

Impiego integrato di droni aerei e di superficie per la mappatura 2D e 3D dei limiti superiori delle praterie di *P. oceanica*

Sante Francesco Rende ^(a), Luigi Dattola ^(b), Alessandro Bosman ^(c),
Gianluca Franceschini ^(a), Fabio Bruno ^(d), Antonio Lagudi ^(d),
Rossella Di Mento ^(a), Claudia Virno Lamberti ^(a), Ornella Nonnis ^(a),
Pasquale Lanera ^(a), Simone Scalise ^(e), Piero Cappa ^(e).

^(a)ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Roma, francesco.rende@isprambiente.it, ^(b)ARPACAL - Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Calabria, ^(c)IGAG-CNR - Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria, Roma, ^(d)Università della Calabria - Dipartimento di Ingegneria Meccanica, Energetica e Gestionale (DIMEG) - Arcavacata di Rende, ^(e)Area Marina Protetta Capo Rizzuto (Crotone - Italy)

1. Introduzione

La *Posidonia oceanica* (L.) Delile rappresenta un habitat prioritario ai sensi della direttiva Europea 92/43/EEC ed è una specie caratterizzante che forma praterie molto estese, colonizzando aree costiere e non, sabbiose e rocciose da 1 metro a circa 45 metri di profondità [Abadie et al., 2018]. La specie è inserita nell'allegato II del Protocollo SPA/BIO della Convenzione di Barcellona e nell'allegato I della Convenzione di Berna. Le praterie di *P. oceanica* rappresentano, in termini di estensione e stato di qualità, un indicatore biologico di notevole importanza sia nella definizione del buono stato ambientale per la direttiva quadro sulla Strategia marina (2008/56/CE) nonché nella valutazione del buono stato ecologico per la direttiva quadro sulle Acque (2000/60/CE) Marbà et al 2013. Le praterie di *P. oceanica* sono altresì importanti in quanto limitano i processi d'erosione costiera e sequestrano e immagazzinano significative quantità di CO₂ [Fourqurean et al., 2012, Arias-Ortiz et al., 2018]. Il telerilevamento da satellite viene adoperato da anni per mappare con efficacia la distribuzione spaziale delle praterie di *P. oceanica* [Calvo et al., 1996, Pasqualini et al. 2001, Matarrese et al., 2008, Dattola et al., 2018]. Con la comparsa degli Aereomobili a Pilotaggio Remoto (APR) e dei veicoli autonomi di superficie (ASVs), quest'ultimi equipaggiati con sensori ottici multispettrali e acustici, si è aperta una nuova frontiera applicativa riguardo il monitoraggio dell'ambiente marino costiero basato sul telerilevamento di prossimità o a bassa quota, soprattutto in aree ritenute critiche (LARS, Low Altitude Remote Sensing) [Davie et al., 2008 Dunbabin et al., 2012, Makri et al., 2018, Topouzelis et al 2017]. In questo lavoro vengo

presentati i risultati preliminari ottenuti dalla sperimentazione di un Sistema Aeromobile a Pilotaggio Remoto (SAPR) e un veicolo autonomo di superficie (ASVs), entrambi impiegati per l'habitat mapping delle praterie di *P.oceanica* superficiali.

2. Metodologia

Le attività sperimentali sono state condotte in due siti d'interesse, ubicati rispettivamente a Santa Marinella (costa settentrionale laziale) e presso l'Isola di Cirella, localizzata lungo la costa tirrenica Calabra. I piani di volo e le rotte di navigazione sono state pianificate e gestite con l'ausilio dei software Pix4Dcapture, per drone aereo e QGroundControl, per il drone di superficie.

