

# 8<sup>η</sup> Ανοιχτή Τηλε - ΓΕΩΤΟΠΟ - Συνάντηση

Υποβρύχιες Αποτυπώσεις  
Υποβρύχιες Αποτυπώσεις

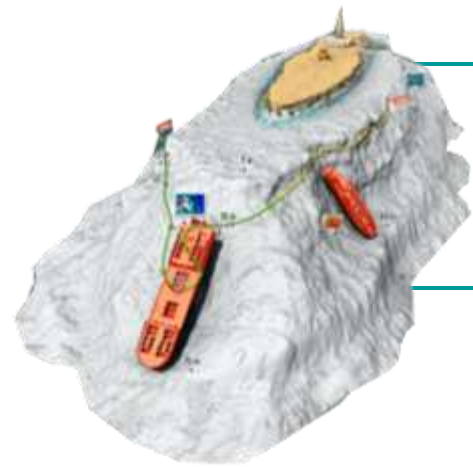


**Ελένη Διαμαντή**

Τοπογράφος Μηχανικός Ε.Μ.Π.

MSc Γεωχωρικές Τεχνολογίες

31 - 05 - 2020



## ΥΠΟΒΡΥΧΙΕΣ ΑΠΟΤΥΠΩΣΕΙΣ

- Τοπογραφικές
- Φωτογραμμετρικές

### ΜΕΘΟΔΟΙ

- Κλασικές γεωδαιτικές τεχνικές
- Σύγχρονες ψηφιακές τεχνικές
- Υποβρύχια ακουστική

### Αντικείμενο

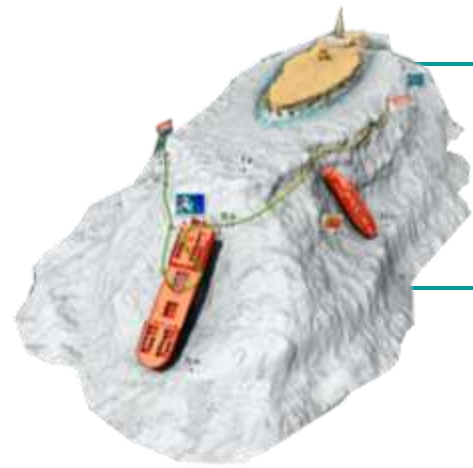
- Είδος
- Προσβασιμότητα
- Βάθος
- Ορατότητα
- Δυναμική

### Ζητούμενο

- Είδος Πληροφορίας
- Κλίμακα
- Ακρίβεια
- Ανάλυση
- Επαναληψιμότητα

### Διαθέσιμα Μέσα

- Καταδυτικό Συνεργείο
- Υποβρύχια Οχήματα
- Σκάφη Υποστήριξης
- +
- Όργανα - Αισθητήρες
- Συμβατικά τοπογραφικά
- Ηχοβολιστικά
- Αδρανειακά
- Κάμερες



## ΥΠΟΒΡΥΧΙΕΣ ΑΠΟΤΥΠΩΣΕΙΣ

- Τοπογραφικές
- Φωτογραμμετρικές

### Πεδία Εφαρμογής

#### Ενάλια Πολιτιστική Κληρονομιά

ενάλια αρχαιολογία, σύγχρονα ενάλια μνημεία

#### Τεχνικά Έργα

λιμενικές εγκαταστάσεις, κρηπιδότοιχοι, αγκυροβόλια, αγωγοί, καλώδια, γέφυρες κ.ά.

#### Θαλάσσια Βιολογία

#### Μελέτες Καταδυτικών Πάρκων

#### Ντοκιμαντέρ

# Κλασικές Γεωδαιτικές Τεχνικές & Συμβατικά Όργανα Μετρήσεων στη Θάλασσα

## Μετρήσεις Μηκών

Το συνηθέστερο (και συχνά μοναδικό) είδος γεωδαιτικών μετρήσεων στο υποβρύχιο περιβάλλον

-  
Μετροταινία

-  
Επίλυση τριπλευρισμού

## Μετρήσεις Γωνιών

Σπάνιο είδος γεωδαιτικών μετρήσεων στο υποβρύχιο περιβάλλον

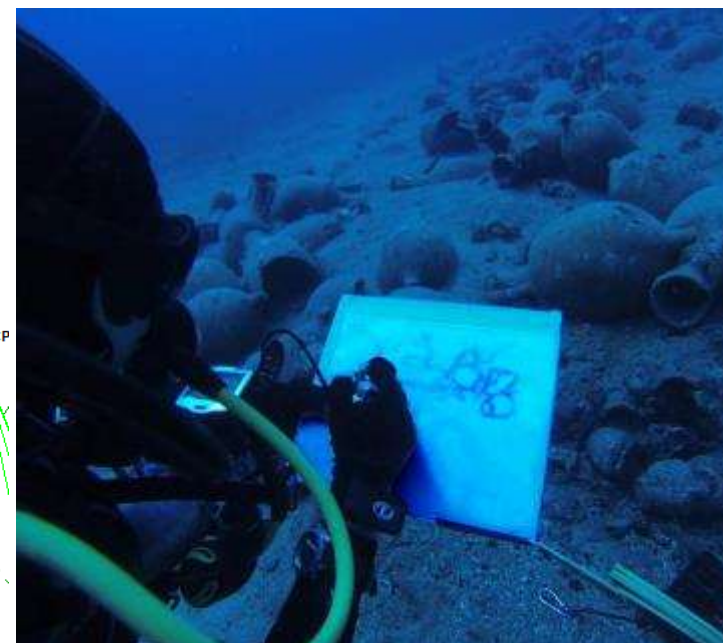
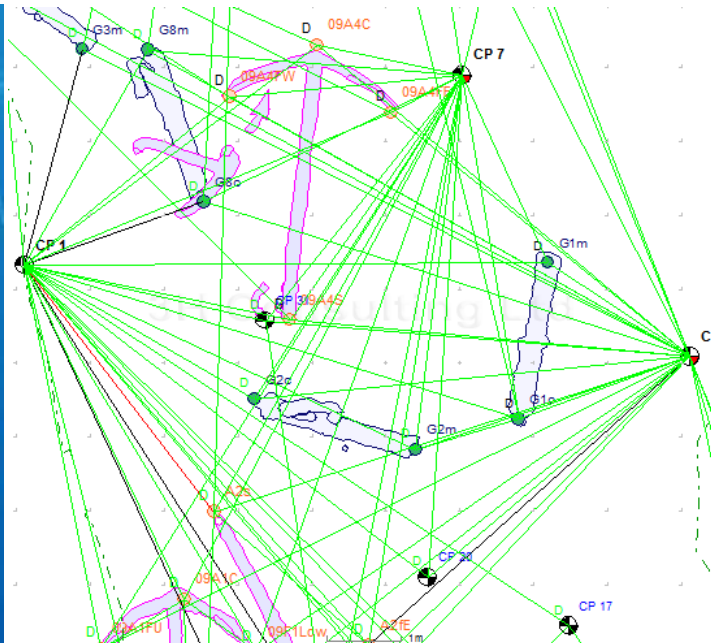
-  
Πυξίδα, Γωνιόμετρο

-  
Επίλυση τριγωνισμού

## Μετρήσεις Βαθών

Χρήση καταδυτικού υπολογιστή (ακρίβεια μέτρησης  $\pm 5$  cm)

