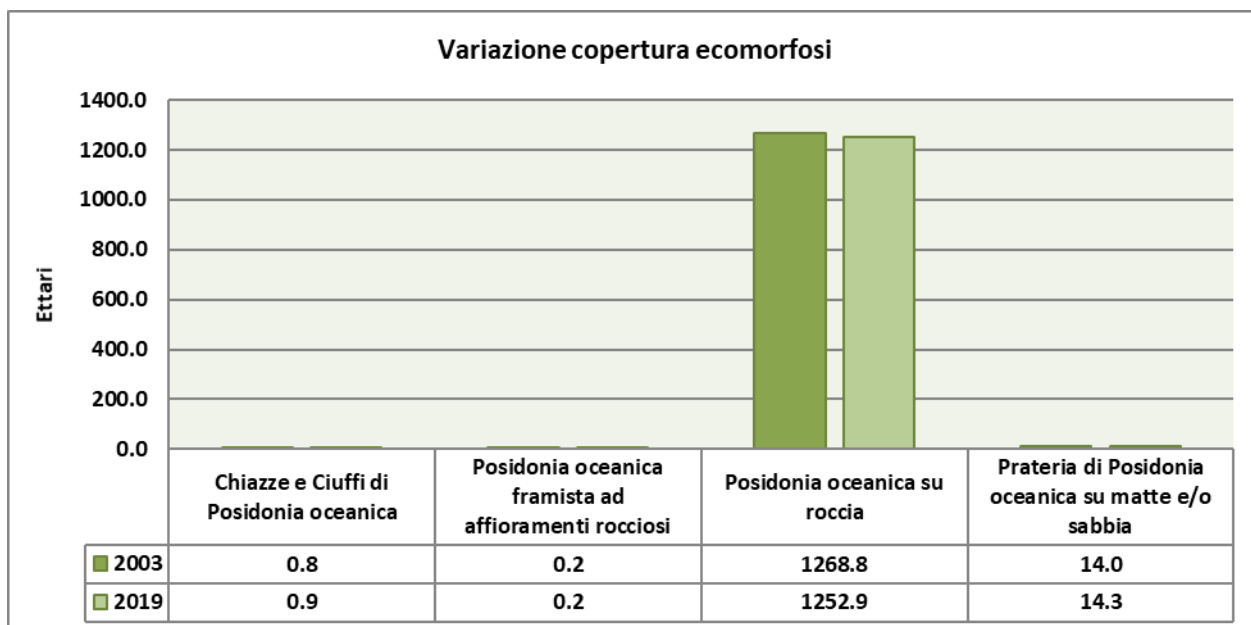


Figura 47 – Variazione della copertura delle ecomorfosi tra il 2003 e il 2019 nell’area *Blue Carbon* individuata nell’ AMP Santa Maria di Castellabate.

Aggiornamento della mappatura delle praterie di *P. oceanica*: Parco Nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni - AMP Costa degli Infreschi e della Masseta.

Per quanto riguarda il Parco Nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni, con riferimento all'Area *Blue Carbon* AMP Costa degli Infreschi e della Masseta, nella Figure 48 viene riportata la distribuzione delle praterie di *P. oceanica* relativa alle mappature condotte nel 2003 e nel 2019, quest'ultima realizzata nell'ambito del progetto Life SeaForest. La variazione della copertura delle ecomorfosi tra il 2003 e il 2019 viene mostrata dal grafico della Figura 49. Si può osservare una variazione negativa prevalentemente per l'ecomorfosi "chiazze e ciuffi di *Posidonia oceanica*", con una variazione negativa di circa 0,2 ettari; per l'ecomorfosi "*Posidonia oceanica* frammista a *Cymodocea nodosa*" la variazione è stata di circa 1,7 ettari, mentre l'ecomorfosi *Posidonia oceanica* su roccia ha evidenziato una regressione di circa 1,3 ettari. Tuttavia, è stata riscontrata una variazione positiva prevalentemente per l'ecomorfosi "*Posidonia oceanica* frammista ad affioramenti rocciosi" con un incremento di circa 0,1 ettari. Dunque, per tale area *Blue Carbon*, c'è stato un incremento della copertura di circa 2,8 ettari.

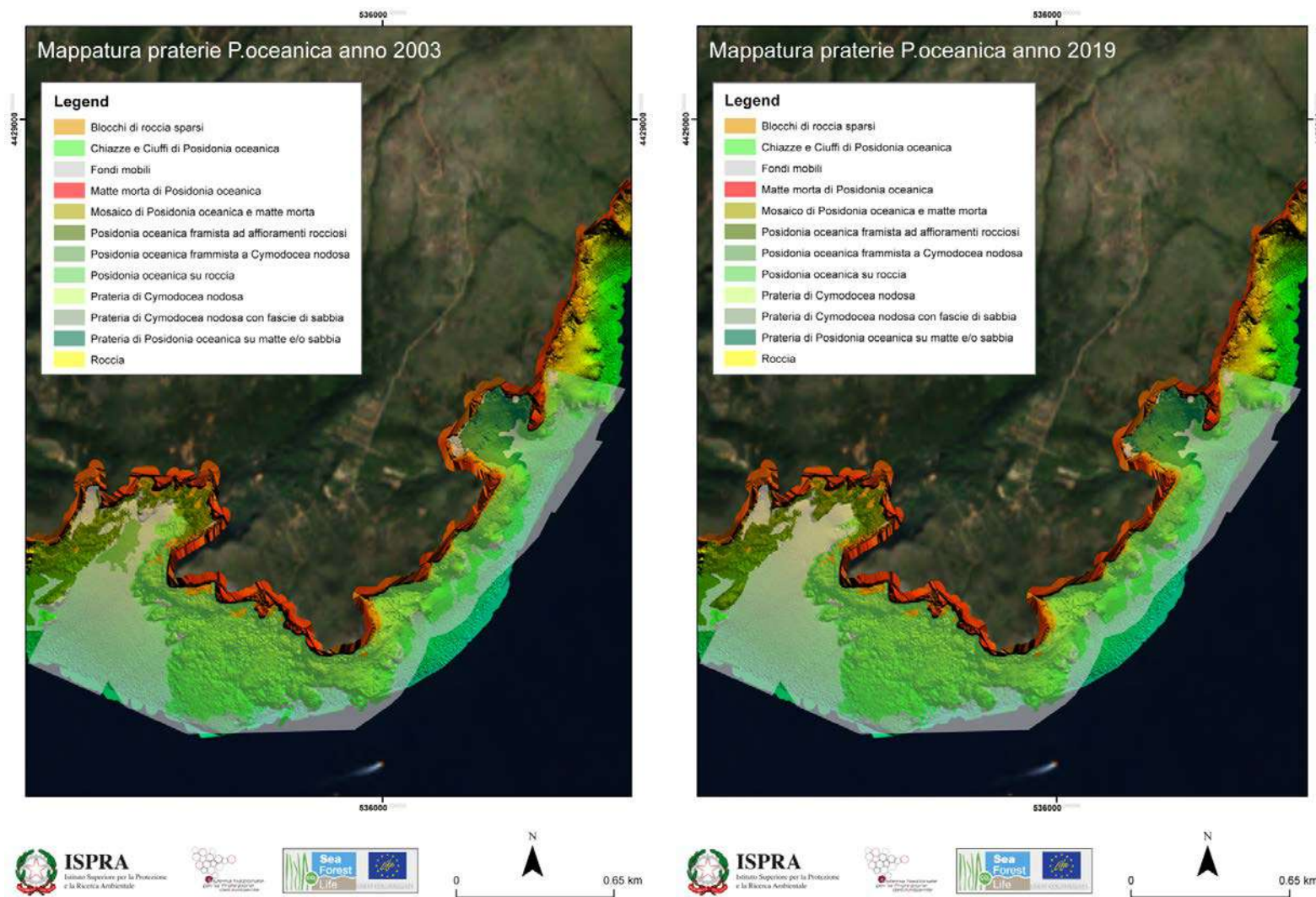


Figura 48 – Mappatura nell’area *Blue Carbon* individuata nell’AMP Costa degli Infreschi e della Masseta -PN del Cilento, Vallo di Diano e Alburni (2003 e 2019).

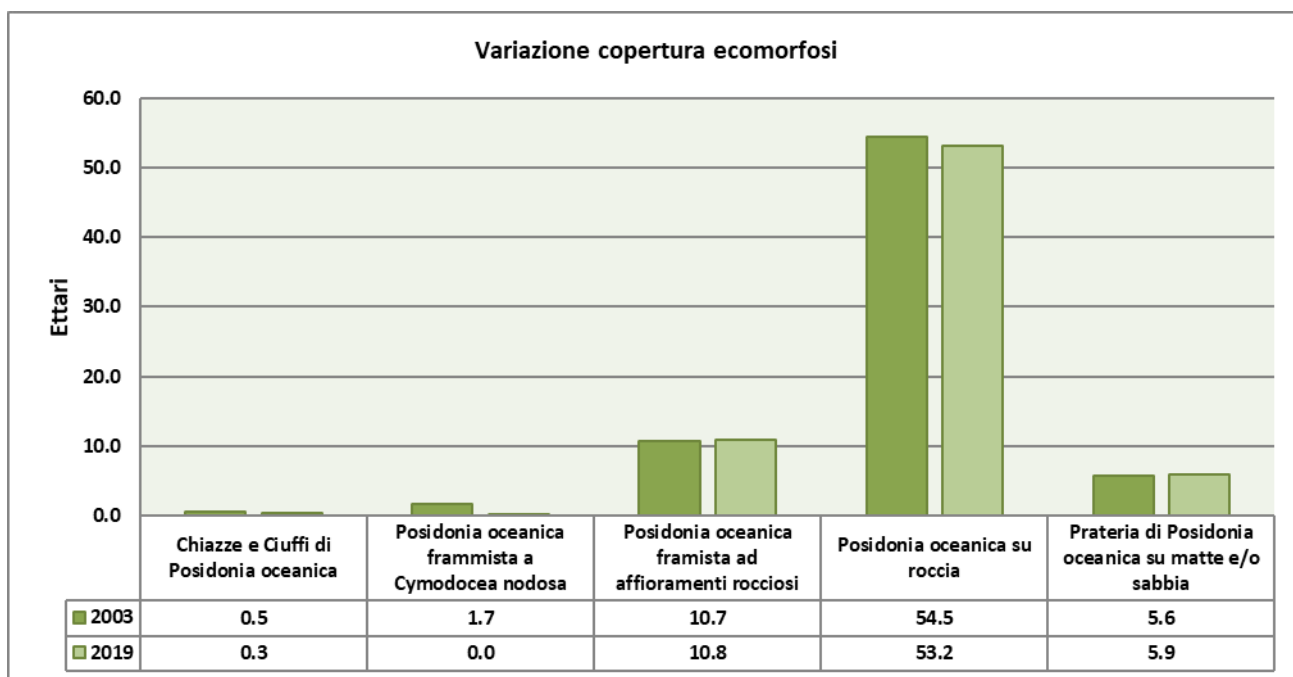


Figura 49 – Variazione della copertura delle ecomorfosi tra il 2003 e il 2019 nell’area *Blue Carbon* individuata nell’ AMP Costa degli Infreschi e della Masseta.

Censimento imbarcazioni: Parco Nazionale dell'Arcipelago di La Maddalena

Nelle Figure 50-52 viene mostrata la densità delle imbarcazioni rilevate al passaggio del satellite *Sentinel-2* (18 e 23 luglio; 7 e 17 agosto 2019) nelle due aree *Blue Carbon* identificate all'interno del Parco nazionale dell'Arcipelago di La Maddalena. Nell'area *Blue Carbon 1* (Isola di Caprera; Figura 51), le aree maggiormente interessate dalla presenza di natanti sono risultate essere Cala Caprese e Porto Palma. Relativamente all'area *Blue Carbon 2* (Isole di Santa Maria, Budelli e Razzoli; Figura 53), le aree a maggiore densità di natanti sono risultate Porto della Madonna e Cala Santa Maria. Nelle Figure 53 e 54 viene mostrato il numero delle imbarcazioni, suddivise tra ancorate e in movimento, all'interno delle stesse aree. I dati relativi alle percentuali di imbarcazioni (ancorate e in movimento) sui differenti substrati delle due aree *Blue Carbon* sono mostrati nelle Figure 55-58. Nell'area *Blue Carbon 1* (Figure 55-56), il 37% delle imbarcazioni ancorate (n=443) e il 70% di quelle in movimento (n=92) si trovano su substrati caratterizzati dalla presenza di *P. oceanica* (*P. oceanica* su *matte* e/o sabbia; *P. oceanica* su roccia). Nell'area *Blue Carbon 2* (Figure 57-58) il 25% delle imbarcazioni ancorate (n=1104) e il 59% di quelle in movimento (n=108) si trovano su fondali in cui è presente la fanerogama marina (*P. oceanica* su *matte* e/o sabbia; *P. oceanica* su roccia).

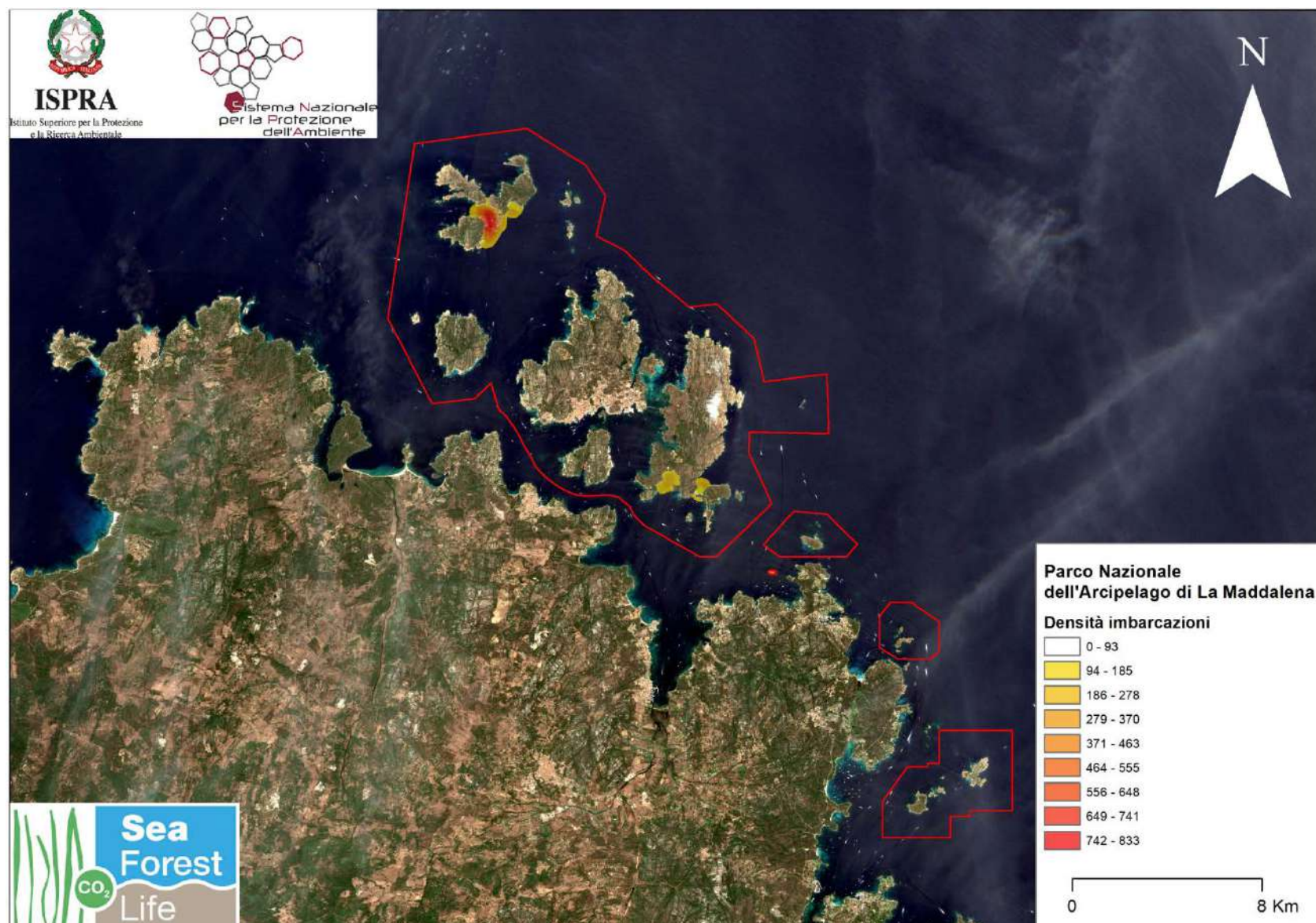


Figura 50 - Densità delle imbarcazioni (sia ancorate che in movimento) nelle due aree *Blue Carbon* identificate all'interno del Parco nazionale dell'Arcipelago di La Maddalena. I dati si riferiscono al numero di imbarcazioni presenti al passaggio del satellite Sentinel-2 (18 e 23 luglio 2019, 7 e 17 agosto 2019 alle ore 10:31).

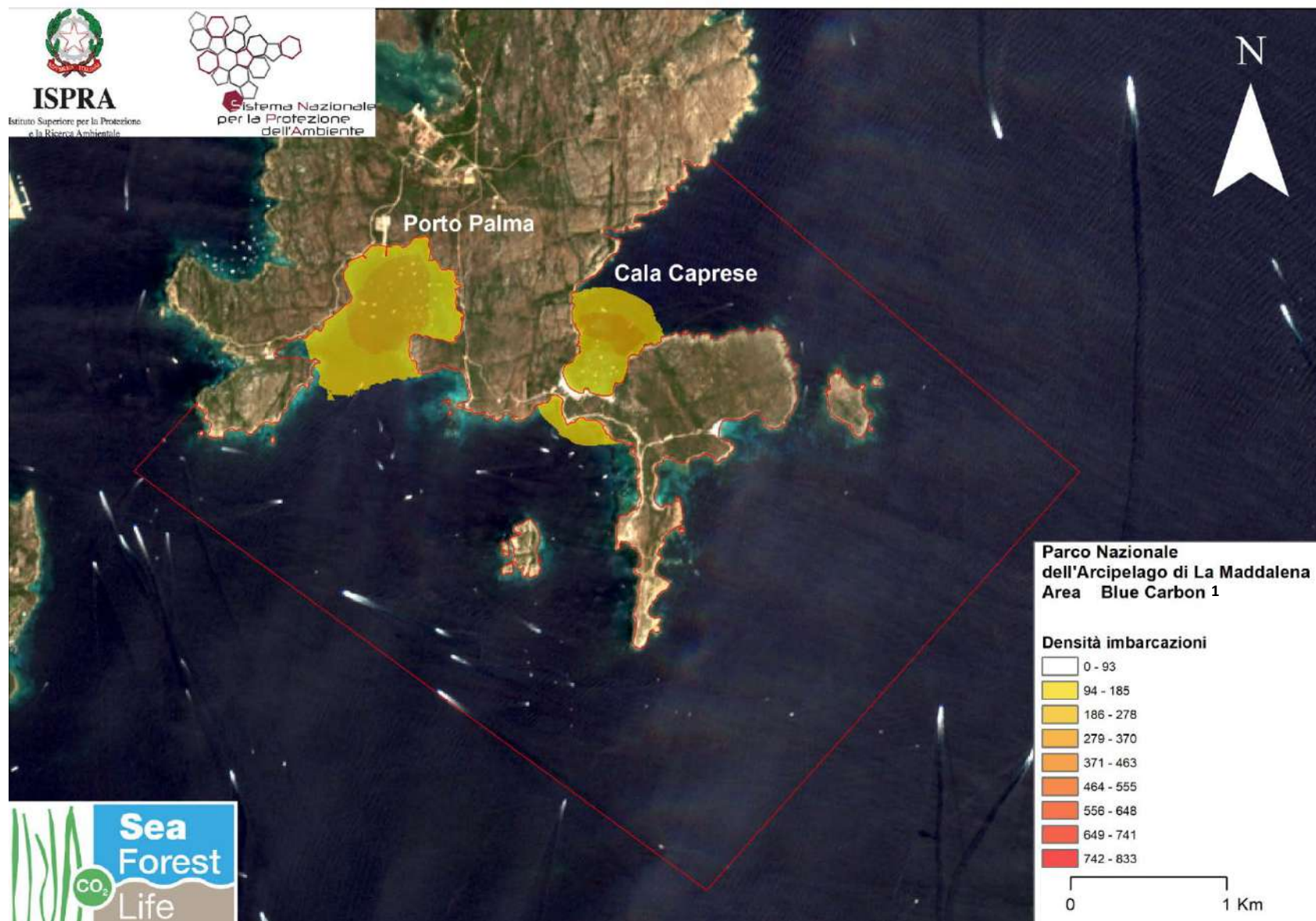


Figura 51 - Densità delle imbarcazioni (sia ancorate che in movimento) nell'area *Blue Carbon 1* identificata all'interno del Parco nazionale dell'Arcipelago di La Maddalena. I dati si riferiscono al numero di imbarcazioni presenti al passaggio del satellite Sentinel-2 (18 e 23 luglio 2019, 7 e 17 agosto 2019 alle ore 10:31).

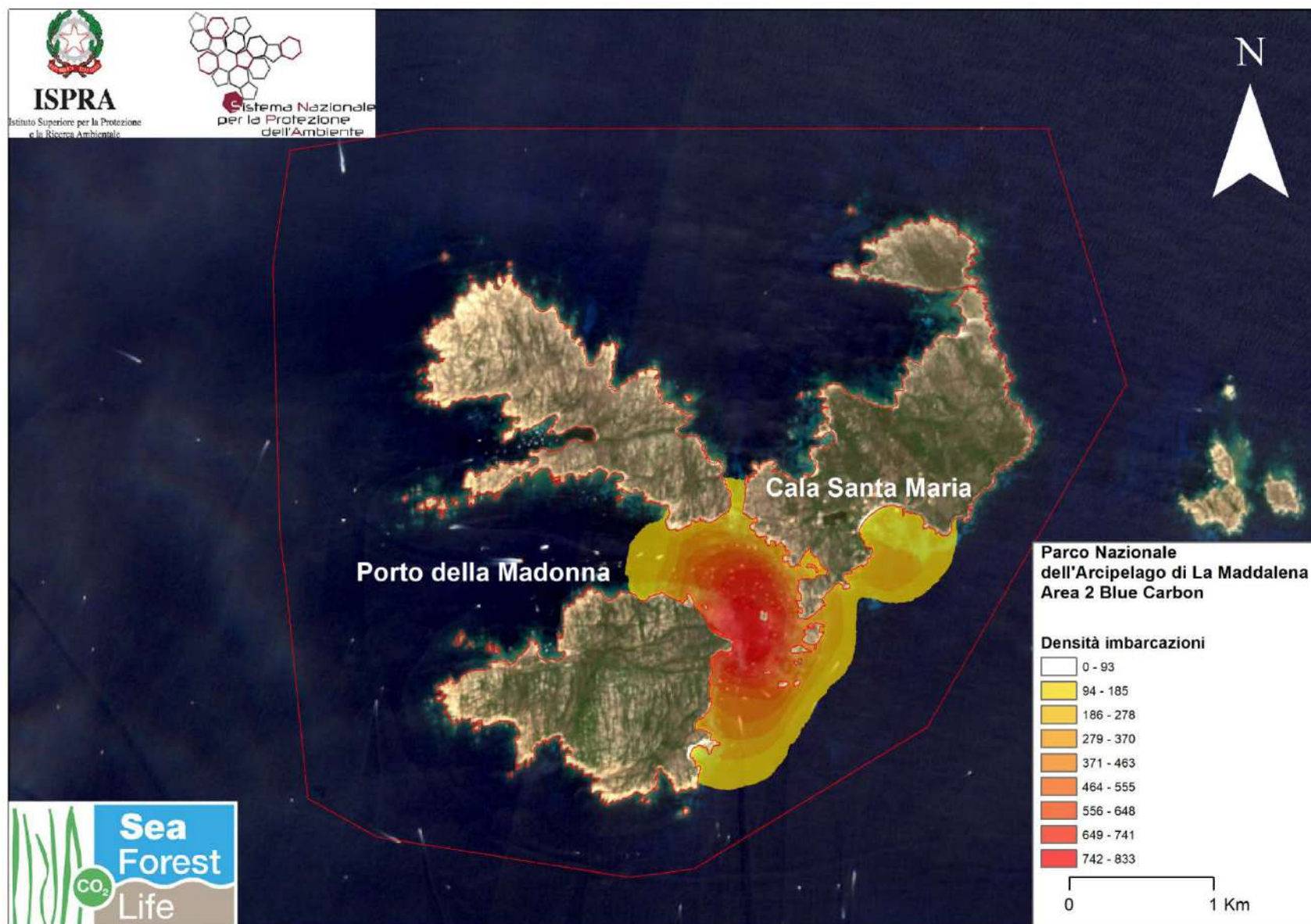


Figura 52- Densità delle imbarcazioni (sia ancorate che in movimento) nell'area *Blue Carbon* 2 identificata all'interno del Parco nazionale dell'Arcipelago di La Maddalena. I dati si riferiscono al numero di imbarcazioni presenti al passaggio del satellite Sentinel-2 (18 e 23 luglio 2019, 7 e 17 agosto 2019 alle ore 10:31).

