



Βιομηχανοποιημένη αλιεία τόννου με πλωτήρες προσέλκυσης ψαριών

Drifting Fish Aggregating Devices – FADs

έναν τύπο αλιείας που συγκεντρώνει μία σειρά διαχειριστικών και ερευνητικών προκλήσεων

Βασίλης Τρυγόνης
Μυτιλήνη 2024

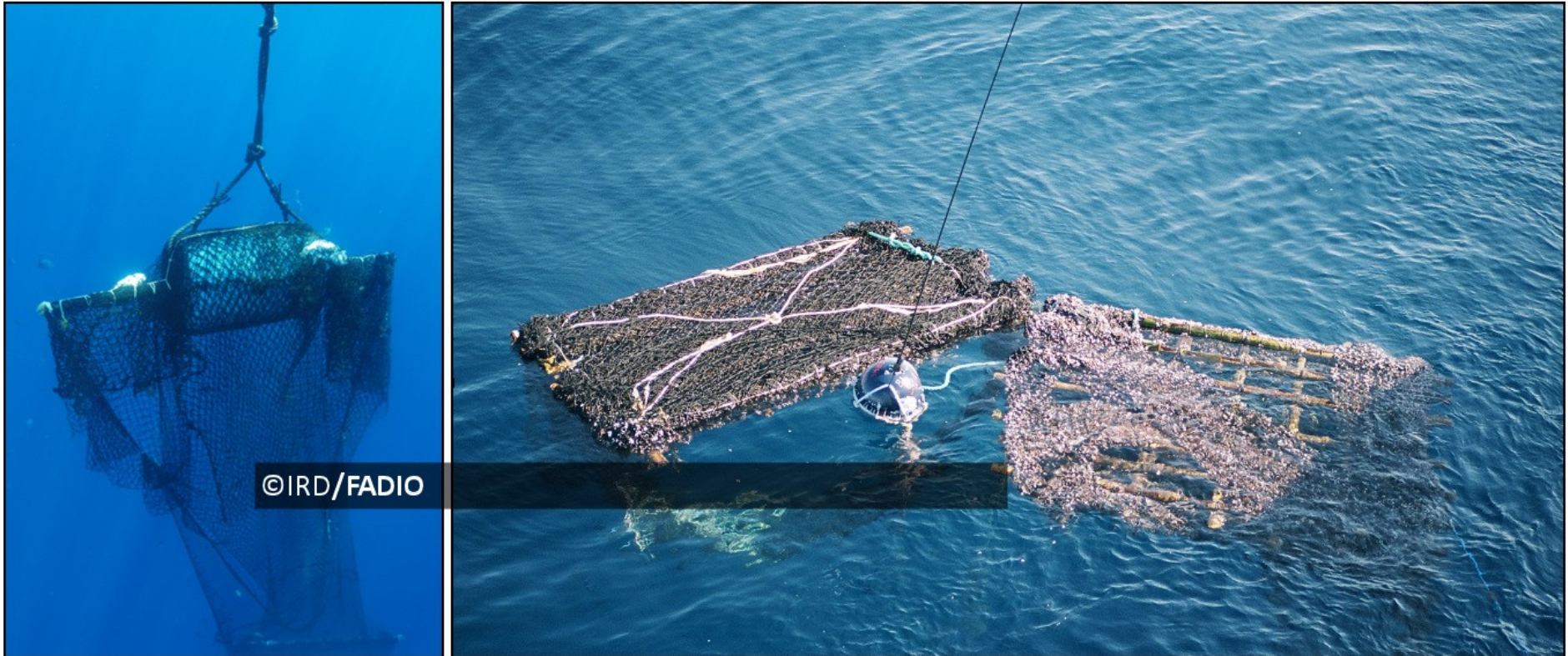


Αναφορά δημιουργού – Παρόμοια διανομή (CC BY-SA 4.0)
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0>



Πλωτήρες προσέλκυσης ψαριών

Fish Aggregating Devices – FADs



Τι είναι;

- Πλωτά αντικείμενα ανθρωπογενούς ή φυσικής προέλευσης, τα οποία είναι αγκυρωμένα στο βυθό (anchored FADs), ή παρασύρονται ελεύθερα με τα ρεύματα (drifting FADs).



Πλωτήρες προσέλκυσης ψαριών



Ποιο είναι το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό τους;

- Περίπου 30 πελαγικά είδη συσχετίζονται με τα παρασυρόμενα FAD, μεταξύ αυτών και οι τόννοι.
- Δεν έχουν κατανοηθεί πλήρως οι λόγοι συσχέτισης ψαριών με FAD (δες ενδεικτικές υποθέσεις/δημοσιεύσεις στο κάτω μέρος της σελίδας), ωστόσο το γεγονός παραμένει: Μία μικρή παρασυρόμενη σχεδία στη μέση του ωκεανού συγκεντρώνει μεγάλα σμήνη τόννων.
- Το φαινόμενο συσχέτισης είναι γνωστό στους αλιείς από την αρχαιότητα.
- Τις τελευταίες δεκαετίες όμως, η χρήση των παρασυρόμενων FAD έχει γιγαντωθεί στα πλαίσια της βιομηχανοποιημένης αλιείας τόννου, σε παγκόσμιο επίπεδο.

Οι κυριότερες, μη-αμοιβαία αποκλειόμενες, υποθέσεις που έχουν διατυπωθεί είναι:

(α) Η χρήση του FAD ως καταφύγιο από θηρευτές (shelter from predator, Suyehiro 1952).

(β) Ο χωρικός προσανατολισμός (spatial reference, Klima & Wickham 1971).

(γ) Η συγκέντρωση τροφής (concentration of food supply, Kojima 1956).

(δ) Η υπόδειξη πλούσιων σε θρεπτικά περιοχών μέσω της κίνησης του FAD με τα ρεύματα (indicator log, Hall 1992).

(ε) Η χρήση του FAD ως τόπος συνάντησης μεμονωμένων ατόμων με μικρά σμήνη, ώστε να σχηματίσουν μεγαλύτερα (meeting point hypothesis, Fréon & Misund 1999).



Πλωτήρες προσέλκυσης ψαριών

Στη μέση του ωκεανού, τα νερά κάτω από ένα παρασυρόμενο FAD είναι κάπως έτσι:





Βιομηχανοποιημένη αλιεία με πλωτήρες προσέλκυσης ψαριών



- Το φαινόμενο δεν πέρασε απαρατήρητο από τους αλιείς !!





Βιομηχανοποιημένη αλιεία με πλωτήρες προσέλκυσης ψαριών



- Σε παγκόσμιο επίπεδο, τα παρασυρόμενα FAD είναι το κύριο εργαλείο **βιομηχανοποιημένης** αλιείας τόννου.

Προτεινόμενο paper

Davies et al (2014). The past, present and future use of drifting fish aggregating devices (FADs) in the Indian Ocean. *Marine Policy* 45, 163–170.





Βιομηχανοποιημένη αλιεία με πλωτήρες προσέλκυσης ψαριών



Εκφόρτωση και μεταποίηση τόννου στον Ινδικό ωκεανό (port Victoria, Seychelles)

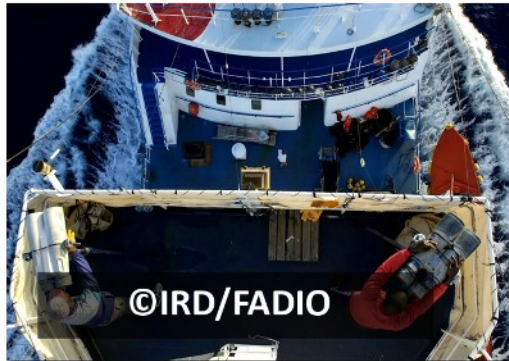
Χώρες που δραστηριοποιούνται στην αλιεία με FAD στον Ινδικό ωκεανό:

- Ισπανία, Γαλλία, Ιταλία, Ταϊβάν,
- και σε πολύ μικρότερους αριθμούς: Σεϋχέλλες, Ιράν, και άλλες γειτονικές χώρες.