-  
Τα βάθη εισάγονται ως επιπλέον παρατηρήσεις στην επίλυση του τριπλευρισμού

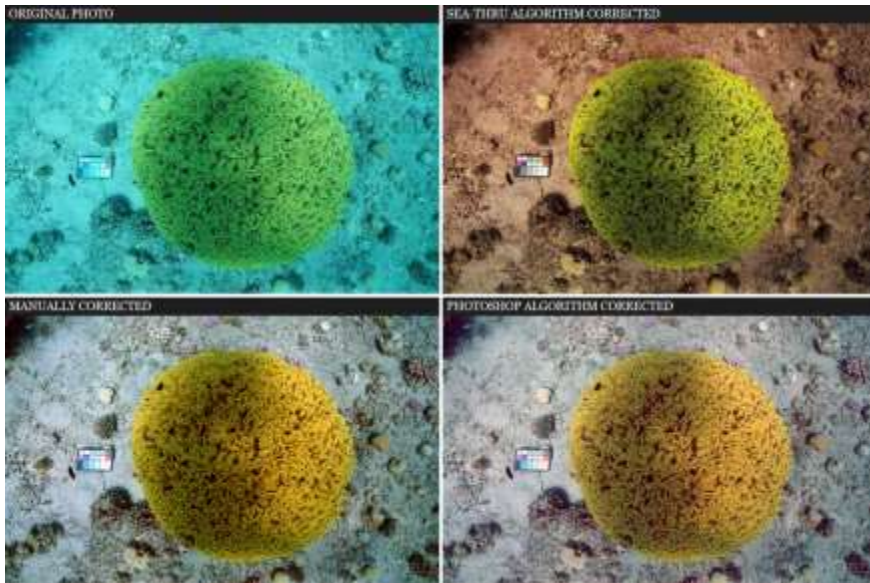


# Υποβρύχια Φωτογραμμετρία & Όραση Υπολογιστών

- ✓ Η ανάπτυξη και βελτιστοποίηση της μεθόδου ανάλογη της εξέλιξης της υποβρύχιας φωτογραφίας
- ✓ Έμμεση μέθοδος εξαγωγής μετρήσεων
- ✓ Ιδανική μέθοδος για την τεκμηρίωση αντικειμένων του υποβρύχιου περιβάλλοντος (λήψη σημαντικού όγκου πληροφορίας σε μικρό χρονικό διάστημα)
- ✓ Υψηλά επίπεδα γεωμετρικής ακρίβειας, εικονιστικής πληροφορίας και ανάλυσης
- ✓ Εξαγωγή πολλαπλών παραγώγων/ αποτελεσμάτων (φωτομωσαϊκά, ορθοφωτοχάρτες, Ψηφιακά Μοντέλα Πυθμένα, ισοβαθείς καμπύλες, 3D νέφη σημείων, 3D φωτορεαλιστικά μοντέλα κ.ά.)
- ✓ Η αλματώδης ενσωμάτωση των αλγορίθμων της Όρασης Υπολογιστών, με δημοφιλέστερη τη Δομή από Κίνηση (SfM), σε λογισμικά 3D ανακατασκευής, βρήκε ιδιαίτερη απήχηση στην τεκμηρίωση του υποβρύχιου περιβάλλοντος, λόγω των μειωμένων απαιτήσεων σε εξοπλισμό και εξειδίκευση του ανθρώπινου δυναμικού με ταυτόχρονη απόδοση μέγιστης πληροφορίας
- ✓ Αλγόριθμοι SLAM (Simultaneous Localization & Mapping) για τον προσδιορισμό της θέσης και την πλοήγηση υποβρύχιων οχημάτων με ταυτόχρονη χαρτογράφηση του υποβρύχιου χώρου
- ✓ Εξαγωγή αξιόπιστων αποτελεσμάτων ακόμα και από δεδομένα μη βαθμονομημένων οπτικών αισθητήρων με έντονες γεωμετρικές παραμορφώσεις λόγω φακών ή/και θηκών στεγανοποίησης (housings)
- ✓ Δυσκολία μέτρησης δικτύου φωτοσταθερών σημείων με ακρίβειες αντίστοιχες των χερσαίων εφαρμογών
- ✓ Δυσκολία γεωμετρικού ελέγχου του αποτελέσματος
- ✓ Αναγκαία λήψη μεγάλου όγκου δεδομένων - Αδυναμία λήψης εικόνων από μεγάλη απόσταση

# Υποβρύχια Φωτογραμμετρία & Όραση Υπολογιστών

- ✓ Για εφαρμογές αυξημένων απαιτήσεων γεωμετρικής ακρίβειας συνίσταται η βαθμονόμηση των καμερών εντός νερού, στο περιβάλλον του προς τεκμηρίωση αντικειμένου
  - ✓ Αλγόριθμοι επεξεργασίας υποβρύχιας εικόνας
    - ✓ Αλγόριθμοι ενίσχυσης
    - ✓ Αλγόριθμοι αποκατάστασης
- Σημαντική ενίσχυση αλγορίθμων ανίχνευσης χαρακτηριστικών σημείων κατά την εφαρμογή SFM & SLAM



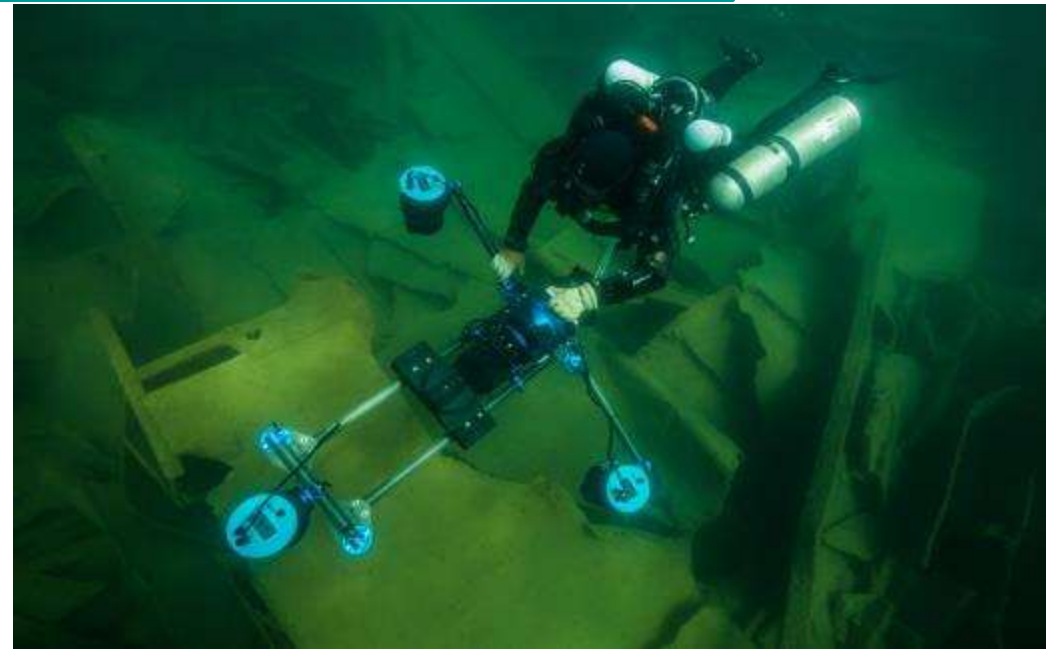
(Αλγόριθμος αποκατάστασης υποβρύχιας εικόνας των Akkaynak & Treibitz, 2019)



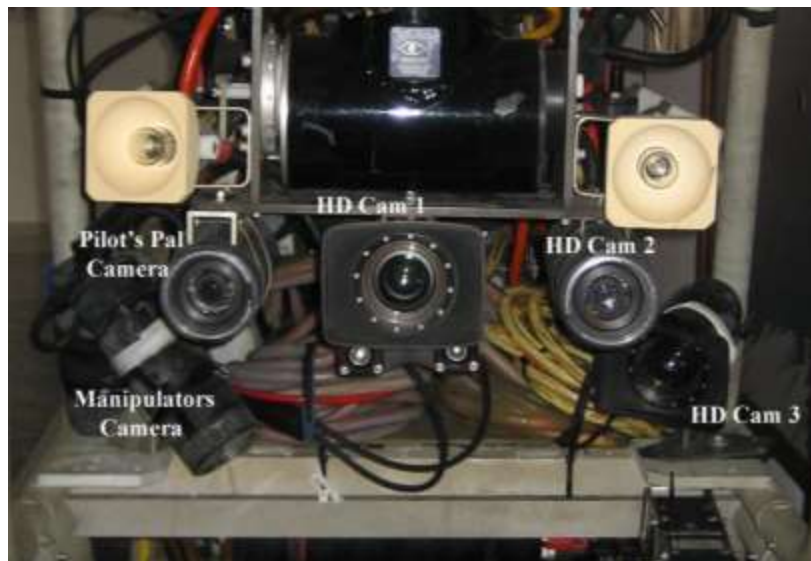
(Αλγόριθμοι αποκατάστασης υποβρύχιας εικόνας, Drap et.al, 2014)