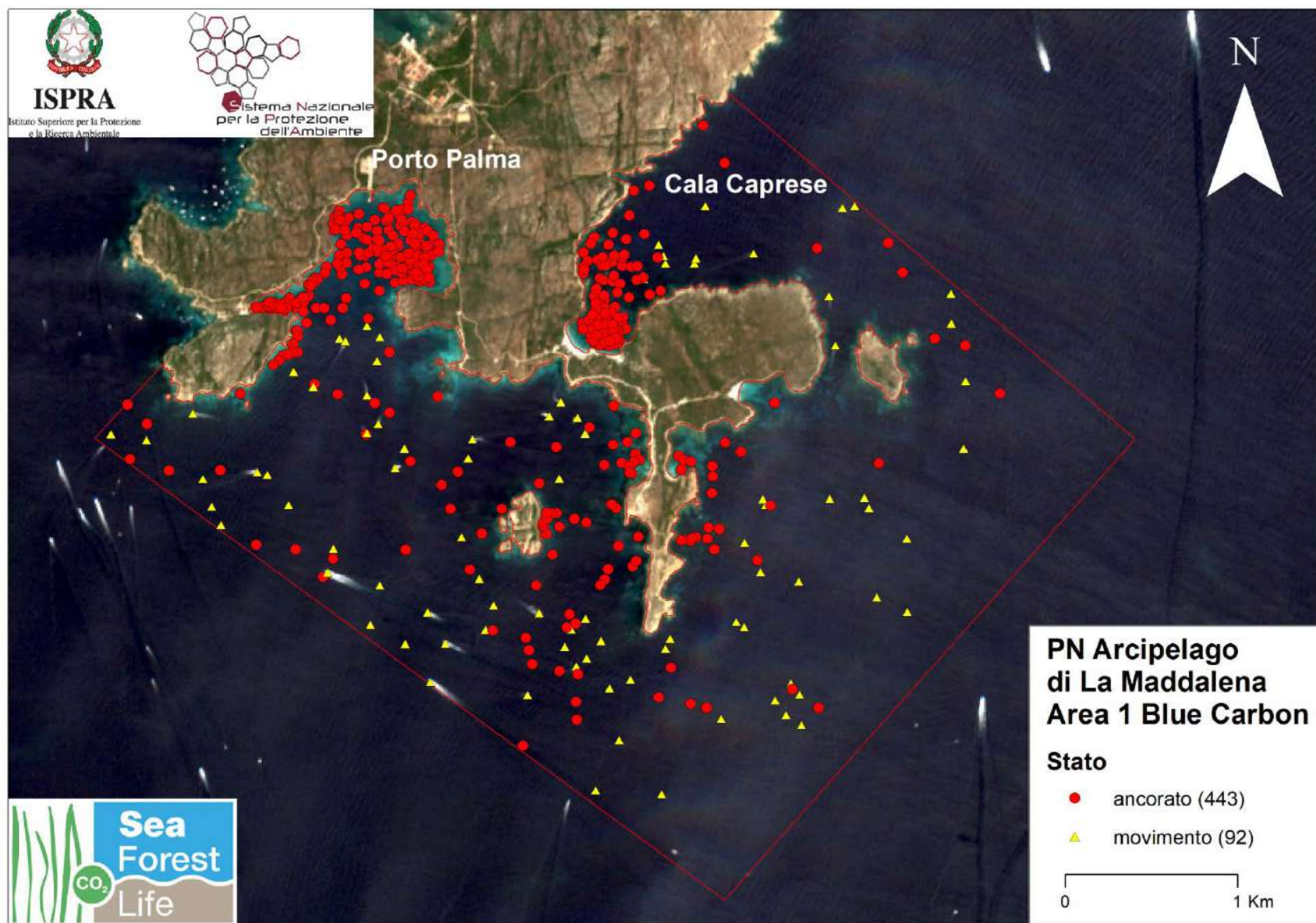


Figura 53-Imbarcazioni presenti (sia ancorate che in movimento) nell'area *Blue Carbon* 1 identificata all'interno del Parco nazionale dell'Arcipelago di La Maddalena. I dati si riferiscono al numero di imbarcazioni presenti al passaggio del satellite Sentinel-2 (18 e 23 luglio 2019, 7 e 17 agosto 2019 alle ore 10:31).

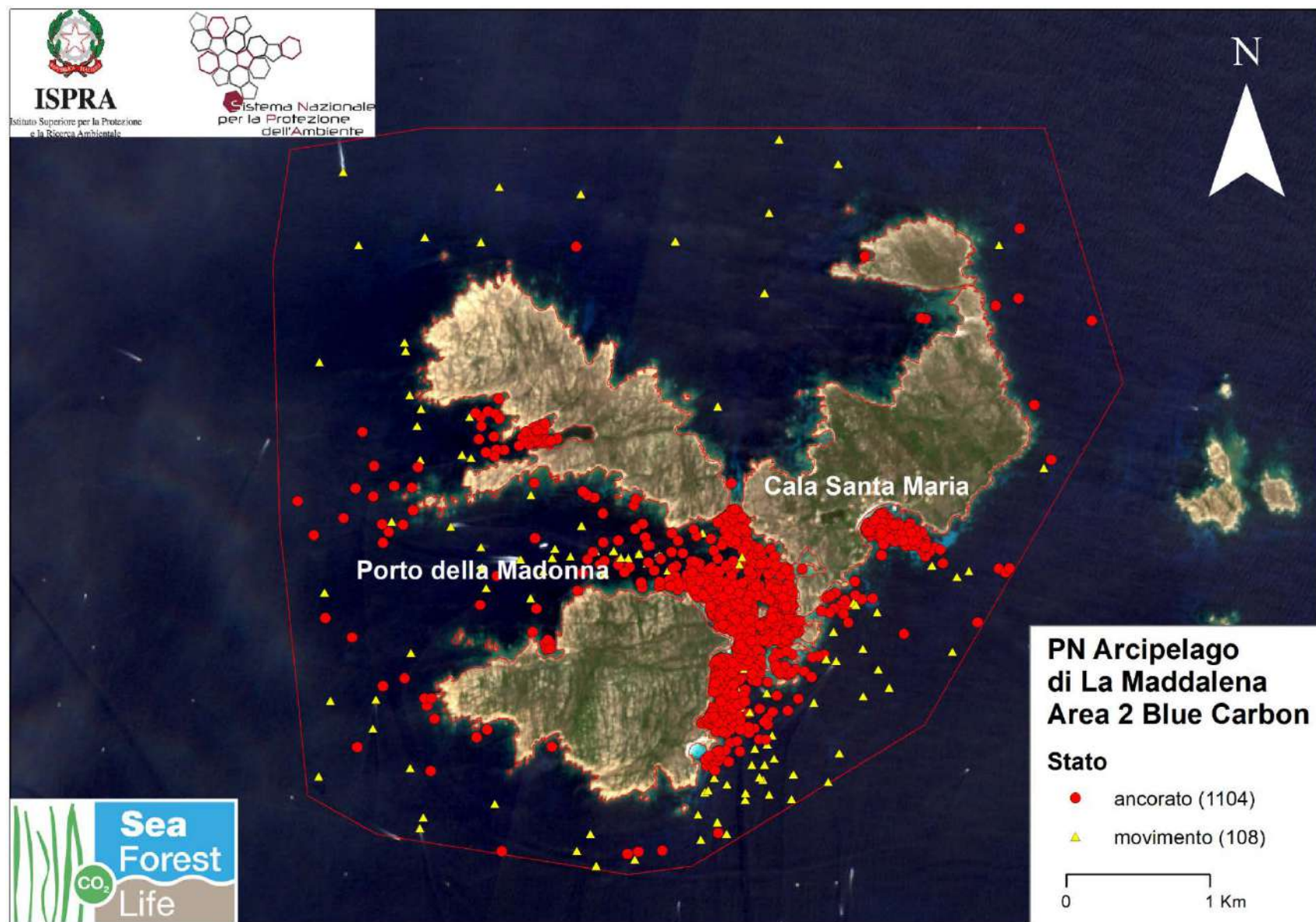


Figura 54-Imbarcazioni presenti (sia ancorate che in movimento) nell'area *Blue Carbon* 2 identificata all'interno del Parco nazionale dell'Arcipelago di La Maddalena. I dati si riferiscono al numero di imbarcazioni presenti al passaggio del satellite Sentinel-2 (18 e 23 luglio 2019, 7 e 17 agosto 2019 alle ore 10:31).

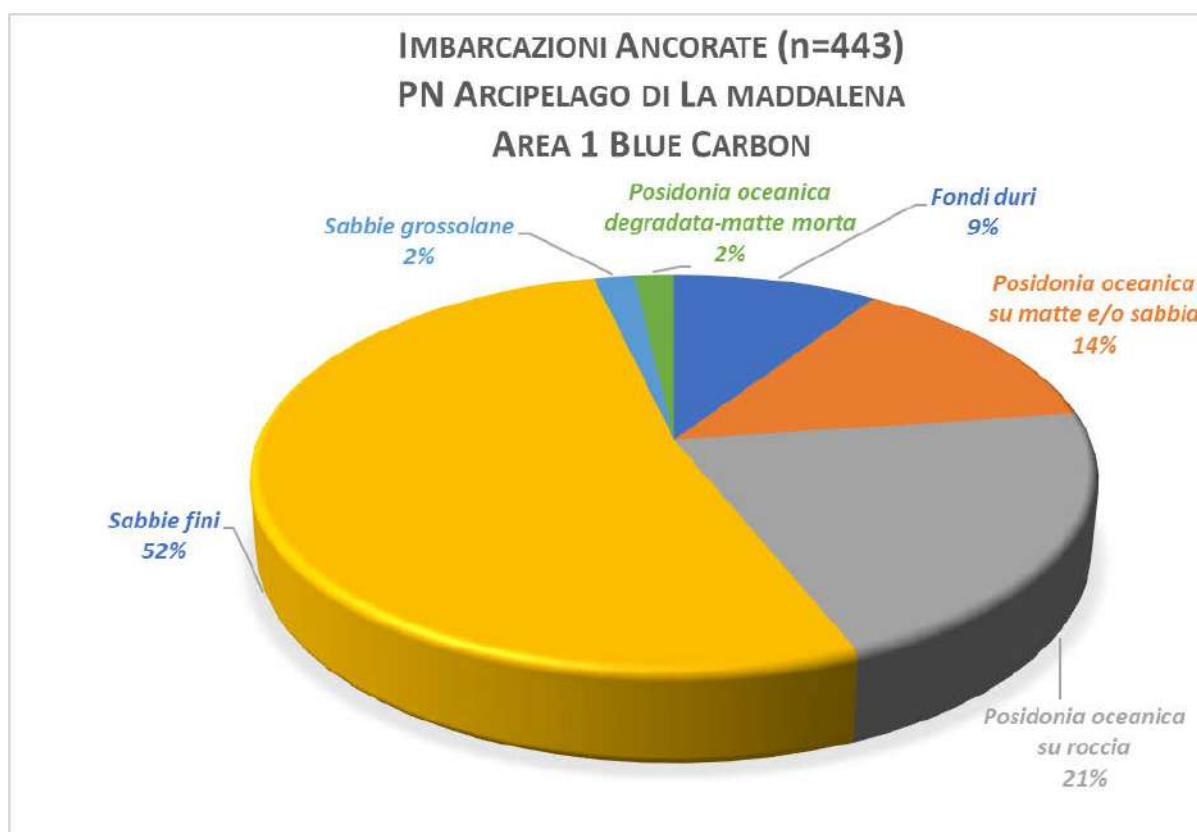


Figura 55-Percentuali di imbarcazioni ancorate sui differenti fondali (area *Blue Carbon* 1-P.N. dell'Arcipelago di La Maddalena). I dati si riferiscono al numero di imbarcazioni presenti al passaggio del satellite Sentinel-2 (18 e 23 luglio 2019, 7 e 17 agosto 2019 alle ore 10:31).

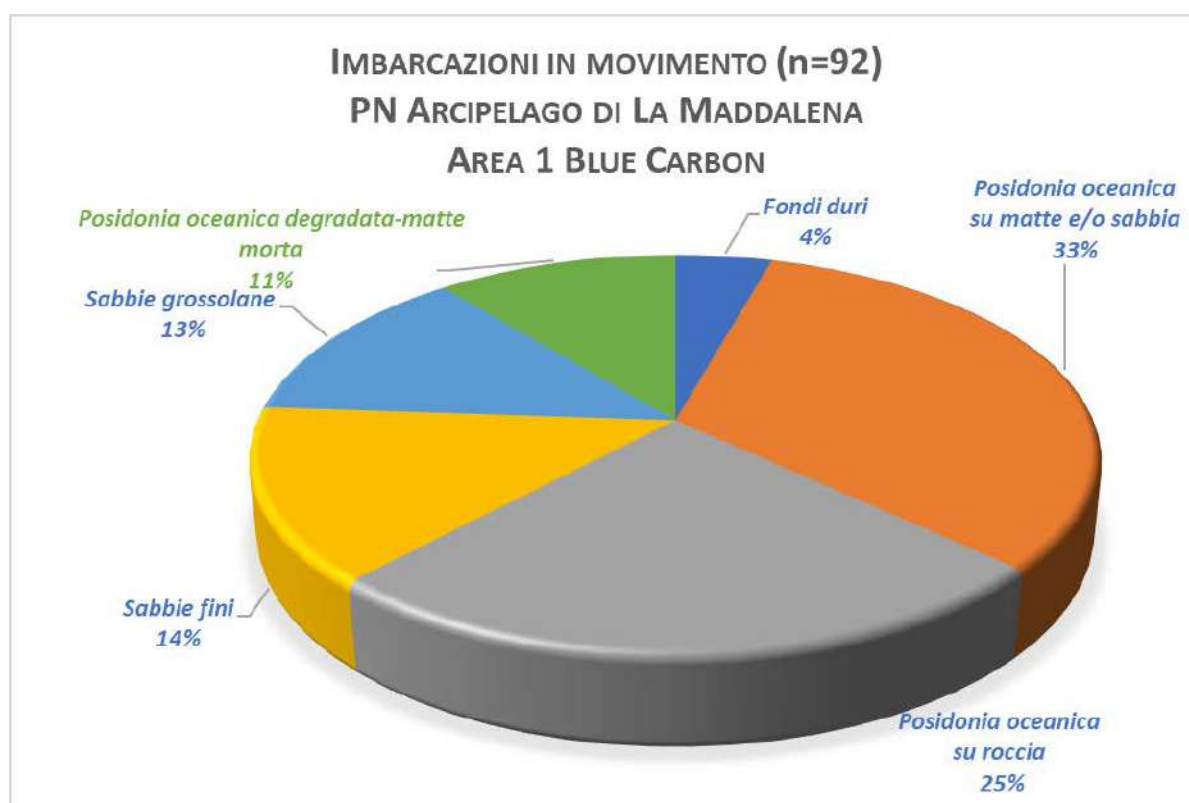


Figura 56-Percentuali di imbarcazioni in movimento sui differenti fondali (area *Blue Carbon* 1-PN dell'Arcipelago di La Maddalena). I dati si riferiscono al numero di imbarcazioni presenti al passaggio del satellite Sentinel-2 (18 e 23 luglio 2019, 7 e 17 agosto 2019 alle ore 10:31).

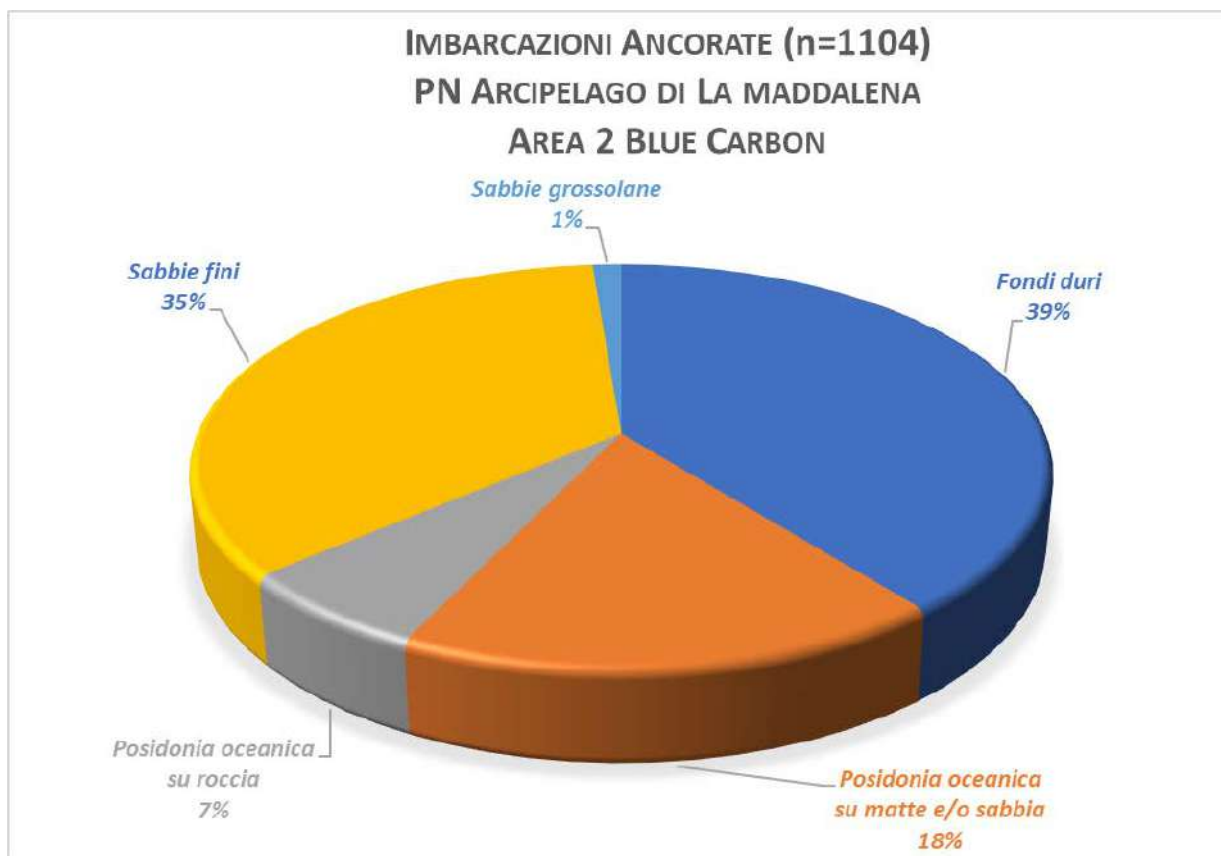


Figura 57-Percentuali di imbarcazioni ancorate sui differenti fondali (area *Blue Carbon* 2-P.N. dell'Arcipelago di La Maddalena). I dati si riferiscono al numero di imbarcazioni presenti al passaggio del satellite Sentinel-2 (18 e 23 luglio 2019, 7 e 17 agosto 2019 alle ore 10:31).

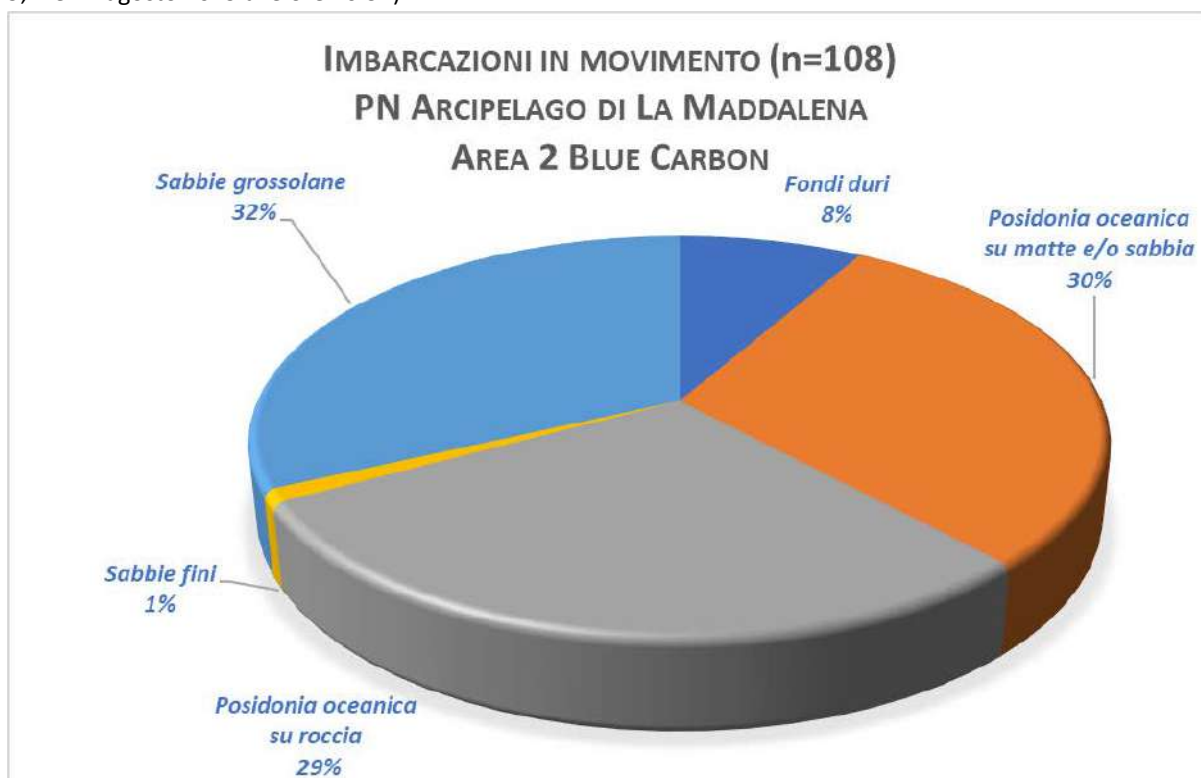


Figura 58-Percentuali di imbarcazioni in movimento sui differenti fondali (Area *Blue Carbon* 2- P.N. dell'Arcipelago di La Maddalena). I dati si riferiscono al numero di imbarcazioni presenti al passaggio del satellite Sentinel-2 (18 e 23 luglio 2019, 7 e 17 agosto 2019 alle ore 10:31).

Censimento imbarcazioni: Parco Nazionale dell'Asinara

Nelle Figure 59-61 viene mostrata la densità delle imbarcazioni rilevate al passaggio del satellite Sentinel-2 nelle giornate del 16 e 26 luglio e del 10 e 15 agosto 2019 all'interno delle due aree *Blue Carbon* identificate all'interno AMP "Isola dell'Asinara" e nell'area dell'Isola Piana. Le zone maggiormente interessate dalla presenza dei natanti sono Cala Reale, all'interno dell'AMP, e la zona di Isola Piana, la quale non rientra nell'AMP. I dettagli sui numeri di imbarcazioni presenti nelle due aree sono riportati nelle Figure 62-63. Relativamente all'area *Blue Carbon 1* (Isola Piana), il 13% delle imbarcazioni ancorate (n=478; Figura 64) e il 66% di quelle in movimento (n= 47; Figura 65) si trova su fondali caratterizzati dalla presenza di *P. oceanica* (*P. oceanica* su *matte* e/o sabbia; *P. oceanica* su roccia). Nell'area *Blue Carbon 2*, caratterizzata da una minor presenza di natanti rispetto all'area precedente, il 49% delle imbarcazioni ancorate (n=63; Figura 66) e il 92% di quelle in movimento (n=13; Figura 67) si trovano su fondali in cui è presente la fanerogama marina (*P. oceanica* su *matte* e/o sabbia; *P. oceanica* su roccia).