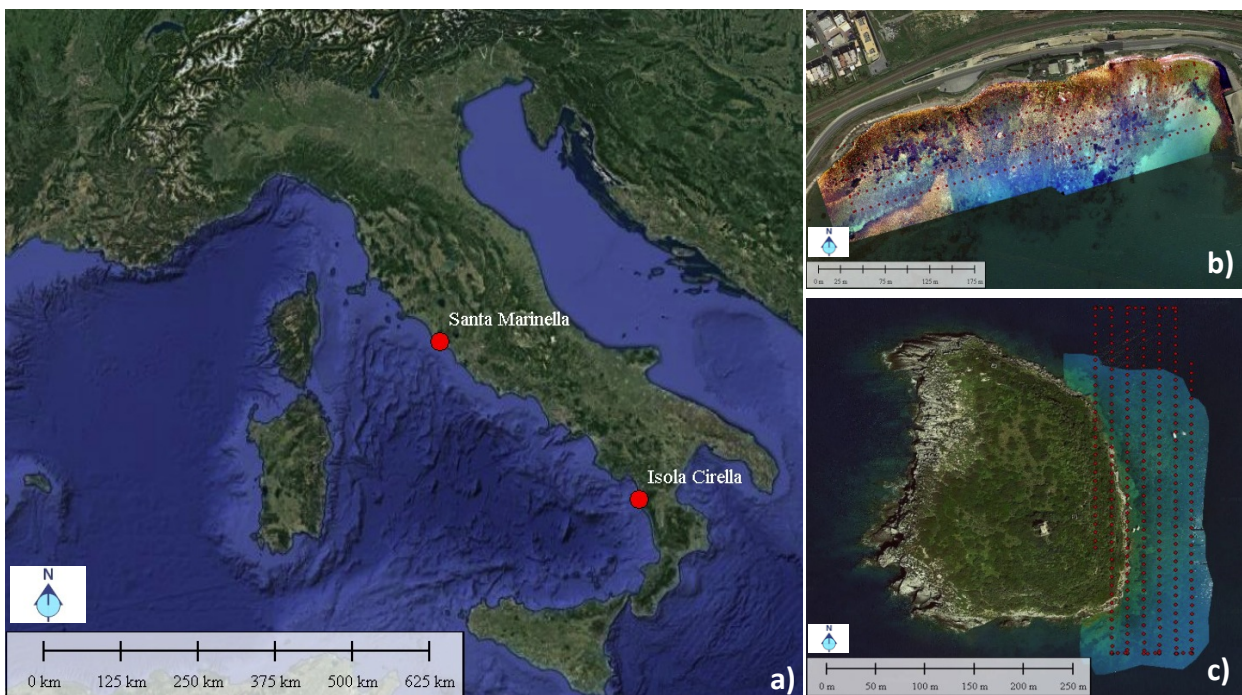


Figura 1 :a) Aree di studio. (b) Santa Marinella (Lazio), (c) Isola di Cirella (Calabria)

Per il volo aereo è stato utilizzato il quadricottero DJI Mavic PRO equipaggiato con fotocamera 4K (Figure 2c e 2d) mentre, per la piattaforma autonoma di superficie (mare), è stato utilizzato il DEVSS (Development Vehicle for Scientific Survey) equipaggiato con un sensore acustico Single Beam Biosonics MX Aquatics, un Side Scan Sonar marca Lowrance modello HDS 7 Carbon e una fotocamera GOPRO Hero 3+ Black edition (Figura 2a e 2b). Nell'ambito dello stesso rilievo è stata condotta, in via sperimentale, una mappatura speditiva delle praterie di *P.oceanica* per l'individuazione dei limiti superiori mediante l'impiego del drone aereo e di superficie, integrando le informazioni acquisite dai diversi sensori impiegati. Le immagini ottenute con il drone aereo e di superficie sono state elaborate con il software *Agisoft Photoscan Professional(v.1.4.4)* dalle quali sono stati generati ortomosaici RGB georeferenziati.