## Υποβρύχιες Κάμερες & Γεωμετρία των Housings

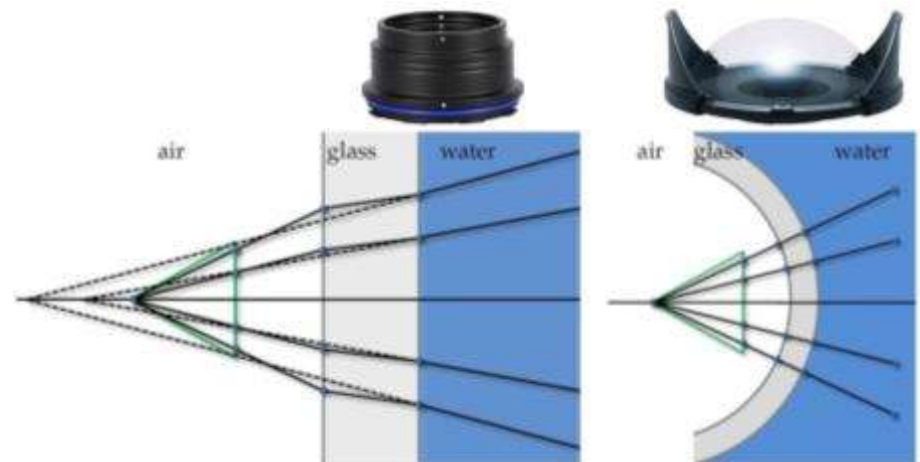
- ✓ Αντοχή σε υψηλές πιέσεις
- ✓ Μεγάλο εύρος επιχειρησιακών βαθών
- ✓ Υψηλή ανάλυση
- ✓ Χαμηλό κόστος
- ✓ Διατάξεις monocular, stereo, multi
- ✓ Επίπεδες & θολωτές θήκες στεγανοποίησης ( housings)



SeaArray camera system. NPS Submerged Resources Center, Marine Imaging Technologies & University of Wisconsin, 2018



ROV Max του ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε. ([www.hcmr.gr](http://www.hcmr.gr))



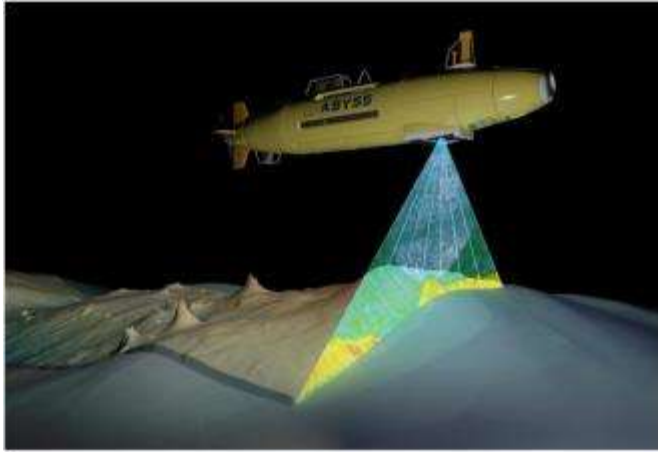
Flat ports

Dome Ports

# Υποβρύχια Οχήματα

## Αυτόνομα Υποβρύχια Οχήματα

Autonomous Underwater Vehicles (AUV)



AUV Abyss ([geomar.de](http://geomar.de))

## Αυτόνομα Οχήματα Επιφανείας

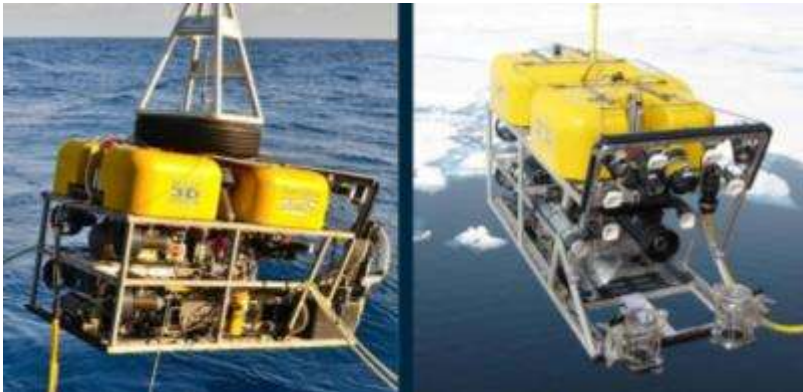
Autonomous Surface Vehicles (ASV)



ASV Saildrone ([www.saildrone.com](http://www.saildrone.com))

## Υποβρύχια Τηλεκατευθυνόμενα Οχήματα

Remote Operated Vehicles (ROV)



Working-class ROVs ([www.oceaneering.com](http://www.oceaneering.com))



# Αισθητήρες Πλοήγησης

## Υδρόφωνα

Αναμεταδότες ηχητικών σημάτων  
(transponders, transducers, pingers)

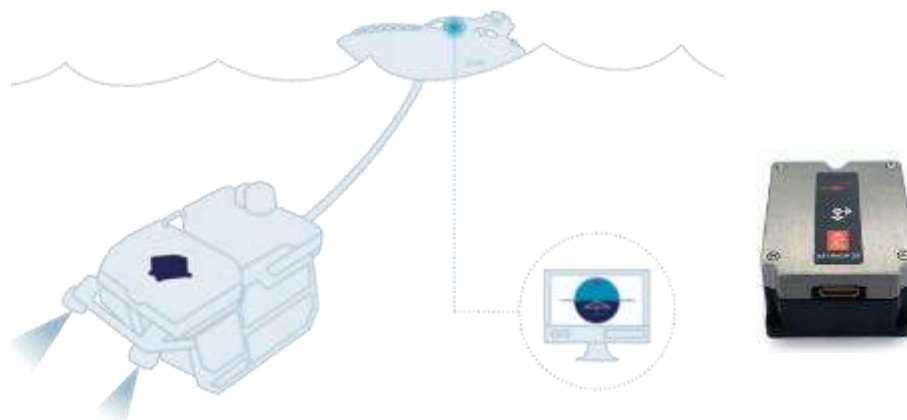


[www.tritech.co.uk](http://www.tritech.co.uk)

## ΙΜΥ

Αδρανειακή Μονάδα Μέτρησης αποτελούμενη από  
επιταχυνσιόμετρο, γυροσκόπιο & μαγνητόμετρο

αδρανειακό σύστημα πλοήγησης

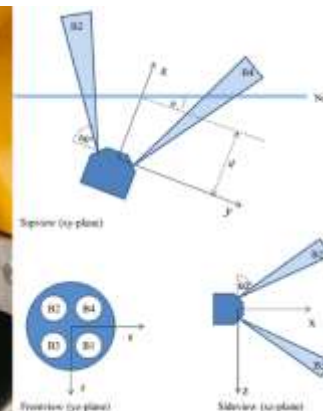


[www.kongsberg.com](http://www.kongsberg.com)