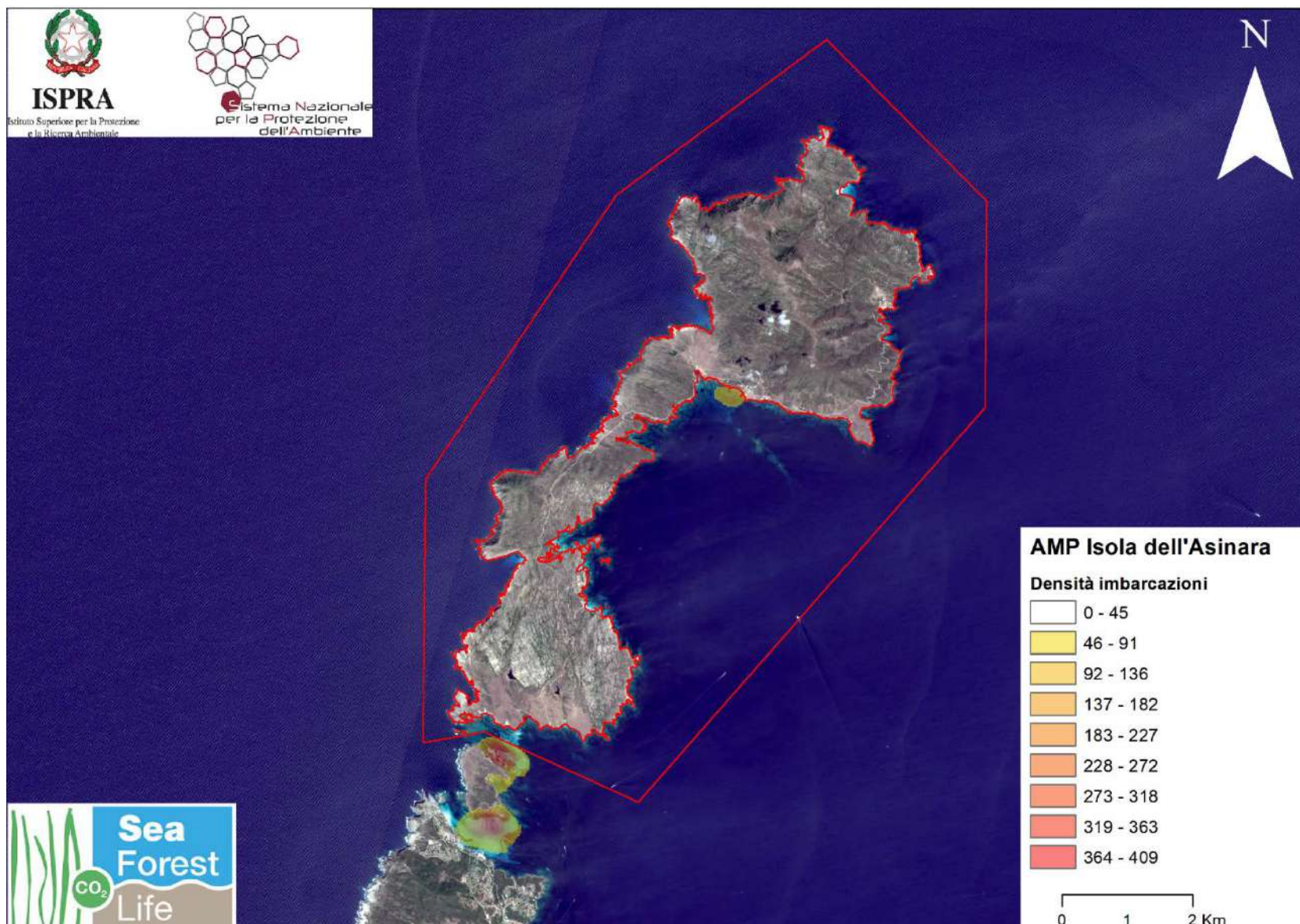


Figura 59 - Densità delle imbarcazioni (sia ancorate che in movimento) nell'AMP "Isola dell'Asinara" e nell'area dell'Isola Piana. I dati si riferiscono al numero di imbarcazioni presenti al passaggio del satellite Sentinel-2 (16 e 26 luglio 2019, 10 e 15 agosto 2019 alle ore 10:20).

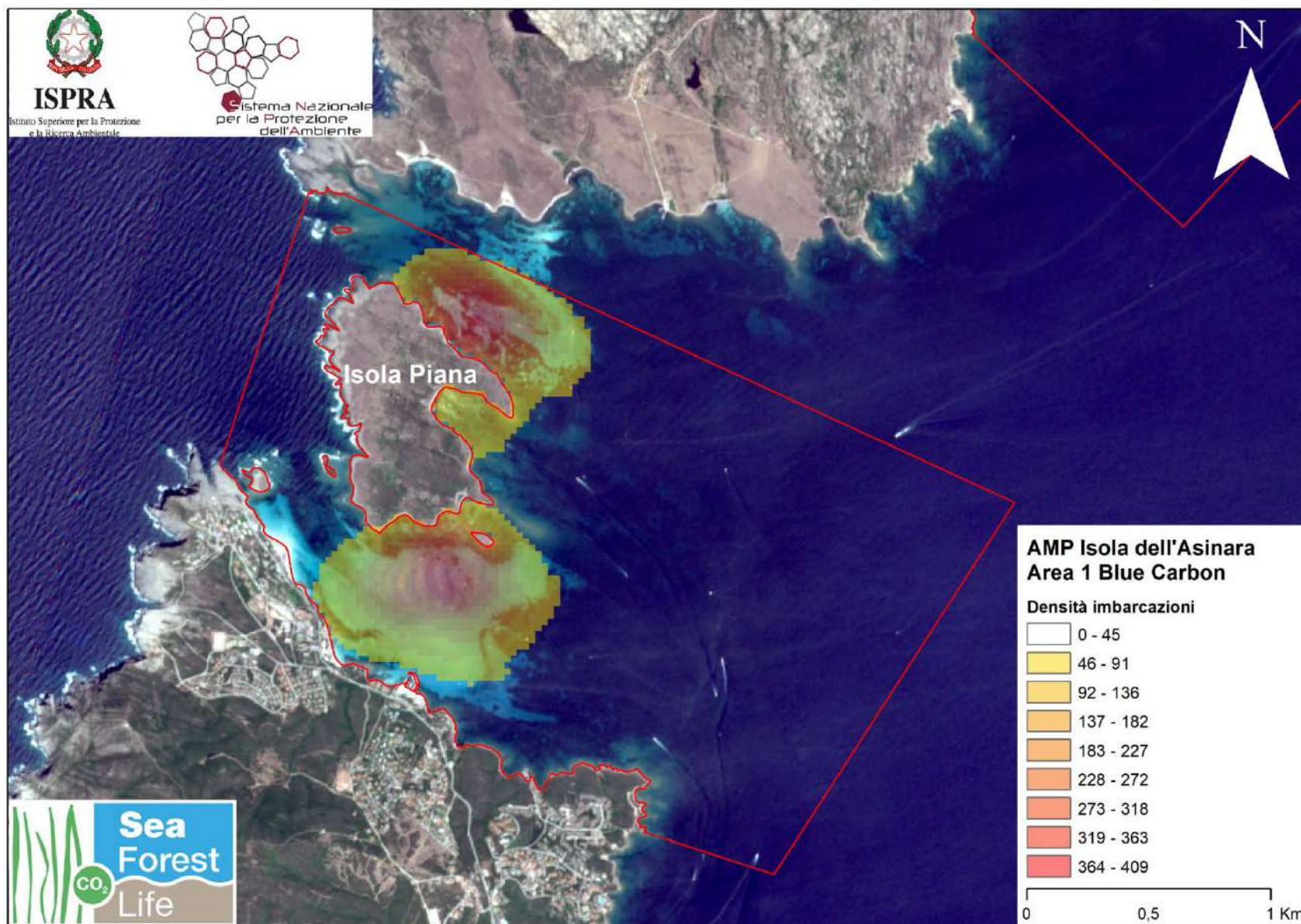


Figura 60 - Densità delle imbarcazioni (sia ancorate che in movimento) nell'area *Blue Carbon* 1 identificata nell'area dell'Isola Piana. I dati si riferiscono al numero di imbarcazioni presenti al passaggio del satellite Sentinel-2 (16 e 26 luglio 2019, 10 e 15 agosto 2019 alle ore 10:20).

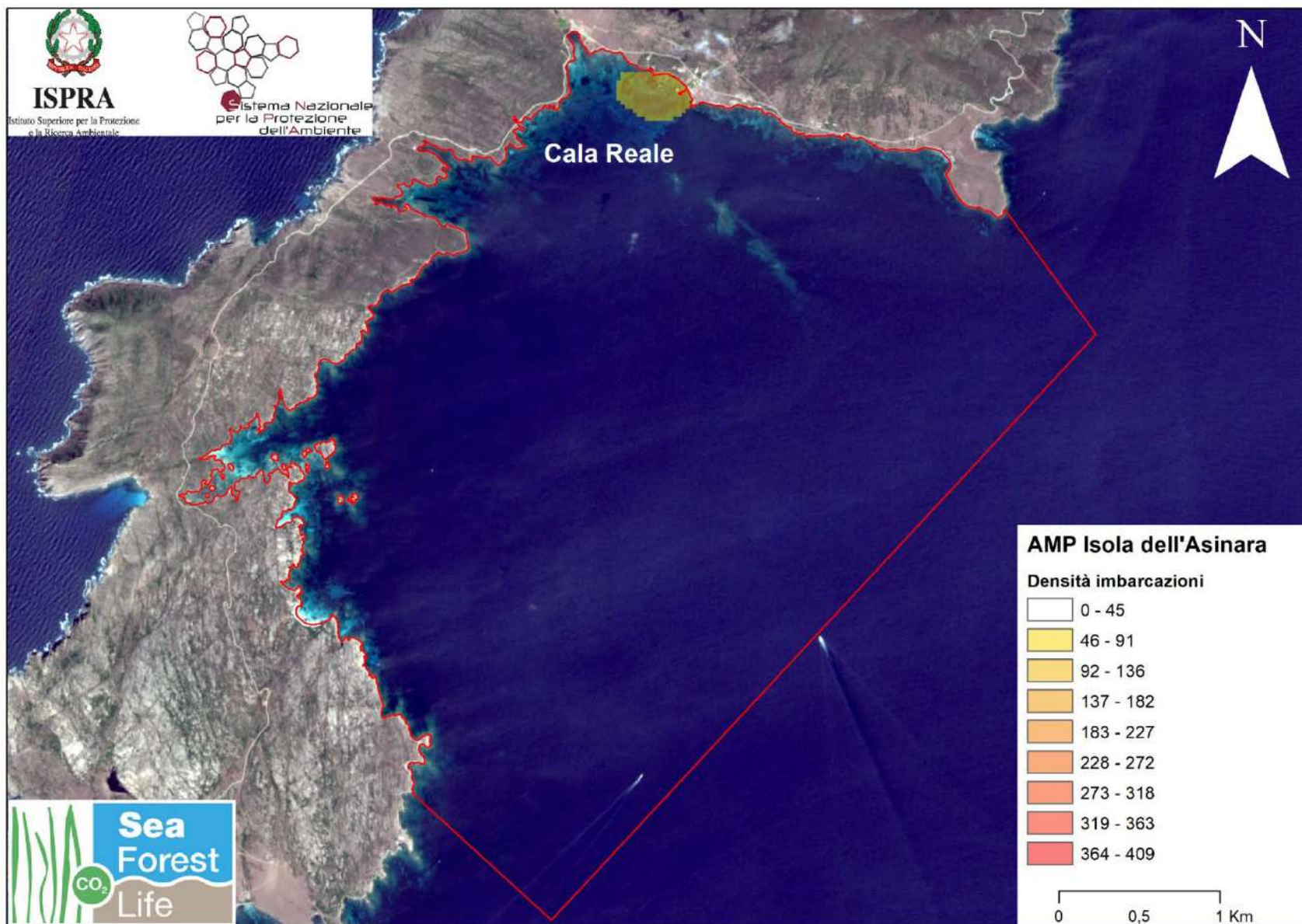


Figura 61 - Densità delle imbarcazioni (sia ancorate che in movimento) nell'area *Blue Carbon* 2 identificata all'interno dell'AMP "Isola dell'Asinara". I dati si riferiscono al numero di imbarcazioni presenti al passaggio del satellite Sentinel-2 (16 e 26 luglio 2019, 10 e 15 agosto 2019 alle ore 10:20).

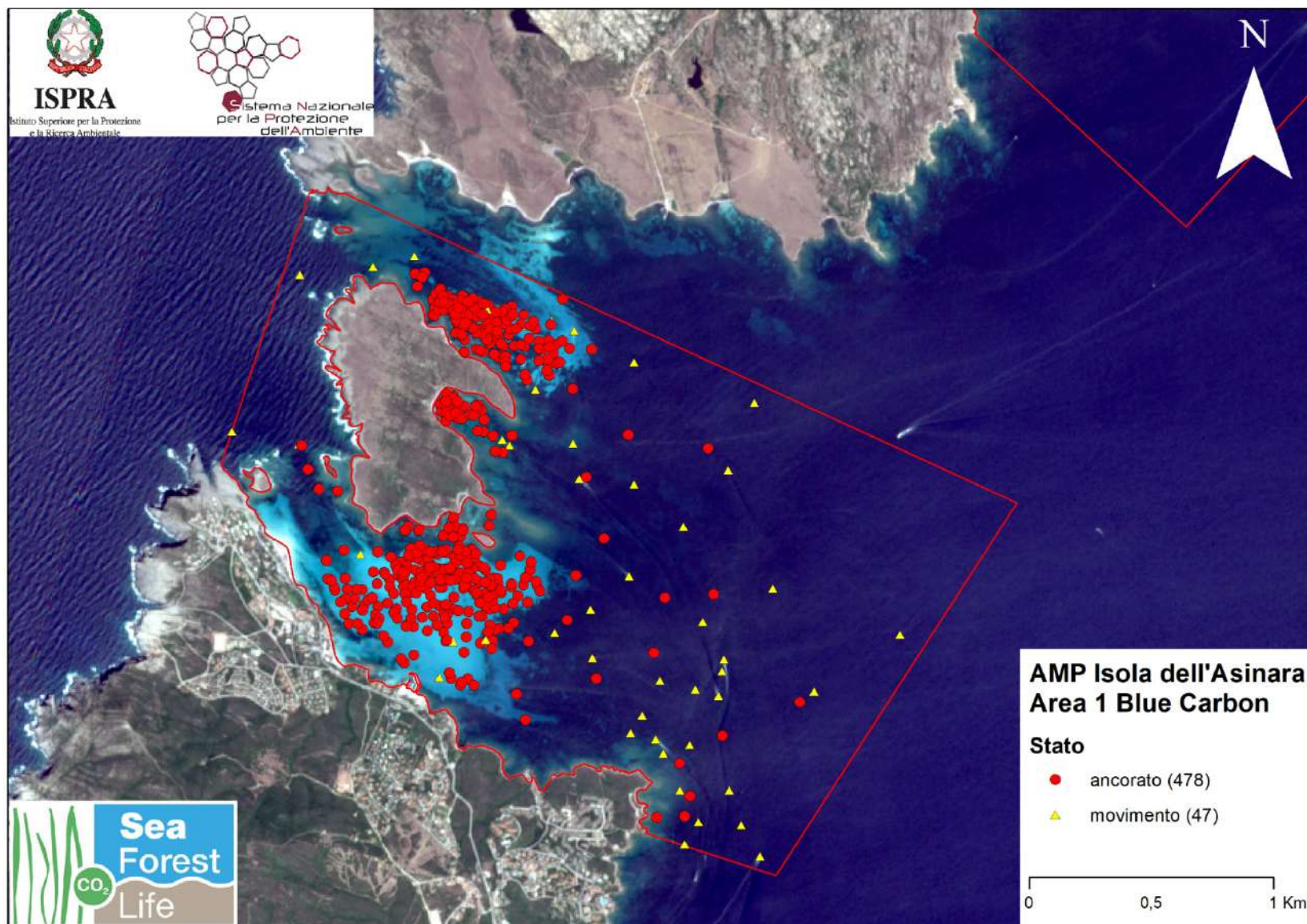


Figura 62-Imbarcazioni presenti (sia ancorate che in movimento) nell'area *Blue Carbon* 1 identificata nell'area dell'Isola Piana. I dati si riferiscono al numero di imbarcazioni presenti al passaggio del satellite Sentinel-2 (16 e 26 luglio 2019, 10 e 15 agosto 2019 alle ore 10:20).

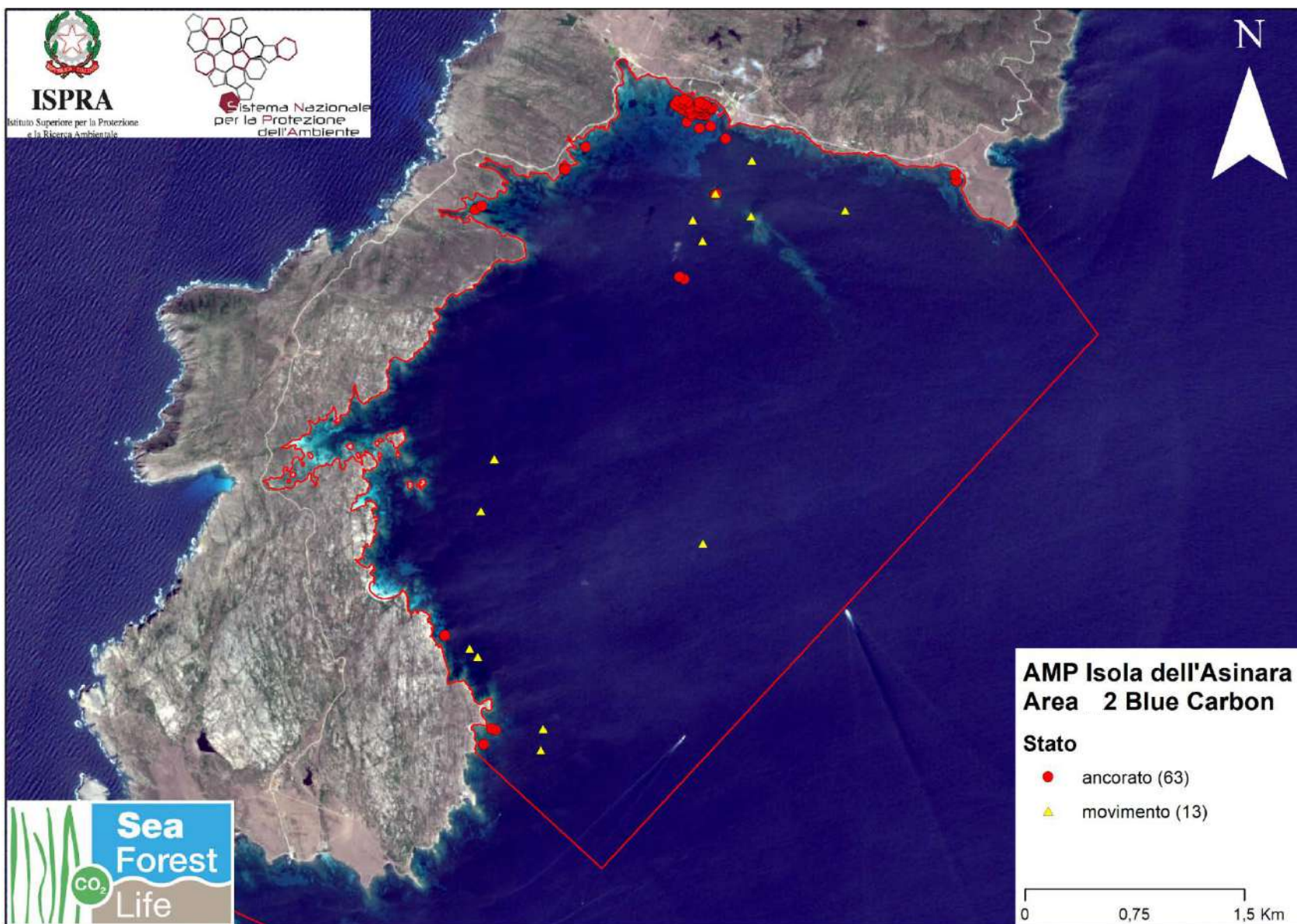


Figura 63-Imbarcazioni presenti (sia ancorate che in movimento) nell'area *Blue Carbon* 2 identificata nell'AMP "Isola dell'Asinara". I dati si riferiscono al numero di imbarcazioni presenti al passaggio del satellite Sentinel-2 (16 e 26 luglio 2019, 10 e 15 agosto 2019 alle ore 10:20).

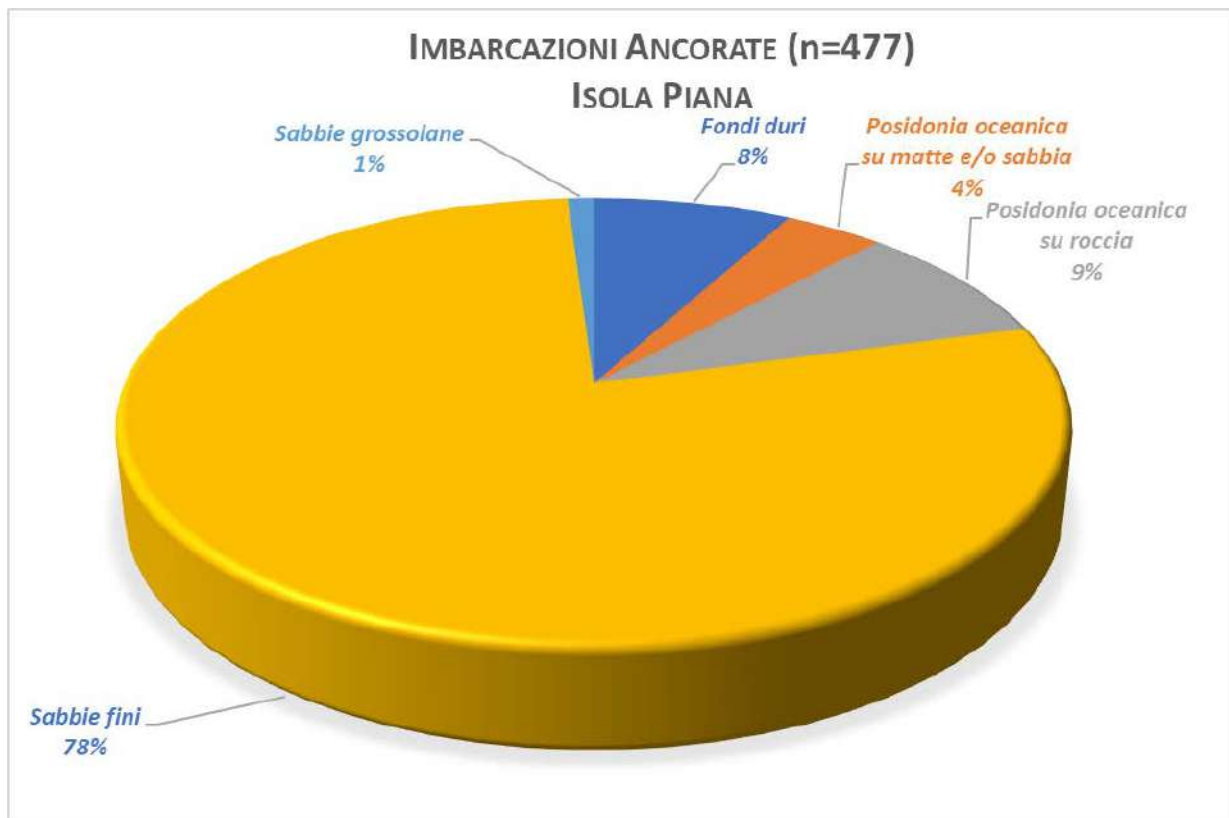


Figura 64-Percentuali di imbarcazioni ancorate sui differenti fondali (Area *Blue Carbon* 1-Isola Piana). I dati si riferiscono al numero di imbarcazioni presenti al passaggio del satellite Sentinel-2 (16 e 26 luglio 2019, 10 e 15 agosto 2019 alle ore 10:20).