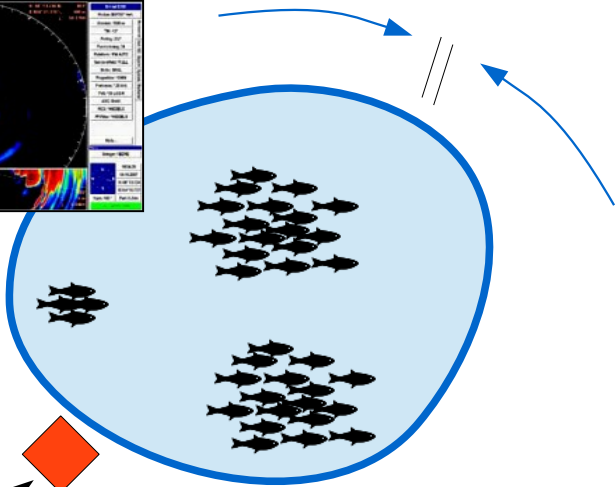
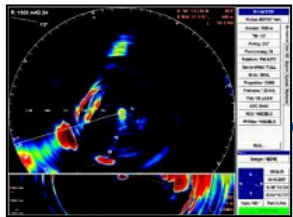


Βιομηχανοποιημένη αλιεία με πλωτήρες προσέλκυσης ψαριών



Αλιεία πλωτήρων με κυκλικά δίκτυα

- Τα FAD είναι εξοπλισμένα με GPS, δορυφορικούς πομπούς, ακόμα και ηχοβολιστικά, τα οποία αναφέρουν στους αλιείς μία ενδεικτική εκτίμηση της “ωριμότητας” ενός πλωτήρα (αν έχει μαζέψει ψάρια ή όχι).
- Καθώς πλησιάζει έναν πλωτήρα, το αλιευτικό σκάφος εκτιμά την παρουσία σμηνών τόννου μέσω οριζόντιων sonar.



- Βοηθητικά σκάφη απλώνουν το κυκλικό δίκτυο (purse seine) γύρω από το FAD, και το αλίευμα συλλέγεται από το μητρικό σκάφος.
- Συχνά, η μεταποίηση γίνεται επί τόπου, στη θάλασσα.
- Μεταξύ διαδοχικών FAD, τα αλιευτικά σκάφη αναζητούν ελεύθερα κινούμενα σμήνη τόννου.

FAD



© IRD/FADIO



© IRD/FADIO



© IRD/FADIO

Πλωτήρες προσέλκυσης ψαριών

Τα κύρια τοννοειδή που αλιεύονται είναι:

Skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*)



“Τοννοπαλαμίδα”

Yellowfin tuna (*Thunnus albacares*)



Κιτρινόπτερος

Bigeye tuna (*Thunnus obesus*)



Μεγαλομάτης

- Οι αλιείς στοχεύουν συσχετισμένα με FAD, αλλά και ελεύθερα κινούμενα σμήνη τόννου (free-ranging schools).

Η αλιεία με FAD σε αριθμούς:

- Εξαγωγές αξίας >6.000.000.000 € (>10% της συνολικής παγκόσμιας αξίας εξαγωγών).
- Πάνω από το 50% του παγκόσμιου αλιεύματος τροπικών τόννων προέρχεται από την χρήση FAD.



Ιδιαιτερότητες των παρασυρόμενων FAD ως αλιευτικό εργαλείο

- Οι συντεταγμένες των FAD ανά στόλο είναι βιομηχανικό μυστικό.
- Η τεχνολογία των FAD εξελίσσεται συνεχώς (π.χ. προσθήκη ηχοβολιστικών στα FAD), και είναι πολύ δύσκολο να εκτιμηθεί το ποσοστό των FAD ανά τεχνολογική κατηγορία.
- FAD βουλιάζουν, καταστρέφονται, ή αντικαθίστανται σε καθημερινή βάση.
- Πειρατεία FAD μεταξύ ανταγωνιστικών στόλων (βρίσκεις ένα FAD, αλλάζεις τους πομπούς και έγινε δικό σου).
- Τυχαία εύρεση (και αλιεία) φυσικών FAD.
- Ο ακριβής αριθμός FAD στο πεδίο είναι πρακτικά άγνωστος. Στον Ινδικό ωκεανό, εκτιμάται ότι υπάρχουν >10,000 FAD σε καθημερινή βάση.
- Οι βιομηχανικοί στόλοι χρησιμοποιούν πληθώρα βοηθητικών δορυφορικών δεδομένων από εξειδικευμένες εταιρίες (ρεύματα, θερμοκρασία, κλπ).
- Τα FAD δημιουργούν τεχνητές συγκεντρώσεις του αλιευτικού στόχου, με άγνωστες οικολογικές επιπτώσεις (ecological trap, δες π.χ. <https://doi.org/10.3354/meps07180>)
- Συχνά, το αλίευμα μεταποιείται εν πλω, και εκφορτώνεται σε διαφορετική χώρα από αυτήν που είναι καταγεγραμμένο το αλιευτικό σκάφος.
- Πολυεθνική βιομηχανική αλιεία σε διεθνή ύδατα.
- Η επιτόπια επιστημονική μελέτη των παρασυρόμενων FAD στον ωκεανό **είναι εξαιρετικά δύσκολη και δαπανηρή**, δες π.χ. Dempster & Taquet (2004) για επισκόπηση, ή Trygonis et al (2016) για πρακτική εφαρμογή.



Διαχειριστικά προβλήματα

Αλιευτικά δεδομένα

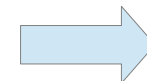
- Εκφορτώσεις.
- Ημερολόγια πλοίων.
- Παρατηρήσεις εποπτών.
- Στομαχικά περιεχόμενα.
- Παρακολούθηση πλοίων (VMS).



Μεγάλη αβεβαιότητα για το πραγματικό ύψος της πραγματικής αλιευτικής προσπάθειας και του **CPUE**.

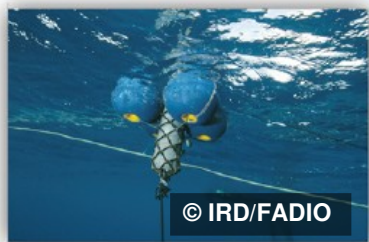
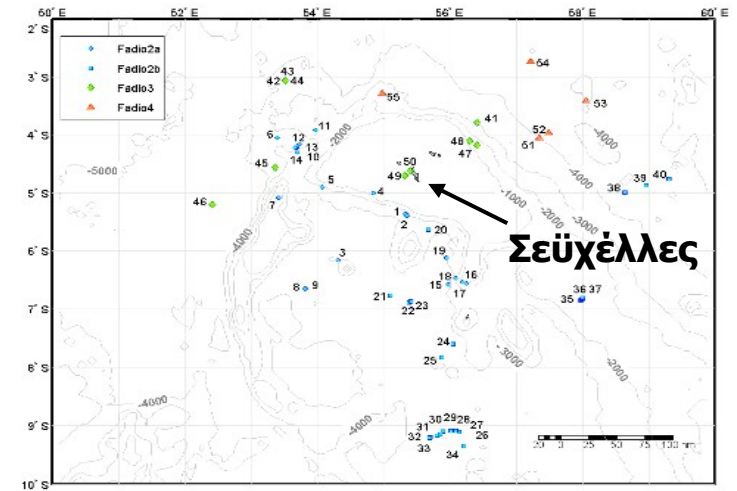
Ανάγκη συλλογής επιτόπιων (*in situ*) δεδομένων, ανεξάρτητων της αλιευτικής δραστηριότητας