## DVL

Doppler Velocity Loggers

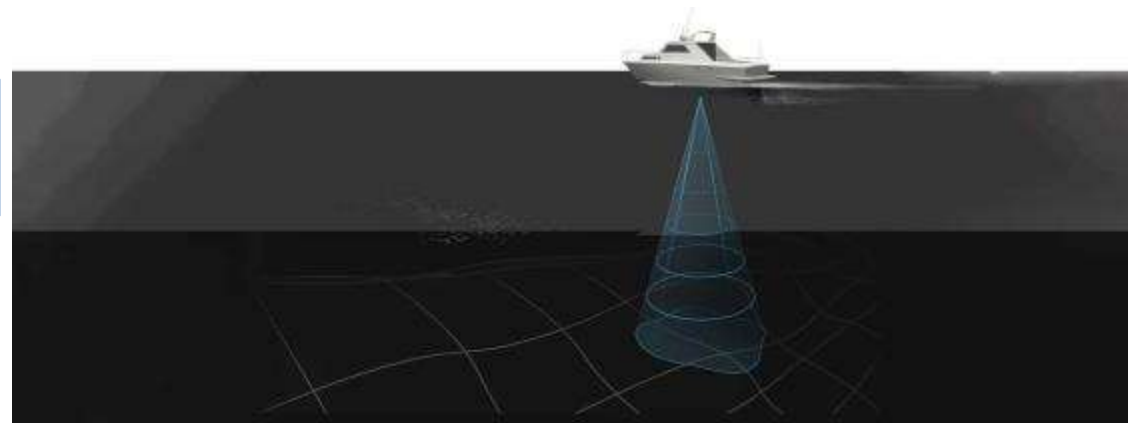
- ✓ υπολογισμός σχετικής ταχύτητας υποβρύχιου οχήματος ως προς τον πυθμένα
- ✓ προσδιορισμός υποβρύχιας θέσης
- ✓ χαρτογράφηση πυθμένα



# Ηχοβολιστικά Όργανα

## Single Beam Sonars

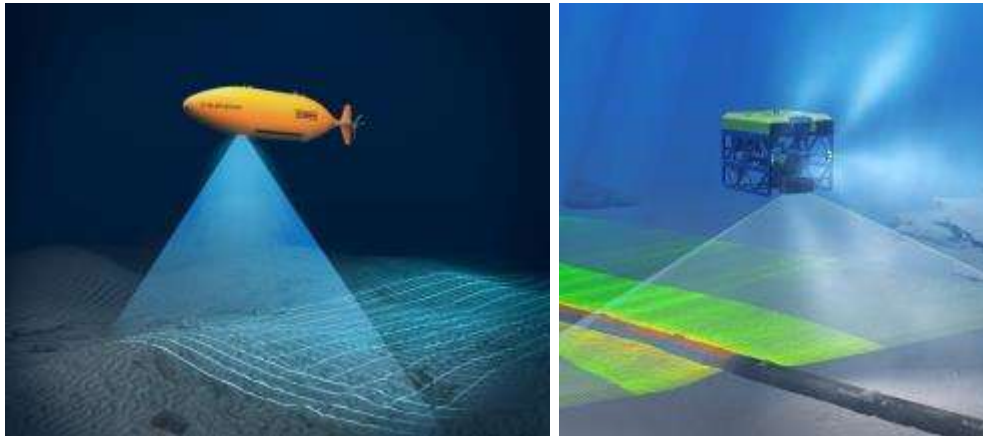
ηχοβολιστικά όργανα απλής δέσμης



[www.teledynemarine.com](http://www.teledynemarine.com)

## Multibeam Echosounder Sonars

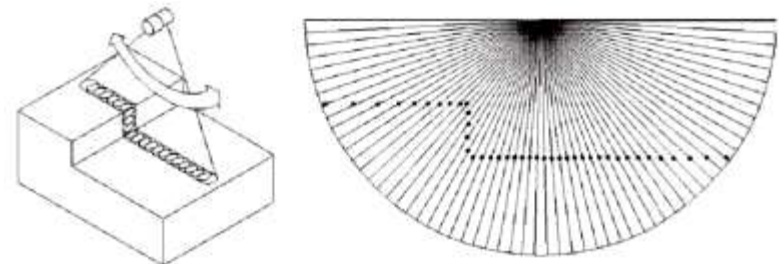
ηχοβολιστικά όργανα πολλαπλής δέσμης



[www.teledynemarine.com](http://www.teledynemarine.com)

## Side Scan Sonars

ηχοβολιστικά όργανα πλευρικής σάρωσης

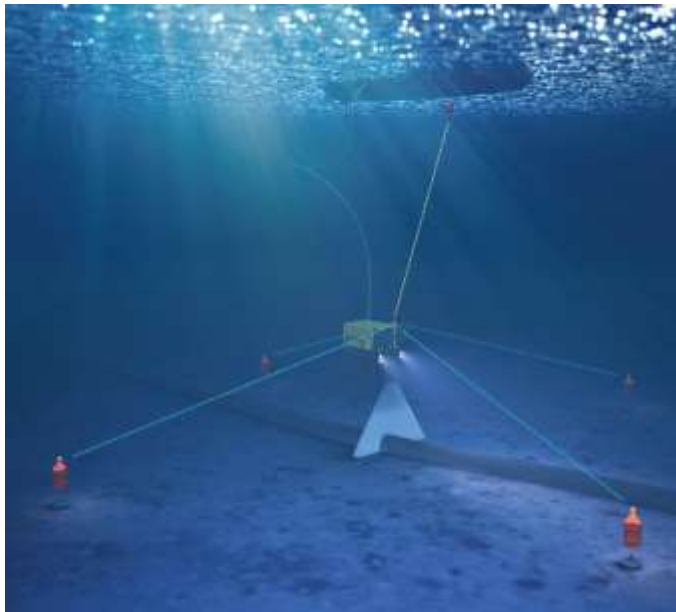


(Christ & Wernli, 2013)

# Underwater Acoustics

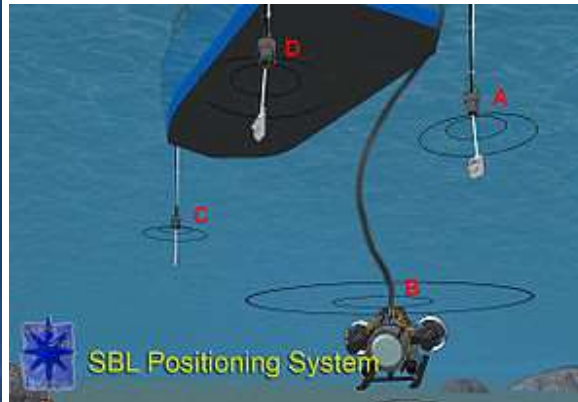
Τεχνικές υποβρύχιας ακουστικής με σκοπό τον προσδιορισμό της 3D υποβρύχιας θέσης, μέσω της αξιοποίησης των ηχητικών κυμάτων που εκπέμπουν και λαμβάνουν τα υδρόφωνα

## Long BaseLine (LBL)



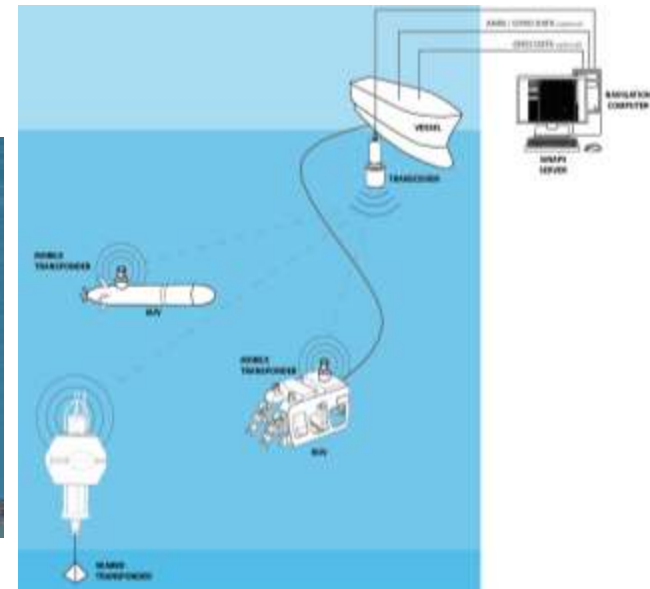
[www.kongsberg.com](http://www.kongsberg.com)