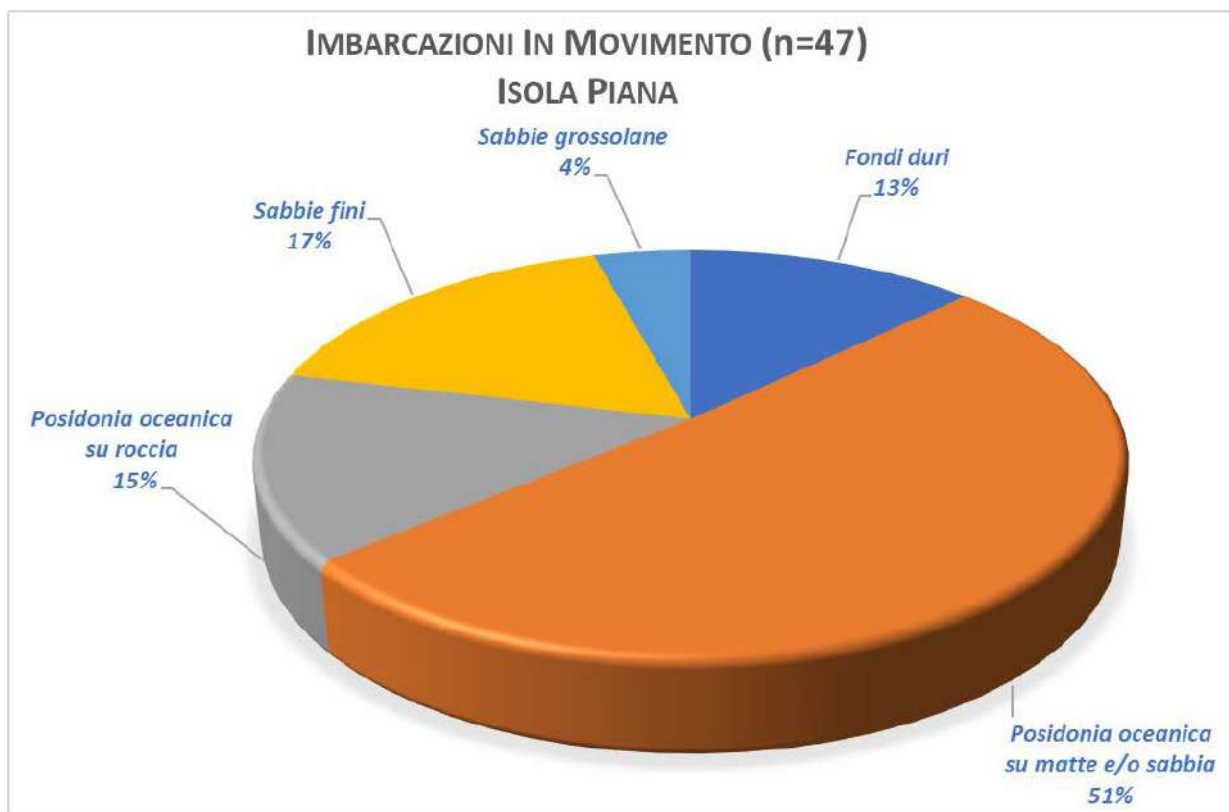


Figura 65-Percentuali di imbarcazioni in movimento sui differenti fondali (Area *Blue Carbon* 1-Isola Piana). I dati si riferiscono al numero di imbarcazioni presenti al passaggio del satellite Sentinel-2 (16 e 26 luglio 2019, 10 e 15 agosto 2019 alle ore 10:20).

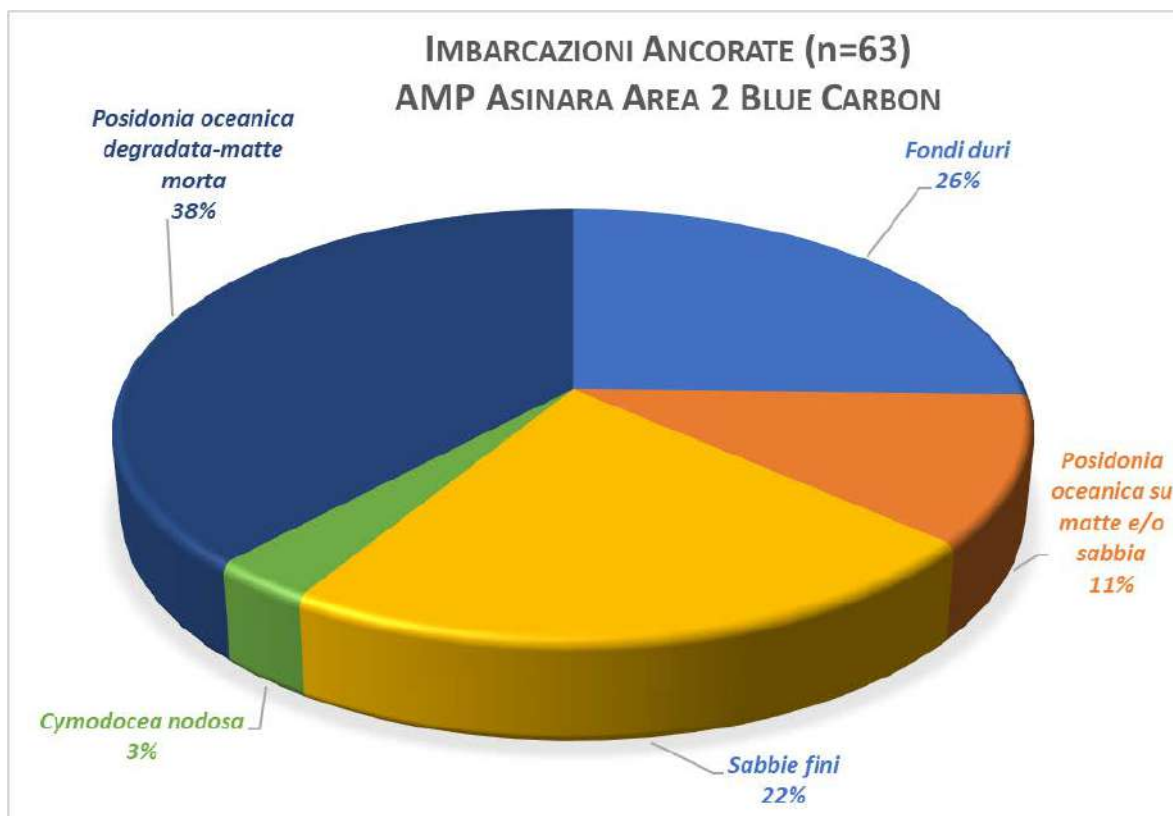


Figura 66- Percentuali di imbarcazioni ancorate sui differenti fondali (AMP “Isola dell’Asinara”). I dati si riferiscono al numero di imbarcazioni presenti al passaggio del satellite Sentinel-2 (16 e 26 luglio 2019, 10 e 15 agosto 2019 alle ore 10:20).

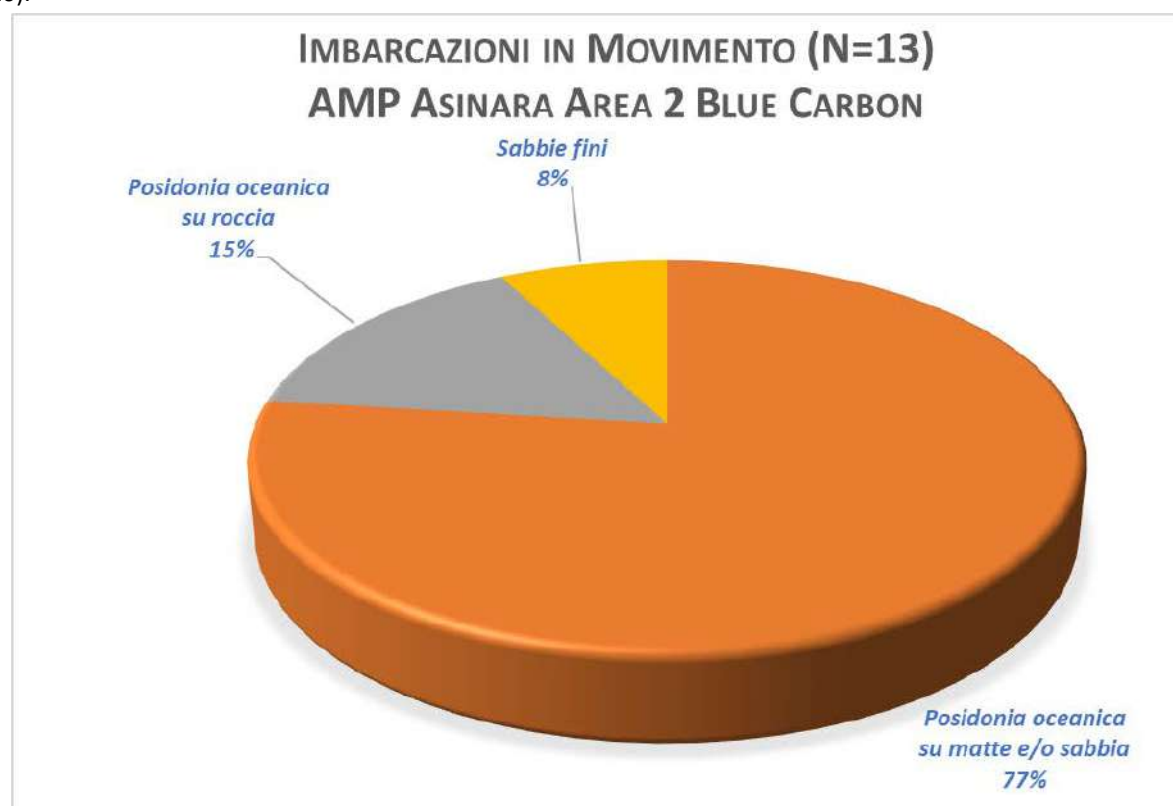


Figura 67-Percentuali di imbarcazioni in movimento sui differenti fondali (AMP “Isola dell’Asinara”). I dati si riferiscono al numero di imbarcazioni presenti al passaggio del satellite Sentinel-2 (16 e 26 luglio 2019, 10 e 15 agosto 2019 alle ore 10:20).

Censimento imbarcazioni: Parco Nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni- AMP Santa Maria di Castellabate.

Nella Figura 68 viene mostrata la densità delle imbarcazioni, sia ancorate che in movimento, presenti all'interno dell'AMP di Santa Maria di Castellabate al passaggio del satellite Sentinel-2 nelle giornate del 22 e 27 luglio 2019 e dell'11 e 21 agosto 2019. Dalla figura si evince che le aree maggiormente interessate dalla presenza di natanti sono la zona tra Punta Vallone e Punta Tresino, all'estremità nord dell'AMP, e le zone di Punta Licosa e Marina di Ogliastro. Nelle Figure 69-70 vengono mostrate, rispettivamente, la densità e il numero delle imbarcazioni presenti (suddivise tra natanti ancorati e natanti in movimento) nell'area *Blue Carbon* individuata all'interno dell'AMP. Dalle due rappresentazioni grafiche risulta ancora più evidente l'alta densità di traffico di natanti nelle aree di Punta Licosa e Ogliastro.

Nei grafici riportati nelle Figure 71-74 vengono mostrate graficamente le percentuali di imbarcazioni ancorate e in movimento sui differenti substrati nell'AMP Santa Maria di Castellabate (Figure 71 e 72) e nell'area *Blue Carbon* in essa identificata (Figure 73 e 74).

Analizzando i grafici si evince che all'interno all'AMP in oggetto una consistente percentuale delle imbarcazioni (54%) risultano ancorate su substrati caratterizzati dalla presenza di *Posidonia oceanica*: *Posidonia oceanica* su roccia (37%), chiazze e ciuffi di *Posidonia oceanica* (8%), prateria di *Posidonia oceanica* su matte e/o sabbia (7%) (n= 382; Figura 71).

Andando ad analizzare la situazione all'interno dell'Area *Blue Carbon* (Figura 72), il 60% delle 246 imbarcazioni rilevate risulta essere ancorato su *Posidonia oceanica*: *Posidonia oceanica* su roccia (54%) e prateria di *Posidonia oceanica* su matte e/o sabbia (6%).

Per quel che riguarda le imbarcazioni che si trovavano in movimento (Figure 73-74) all'interno dell'AMP (n=100) e della sua area *Blue Carbon* (n=57) rispettivamente il 76% e l'82% navigava su fondali caratterizzati dalla presenza di *P. oceanica* (*Posidonia oceanica* su roccia e prateria di *Posidonia oceanica* su matte e/o sabbia).

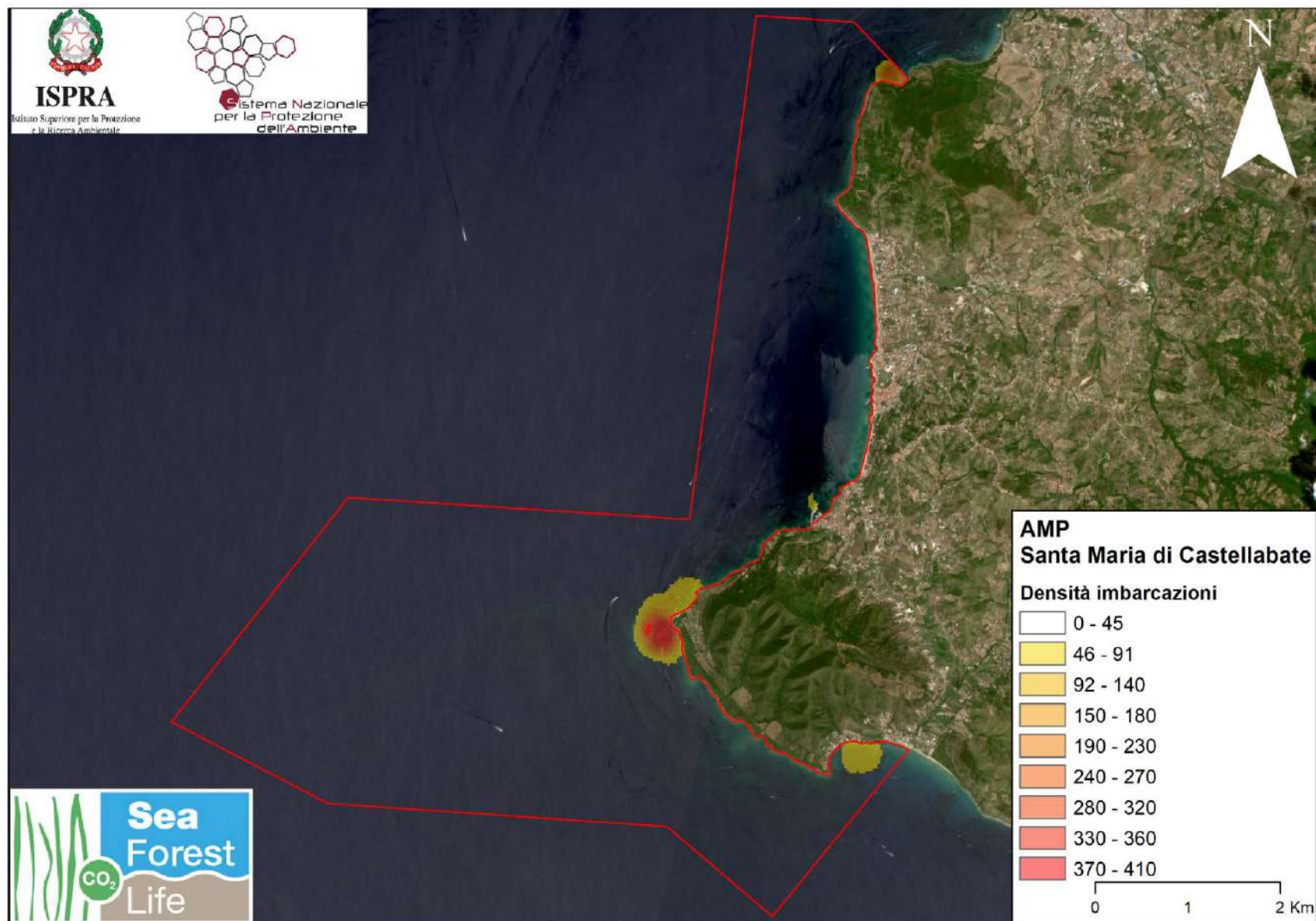


Figura 68 - Densità delle imbarcazioni (sia ancorate che in movimento) nell'AMP di Santa Maria di Castellabate. I dati si riferiscono al numero di imbarcazioni presenti al passaggio del satellite Sentinel-2 (22 e 27 luglio 2019, 11 e 21 agosto 2019 alle ore 9:50).

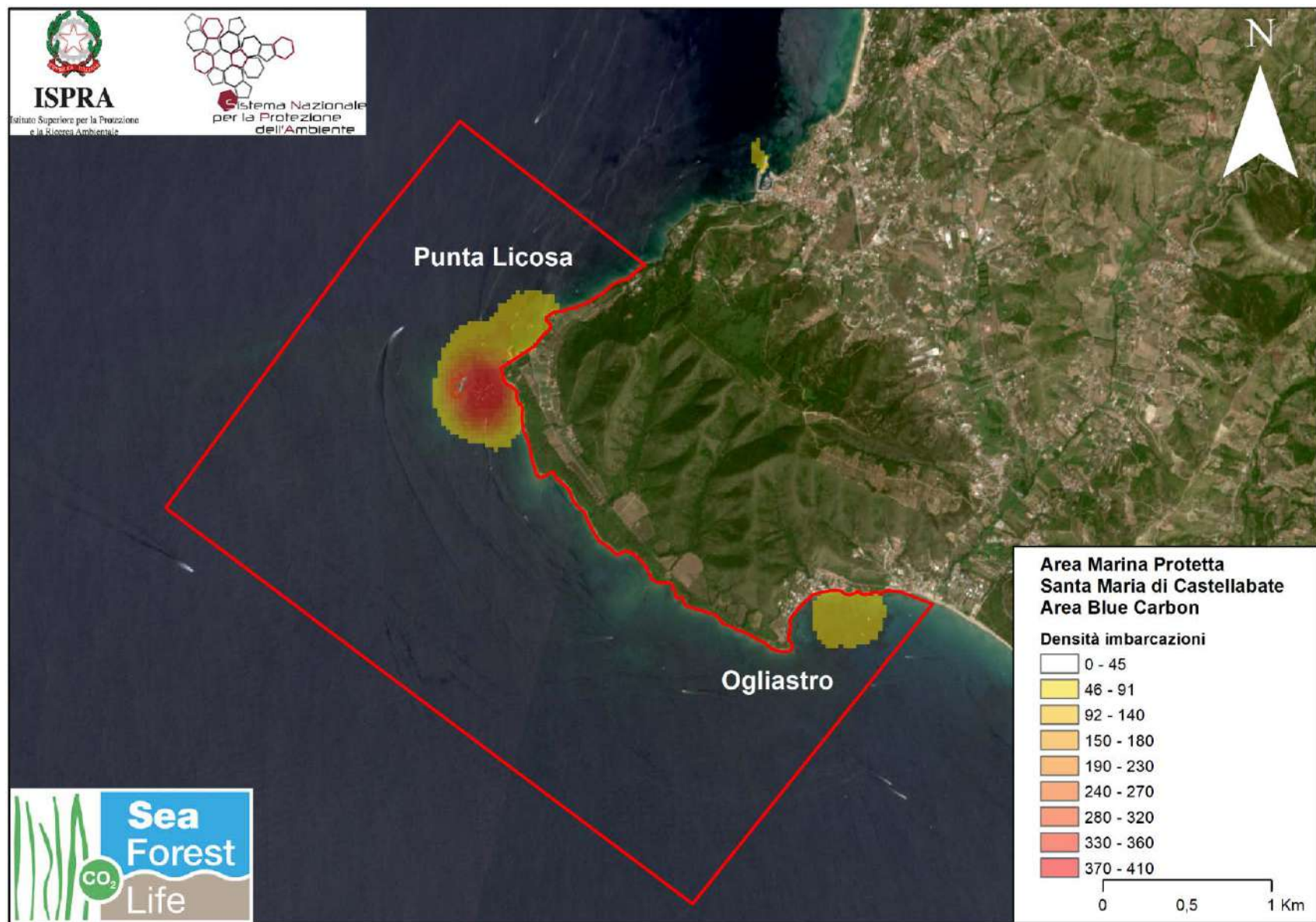


Figura 69 - Densità delle imbarcazioni (sia ancorate che in movimento) nell'area *Blue Carbon* identificata all'interno dell'AMP di Santa Maria di Castellabate. I dati si riferiscono al numero di imbarcazioni presenti al passaggio del satellite Sentinel-2 (22 e 27 luglio 2019, 11 e 21 agosto 2019 alle ore 9:50).

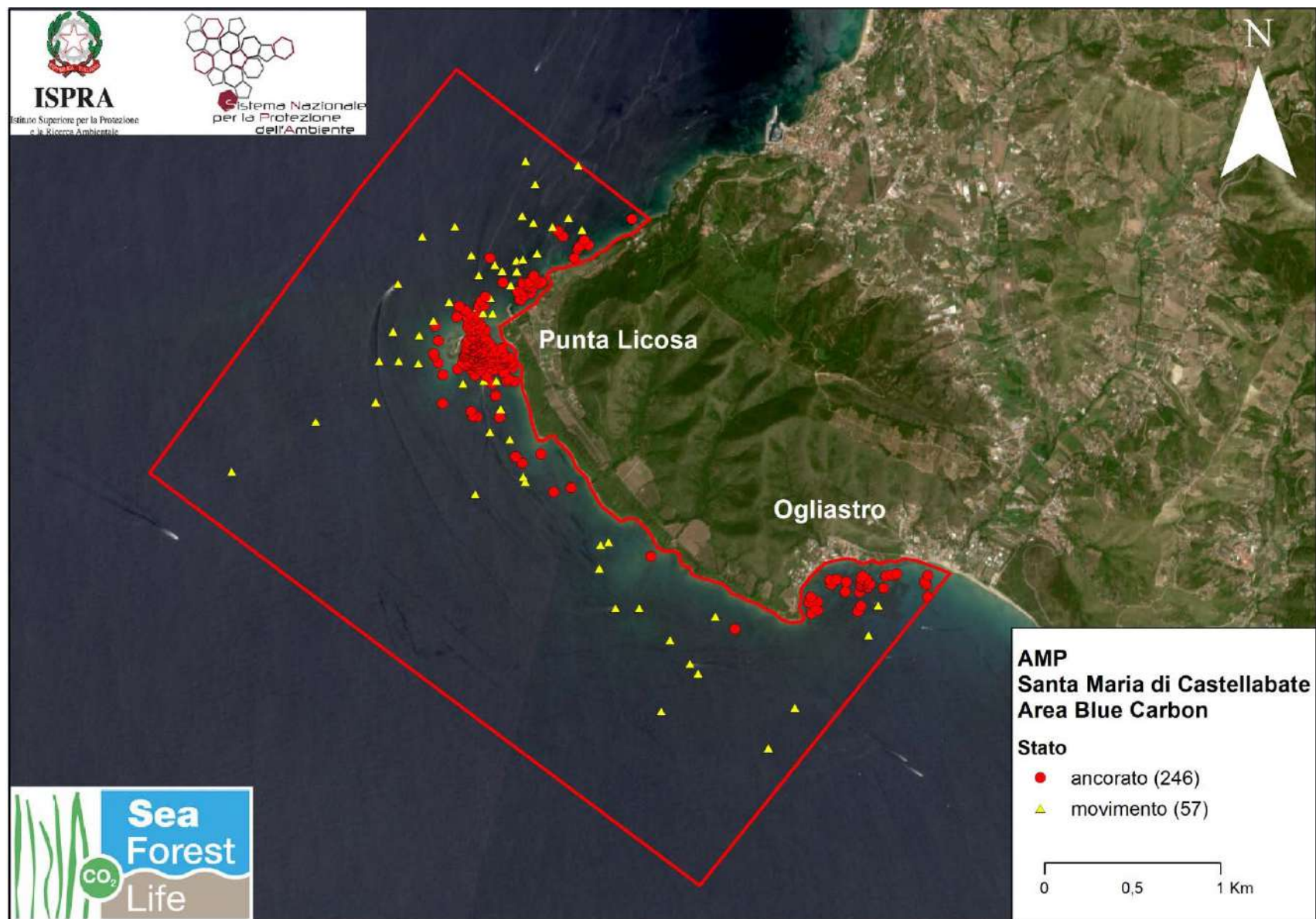


Figura 70 - Imbarcazioni presenti (sia ancorate che in movimento) nell'area *Blue Carbon* identificata all'interno dell'AMP di Santa Maria di Castellabate. I dati si riferiscono al numero di imbarcazioni presenti al passaggio del satellite Sentinel-2 (22 e 27 luglio 2019, 11 e 21 agosto 2019 alle ore 9:50).