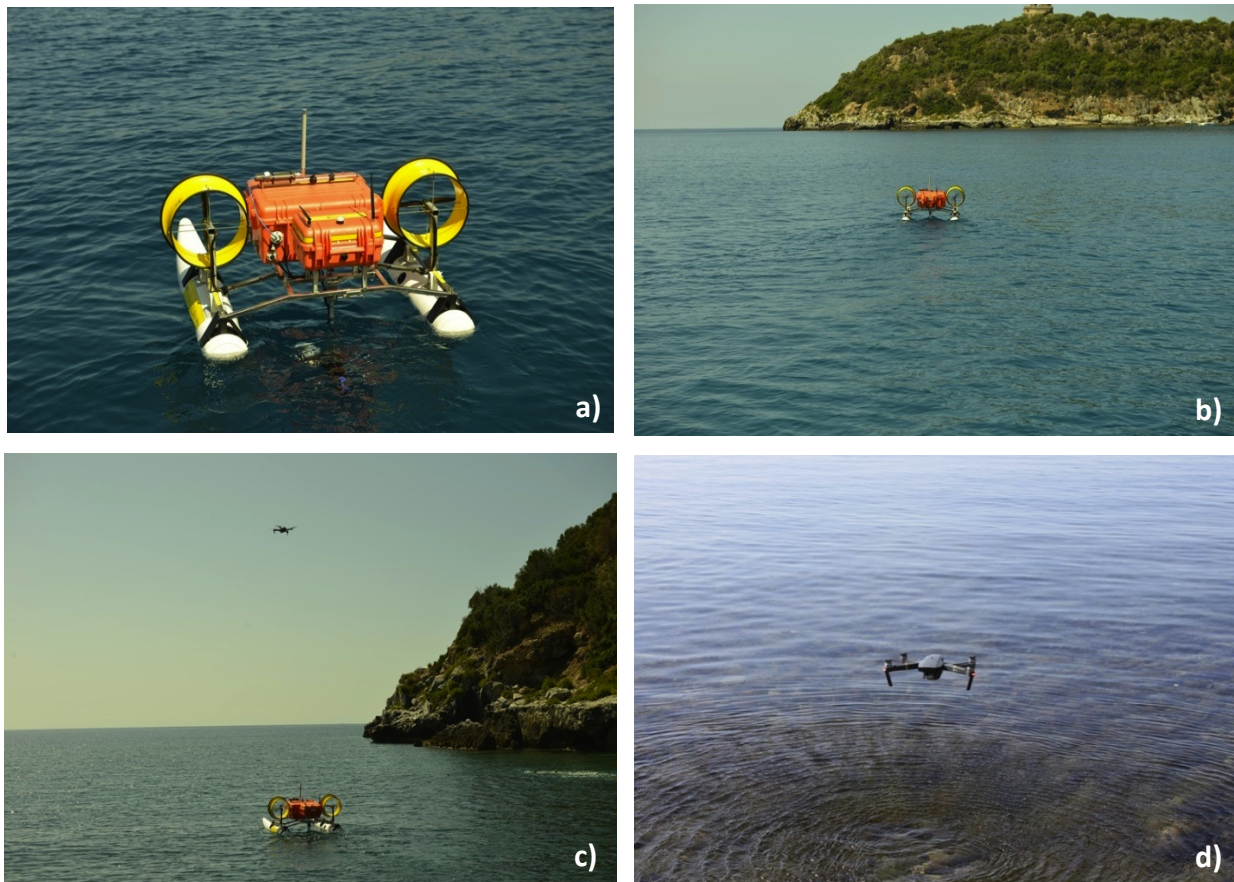


Figura 2 : Veicolo autonomo di superficie (ASVs) DEVSS, Sistema aeromobile a pilotaggio remoto (SAPR) DJI Mavic Pro.

Gli orto mosaici sono stati successivamente trattati e classificati con i software *ESRI ARCIS 10.3* e *TRIMBLE Ecognition Essential*, ottenendo una mappa tematica accurata delle eco-morfosi caratterizzanti le aree interessate da praterie. I *point cloud* (punti quotati con RGB) e il DEM, in formato LAS, della porzione superficiale delle praterie mappate sono stati elaborati con il software *Global Mapper 19*. I dati acustici, acquisiti con il drone DEVSS, sono stati elaborati con il software *ReefMaster v2.0*, mentre i dati acquisiti con il Side HDS7 sono stati processati con il software *Visual Habitat*. Infine, i dati raccolti con il Single Beam Biosonics MX Acquatics sono stati utilizzati come punti di controllo per il resizing e lo scaling dei modelli 3D.