## Short BaseLine (SBL)

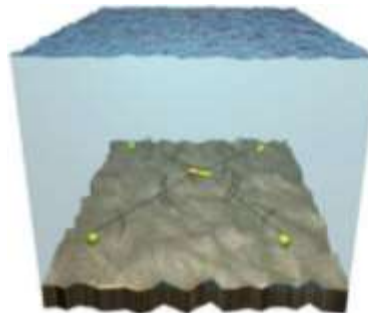


A.PO.MA.B., 2012

## Ultra Short BaseLine (USBL)



[www.evologics.com](http://www.evologics.com)



LBL



SBL

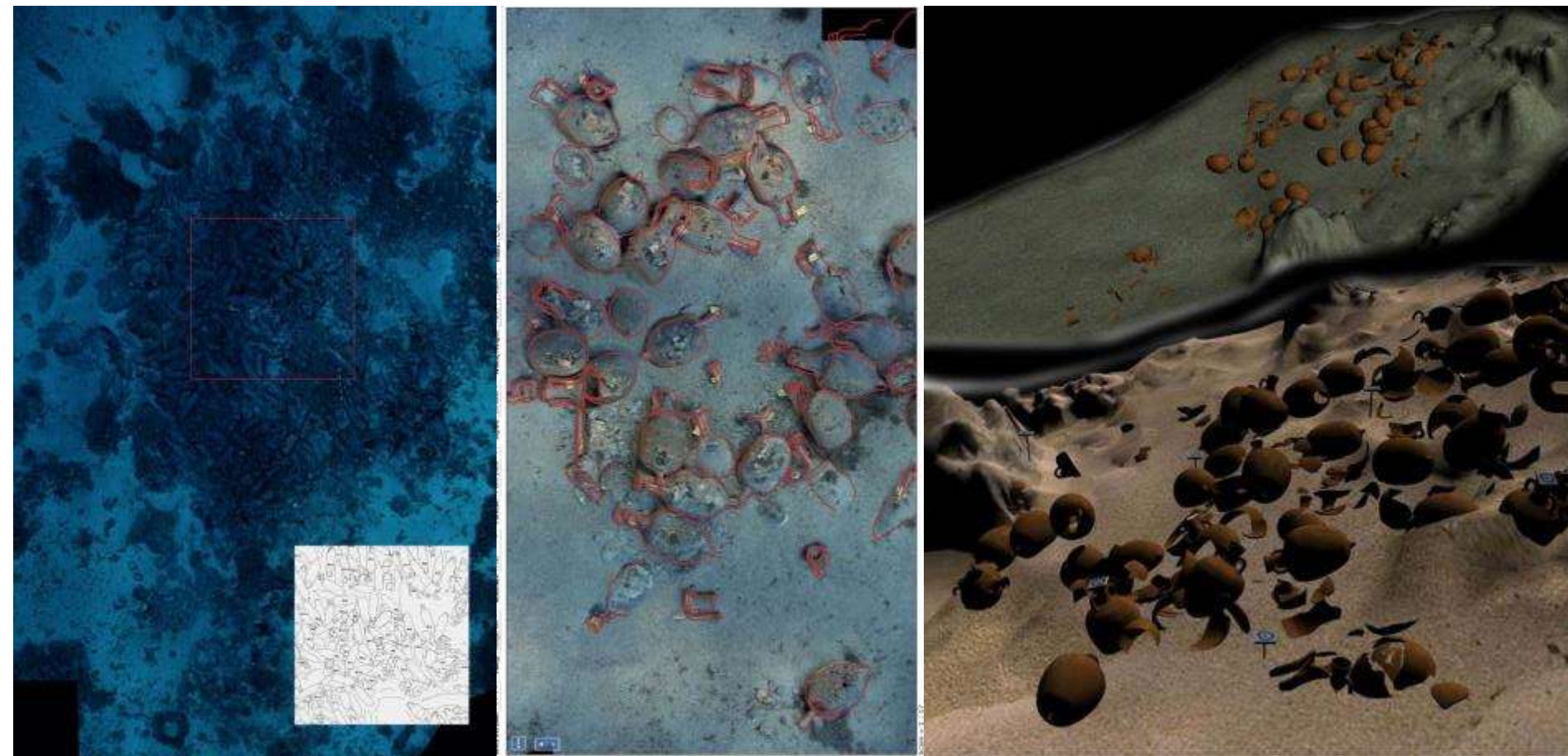


USBL

Γεωμετρία διατάξεων αναμεταδοτών ακουστικών σημάτων στις κατηγορίες Long Baseline, Short Baseline & Ultra Short Baseline (Alcocer et al., 2006)

# ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

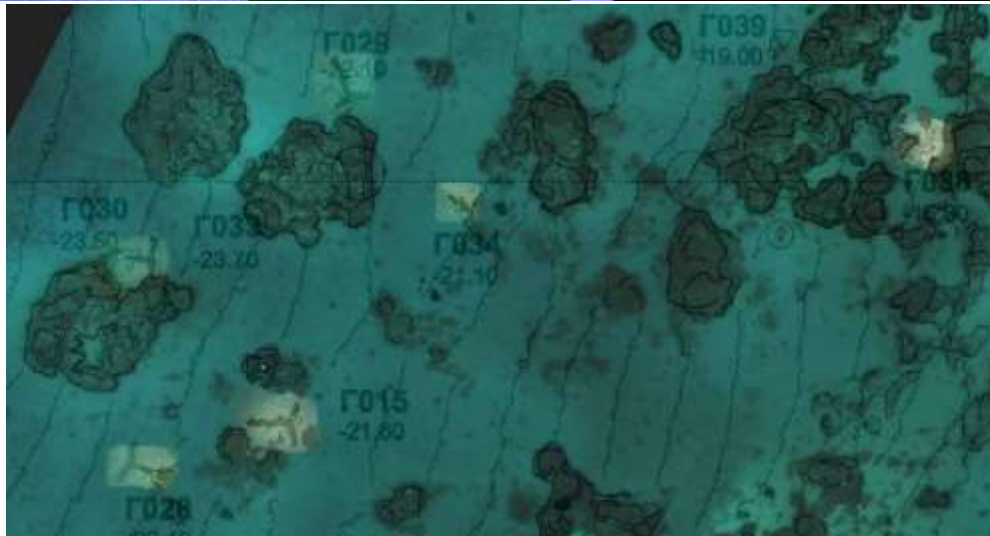
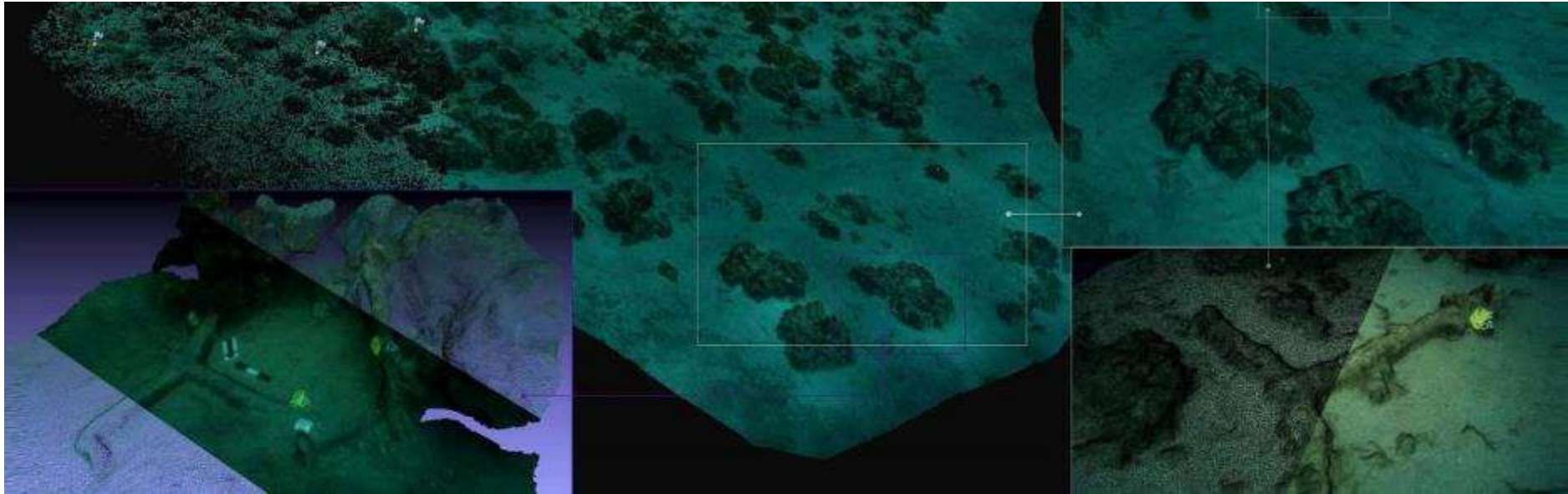
## Ενάλια Αρχαιολογική Έρευνα