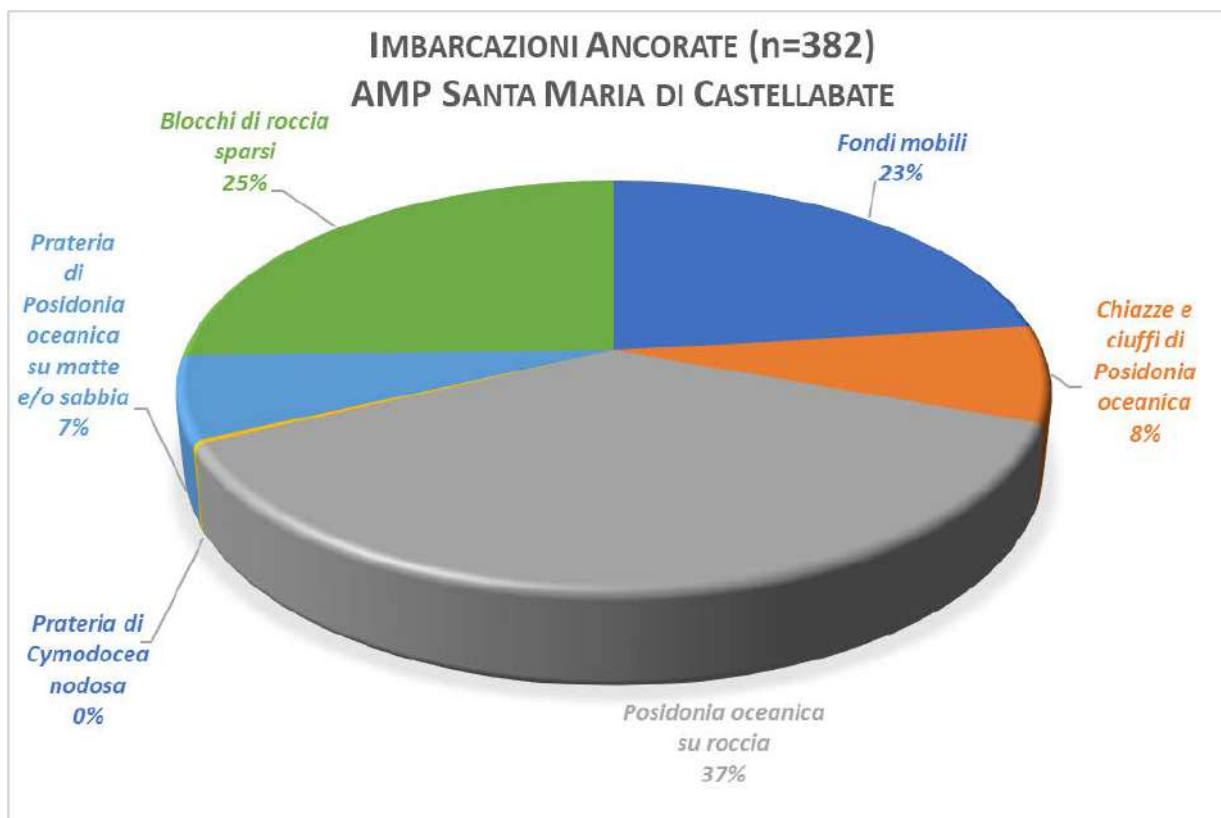


Figura 71-Percentuali di imbarcazioni ancorate sui differenti fondali (AMP di Santa Maria di Castellabate). I dati si riferiscono al numero di imbarcazioni presenti al passaggio del satellite Sentinel-2 (22 e 27 luglio 2019, 11 e 21 agosto 2019 alle ore 9:50).

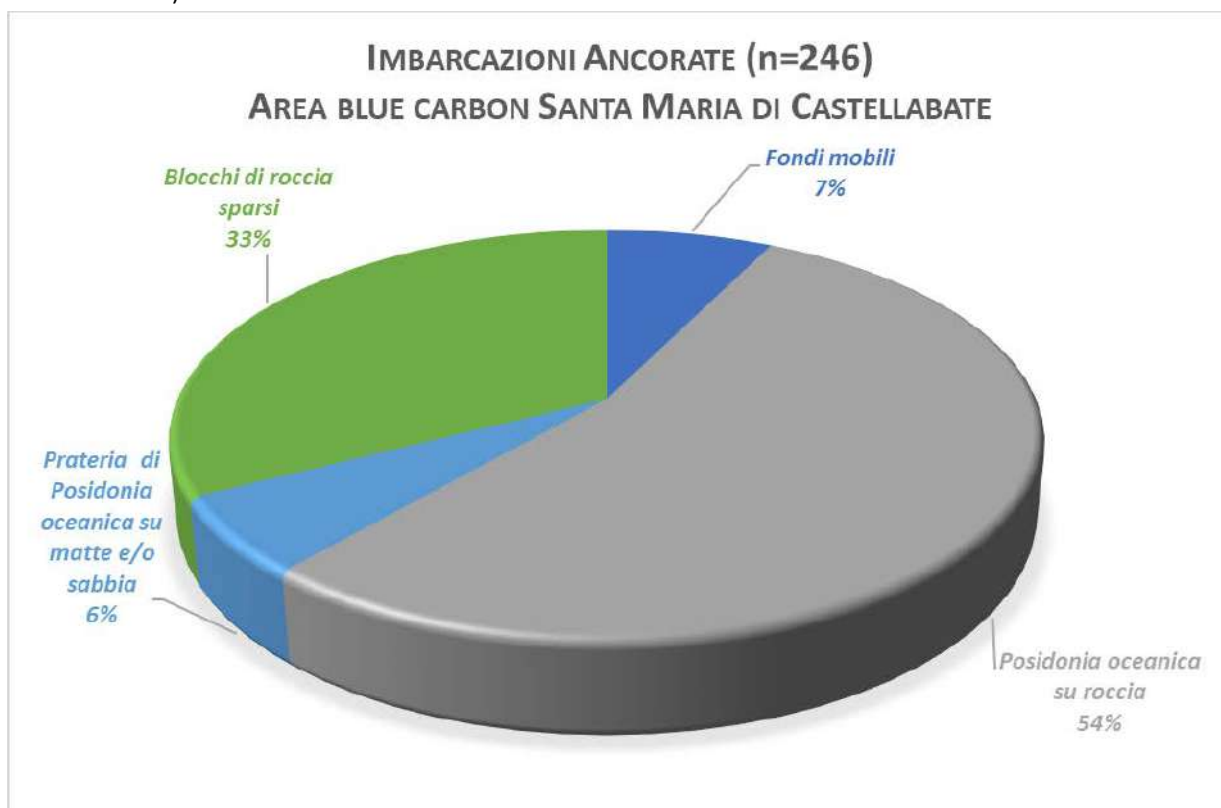


Figura 72-Percentuali di imbarcazioni ancorate sui differenti fondali (area *Blue Carbon* dell'AMP di Santa Maria di Castellabate). I dati si riferiscono al numero di imbarcazioni presenti al passaggio del satellite Sentinel-2 (22 e 27 luglio 2019, 11 e 21 agosto 2019 alle ore 9:50).

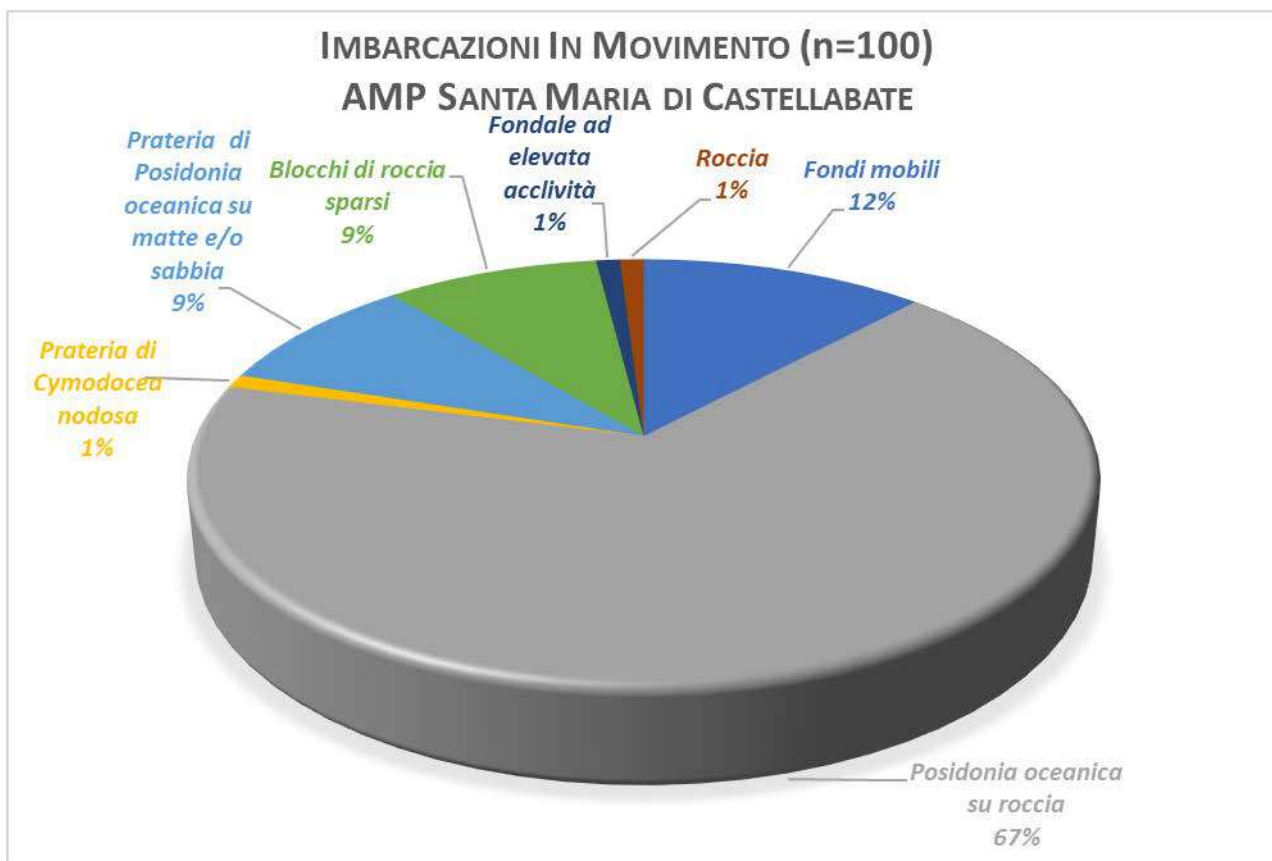


Figura 73-Percentuali di imbarcazioni in movimento sui differenti fondali (AMP di Santa Maria di Castellabate). I dati si riferiscono al numero di imbarcazioni presenti al passaggio del satellite Sentinel-2 (22 e 27 luglio 2019, 11 e 21 agosto 2019 alle ore 9:50).

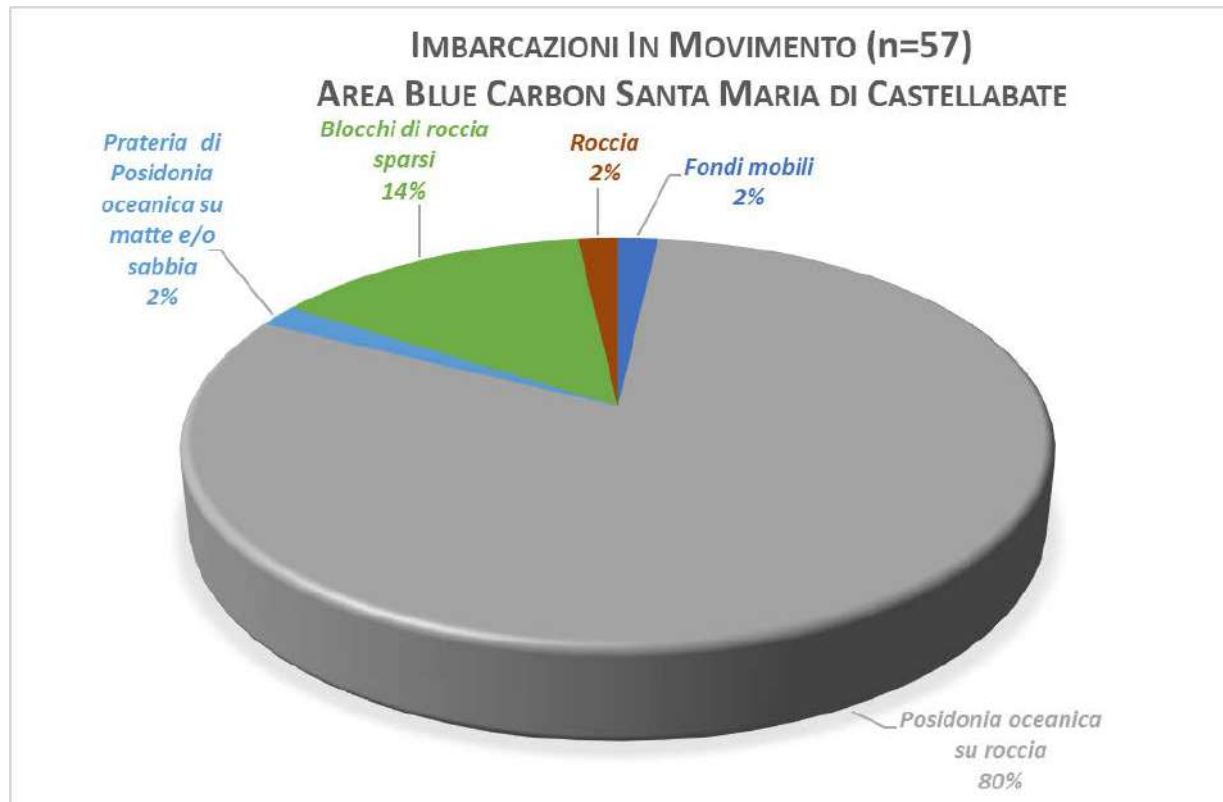


Figura 74-Percentuali di imbarcazioni in movimento sui differenti fondali (area *Blue Carbon* dell'AMP di Santa Maria di Castellabate). I dati si riferiscono al numero di imbarcazioni presenti al passaggio del satellite Sentinel-2 (22 e 27 luglio 2019, 11 e 21 agosto 2019 alle ore 9:50).

Censimento imbarcazioni: Parco Nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni-AMP Costa degli Infreschi e della Masseta

Relativamente all'AMP Costa degli Infreschi e della Masseta, la densità delle imbarcazioni rilevate al passaggio del satellite Sentinel-2 nelle giornate del 6, 16, 21 e 31 agosto 2019 è mostrata nella Figura 75. Le aree maggiormente interessate dalla presenza di natanti sono la zona tra Punta Spinosa e Punta Penale, il tratto di costa che va da Cala del Marcellino a Cala Mariola, Cala degli Infreschi, Cala Bianca e Cala Monte di Luna. Nella Figura 76 viene rappresentata la densità di natanti all'interno dell'area *Blue Carbon*: come già precedentemente accennato le zone soggette a maggior traffico di imbarcazioni sono Cala degli Infreschi e Cala Bianca. Nella Figura 77 viene mostrato il numero delle imbarcazioni, suddivise tra ancorate e in movimento, all'interno della stessa area. Andando ad analizzare le percentuali di imbarcazioni ancorate (n=517) e in movimento (n=150) sui differenti substrati dell'AMP, dai grafici riportati nelle Figure 78 e 79 si può notare che il 75% dei natanti presenti nell'AMP si trova ancorato su substrati caratterizzati da presenza di *Posidonia oceanica*, mentre nell'area *Blue Carbon* la percentuale sale a 84%.

Nelle Figure 80 e 81 vengono riportate le percentuali relative alle imbarcazioni in movimento: all'interno dell'AMP (n=99) e della sua area *Blue Carbon* (n=27) rispettivamente il 25% e il 63% navigava su fondali caratterizzati dalla presenza di *P. oceanica*.

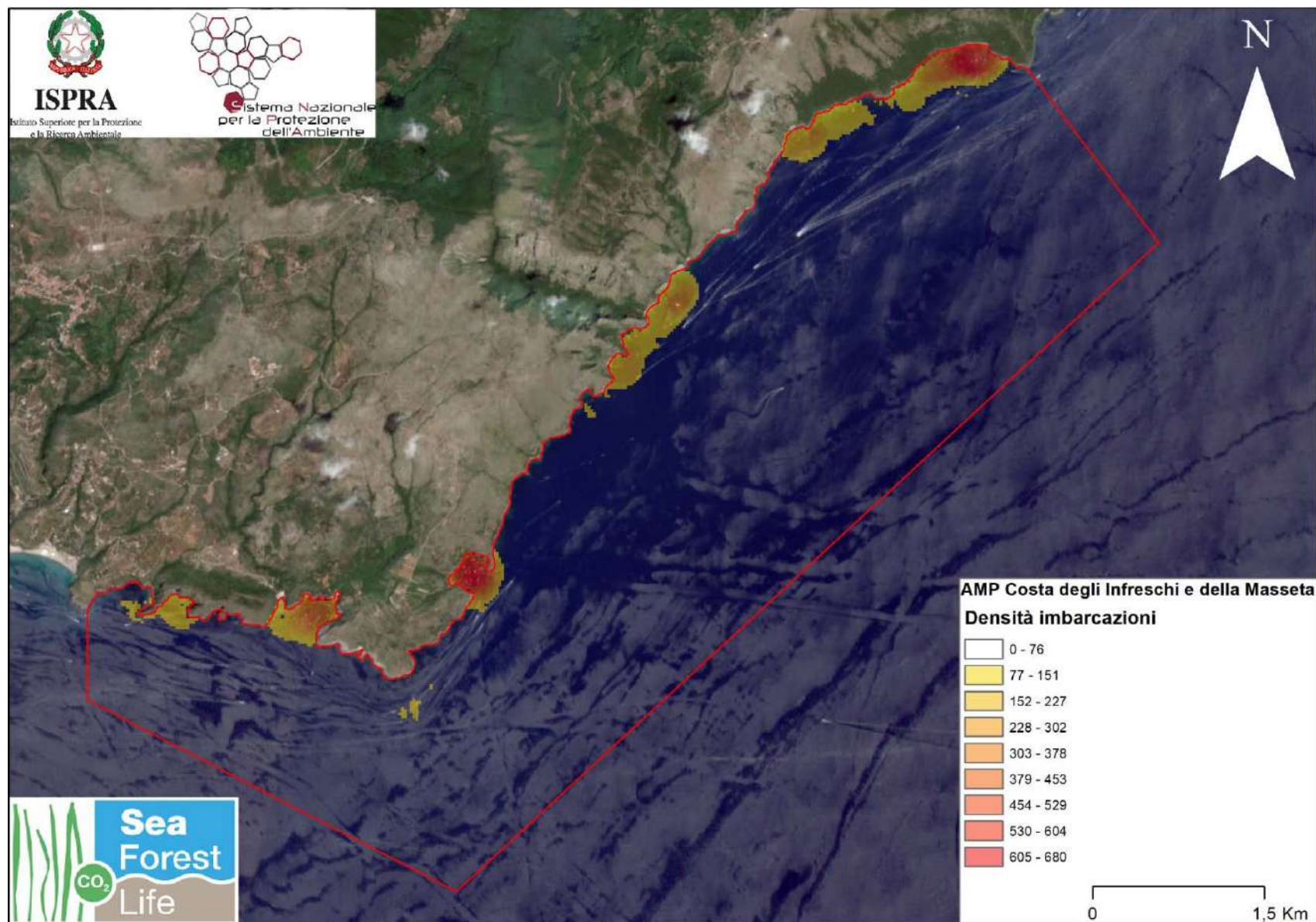


Figura 75 - Densità delle imbarcazioni (sia ancorate che in movimento) nell'AMP Costa degli Infreschi e della Masseta. I dati si riferiscono al numero di imbarcazioni presenti al passaggio del satellite Sentinel-2 (6, 16, 21 e 31 agosto 2019 alle ore 9:50).

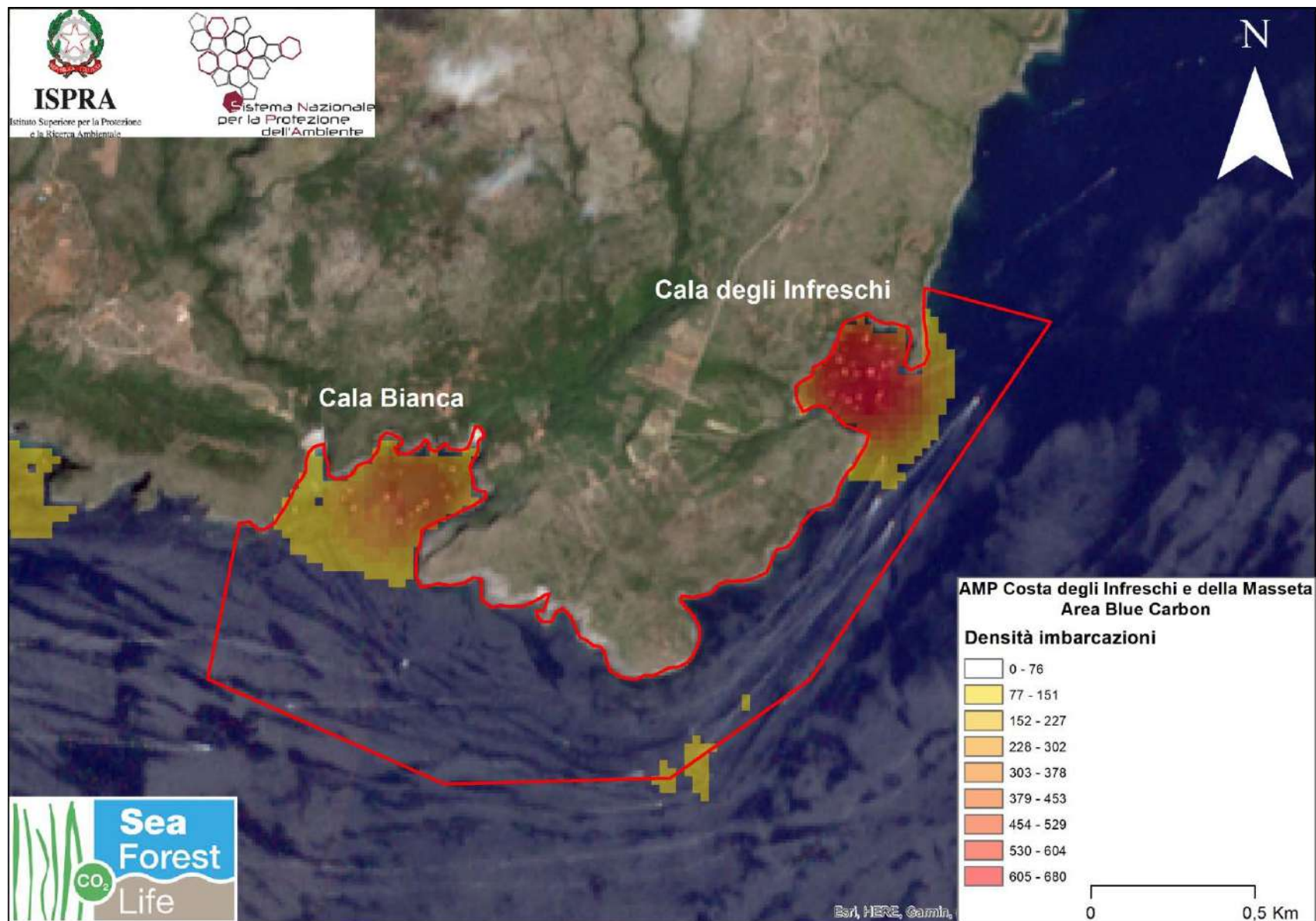


Figura 76 - Densità delle imbarcazioni (sia ancorate che in movimento) nell'area *Blue Carbon* identificata all'interno dell'AMP Costa degli Infreschi e della Masseta. I dati si riferiscono al numero di imbarcazioni presenti al passaggio del satellite Sentinel-2 (6, 16, 21 e 31 agosto 2019 alle ore 9:50).