Πώς;



Μέθοδοι επιτόπιας έρευνας παρασυρόμενων FAD

- Σήμανση ψαριών και επανασύλληψη (tagging).
- Μετατόπιση (displacement) σημαδεμένων ψαριών και παρακολούθηση της πορείας τους ως προς το FAD μέσω ακουστικής τηλεμετρίας.
- Οπτική καταγραφή μέσω κατάδυσης κάτω από τον πλωτήρα (έως ~50 m) για την αναγνώριση και καταμέτρηση των στενά συσχετισμένων ειδών (visual census).
- **Χρήση της υδροακουστικής τεχνολογίας.**



© IRD/FADIO



© IRD/FADIO



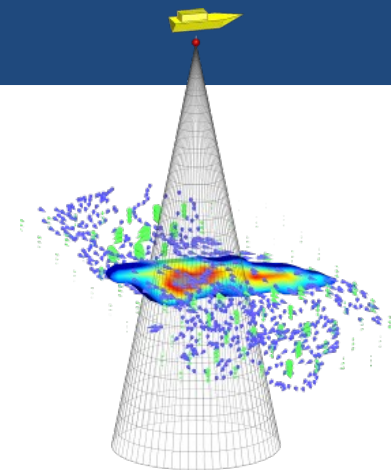
© IRD/FADIO



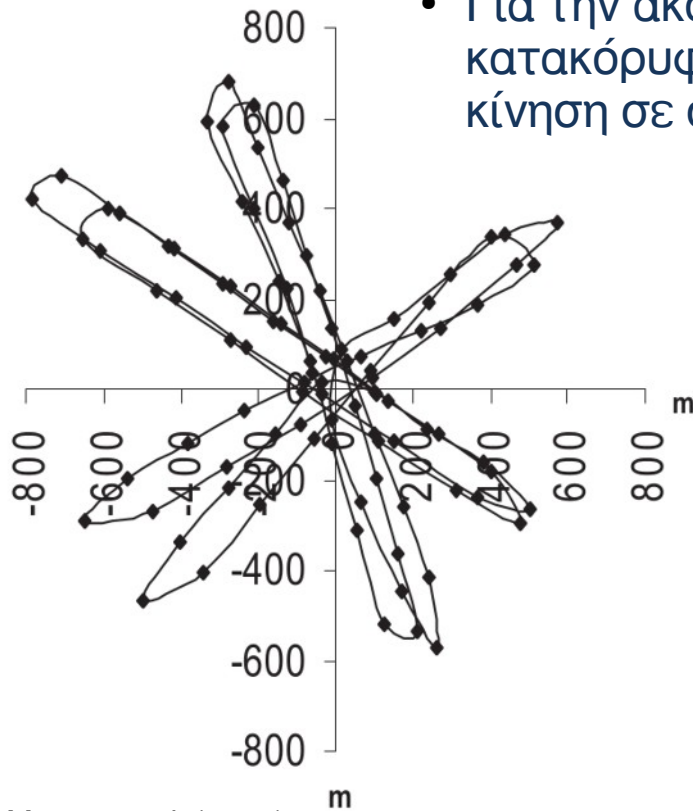
© IRD/FADIO



Κατακόρυφα ηχοβολιστικά μονής δέσμης



- Για την ακουστική δειγματοληψία των FAD με κατακόρυφα ηχοβολιστικά, χρησιμοποιείται μία κίνηση σε σχήμα αστεριού (star-shaped survey).



Moreno et al. (2007)
<https://doi.org/10.1051/alr:2008015>



© IRD/FADIO

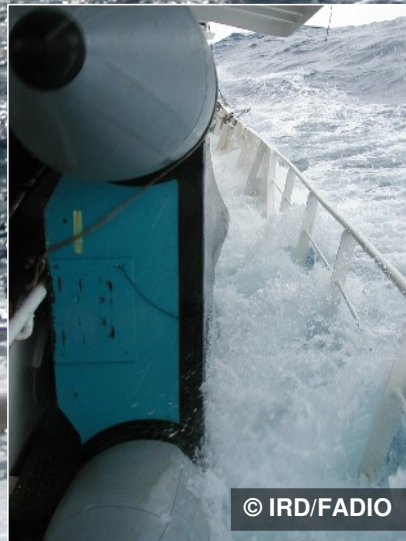
- Ακόμα και σε ήρεμη θάλασσα όμως, το FAD διακρίνεται δύσκολα, ακόμα και σε απόσταση λίγων δεκάδων μέτρων.