3. Casi di studio

Le pianificazioni dei voli sono state condotte mediante l'APR Mavic PRO su aree d'elevato interesse ecologico e con una buona trasparenza dell'acqua. Entrambe le aree (Santa Marinella e Isola di Cirella) sono infatti caratterizzate dalla presenza di praterie di *P.oceanica* poste a bassa profondità. Per le due aree di studio l'obiettivo è stato quello di generare una ortofoto georeferenziata ad elevata risoluzione. Il processo di elaborazione delle immagini è avvenuto secondo i seguenti passaggi: a) allineamento dei fotogrammi, b) generazione della nuvola di punti sparsa; c) generazione della nuvola di punti densa; d) generazione della mesh e della texture; e) generazione del DEM; f) generazione dell'ortomosaico (Figura 3).

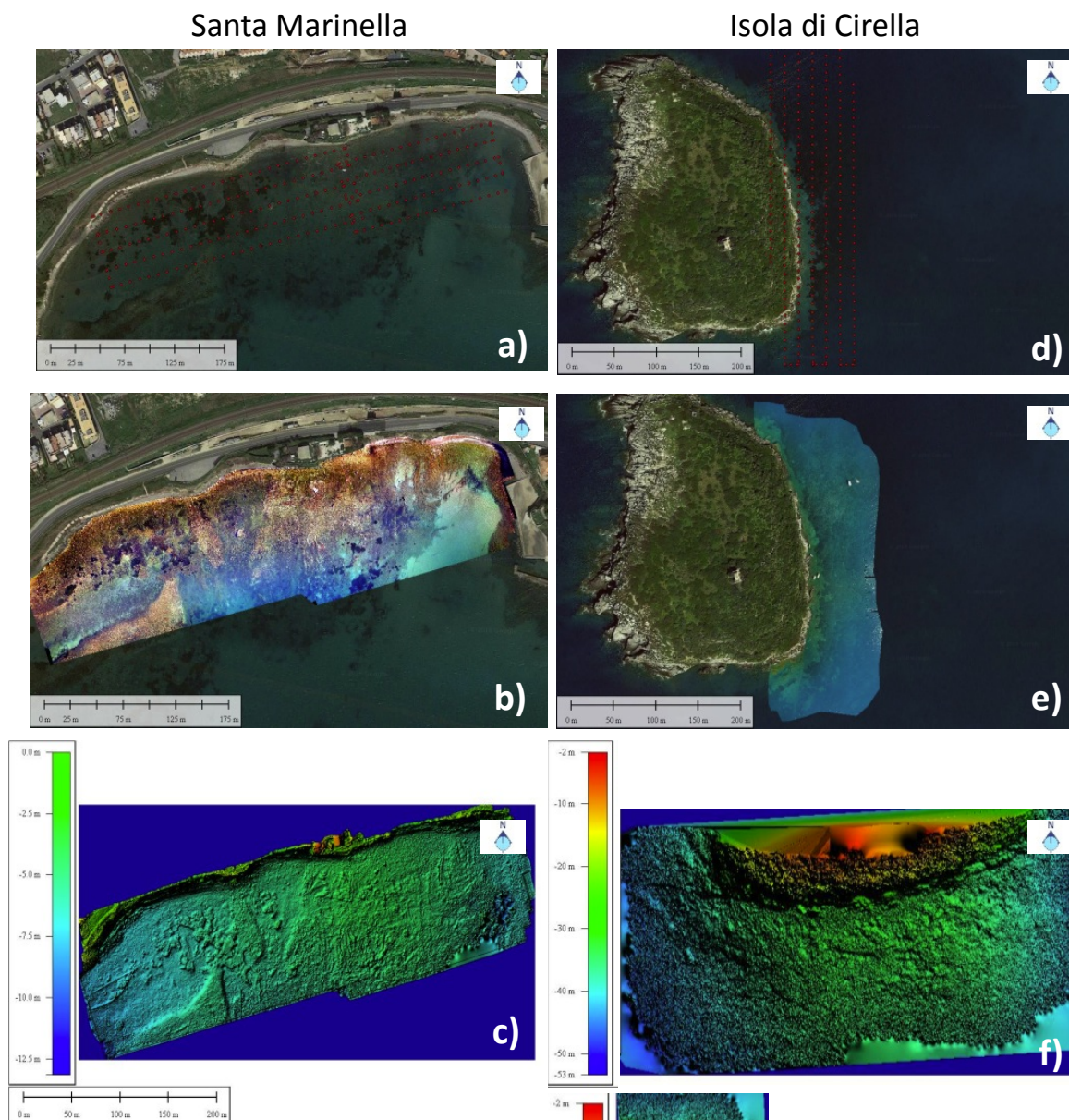


Figura 3 Aree di studio: Santa Marinella (a) e Isola di Cirella (d); b-e) Ortomosaico ottenuto col software Agisoft Fotoscan, c-f) DEM ad alta risoluzione ottenuti da Agisoft Photoscan/GlobalMapper.