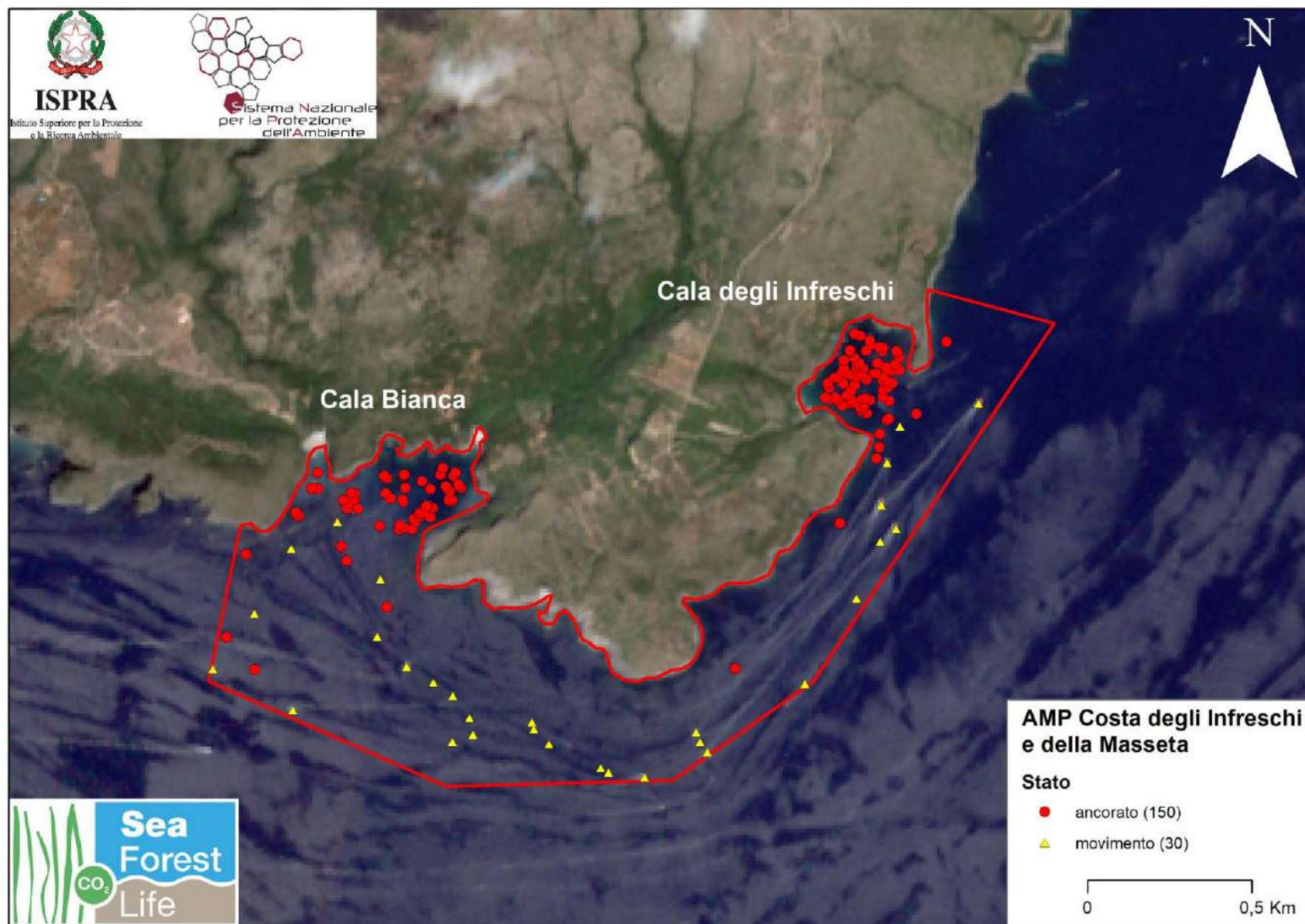


Figura 77 - Imbarcazioni presenti (sia ancorate che in movimento) nell'area *Blue Carbon* identificata all'interno dell'AMP Costa degli Infreschi e della Masseta. I dati si riferiscono al numero di imbarcazioni presenti al passaggio del satellite Sentinel-2 (6, 16, 21 e 31 agosto 2019 alle ore 9:50).

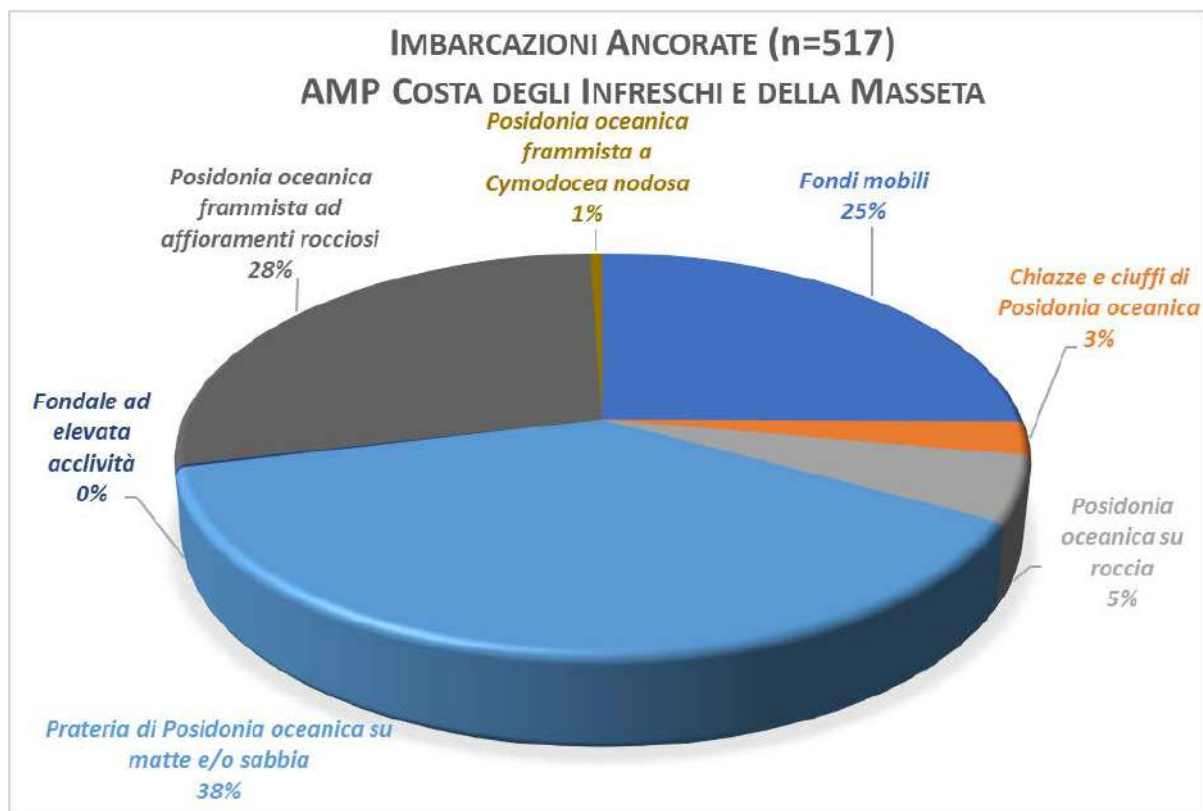


Figura 78 - Percentuali di imbarcazioni ancorate sui differenti fondali (AMP Costa degli Infreschi e della Masseta). I dati si riferiscono al numero di imbarcazioni presenti al passaggio del satellite Sentinel-2 (6, 16, 21 e 31 agosto 2019 alle ore 9:50).

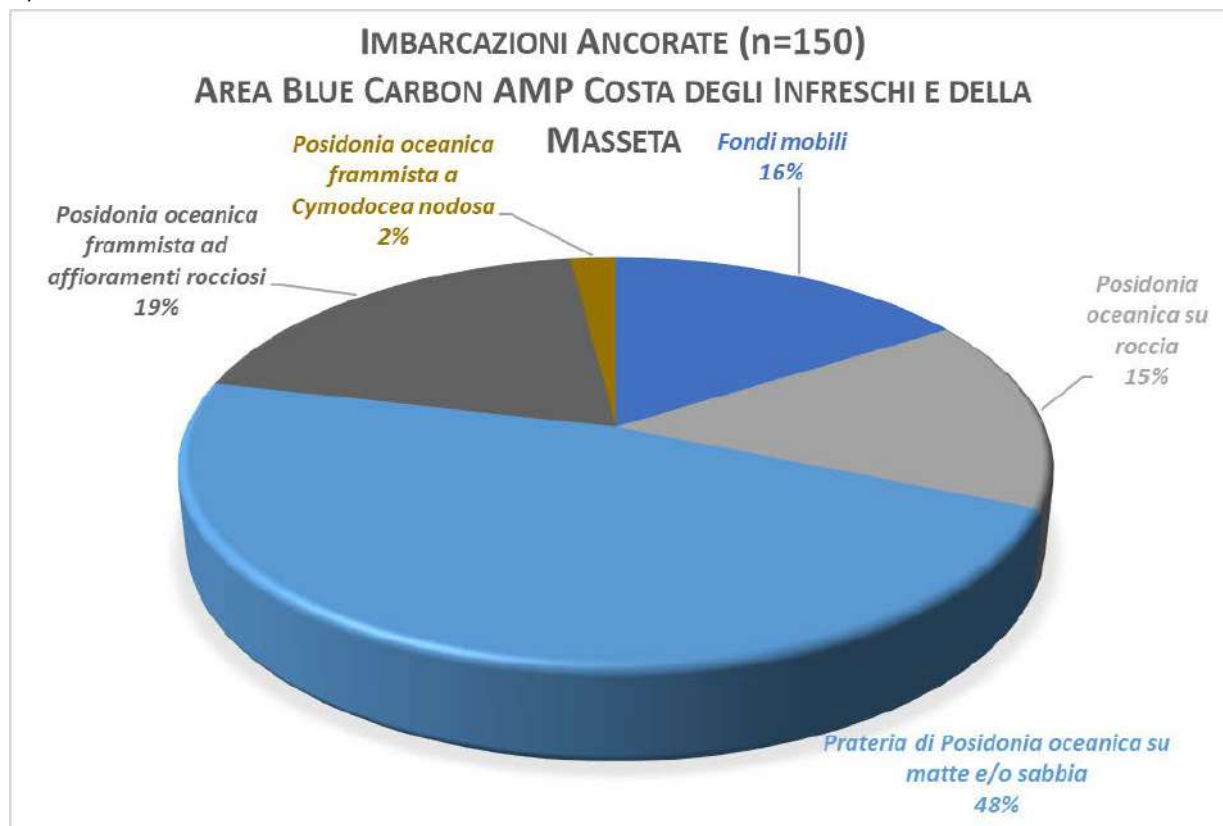


Figura 79 - Percentuali di imbarcazioni ancorate sui differenti fondali (Area *Blue Carbon* dell'AMP di Santa Maria di Castellabate). I dati si riferiscono al numero di imbarcazioni presenti al passaggio del satellite Sentinel-2 (6, 16, 21 e 31 agosto 2019 alle ore 9:50).

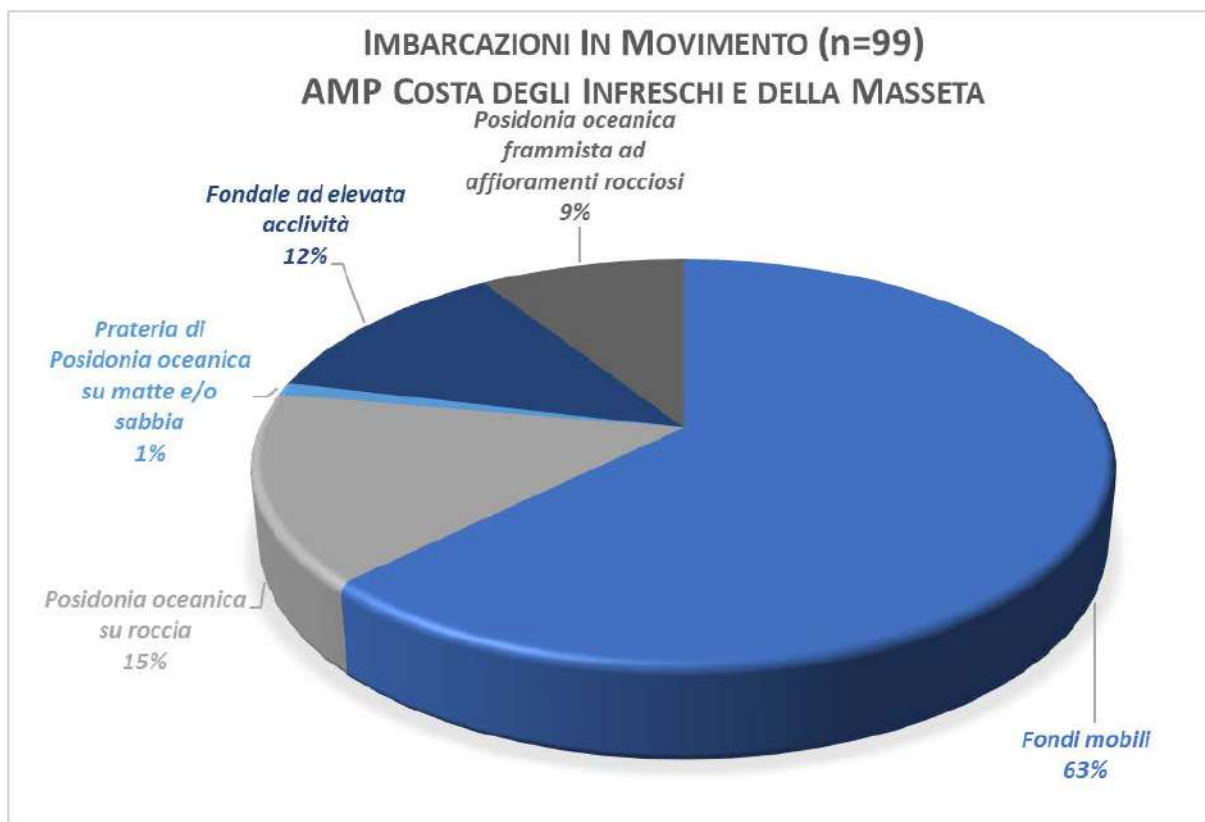


Figura 80 - Percentuali di imbarcazioni in movimento sui differenti fondali (AMP Costa degli Infreschi e della Masseta). I dati si riferiscono al numero di imbarcazioni presenti al passaggio del satellite Sentinel-2 (6, 16, 21 e 31 agosto 2019 alle ore 9:50).

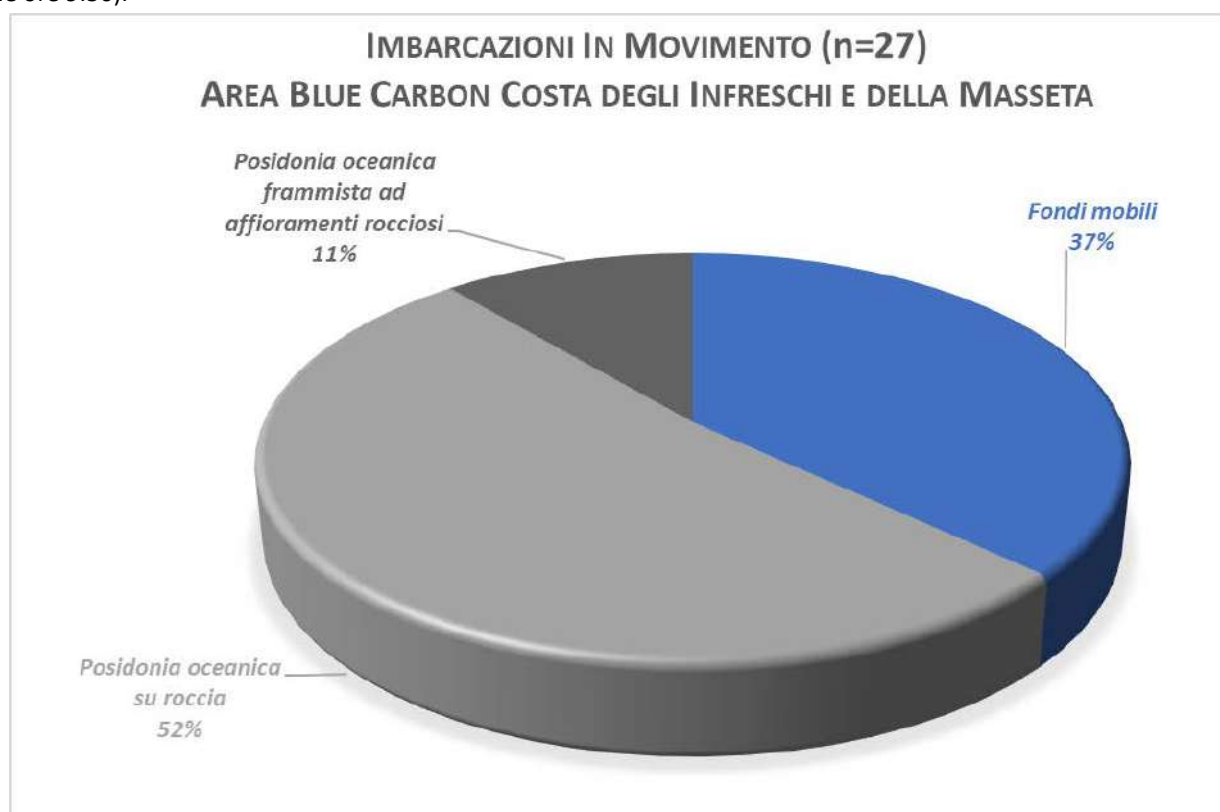


Figura 81 - Percentuali di imbarcazioni in movimento sui differenti fondali (Area *Blue Carbon* dell'AMP di Santa Maria di Castellabate). I dati si riferiscono al numero di imbarcazioni presenti al passaggio del satellite Sentinel-2 (6, 16, 21 e 31 agosto 2019 alle ore 9:50).

CONCLUSIONI

Per quanto concerne l'azione A1.1, **“Cartografia e caratterizzazione dell'habitat 1120* per le aree protette coinvolte nel progetto”** riguardo l'acquisizione di immagini satellitari e altre fonti, si conferma il raggiungimento degli obiettivi prefissati dal progetto, come evidenziato dall'intensa attività di ricerca condotta per il reperimento di dati ancillari esistenti per tutti e tre i Parchi Nazionali coinvolti nel progetto LIFE. Per quanto concerne le immagini satellitari ad alta risoluzione, quest'ultime sono state prevalentemente acquisite dal *provider* PANDA (**Planetary Data Access**: <https://panda.copernicus.eu/>), mediante sottoscrizione di un *account* ISPRA. Le immagini satellitari a media e bassa risoluzione (*Sentinel 2*) sono state ottenute principalmente dal *provider* Copernicus Open Access Hub (<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>). Tutte le immagini satellitari sono state pre-elaborate, per quanto riguarda la correzione della colonna d'acqua, dallo *Spin-off* dell'Università della Calabria *3D Research* (<http://www.3dresearch.it/it/>). Le immagini satellitari, di ognuno dei Parchi Nazionali oggetto di studio, sono state elaborate mediante fotointerpretazione, e per ognuna delle immagini satellitari abbiamo ottenuto i poligoni vettoriali aggiornati al 2018, delle coperture delle tipologie di ecomorfosi delle praterie. L'aggiornamento delle cartografie dei posidonieti è stato condotto per i seguenti Parchi Nazionali: Parco Nazionale dell'Arcipelago di La Maddalena, Parco Nazionale dell'Asinara, Parco Nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni. Le cartografie sono state aggiornate sia a livello di estensione totale del Parco e sia a livello di area *Blue Carbon*. Per quanto riguarda le variazioni delle superfici, tra le precedenti mappature e quelle aggiornate, abbiamo riscontrato una generale regressione delle praterie in tutti i Parchi Nazionali, l'unico trend positivo è stato riscontrato nell'Area Marina Protetta Costa degli Infreschi e della Masseta. Lo studio condotto riguardo il censimento delle imbarcazioni, nelle aree *Blue Carbon*, ci ha permesso di quantificare con estrema precisione il livello della pressione indotta dall'ancoraggio da diporto, che in percentuali non trascurabili viene messo in pratica spesso sulle praterie di *P. oceanica*. I *database* delle immagini satellitari e delle carte dei posidonieti, nonché di tutti i dati prodotti dei 3 Parchi Nazionali sono disponibili nella cartella di progetto condivisa *online*.

BIBLIOGRAFIA CONSULTATA

Abadie, A., Gobert, S., Bonacorsi, M., Lejeune, P., Pergent, G., Pergent-Martini, C. (2015). Marine space ecology and seagrasses. Does patch type matter in *Posidonia oceanica* seascapes? *Ecological Indicators*, **57**: 435-446.

Abadie, A., Lejeune, P., Pergent, G., Gobert, S. (2016). From mechanical to chemical impact of anchoring in seagrasses: The premises of anthropogenic patch generation in *Posidonia oceanica* meadows. *Marine Pollution Bulletin*, **109(1)**: 61-71.

Borfecchia, F., Cecco, L. De, Martini, S., Ceriola, G., Bollanos, S., Vlachopoulos, G., Valiante, L. M., Belmonte, A., Micheli, C. (2013). *Posidonia oceanica* genetic and biometry mapping through high-resolution satellite spectral vegetation indices and sea truth calibration. *International Journal of Remote Sensing*, **34**: 4680–4701.

Bosman, A., Rende, S.F., Di Giambattista, L., Di Mento, R. Applicazioni geofisiche ad alta risoluzione per l'analisi spaziale degli habitat marini (*Posidonia oceanica*). 38° Convegno Nazionale del GNGTS (12 -14 novembre 2019). Consiglio Nazionale delle Ricerche - Piazzale Aldo Moro 7, Roma.

Bruce, E. M., Eliot, I. G. and Milton D. J. (1997). Method for assessing the thematic and positional accuracy of seagrass mapping., *Marine Geodesy*, **20 (2-3)**: 175-193.

Congalton, R. and Green, K. (2008). Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices. Second Edition, CRC Press.

Dattola, L., Rende, S. F., Dominici, R., Lanera, P., Di Mento, R., Scalise, S., Cappa, P., Oranges, T., Aramini, G. (2018). Comparison of Sentinel-2 and Landsat-8 OLI satellite images vs. high spatial resolution images (MIVIS and WorldView-2) for mapping *Posidonia oceanica* meadows, Proc. SPIE 10784, Remote Sensing of the Ocean, Sea Ice, Coastal Waters, and Large Water Regions 2018, 1078419 (10 October 2018); <https://doi.org/10.1117/12.2326798>.

Dekker, A., Brando, V., Anstee, J., Fyfe, S., Malthus, T. and Karpouzli E. (2007). Remote sensing of seagrass ecosystems: use of spaceborne and airborne sensors. In *Seagrass: Biology, Ecology, and Conservation* (Springer, Dordrecht), **15**: 347–359.

Fornes, A., Basterretxea, G., Orfila, A., Jordi, A., Alvarez, A., Tintore, J. (2006). Mapping *Posidonia oceanica* from IKONOS. *The ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, **60 (5)**: 315–322.

Hossain, M. S., Bujang, J. S., Zakaria, M. H., and Hashim, M. (2015). Application of Landsat images to seagrass areal cover change analysis for Lawas, Terengganu and Kelantan of Malaysia. *Continental Shelf Research*, **110**: 124-148.

Hossain, M. S., Bujang, J. S., Zakaria, M. H., Hashim, M. (2015). The application of remote sensing to seagrass ecosystems: an overview and future research prospects. *International Journal of Remote Sensing*, **36**(1): 61-114.

Kachelriess, D., Wegmann, M., Gollock, M., Pettorelli, N. (2014). The application of remote sensing for marine protected area management. *Ecological Indicators*, **36**: 169-177.

Knudby, A. and Nordlund, L. (2011). Remote sensing of seagrasses in a patchy multi-species environment. *International Journal of Remote Sensing*, **32**: 2227–2244.

Lavery, P. S., Mateo, M. Á., Serrano, O., Rozaimi, M. (2013). Variability in the carbon storage of seagrass habitats and its implications for global estimates of Blue Carbon ecosystem service. PLoS ONE **8**(9): e73748. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0073748>.

Lyzenga, D. R. (1981). Remote sensing of bottom reflectance and water attenuation parameters in shallow water using aircraft and Landsat data. *International Journal of Remote Sensing*, **2**(1): 71-82.

Lyzenga, D.R. (1978). Passive remote sensing techniques for mapping water depth and bottom features. *Applied Optics*, **17**(3): 379-383. <https://doi.org/10.1364/AO.17.000379>.

Mappatura delle praterie di *Posidonia oceanica* e di altre fanerogame marine lungo le coste della Campania e della Calabria e delle isole minori circostanti. Ministero dell’Ambiente e della Tutela del territorio – Direzione Protezione della Natura (2003).

Mappatura delle praterie di *Posidonia oceanica* lungo le coste della Sardegna e delle isole circostanti. Ministero dell’Ambiente e della Tutela del territorio – Ispettorato Centrale per la difesa del Mare (1999).

Martelli, C. (2009). Estrazione di features con tecniche di classificazione *pixel e object-oriented*. Tesi di Laurea D.I.S.T.A.R.T. in Telerilevamento UNIBO.

Matta, E., Aiello, M., Bresciani, M., Gianinetto, M., Musanti, M. and Giardino, C. (2014). Mapping *Posidonia* Meadow from High Spatial Resolution Images in the Gulf of Oristano (Italy). IEEE, Quebec City, 5152–5155.

Montefalcone M. (2009). Ecosystem health assessment using the seagrass *Posidonia oceanica*: a review. *Ecological Indicators*, **9**: 595-604.

Montefalcone M., Lasagna R., Bianchi C.N., Morri C. (2006). Anchoring damage on *Posidonia oceanica*: meadow cover: a case study in Prelo cove (Ligurian Sea, NW Mediterranean). *Chemistry and Ecology* **22** (1): 207-217.