Στη μέση του ωκεανού, τα πράγματα είναι συνήθως έτσι



© IRD/FADIO



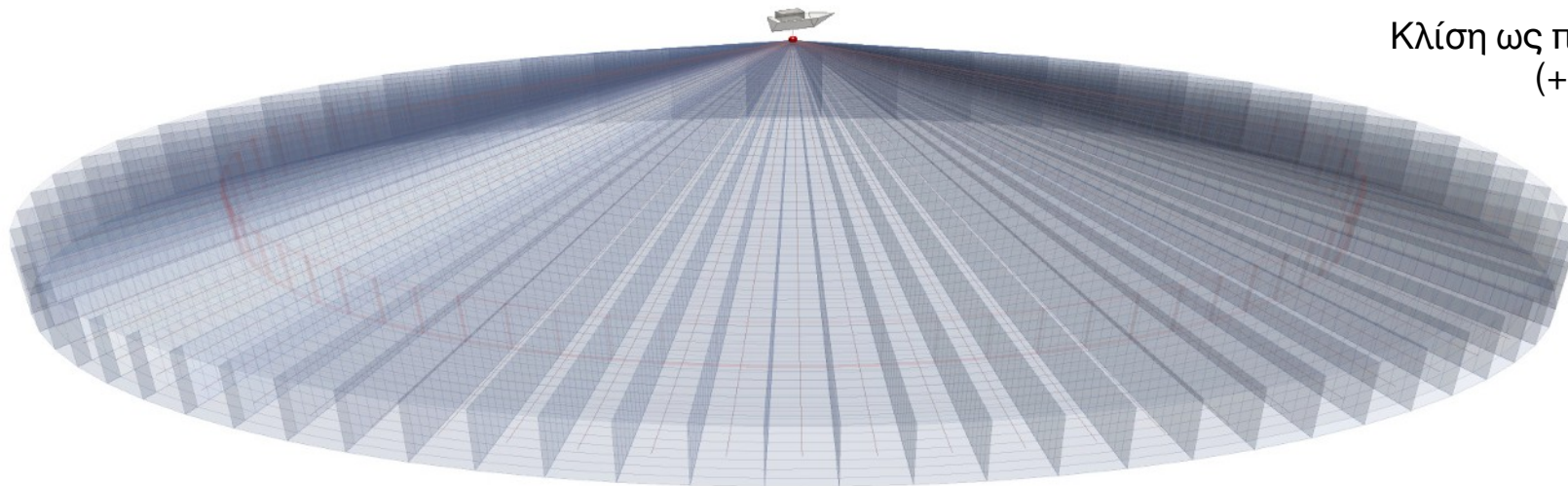
© IRD/FADIO

© IRD/FADIO

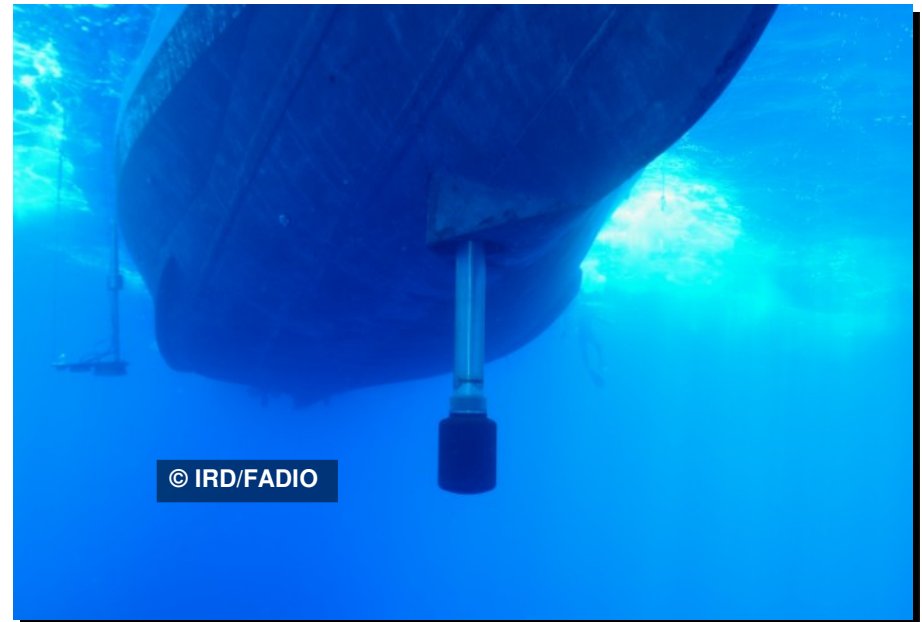
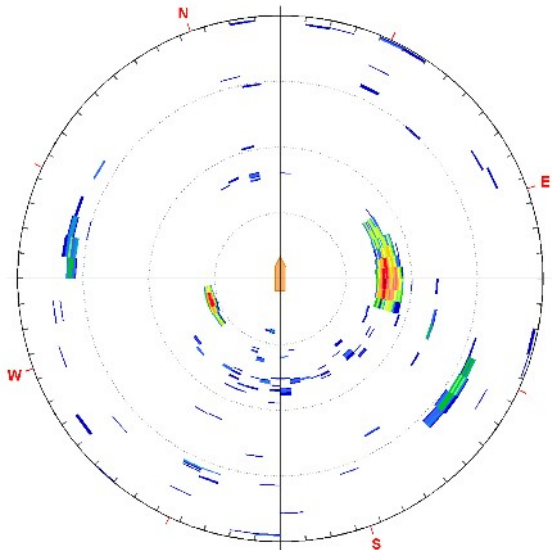


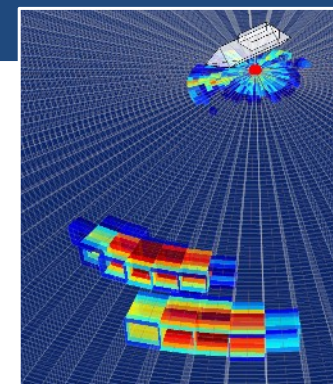
Οριζόντια πολυκωνικά sonar

horizontal multibeam sonars



Κλίση ως προς την επιφάνεια:
(+10°, -70°)





Ανίχνευση σμηνών

Παραμετροποίηση ανίχνευσης

Configure SCHOOL

SCHOOL detection settings

Cut-off Threshold:

Processing Threshold (Noise):

Along-beam tolerance: Samples: Meters:

Cross-beam tolerance: Beams: Degrees:

along-beam cross-beam

Preview

OK Cancel

Survey Directory: D:\DATA\FADIO data\Fad1129\2004-0212-113315\

S 9° 10.3836
N 55° 47.879
11:35:14

21.5
22.4
24.8
27.1
29.4
31.8
34.1
36.5
38.8
41.2
43.5
45.8
48.2
50.5

0072_113457_000.dat
0073_113458_578.dat
0074_113459_984.dat
0075_113501_328.dat

Cut-off Threshold:

-9.173059
55.79798
15:35:14
3
343.989

SCHOOL

fad1129_2b.out.csv

3

Mouse pointer at:

Beam: 61
Sample: 97
Range: 343 [m]
Value: -44.9 [dB]
Axis depth: -10.1 [m]

SONAR SETTINGS

Range: 900 TxP: Full
Freq: 24kHz G: 30
PF: CW dG: 7
TVG: 30logR SCT: Omni
AGC: Weak STB: On
P2P: Strong NRM: Strong