Per quanto riguarda l'area di studio di Santa Marinella, l'ortomosaico è stato elaborato con algoritmi di classificazione object oriented al fine di ottenere una

mappa tematica delle eco-morfosi presenti sui fondali. La classificazione a oggetti è stata eseguita mediante software Ecognition Essential adoperando l'algoritmo *region on grow on object* con un fattore di scala pari a 760 (Figura 4). Data l'elevata risoluzione dell'ortomosaico ottenuto, la classificazione object - based è risultata molto accurata in termini di risoluzione geometrica e tematica. I risultati preliminari hanno permesso di caratterizzare, con elevata accuratezza, le diverse eco-morfosi presenti sotto forma di *P.oceanica* a chiazze su matte, Popolamento fotofilo misto, Sabbia e Substrato roccioso. I tematismi ottenuti dalla classificazione object - based rispondono in modo coerente con le diverse coperture reali del fondo presenti nell'area di studio (Figura 4). La mappa classificata trova piena corrispondenza con le eco-tipologie riscontrate nell'area di studio, evidenziando un'accuratezza spaziale e tematica superiore all'80%.

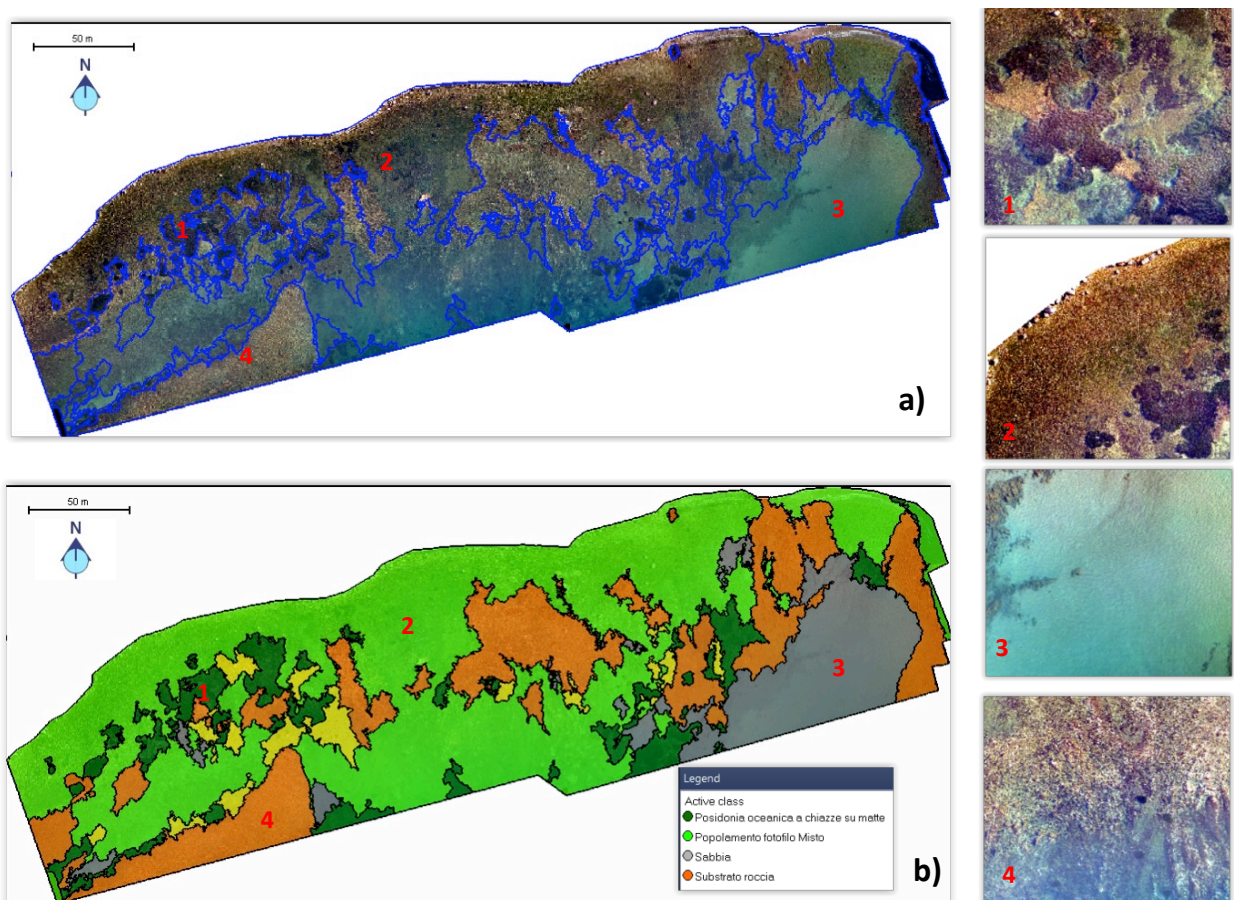


Figura 4 : Ortomosaico elaborato e classificato con il software Trimble Object Oriented Ecognition Essential, relativo all'area di Santa Marinella (Lazio).

Per quanto riguarda l'area dell'Isola di Cirella è stato eseguito il merging tra i dati morfo-batimetrici ad alta risoluzione (Bosman et al., 2015) (Figura 5a), il DEM ottenuto dall'elaborazione fotogrammetrica del drone aereo (Figura 5b) e il dato LIDAR (Min. dell'Amb. e della Tutela del Territorio e del Mare,

Geoportale Nazionale with 307 license Creative Commons 3.0 Italy-CC BY-SA-3.0IT). Questi in overlay con l'immagine satellitare Pleiades (Figura 5c). Altresì i dati sono stati integrati con le acquisizioni condotte con il veicolo autonomo di superficie DEVSS, relativamente al sonogramma Side Scan Sonar HDS7 e al foto mosaico ottenuto dall'elaborazione fotogrammetrica delle immagini subacquee rilevate con camera GOPRO Hero 3⁺ Black (Figura 5d e 5e).