3D ανακατασκευή αρχαίων ναυαγίων σε Νότιο Ευβοϊκό και Μακρόνησο (Diamanti et al., 2017)

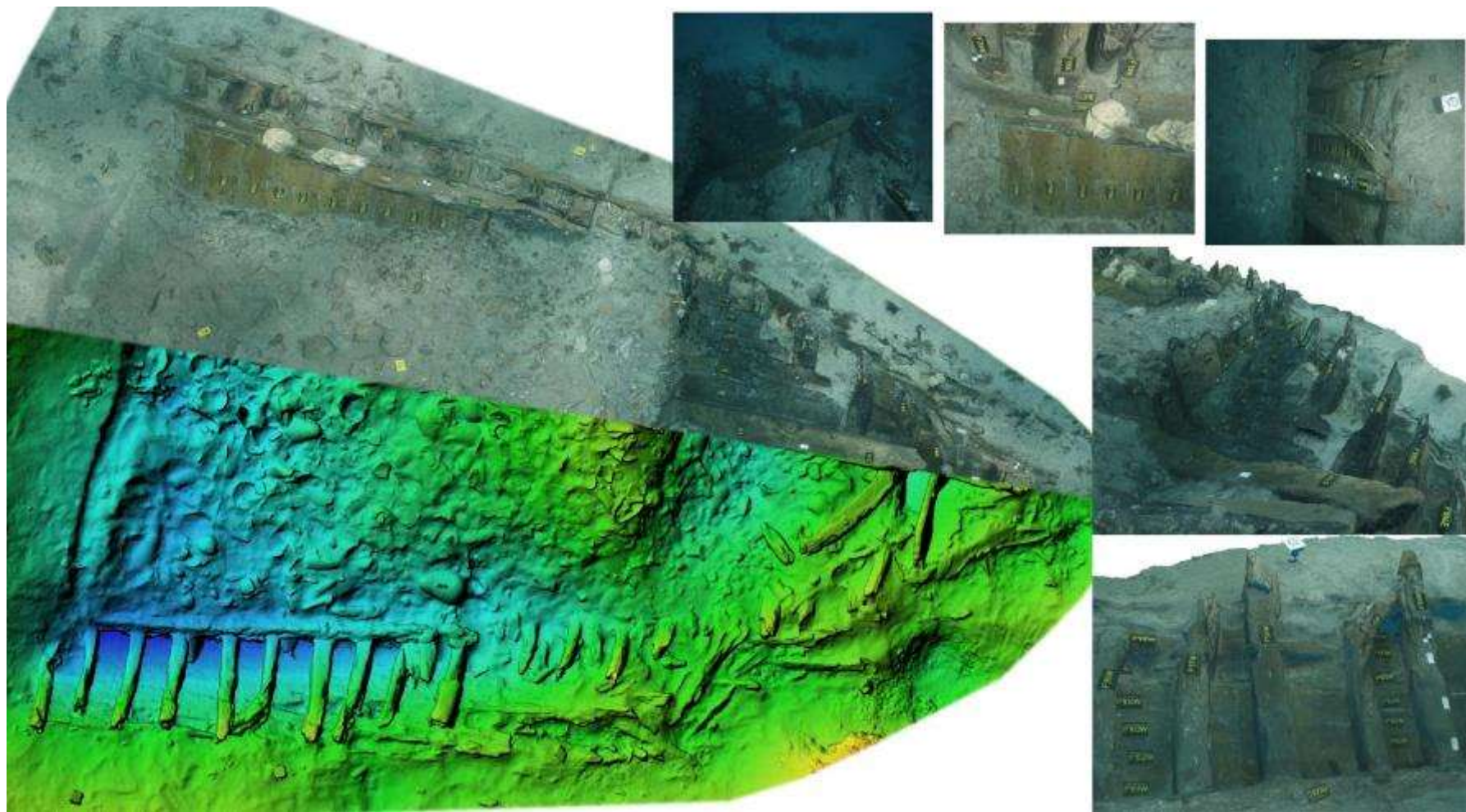
# ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

## Ενάλια Αρχαιολογική Έρευνα



# ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

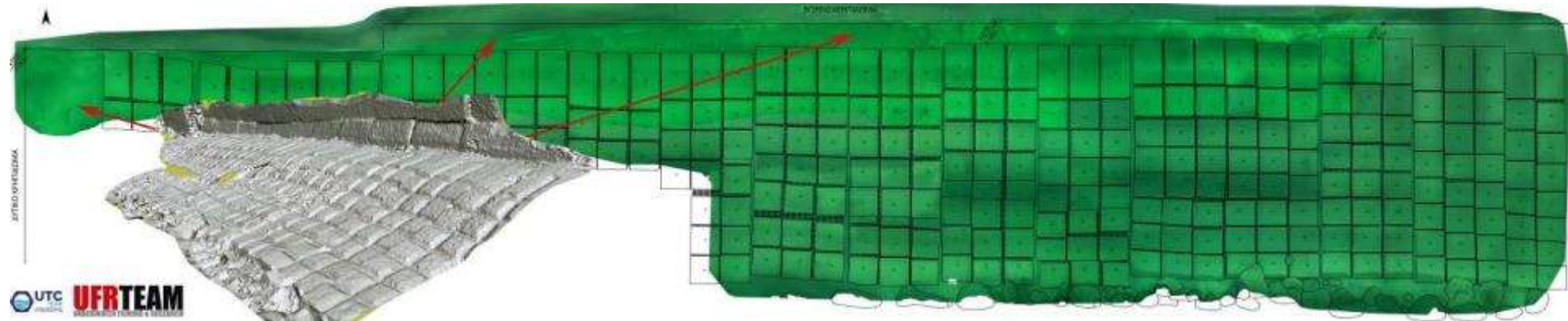
## Ενάλια Αρχαιολογική Έρευνα



Τρισδιάστατη ανακατασκευή & παρακολούθηση ανασκαφής βυζαντινού ναυαγίου (Διαμαντή - Μεντόγιαννης, 2013)

# ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

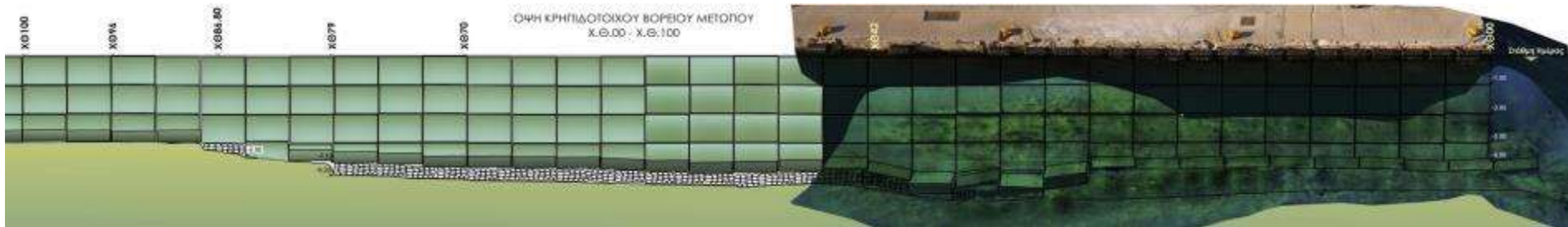
## Λιμενικά Έργα & Κατασκευές



3D ανακατασκευή κρητιδωμάτων λιμένων  
(Παπαγεωργίου, Μεντόγιαννης, Διαμαντή, UTC team, ufr-team.com)

# ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

## Λιμενικά Έργα & Κατασκευές



3D ανακατασκευή κρηπιδομάτων λιμένων  
(Παπαγεωργίου, Μεντόγιαννης, Διαμαντή, UTC team, ufr-team.com)



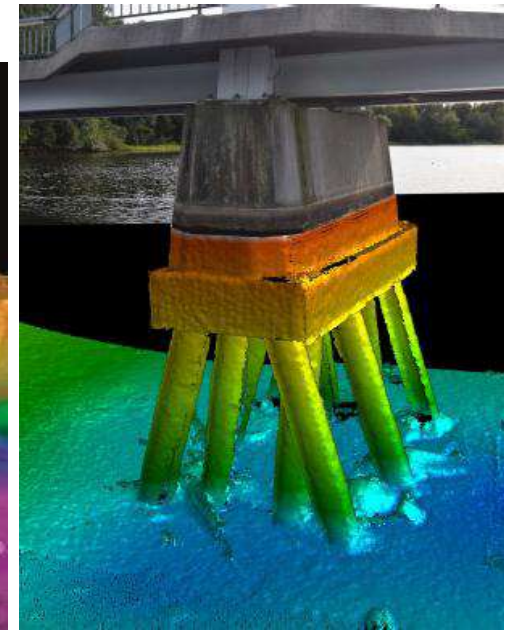
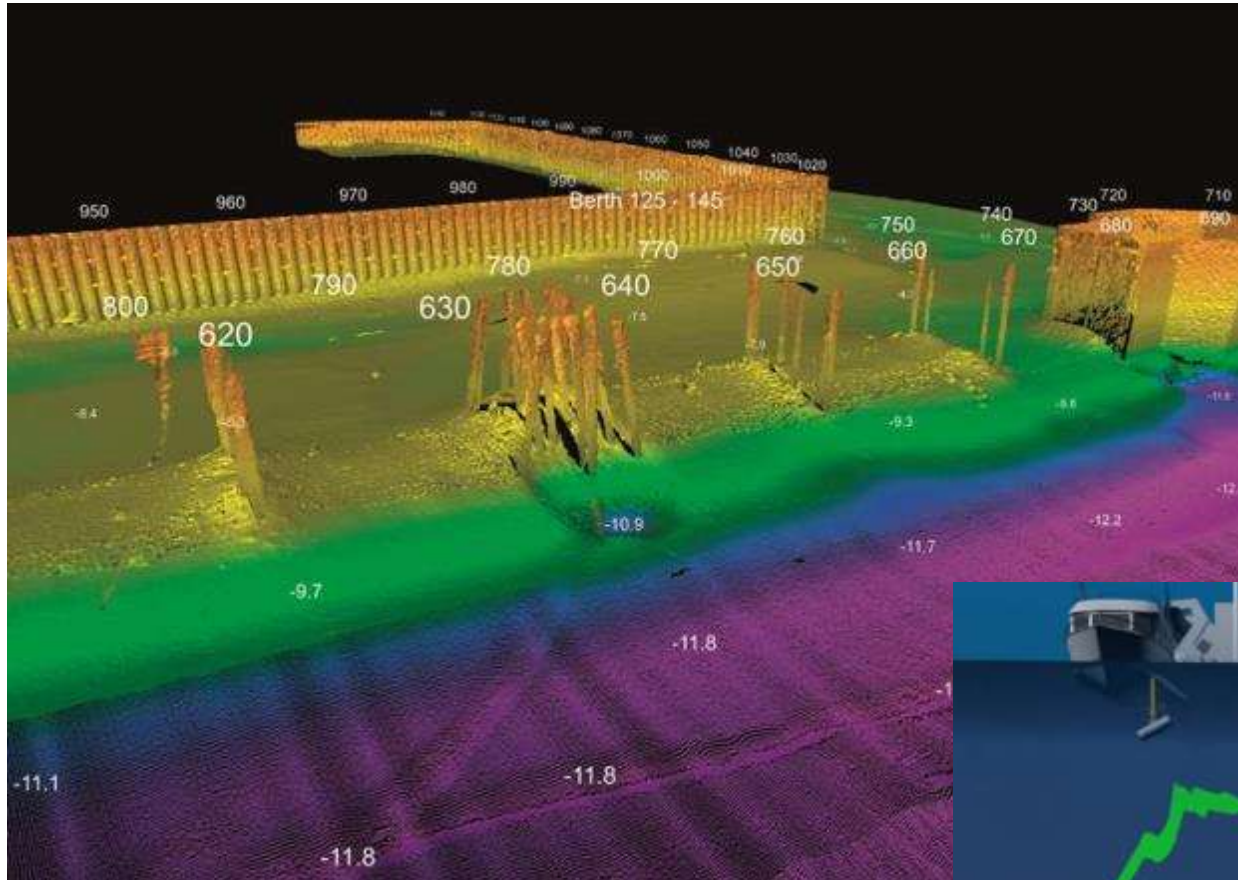
# ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

## Λιμενικά Έργα & Κατασκευές

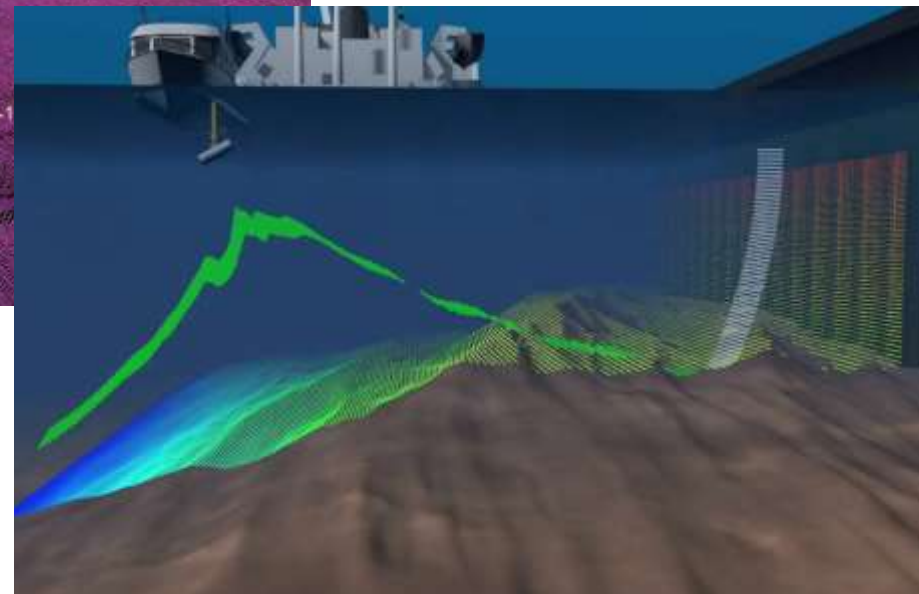


3D ανακατασκευή προστασίας λιμένων  
(Παπαγεωργίου, Μεντόγιαννης, Διαμαντή, UTC team, ufr-team.com)