0074_113459_984.dat 74 84

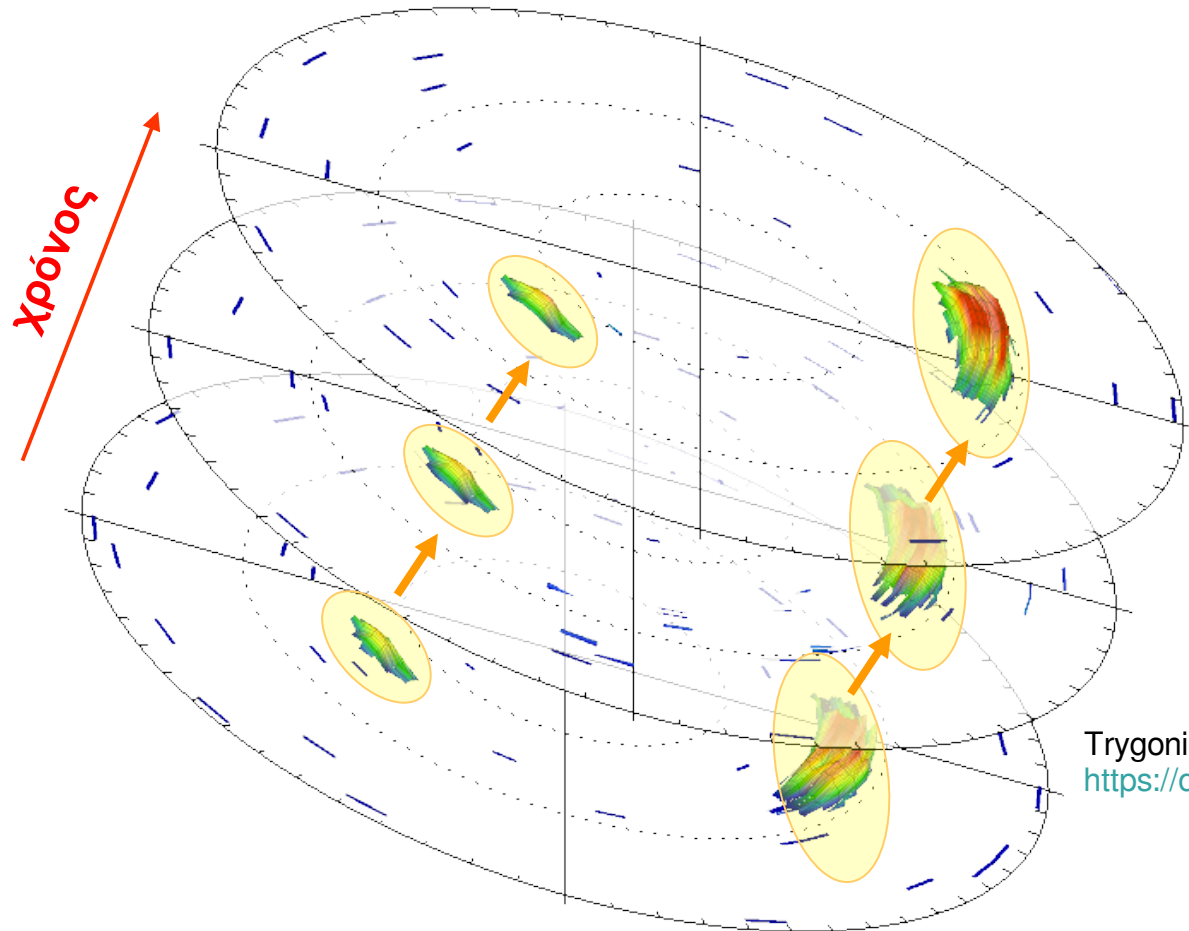
Πίνακας ελέγχου

Εξαίρεση περιοχών

SCHOOL preview

	IDPing	IDschool	DEPTHreal	ASRreal	ABPreal	AREAaxis	AREAmx	DEPTHsim	ASRsim	ABPsim	AREAsim	NSsim	AVEABW	AVCABW
1	1	1	-1	60.0083	105.8824	200	220	-3.155	60.2837	106.6708	989.0199	47	22.1944	35.0063
2	2	1	-1	80.0062	105.8824	200	220	-4.227	80.7663	105.6998	817.5898	29	27.3889	28.9385
3	3	1	-1	100.005	105.8824	0	220	-5.2888	101.0556	105.8824	987.7012	28	26.4444	37.4567
4	4	1	-3	60.075	105.8824	220	220	-3.1744	60.6543	106.7059	952.7558	45	21.25	33.7227
5	5	1	-3	80.0562	105.8824	216	220	-4.227	80.7663	105.6998	817.5898	29	27.3889	28.9385
6	6	1	-3	100.045	105.8824	200	220	-5.2888	101.0556	105.8824	987.7012	28	26.4444	37.4567
7	7	1	-5	60.208	105.8824	216	220	-3.1609	60.396	107.6471	822.2052	39	18.4167	29.1019
8	8	1	-5	80.1561	105.8824	220	220	-4.227	80.7663	105.6998	817.5898	29	27.3889	28.9385
9	9	1	-5	100.1249	105.8824	220	220	-5.2888	101.0556	105.8824	987.7012	28	26.4444	37.4567
10	10	1	-7	60.407	105.8824	200	220	-3.2128	61.3889	105.8824	600.0054	28	26.4444	22.7541
11	11	1	-7	80.3057	105.8824	200	220	-4.2508	81.2222	105.8824	793.8533	28	26.4444	28.0984
12	12	1	-7	100.2447	105.8824	216	220	-5.2888	101.0556	105.8824	987.7012	28	26.4444	37.4567
13	13	1	-9	60.6712	105.8824	0	220	-3.2585	62.2607	106.2896	565.06	26	24.5556	21.4288

Ιχνηλάτηση (tracking) σμηνών



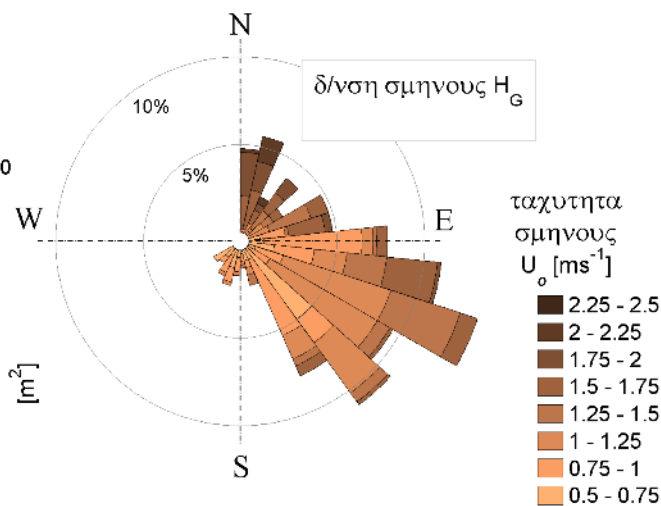
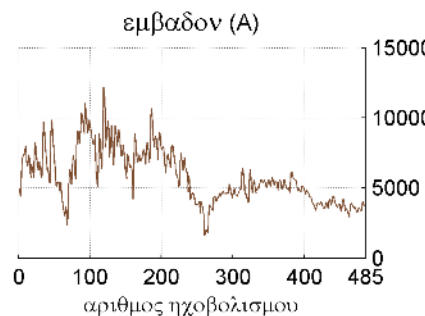
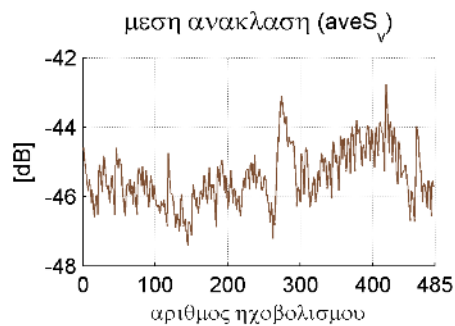
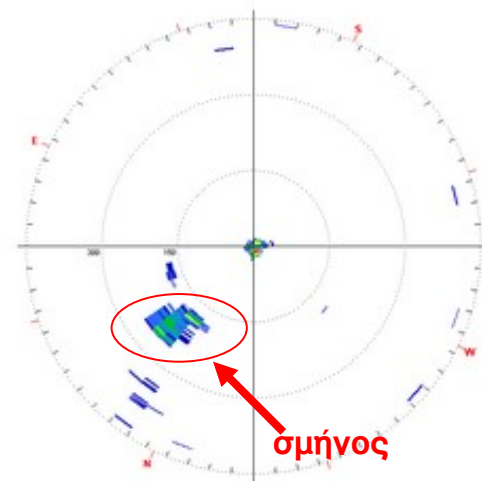
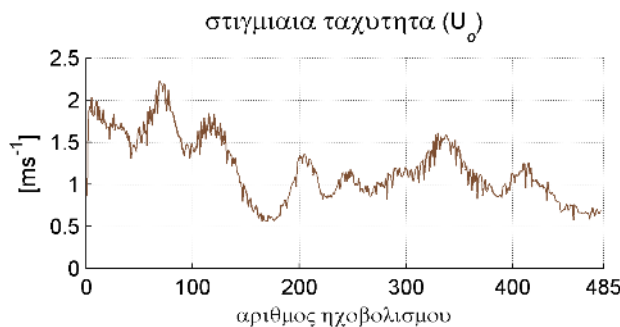
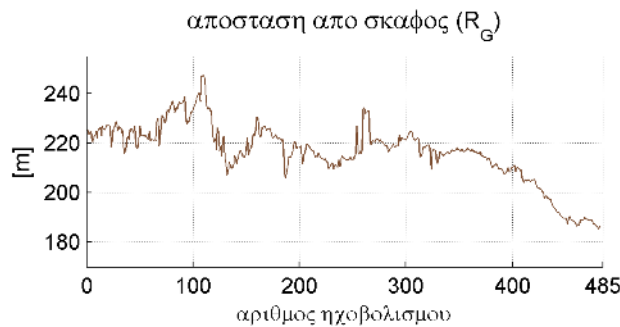
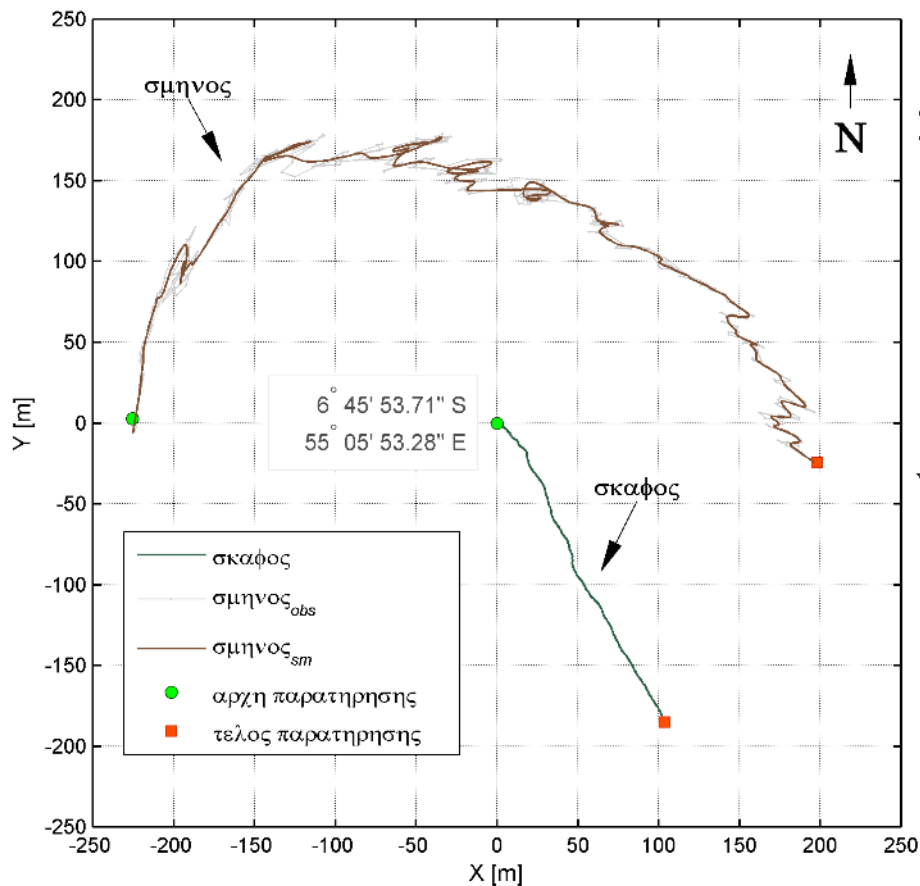
Trygonis et al (2009)
<https://doi.org/10.1093/icesjms/fsp135>