Moreno D., Aguilera P.A., Castro H. (2001). Assessment of the conservation status of seagrass (*Posidonia oceanica*) meadows: implications for monitoring strategy and the decision-making process. *Biological Conservation*, **102**: 325-332.

Mumby, P. J., Green, E. P., Edwards, A. J., Clark, C. D. (1999). The cost-effectiveness of remote sensing for tropical coastal resources assessment and management. *Journal of Environmental Management*, **55**: 157–166.

Nordlund, L. M., Koch, E. W., Barbier, E. B., Creed, J. C. (2016). Seagrass ecosystem services and their variability across genera and geographical regions. *PLoS One*, **11**: 1–23.

Pasqualini, V., Pergent-Martini, C., Pergent, G., Agreil, M., Skoufas, G., Sourbes, L., Tsirika, A. (2005). Use of SPOT 5 for mapping seagrasses: an application to *Posidonia oceanica*. *Remote Sensing of Environment*, **94**: 39–45.

PON – MAMPIRA (rafforzamento del sistema di prevenzione dei reati ambientali perpetrati ai danni delle Aree Marine Protette (AMP)).

Rende, F.S., Irving, A.D., Lagudi A.; Bruno, F., Scalise, S.; Cappa, P., Montefalcone, M., Bacci, T., Penna, M., Trabucco, B., Di Mento, R., Cicero, A.M. (2015). Pilot application of 3D underwater imaging techniques for mapping *Posidonia oceanica* (L.) Delile meadows. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, **XL-5/W5**: 177-181.

Rende, S.F., Irving, A. D., Bacci, T., Parlagreco, L., Bruno, F., De Filippo, F., Montefalcone, M., Penna, M., Trabucco, B., Di Mento, R., Cicero, A.M. (2015). Advances in micro-cartography: a two-dimensional photo mosaicing technique for seagrass monitoring. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **167**: 475-486.

Sani, D. A. & Hashim, M. (2018). A preliminary work on Blue Carbon stock mapping in mangrove habitat using satellite-based approach. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, IOP Publishing, 012078.

Short, F. T., & Coles, R. G. (Eds.) (2001). *Global seagrass research methods*. Elsevier.

Topouzelis, K., Charalampis Spondylidis, S., Papakonstantinou, A., Soulakellis, N. (2016). The use of Sentinel-2 imagery for seagrass mapping: Kalloni Gulf (Lesvos Island-Greece) case study. Proceedings Volume 9688, Fourth International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy2016); 96881F. <https://doi.org/10.1117/12.2242887>.

Traganos, D. & Reinartz, P. (2017). Mapping Mediterranean seagrasses with Sentinel-2 imagery. *Marine Pollution Bulletin*, **134**: 197-209. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.06.075>.

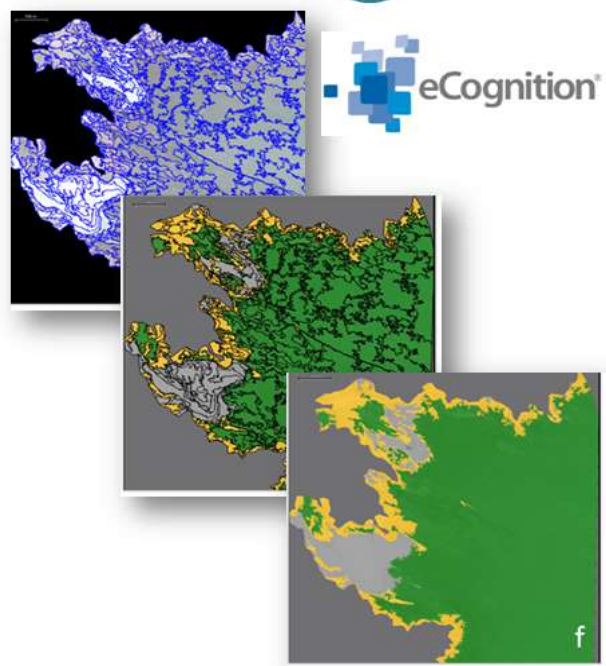
Allegato 1

Protocollo metodologico per la cartografia e la caratterizzazione dell'habitat 1120* *Posidonia oceanica* Blue Carbon.

Nel presente allegato viene rappresentato il *work flow* sviluppato riguardo l'aggiornamento delle mappature delle praterie di *Posidonia oceanica* nei Parchi Nazionali oggetto di studio (Figura 1). La fase preparatoria del *work flow* prevede l'impiego del *software* *eCognition* e *ArcMap 10.3* al fine di produrre le cartografie aggiornate delle praterie di *P. oceanica*. Il passaggio successivo prevede la trasformazione dei dati vettoriali delle mappature, in dato *raster*, secondo lo standard dati richiesto dal modello *Coastal Blue Carbon* presente nel *software* *INVEST Natural Capital* http://releases.naturalcapitalproject.org/invest-userguide/latest/coastal_blue_carbon.html (Figura 1). La valutazione degli impatti diretti sulle praterie, ad opera dell'ancoraggio delle imbarcazioni da diporto, verrà condotto mediante i rilievi *in situ*. Per la valutazione degli impatti sulle praterie di *P. oceanica* si terrà conto del numero e delle dimensioni delle imbarcazioni (Tabella 1), e delle superfici e del numero delle *intermattes* antropiche. La scala di valutazione dell'impatto verrà condotto secondo le indicazioni riportate nella Tabella 2 (Abadie *et al.*, 2016).

Mappatura praterie

1



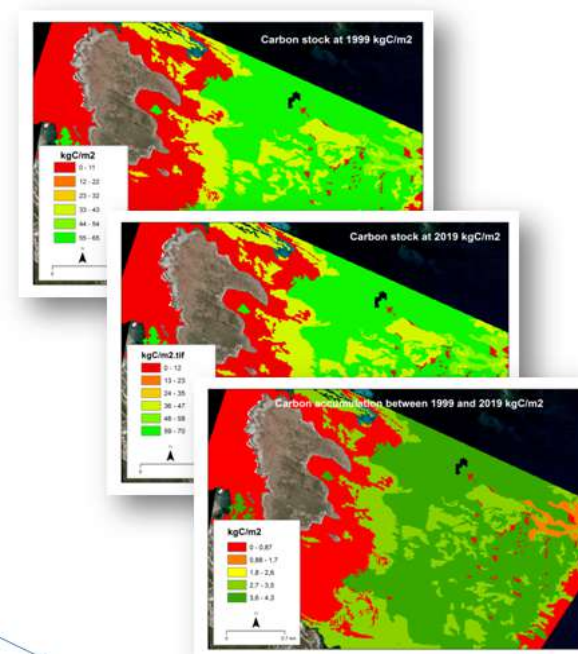
Modello INVEST

2



Dati Output modello INVEST

3



Parametri modello INVEST

lulc-class	biomass_stock	soil_stock	litter_stock	biomass_half-life	biomass-yearly-accumulation	soil_half-life	soil-yearly-accumulation
Posidonia degradata-matte morta	0.0000062	0.0019612	0.00000835	0.273972603	0.000002461	1	0.000000156
Posidonia su matte-sabbia	0.000010464	0.0019612	0.000003748	0.273972603	0.000007185	1	0.000000778
Posidonia su roccia	0.000014675	0.0014497	0.000003748	0.273972603	0.000004526	1	0.000000778

Figura 1– 1) Workflow del processo di elaborazione delle immagini e satellitari mediante il software Trimble eCognition; 2) calcolo degli stock di carbonio mediante il modello Invest Natural Capital Project; 3) Mappe finali sugli stock di carbonio prodotti con il modello Invest.

Map Anchoring Index (MAI)

Abadie *et al.*, 2016

$$MAI = (Stato \times peso \text{ SIA} / Stotale + Stato \times peso \text{ NIA} + \sum Stato \times peso \text{ Nnav}) / 45$$

SIA: superficie delle *intermattes* antropiche (m²);

Stotale: superficie totale del prato di *P. oceanica* nella zona di studio (m²);

NIA: numero delle *intermattes* antropiche;

Nnav: numero medio di imbarcazioni al giorno nell'area di studio durante il periodo estivo (luglio/agosto);

Stato dei parametri che compongono l'indice MAI in base al loro valore. Il valore tra parentesi rappresenta il peso assegnato a ciascuna metrica.

Tabella 1 –Tabella di calcolo per la valutazione dell’impatto dell’ancoraggio sulle praterie di *P.oceanica*

		Pressione ancoraggio (N _{nav})				Stato
S _{IA} / S _{totale} (2)	NIA (3)	< 10 m (1)	10-20 m (2)	21-200 m (3)	> 200 m (4)	
> 0.2	> 50	> 10	> 8	> 5	> 2	3
0.1-0.2	26-50	5-10	2-8	1-5	2	2
< 0.1	0-25	< 5	2	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0

Indice di ancoraggio della mappa (MAI). Griglia di interpretazione del valore per determinare l'impatto dell'ancoraggio.

Tabella 2 –Scala numerica di riferimento per la valutazione dell’impatto dell’ancoraggio sulle praterie di *P. oceanica*.

Descrizione	Valore	Codice Colore
Impatto dell'ancoraggio nullo	0	Bleu
Impatto dell'ancoraggio basso	0-0.250	Verde
Impatto dell'ancoraggio moderato	0.251-0.500	Giallo
Impatto dell'ancoraggio forte	0.501-0.750	Arancione
Impatto dell'ancoraggio molto forte	0.751-1	Rosso

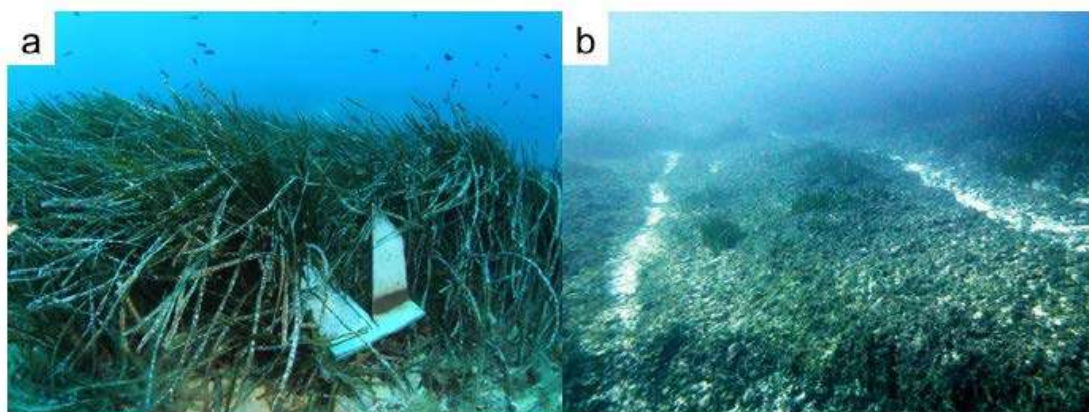


Figura 2 – Esempio di impatto dell'ancoraggio sulle praterie di *P.oceanica*.

Integrazione dell'indice MAI nel modello INVEST-CBC

Schema di applicazione del modello INVEST-CBC al progetto Sea- Forest Life. In figura emerge come l'obiettivo finale è quello di quantificare la diminuzione di CO₂ (anche a livello monetario) dovuta alla realizzazione di campi boe (opere di mitigazione) nelle aree di progetto.



Figura 3 – Esempio del modello Invest per il calcolo del *Blue Carbon* prodotto dalle praterie di *P. oceanica*.

In una prima fase si cercherà di trovare il miglior *setting* dei parametri del modello utilizzando l'indice MAI che riflette perfettamente i livelli di disturbo presenti nel modello INVEST-CBC. In questa ottica è superfluo inserire la categoria molto forte in quanto il modello prevede 3 tipologie di disturbo (*low*, *medium* e *high*) ed ovviamente zone in cui non si verifica il disturbo. Una volta definito il settaggio delle variabili, possiamo effettuare dei *runs* di previsione simulando lo scenario "con mitigazioni" (e quindi eliminando o attenuando il disturbo) e quello "senza mitigazioni" (utilizzando i valori dei livelli di disturbo della fase precedente). La differenza tra i risultati dei due *runs* in termini di emissione di CO₂ indicherà l'efficacia della misura di mitigazione utilizzata nelle aree di progetto.

Valutazione dello stato di conservazione dei posidonieti nelle aree *Blue Carbon*

L'Indice di Conservazione (CI) di Moreno *et al.* (2001) è stato il primo indice sintetico applicato ad una prateria di *P. oceanica*. Il CI fornisce una misura della quantità di matte morta presente all'interno di una prateria ed è un buon indicatore delle perturbazioni di origine antropica in atto su di una prateria, rappresentando quindi un utile strumento di indagine per valutare lo stato di conservazione di una prateria (Montefalcone, 2009).

L'indice di Conservazione (CI) (Moreno *et al.*, 2001) misura l'abbondanza relativa di matte morta rispetto a Posidonia viva e viene calcolato mediante la formula

$$CI = P / (P + D)$$

dove P è la percentuale di ricoprimento del fondo con Posidonia viva mentre D è la percentuale di ricoprimento del fondo con matte morta. I valori medi di CI ottenuti per ciascuna stazione si possono classificare mediante l'impiego della scala assoluta recentemente proposta da Montefalcone (2009) che prevede 5 livelli di qualità per classificare lo stato delle praterie (Tabella 3).

Tabella 3 –Scala numerica di riferimento per la valutazione dello stato di conservazione delle praterie di *P. oceanica* (Moreno *et al.*, 2001).

Valore Indice Conservazione	Stato conservazione praterie <i>P.oceanica</i>
CI ≥ 0,9	elevato stato di conservazione
0,7 < CI < 0,9 escluso	buono stato di conservazione
0,5 < CI < 0,7 escluso	moderato stato di conservazione
0,3 < CI < 0,5 escluso	cattivo stato di conservazione
CI < 0,3	pessimo stato di conservazione

Bibliografia

- Abadie, A., Lejeune, P., Pergent, G., Gobert, S. (2016). From mechanical to chemical impact of anchoring in seagrasses: The premises of anthropogenic patch generation in *Posidonia oceanica* meadows. *Marine pollution bulletin*, **109**(1): 61-71.
- Montefalcone M. (2009). Ecosystem health assessment using the seagrass *Posidonia oceanica*: a review. *Ecological Indicators*, **9**: 595-604.
- Moreno D., Aguilera P.A., Castro H. (2001). Assessment of the conservation status of seagrass (*Posidonia oceanica*) meadows: implications for monitoring strategy and the decision-making process. *Biological Conservation*, **102**: 325-332.

Allegato 2

Aggiornamento cartografie Parchi Nazionali

Nelle Figure 1-10 sono riportate le elaborazioni cartografiche del Parco Nazionale di La Maddalena, del Parco Nazionale dell'Asinara e per quanto riguarda il Parco Nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni, con riferimento all'AMP Santa Maria di Castellabate e all'AMP Costa degli Infreschi e della Masseta.

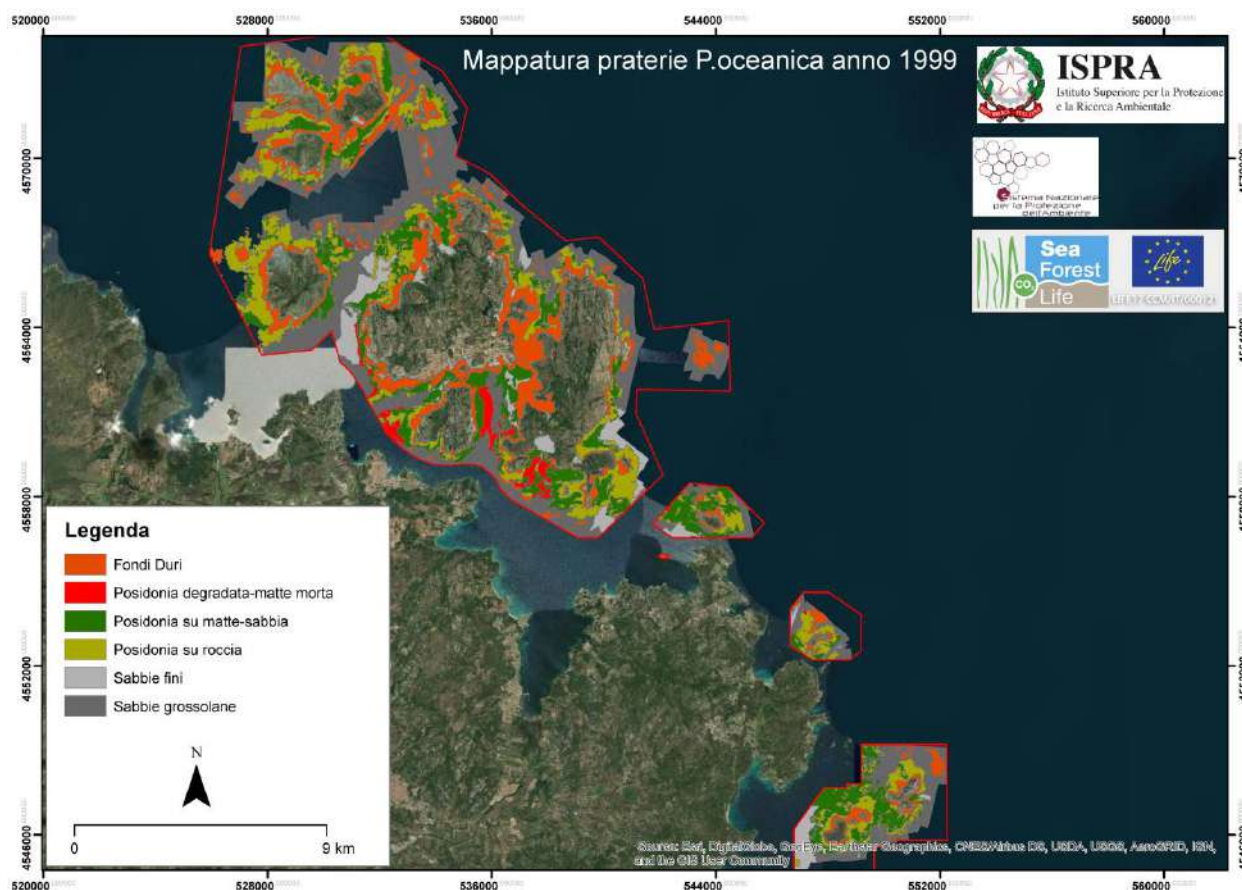


Figura 1 – Mappatura PN di La Maddalena (1999).

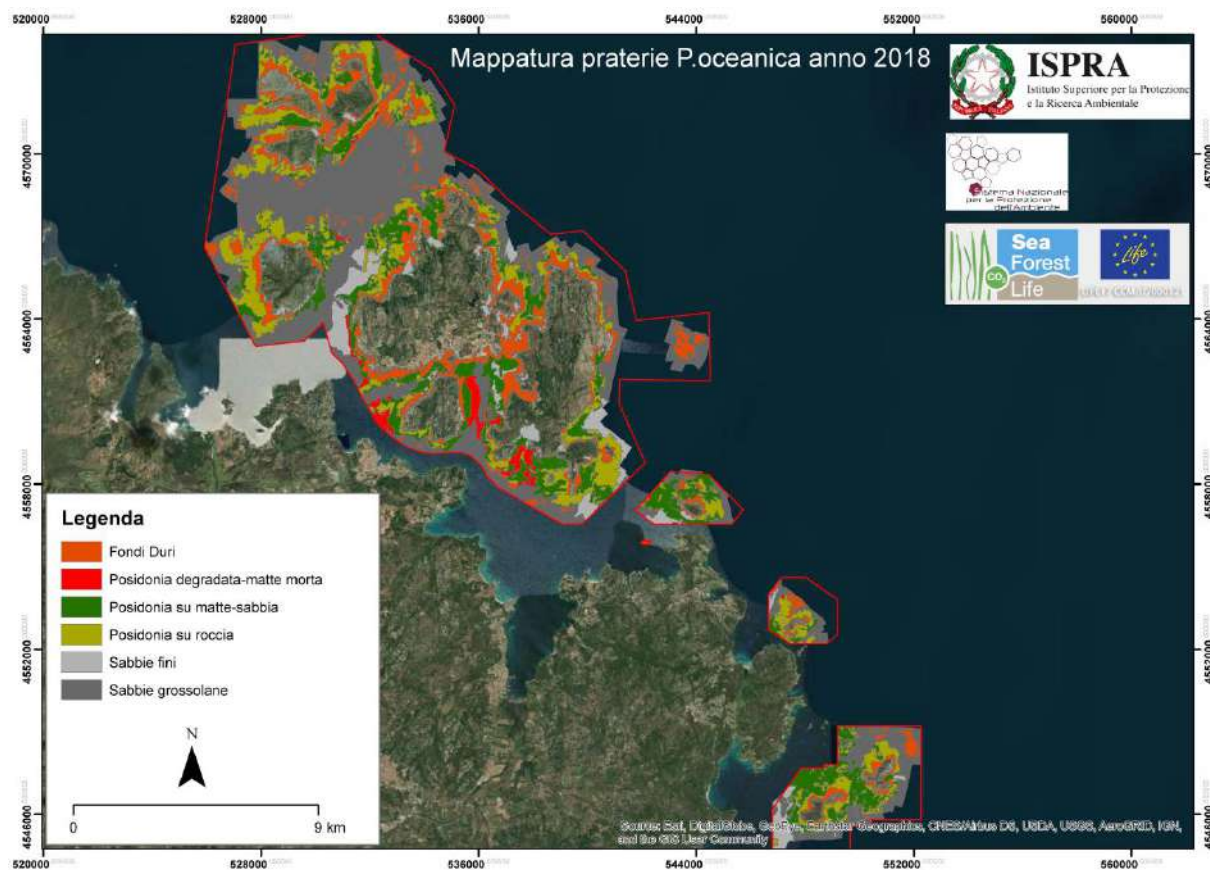


Figura 2 – Mappatura PN di La Maddalena (2018).