## Λιμενικά Έργα & Κατασκευές

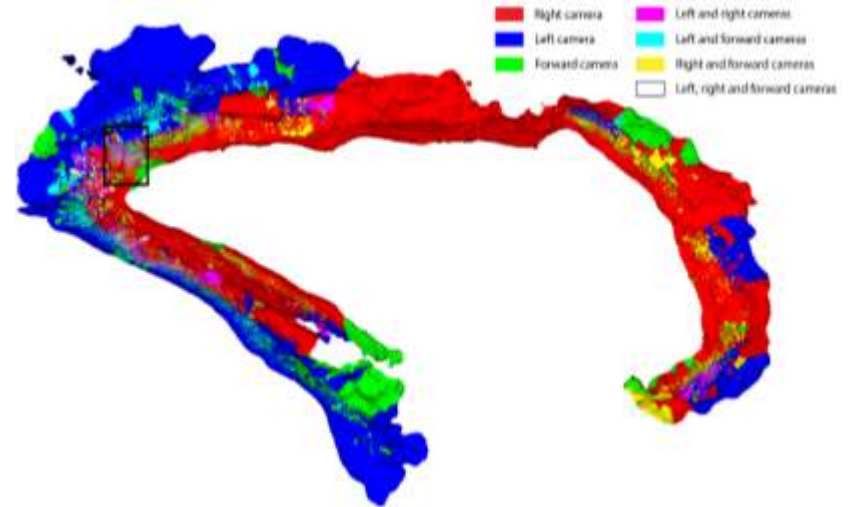
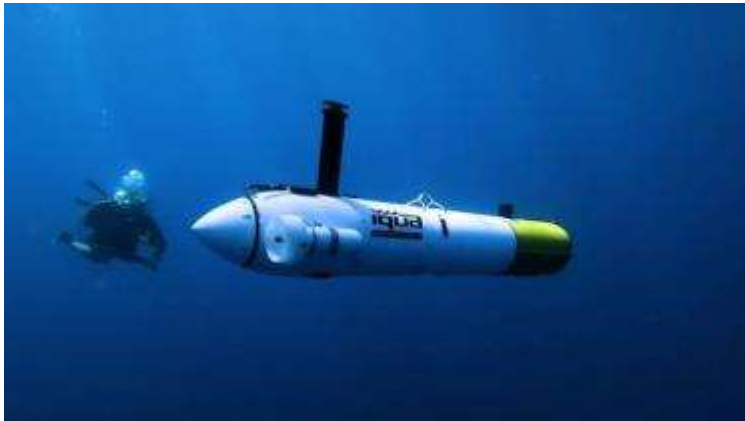
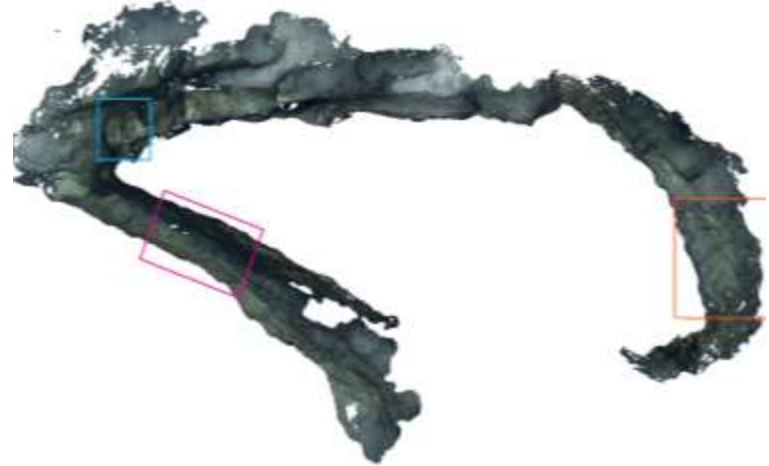


Σαρώσεις λιμένων και υποδομών με multibeam sonars (vrt.fi)



# ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

## Ωκεανογραφική Έρευνα



Χαρτογράφηση και 3D αναπαράσταση ενός υποβρύχιου φαραγγιού, που σχηματίζεται εντός βραχωδών σχηματισμών, στο Sant Feliu de Guíxols στην Ισπανία (Hernández et al., 2016)

Diamanti, E. and Vlachaki, F., 2015. 3D Recording of underwater antiquities in the south euboean gulf. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XL-5/W5, p.93-98.

Diamanti, E., Spondylis, E., Vlachaki, F. and Kolyva, E., 2017. Surveying the underwater archaeological site of Cape Glaros at Pagasetikos Gulf. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XLII-2/W3, pp. 243–250.

Akkaynak, D. and Treibitz, T., 2019. Sea-Thru: A Method for Removing Water From Underwater Images. In: *Proc. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (pp. 1682-1691).

Drap, P., Seinturier, J., Hijazi, B., Merad, D., Boi, J.M., Chemisky, B., Seguin, E. and Long, L., 2015. The ROV 3D Project: Deep-sea underwater survey using photogrammetry: Applications for underwater archaeology. *Journal on Computing and Cultural Heritage (JOCCH)*, 8(4), no.21.

A.PO.MA.B., Academy of Positioning Marine and Bathymetry, Scientific Manifest 2, Available at: [www.hydrointernational.com/download/whitepaper\\_uploadfile\\_9.pdf](http://www.hydrointernational.com/download/whitepaper_uploadfile_9.pdf) (accessed December 12, 2012).

Hernández, J., Istenič, K., Gracias, N., Palomeras, N., Campos, R., Vidal, E., Garcia, R. and Carreras, M., 2016. Autonomous underwater navigation and optical mapping in unknown natural environments. *Sensors*, 16(8), 1174.

Διαμαντή, Ελ., 2020, Αξιοποίηση πληροφορίας από αισθητήρες μη επανδρωμένων υποβρύχιων οχημάτων για την 3D ανακατασκευή υποβρύχιων σκηνών. Μεταπτυχιακή Εργασία, Τμήμα Μηχανικών Τοπογραφίας & Γεωπληροφορικής, ΠΑΔΑ.

Διαμαντή, Ελ., 2011, Γεωμετρική τεκμηρίωση ενάλιας πολιτιστικής κληρονομιάς. Διπλωματική Εργασία. ΣΑΤΜ/ΕΜΠ.

[www.evologics.com](http://www.evologics.com)

[www.geomar.de](http://www.geomar.de)

[www.hcmr.gr](http://www.hcmr.gr)

[www.kongsberg.com](http://www.kongsberg.com)

[www.korseai.com](http://www.korseai.com)

[www.oceaneering.com](http://www.oceaneering.com)

[www.ufr-team.gr](http://www.ufr-team.gr)

[www.vrt.fi](http://www.vrt.fi)

[www.saildrone.com](http://www.saildrone.com)

[www.tritech.co.uk](http://www.tritech.co.uk)

# ευχαριστώ πολύ

**Ελένη Διαμαντή**

Καταδυόμενη Τοπογράφος Μηχανικός Ε.Μ.Π.

**Κυριάκος Παπαγεωργίου**

Τοπογράφος Μηχανικός Ε.Μ.Π.

Επαγγελματίας Δύτης ΥΕΝ

**Βασίλης Μεντόγιαννης**

Μηχανολόγος Μηχανικός

Επαγγελματίας Δύτης ΥΕΝ - Επικεφαλής Καταδυτικού Συνεργείου



UNDERWATER TOPOGRAPHY  
& CONSTRUCTION



UNDERWATER FILMING & RESEARCH