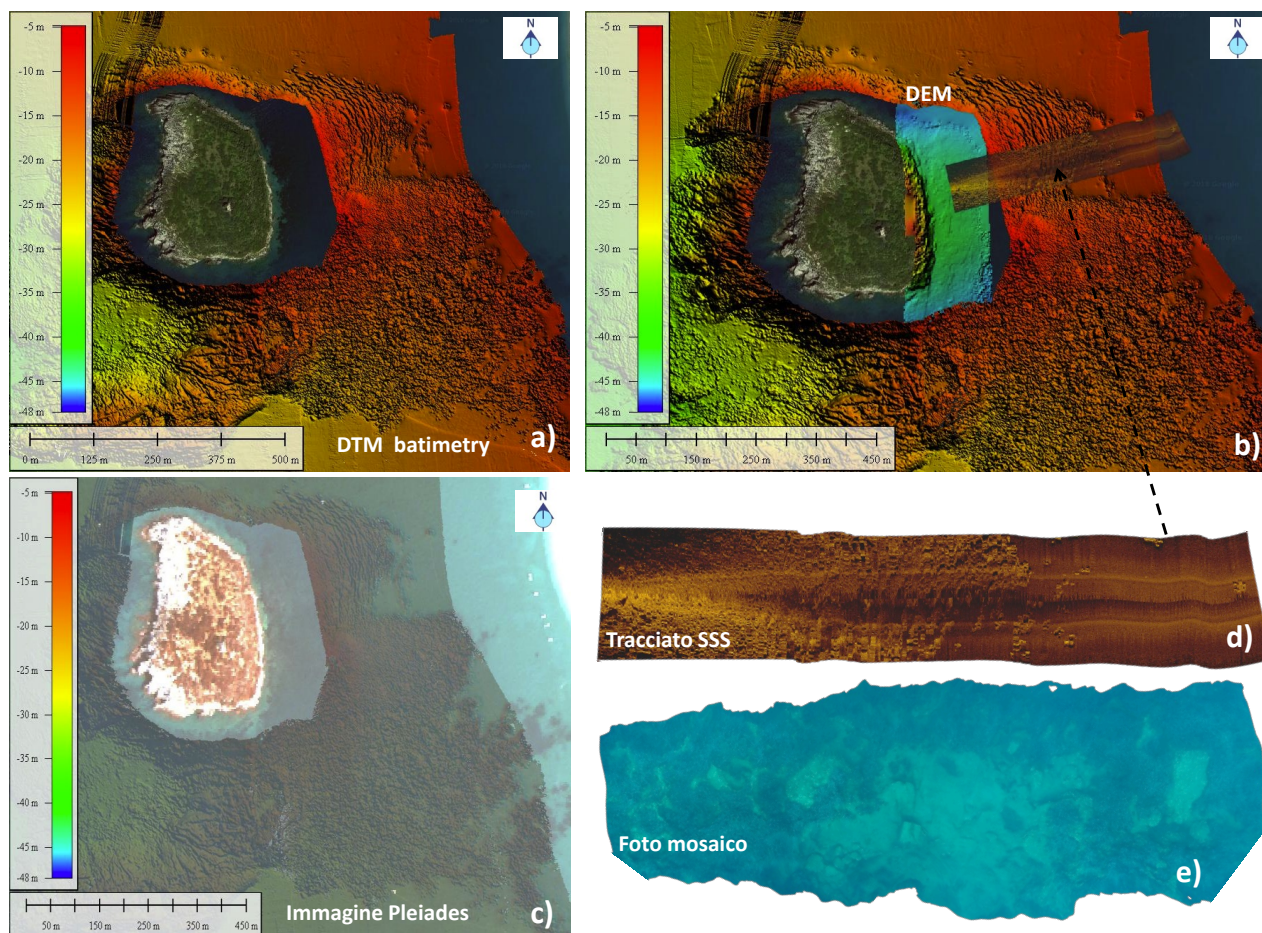


Figura 5 :a) DTM bathymetry dell' area di studio Isola di Cirella; b) Data Fusion tra DTM bathymetry, DEM da drone e immagine acustica Side Scan Sonar; c) Data Fusion tra DTM bathymetry e immagine satellitare Pleiades; d-e) Immagine acustica e foto mosaico subacqueo.

Le elaborazioni ottenute dalla fusione dei dati multi sensore (ottico – acustico) hanno permesso di migliorare significativamente la risoluzione della mappatura delle praterie di *P.oceanica* lungo il limite superiore, soprattutto nelle zone a minori profondità dove le acquisizioni, eseguite con SAPR, si sono evidenziate verosimilmente valide. La sovrapposizione dei dati, secondo un approccio multiscala, evidenzia un'elevata correlazione delle geometrie riguardo le eco-morfosi del fondo tra i diversi livelli informativi posti in overlay (DTM bathymetry, DEM da drone, ecogramma SSS, ecc). Le acquisizioni condotte in

situ con il veicolo autonomo di superficie DEVSS si sono evidenziate necessarie per la predisposizione dei Truth Data da utilizzare per la fase di classificazione delle eco-morfosi di fondo.

3. Conclusioni

I prodotti cartografici ottenuti per mezzo di SAPR hanno evidenziato un'accuratezza spaziale e tematica superiore all'80 %. La procedura di mappatura adottata risulta di facile impiego per mappare, in maniera speditiva e con un'elevata risoluzione spaziale, tematica e temporale, gli habitat marino costieri e le eco-morfosi delle praterie presenti nelle acque poco profonde. I modelli 3D e i DEM generati dall'elaborazione fotogrammetrica sono complementari alle acquisizioni condotte con tecniche LIDAR o multibeam, quest'ultimo di difficile utilizzo in acque molto basse sia in termini operativi che economici. L'integrazione tra le tecniche SAPR e i rilievi condotti con veicoli di superficie, rappresentano un nuovo ed efficace approccio metodologico per mappare e cartografare, in tempi estremamente rapidi, gli habitat marino costieri e un potente ed economico sistema di controllo per il monitoraggio ambientale a breve e lungo periodo.

Riferimenti bibliografici

Abadie, A., Pace, M., Gobert, S. and Borg, J.A., 2018. Seascape ecology in *Posidonia oceanica* seagrass meadows: Linking structure and ecological processes for management. *Ecological Indicators*, 87, pp.1-13.