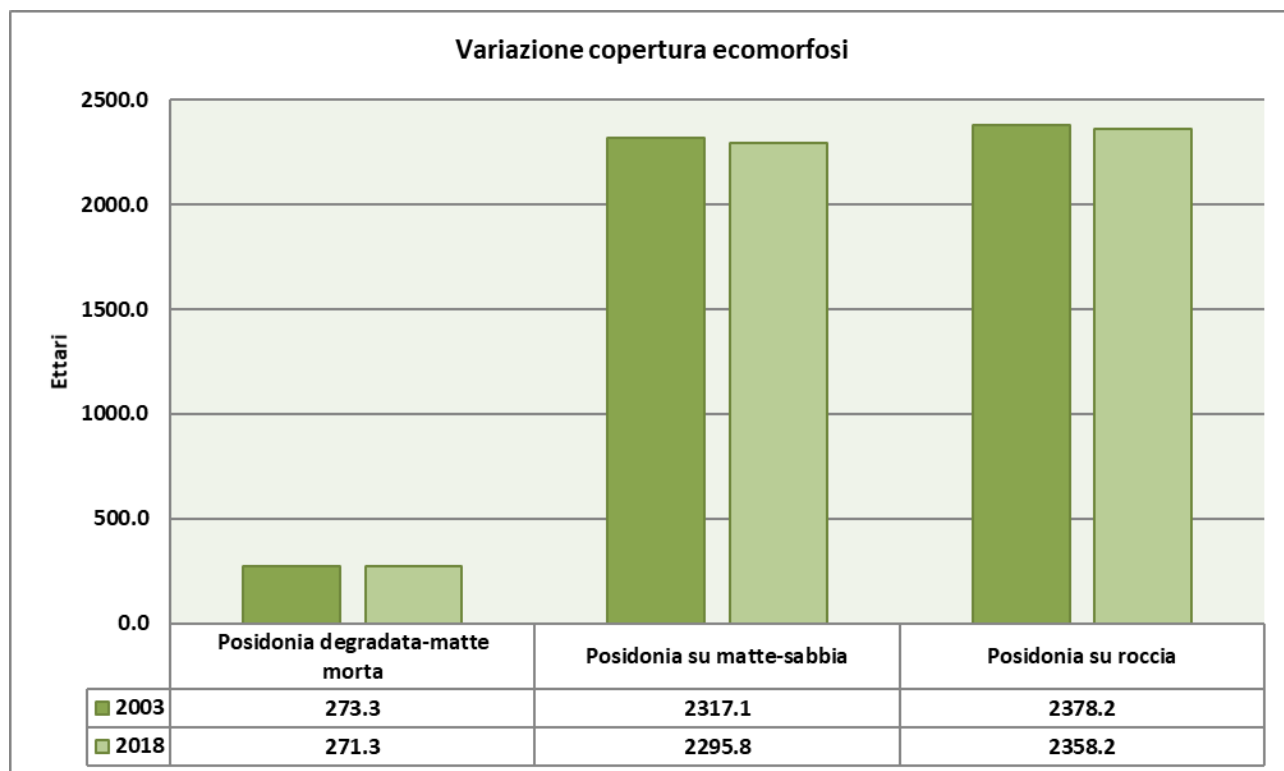


Figura 3 – Variazione della copertura delle ecomorfosi tra il 1999 e il 2019 nel PN di La Maddalena

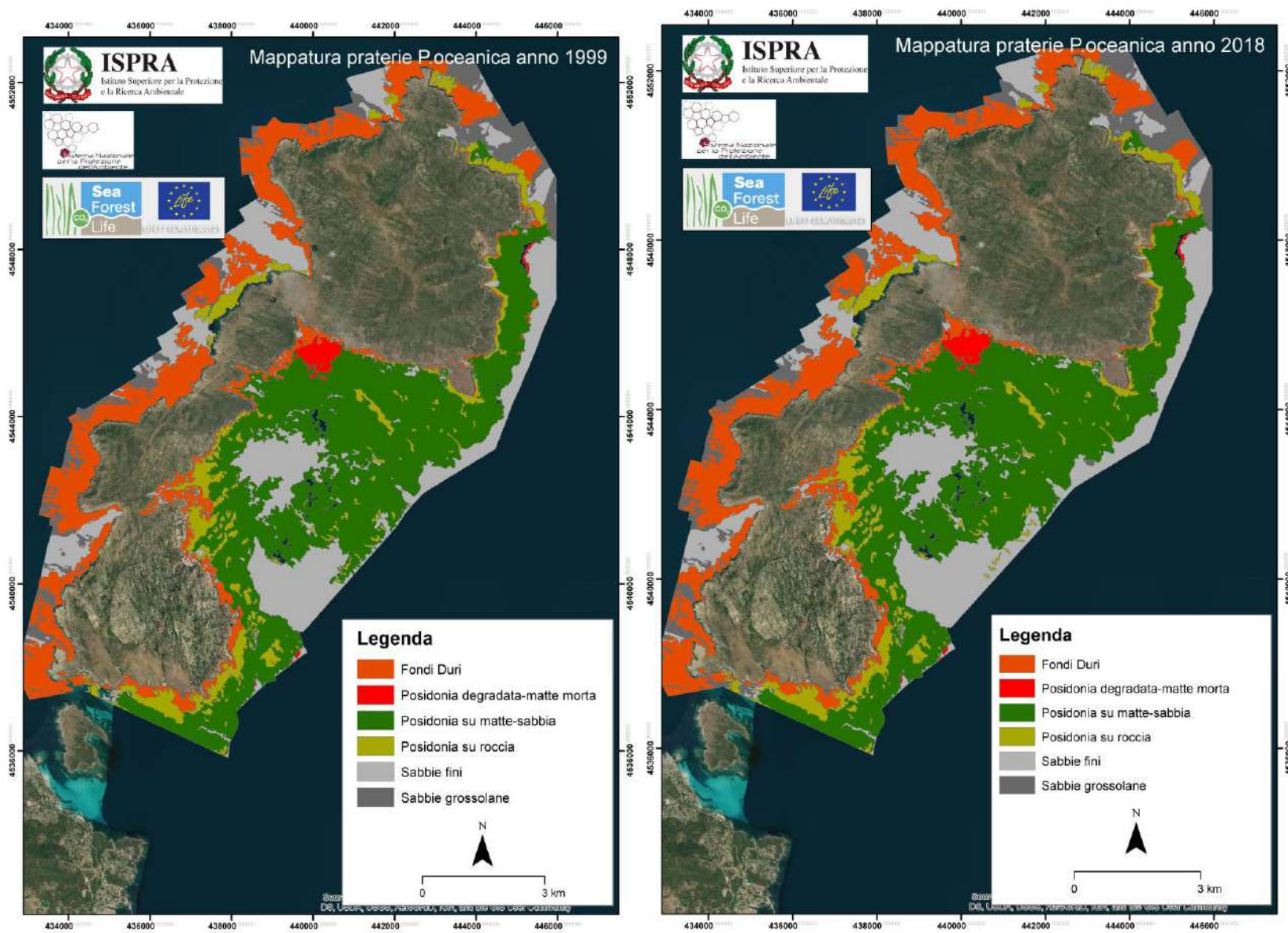


Figura 4 – Mappatura nel PN Isola dell'Asinara (1999 – 2018)

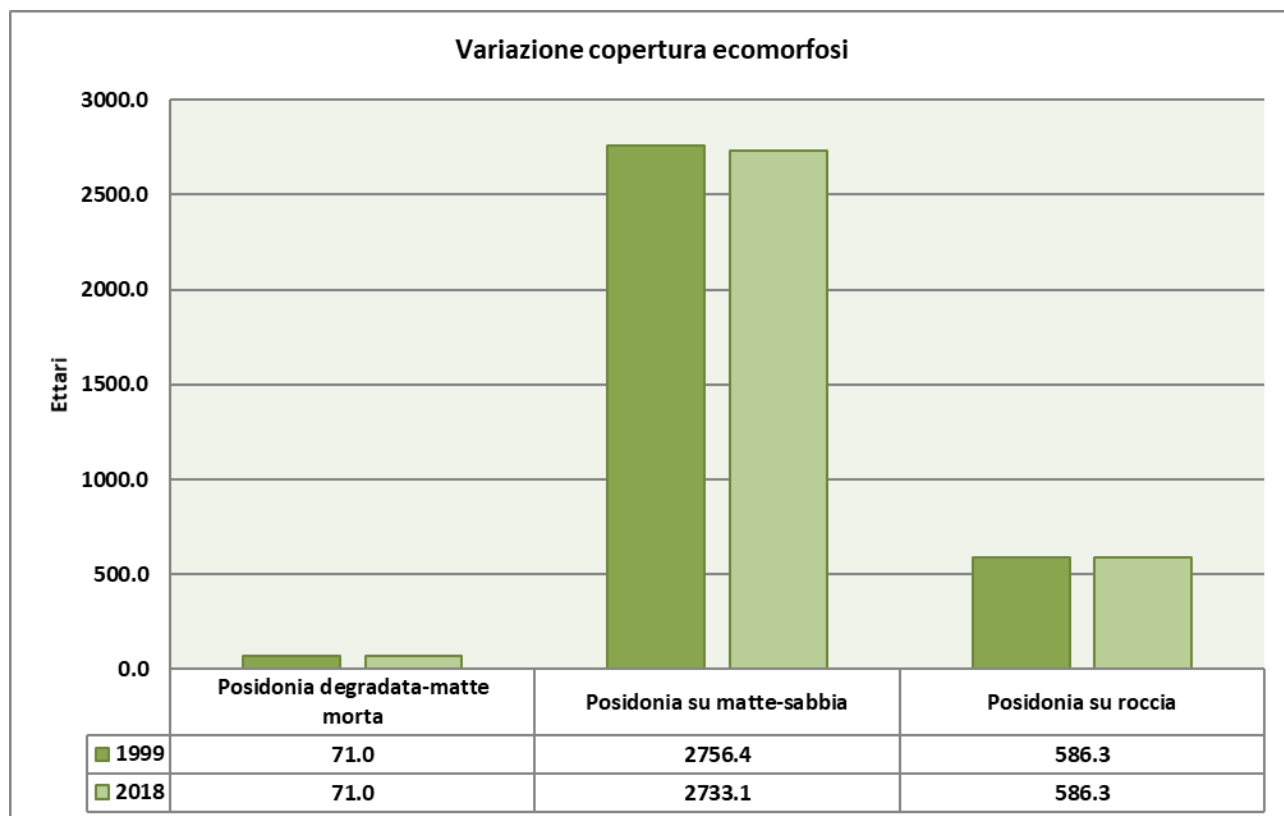


Figura 5 – Variazione della copertura delle ecomorfosi tra il 1999 e il 2019 nel PN Isola dell'Asinara (1999 – 2018).

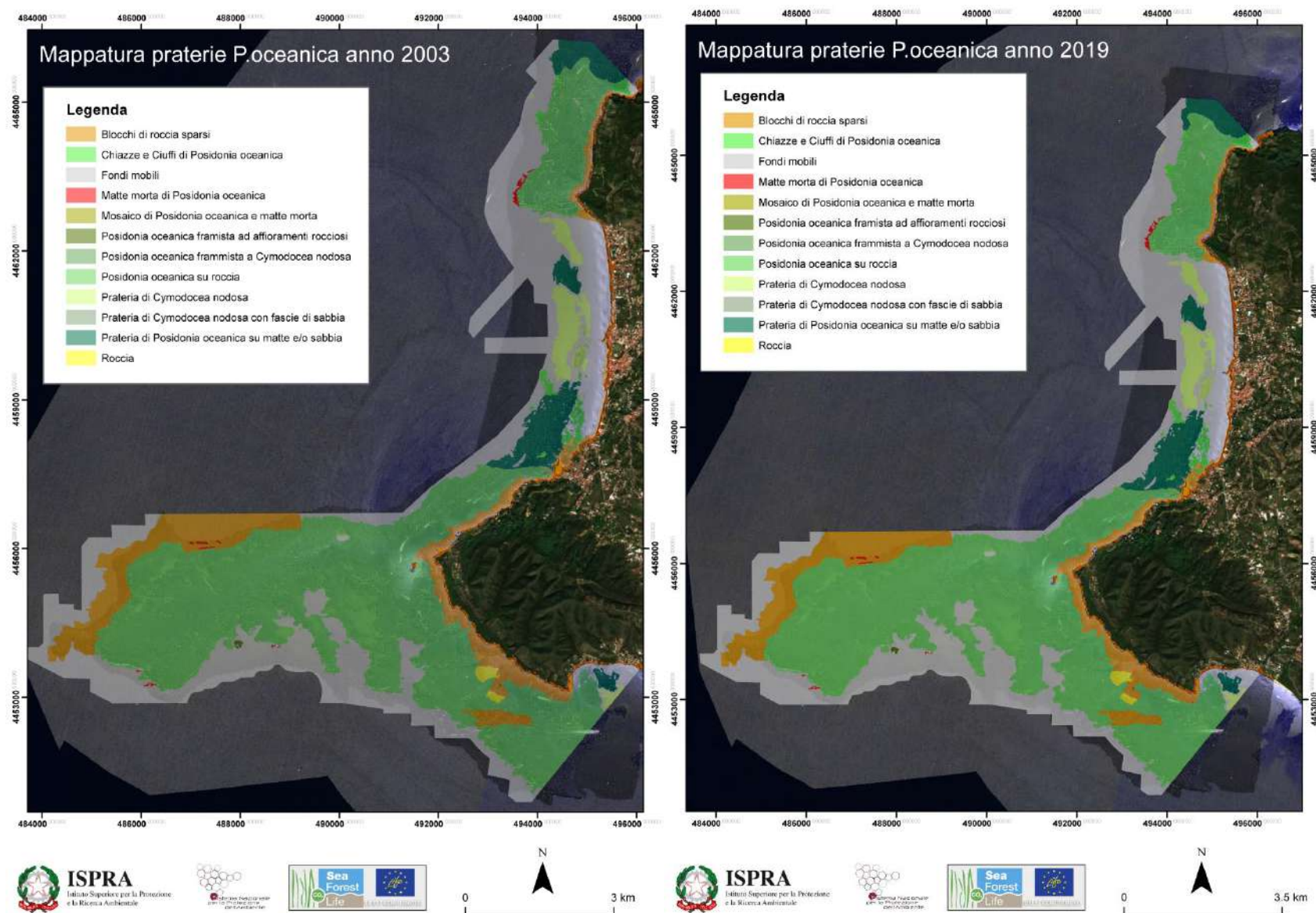


Figura 6 – Mappatura nell'AMP Santa Maria di Castellabate-PN del Cilento, Vallo di Diano e Alburni (2003 e 2019).

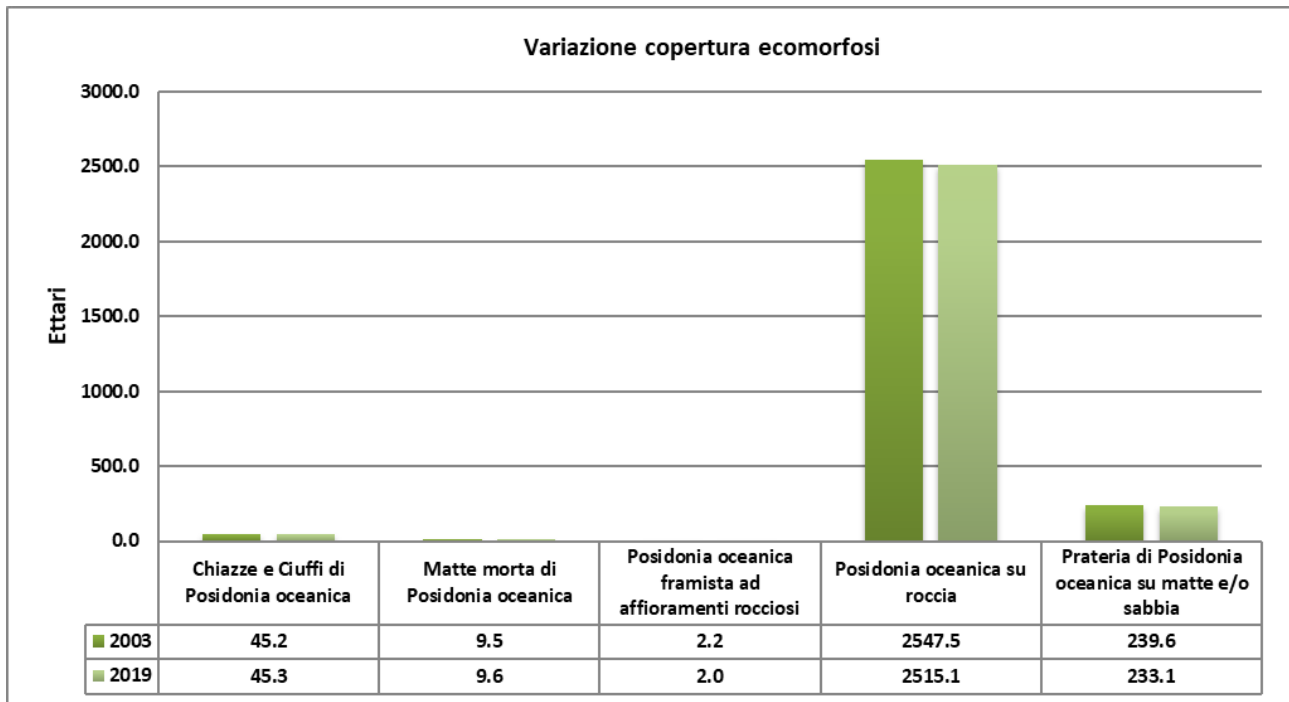


Figura 7 – Variazione della copertura delle ecomorfosi tra il 2003 e il 2019 nell’AMP Santa Maria di Castellabate-PN del Cilento, Vallo di Diano e Alburni.

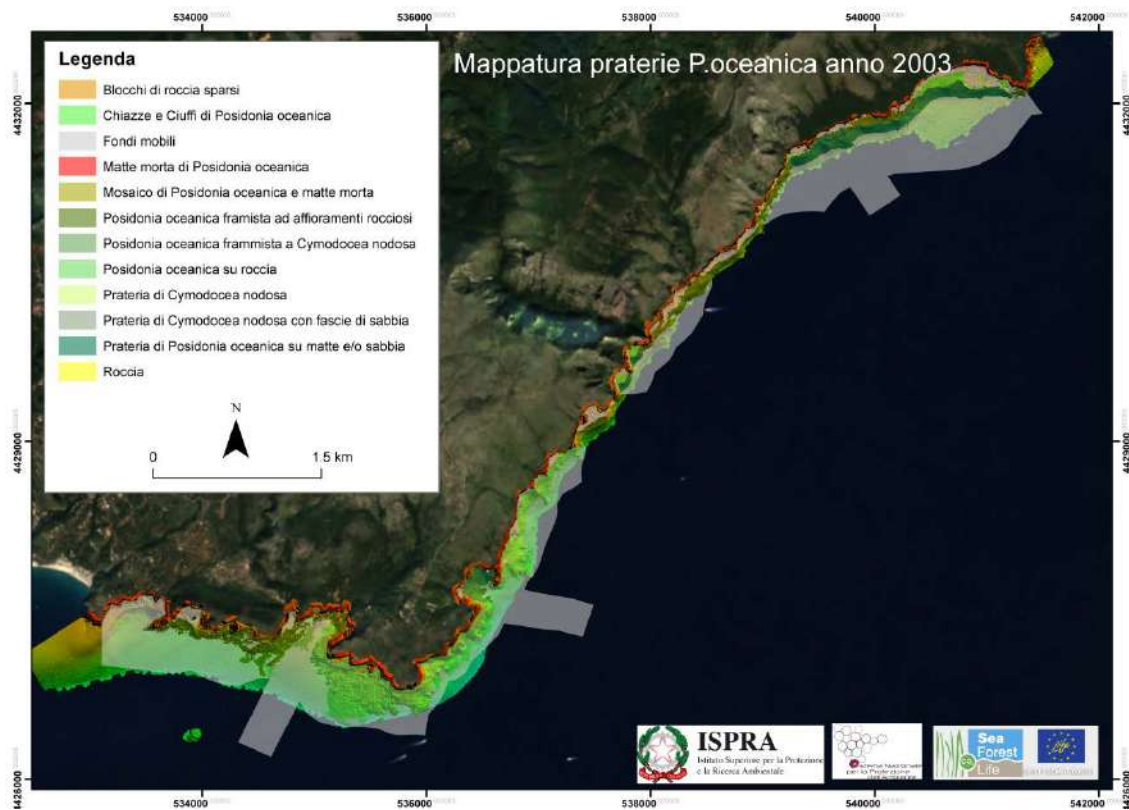


Figura 8 – Mappatura nell’AMP Costa degli Infreschi e della Masseta -PN del Cilento, Vallo di Diano e Alburni (2003).

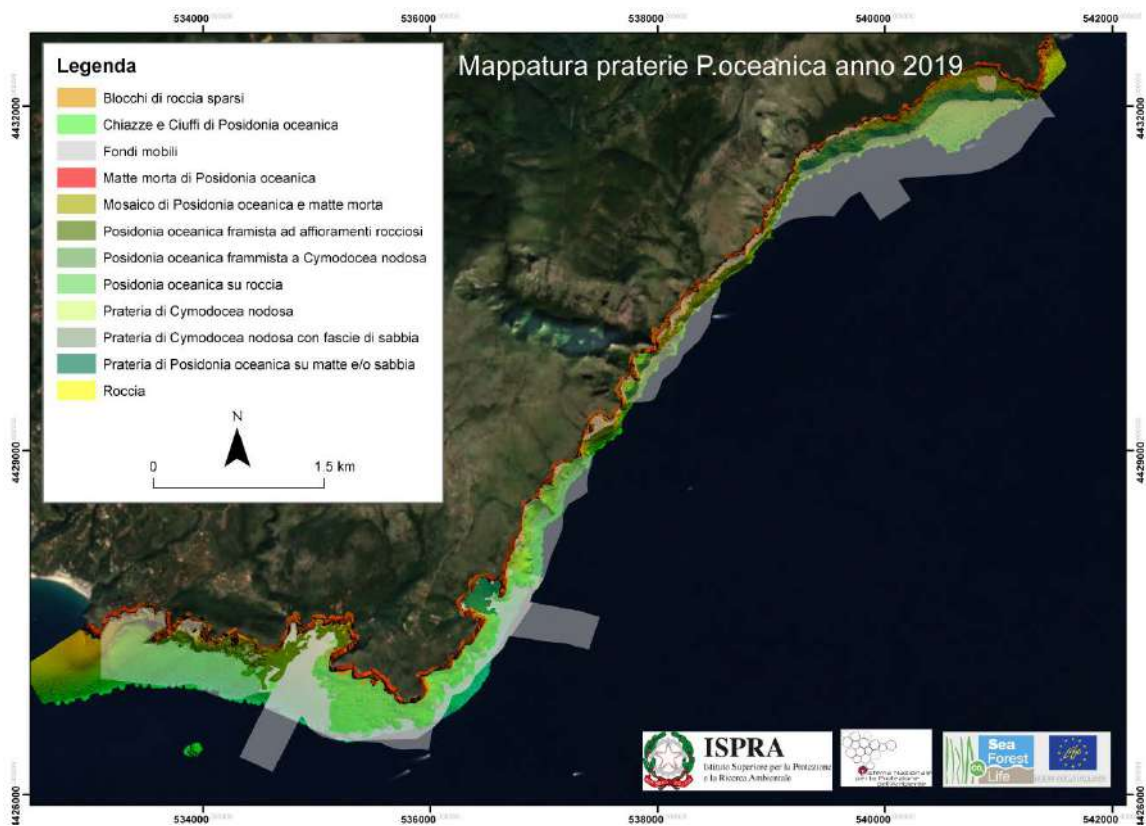


Figura 9 – Mappatura nell’AMP Costa degli Infreschi e della Masseta -PN del Cilento, Vallo di Diano e Alburni (2019).

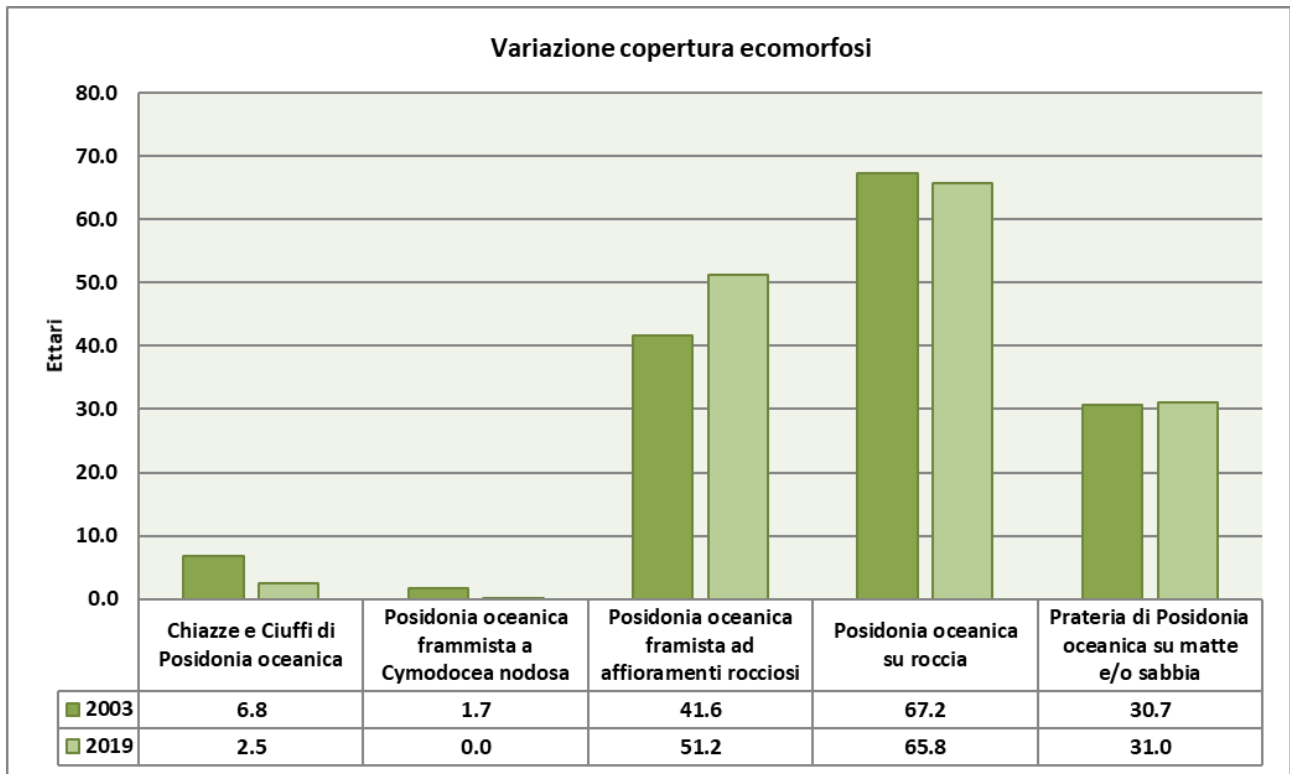


Figura 10 – Variazione della copertura delle ecomorfosi tra il 2003 e il 2019 nell' AMP Costa degli Infreschi e della Masseta.