Ιχνηλάτηση σμηνών =

Σύνδεση των διαδοχικών παρατηρήσεων στο χρόνο, έτσι ώστε να αποκτήσουμε χρονοσειρές των δεικτών περιγραφής ανά σμήνος.



Ιχνηλάτηση (tracking) σμηνών τόννου



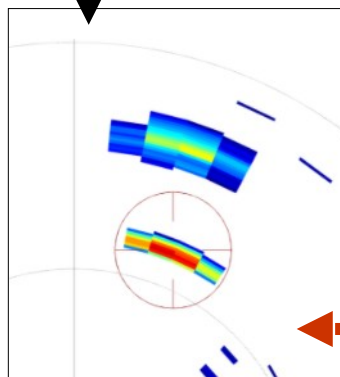
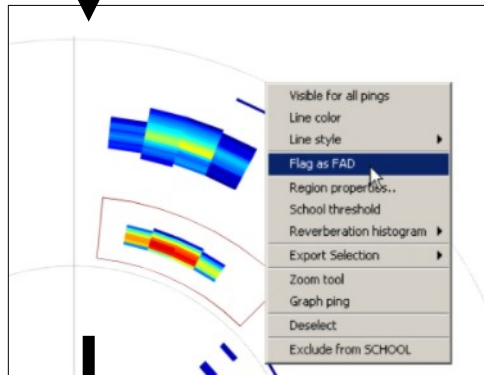
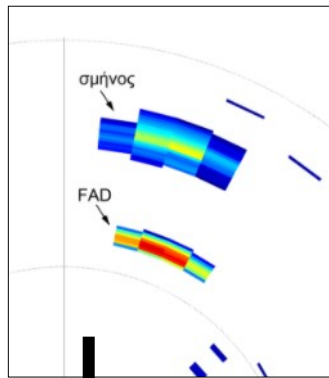
Διάκριση των FAD στα ηχογράμματα

Γιατί μας ενδιαφέρει;

- Αναπαράσταση της κίνησης των κοπαδιών ως προς το FAD, και όχι ως προς το σκάφος (sonar).
- Διερεύνηση της χωροχρονικής συσχέτισης κοπαδιών – FAD.

Πώς;

- Κάτω από την επιφάνεια, τα παρασυρόμενα FAD έχουν σημαδούρες, βαρέλια, δίχτυα, καθώς και πυκνά σμήνη μικρών ψαριών που παραμένουν σε ακτίνα λίγων μέτρων από το FAD.
- Αυτό, έχει ως αποτέλεσμα το FAD να είναι ορατό στα οριζόντια ηχογράμματα.
- Τα FAD καταγράφονται ως ακουστικά ίχνη στιβαρότερης μορφολογίας, και ισχυρότερης ανάκλασης ως προς τα κοπάδια ψαριών.
- Πειραματική επιβεβαίωση μέσω του ημερολογίου των ερευνητικών πλόων (θέση FAD, σκάφους).