Arias-Ortiz, A., Serrano, O., Masqué, P., Lavery, P.S., Mueller, U., Kendrick, G.A., Rozaimi, M., Esteban, A., Fourqurean, J.W., Marbà, N. and Mateo, M.A., 2018. A marine heatwave drives massive losses from the world's largest seagrass carbon stocks. *Nature Climate Change*, 8(4), p.338.

Bosman A., Casalbore D., Anzidei M., Muccini F., Carmisciano C., Chiocchi F., (2015). The first ultra-high resolution Digital Terrain Model of the shallow-water sector around Lipari Island (Aeolian Islands, Italy). *ANNALS OF GEOPHYSICS VOL. 58, 2, 2015. DOI 10.4401/ag-6746.*

Calvo, S., Ciruolo, G., Tomasello, A., La Loggia, G., Malthus, T. J., & Savona, E. (1996). Monitoring *Posidonia oceanica* meadows in the Mediterranean Sea by means of airborne remote sensing techniques. In *International Airborne Remote Sensing Conference and Exhibition- Technology, Measurement & Analysis, 2 nd, San Francisco, CA.*

Dattola, L., Rende, S. F., Dominici, R., Lanera, P., Di Mento, R., Scalise, S., Cappa, P., Oranges, T., & Aramini, G. (2018, October). Comparison of

Sentinel-2 and Landsat-8 OLI satellite images vs. high spatial resolution images (MIVIS and WorldView-2) for mapping *Posidonia oceanica* meadows. In *Remote Sensing of the Ocean, Sea Ice, Coastal Waters, and Large Water Regions 2018* (Vol. 10784, p. 1078419). International Society for Optics and Photonics.

Davie, A., Hartmann, K., Timms, G., de Groot, M. and McCulloch, J., 2008, September. Benthic habitat mapping with autonomous underwater vehicles. In *OCEANS 2008* (pp. 1-9). IEEE.

Dunbabin, M. and Marques, L., 2012. Robots for environmental monitoring: Significant advancements and applications. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 19(1), pp.24-39.

Fourqurean, J. W., Duarte, C. M., Kennedy, H., Marbà, N., Holmer, M., Mateo, M. A., Apostolaki, ET., Kendrick, GA., Krause-Jensen, D McGlathery, KJ., & Serrano, O. (2012). Seagrass ecosystems as a globally significant carbon stock. *Nature geoscience*, 5(7), 505.

Giessel, J.Z., 2015. *2D and 3D Mapping of a Littoral Zone with UAS and Structure from Motion Photogrammetry* (Doctoral dissertation).

Makri, D., Stamatis, P., Doukari, M., Papakonstantinou, A., Vasilakos, C. and Topouzelis, K., 2018, August. Multi-scale seagrass mapping in satellite data and the use of UAS in accuracy assessment. In *Sixth International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy2018)* (Vol. 10773, p. 107731T). International Society for Optics and Photonics.

Marbà, N., Krause-Jensen, D., Alcoverro, T., Birk, S., Pedersen, A., Neto, J.M., Orfanidis, S., Garmendia, J.M., Muxika, I., Borja, A. and Dencheva, K., 2013. Diversity of European seagrass indicators: patterns within and across regions. *Hydrobiologia*, 704(1), pp.265-278.

Matarrese, R., Acquaro, M., Morea, A., Tijani, K., & Chiaradia, M. T. (2008, July). Applications of Remote Sensing Techniques for Mapping *Posidonia Oceanica* Meadows. In *IGARSS (4)* (pp. 906-909).

Pasqualini, V., Pergent-Martini, C., Clabaut, P., Marteel, H., & Pergent, G. (2001). Integration of aerial remote sensing, photogrammetry, and GIS technologies in seagrass mapping. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 67(1), 99-105.

Topouzelis, K., Papakonstantinou, A., Doukari, M., Stamatis, P., Makri, D. and Katsanevakis, S., 2017, September. Coastal habitat mapping in the Aegean Sea using high resolution orthophoto maps. In *Fifth International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy2017)*(Vol. 10444, p. 1044417). International Society for Optics and Photonics.