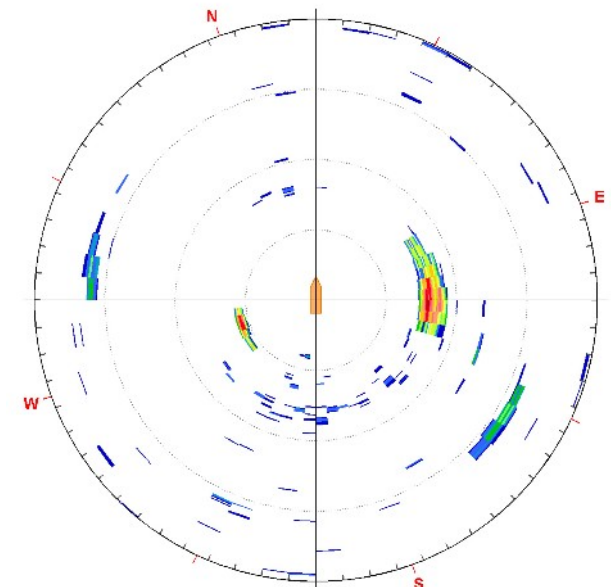


Χωροχρονική κατανομή σμηνών γύρω από τα FAD

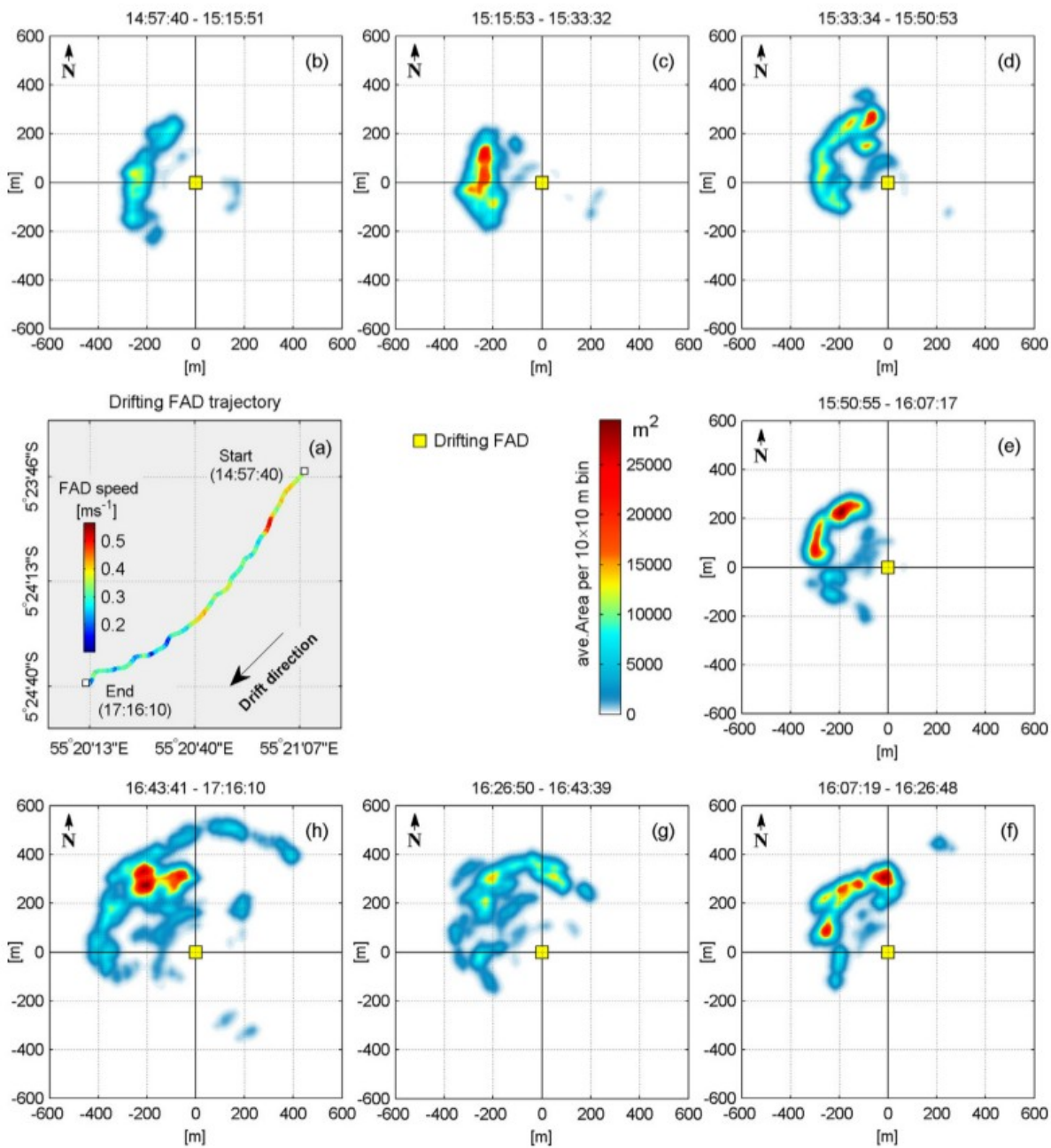
- Για κάθε ηχοβολισμό, είναι γνωστή η θέση του sonar (σκάφος), καθώς και η θέση όλων των ακουστικών στόχων (και του FAD) ως προς το sonar.
- Έτσι, για κάθε ηχοβολισμό, η θέση των κοπαδιών μπορεί να μετασχηματιστεί σε ένα Καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων που έχει κέντρο το παρασυρόμενο FAD.
- Εκτελώντας τέτοιους μετασχηματισμούς για (χιλιάδες) διαδοχικά ηχογράμματα:



**Κατανομή κοπαδιών
γύρω από το
παρασυρόμενο FAD σε
βάθος χρόνου**



Χωρο-χρονική κατανομή



- Εξέλιξη των συσχετισμένων με το παρασυρόμενο FAD κοπαδιών, σε 6 χρονικά παράθυρα διάρκειας ~17 λεπτών έκαστο.
- Το παρασυρόμενο FAD βρίσκεται πάντοτε στο κέντρο των αξόνων.



Spatiotemporal distribution of fish schools around drifting fish aggregating devices

Vasilis Trygonis^{a,*}, Stratis Georgakarakos^a, Laurent Dagorn^b, Patrice Brehmer^c

^a University of the Aegean, Department of Marine Sciences, Mytilene 81109, Greece
^b Institut de recherche pour le développement (IRD), UMR 248, Avenue Jean Monnet CS 30171, 34203 Sète cedex, France
^c Institut de recherche pour le développement (IRD), UMR 195, ISRA-CRODT, BP 1386 Hann, Dakar, Senegal

ARTICLE INFO

Article history:
 Received 12 April 2015
 Received in revised form 1 September 2015
 Accepted 13 January 2016

Keywords:
 FAD
 Tuna
 Fish school
 Aggregative dynamics
 Multibeam sonar

ABSTRACT

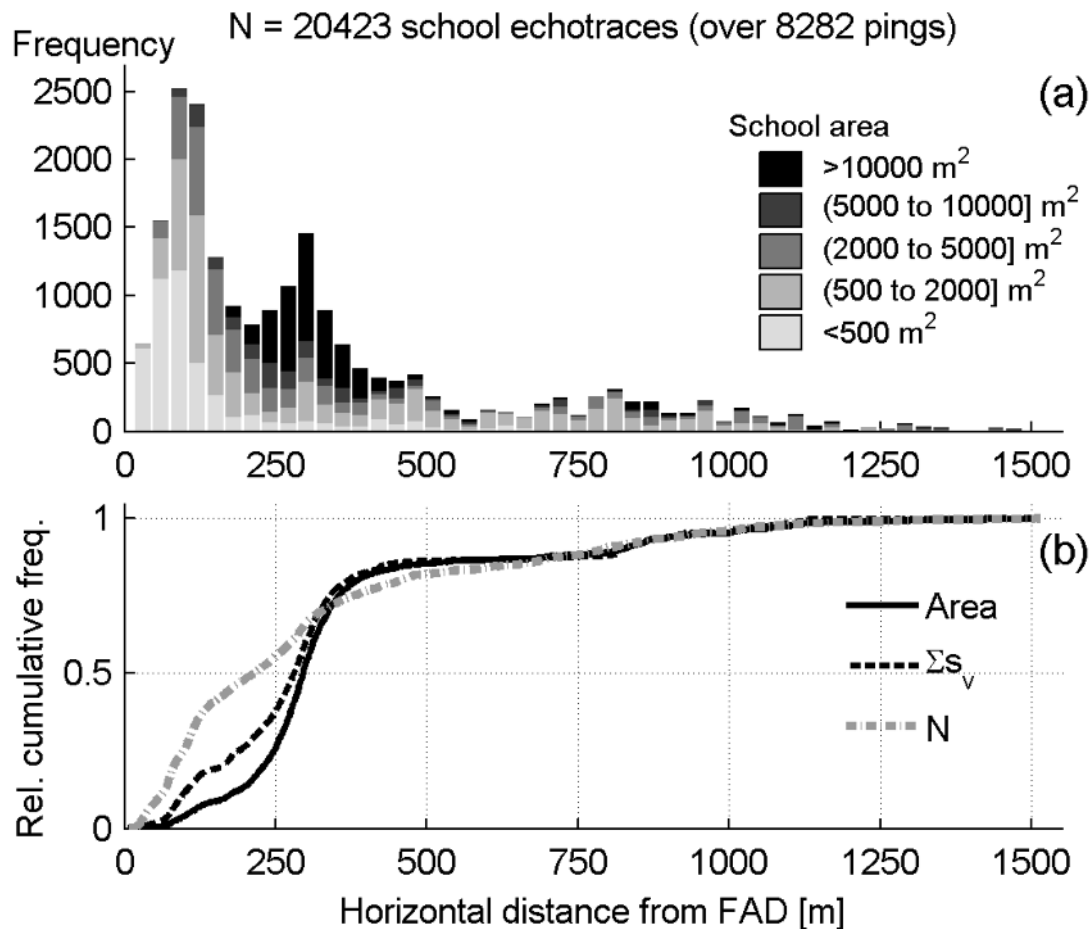
Omnidirectional sonar surveys were conducted in close proximity to drifting fish aggregating devices (FADs) offshore Seychelles, western Indian Ocean, to investigate the number, size, and distribution of FAD-associated fish schools. Echosounder detection techniques applied on the raw multibeam data enabled the extraction of empirical statistics regarding inter-school distances, and allowed the visualization of the temporal evolution of the pelagic aggregation on a FAD-centered coordinate system. The sonar recordings revealed the concurrent existence of multiple fish schools that were spatially clustered and exhibited low permanence in size and structure. Schools were predominantly detected within a radius of 500 m from the FADs, although 15% of detections occurred between 500 to 1500 m from the floating devices. Fish school biomass detected with the sonar was aggregated into a few, large schools during daytime, and dispersed into a larger number of small schools during nighttime. Compared to daytime observations, nighttime schools maintained smaller inter-school distances and were located closer to the drifting FADs. The study demonstrates that horizontal sonars are powerful tools for studying the spatiotemporal distribution of large pelagic schools in the vicinity of drifting FADs.

© 2016 Elsevier B.V. All rights reserved.

Trygonis et al (2016)
<https://doi.org/10.1016/j.fishres.2016.01.013>

Χωρο-χρονική κατανομή

- Αναλύοντας δεδομένα από πολλά FAD, μπορούν να εκτιμηθούν στατιστικά μεγέθη που περιγράφουν το μέγεθος, τον αριθμό, και την απόσταση των κοπαδιών από τα FAD, καθώς και τις αποστάσεις που διατηρούν μεταξύ τους.



Spatiotemporal distribution of fish schools around drifting fish aggregating devices

Vasilis Trygonis^{a,*}, Stratis Georgakarakos^a, Laurent Dagorn^b, Patrice Brehmer^c

^a University of the Aegean, Department of Marine Sciences, Mytilene 81100, Greece

^b Institut de recherche pour le développement (IRD), UMR 248, Avenue Jean Monnet CS 30171, 34203 Sète cedex, France

^c Institut de recherche pour le développement (IRD), UMR 195, ISRA-CRODT, BP 1386 Hann, Dakar, Senegal

ARTICLE INFO

Article history:
Received 12 April 2015
Received in revised form 1 September 2015
Accepted 13 January 2016

Keywords:
FAD
Tuna
Fish school
Aggregative dynamics
Multibeam sonar

ABSTRACT

Omnidirectional sonar surveys were conducted in close proximity to drifting fish aggregating devices (FADs) offshore Seychelles, western Indian Ocean, to investigate the number, size, and distribution of FAD-associated fish schools. Echotrace detection techniques applied on the raw multibeam data enabled the extraction of empirical statistics regarding inter-school distances, and allowed the visualization of the temporal evolution of the pelagic aggregation on a FAD-centered coordinate system. The sonar recordings revealed the concurrent existence of multiple fish schools that were spatially clustered and exhibited low permanence in size and structure. Schools were predominantly detected within a radius of 500 m from the FADs, although 15% of detections occurred between 500 to 1500 m from the floating devices. Fish school biomass detected with the sonar was aggregated into a few, large schools during daytime, and dispersed into a larger number of small schools during nighttime. Compared to daytime observations, nighttime schools maintained smaller inter-school distances and were located closer to the drifting FADs. The study demonstrates that horizontal sonars are powerful tools for studying the spatiotemporal distribution of large pelagic schools in the vicinity of drifting FADs.

© 2016 Elsevier B.V. All rights reserved.

Trygonis et al (2016)
<https://doi.org/10.1016/j.fishres.2016.01.013>



Χρήση δεδομένων που εξαρτώνται από την αλιευτική δραστηριότητα

Διερεύνηση νέων τρόπων ποσοτικοποίησης της αλιευτικής δραστηριότητας

- Οι αλιείς κυκλικών διχτυών (purse seiners) στον ανοικτό ωκεανό έχουν συμπεριφορά ανώτερων θηρευτών (Bertrand et al. 2007; Bez et al. 2011).
 - Η βιομηχανική αλιεία έχει μεγάλο λειτουργικό κόστος. Η απόφαση του καπετάνιου να ψαρέψει ή όχι είναι μία πολύ καλή ένδειξη για την παρουσία (ή απουσία) ψαριών.
 - Οι ευρωπαϊκοί στόλοι είναι υποχρεωμένοι να φέρουν σύστημα αυτόματης δορυφορικής παρακολούθησης των πλοίων (Vessel Monitoring System, VMS).
- Το VMS επιτρέπει την καταγραφή της πορείας, της ταχύτητας και της αλιευτικής δραστηριότητας ενός αλιευτικού σκάφους.

Προτεινόμενο paper

Bez et al (2011). Fishing activity of tuna purse seiners estimated from vessel monitoring system (VMS) data. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 68, 1998–2010.



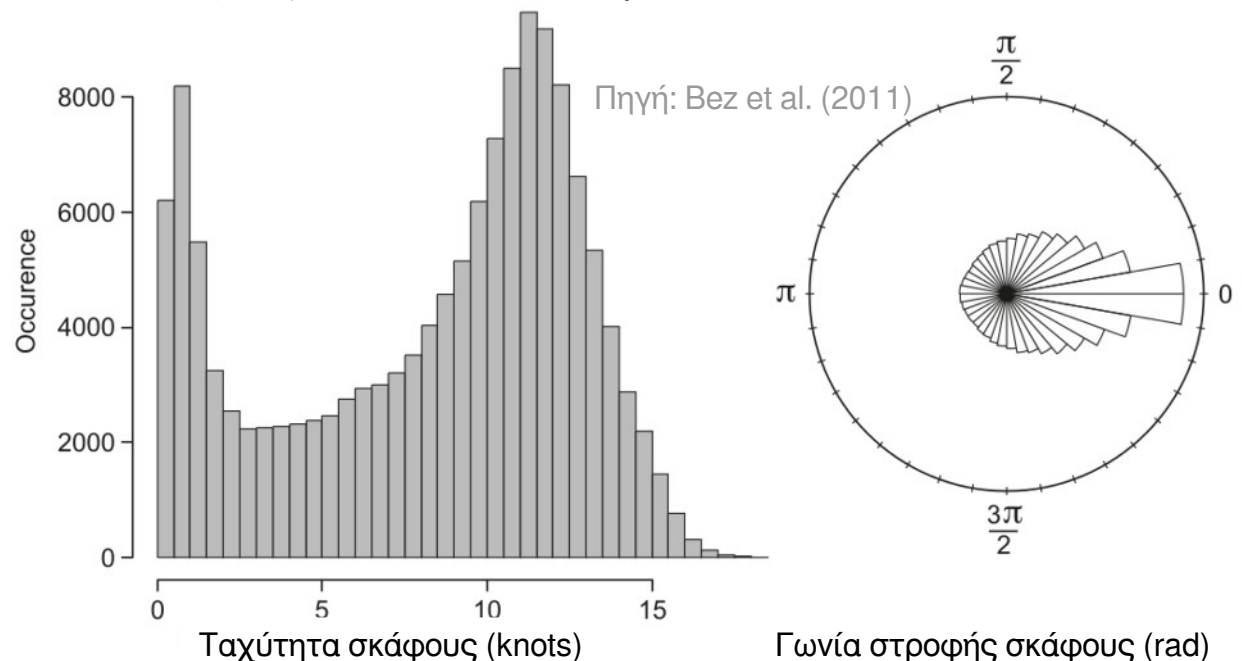
Χρήση δεδομένων που εξαρτώνται από την αλιευτική δραστηριότητα

Διερεύνηση νέων τρόπων ποσοτικοποίησης της αλιευτικής δραστηριότητας

Η αλιεία με FAD έχει τρεις βασικές φάσεις:

- Μετακίνηση μεταξύ FAD ή μέσα από περιοχές χαμηλής αφθονίας (cruising).
- Αναζήτηση/παρακολούθηση κοπαδιών (tracking).
- Αλιεία (fishing).

Χαρακτηριστικά της κίνησης/πορείας των αλιευτικών σκαφών, εξετάζοντας τα VMS δεδομένα σε ωριαίο επίπεδο.



Προτεινόμενο paper

Bez et al (2011). Fishing activity of tuna purse seiners estimated from vessel monitoring system (VMS) data. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 68, 1998–2010.

Χρήση δεδομένων που εξαρτώνται από την αλιευτική δραστηριότητα

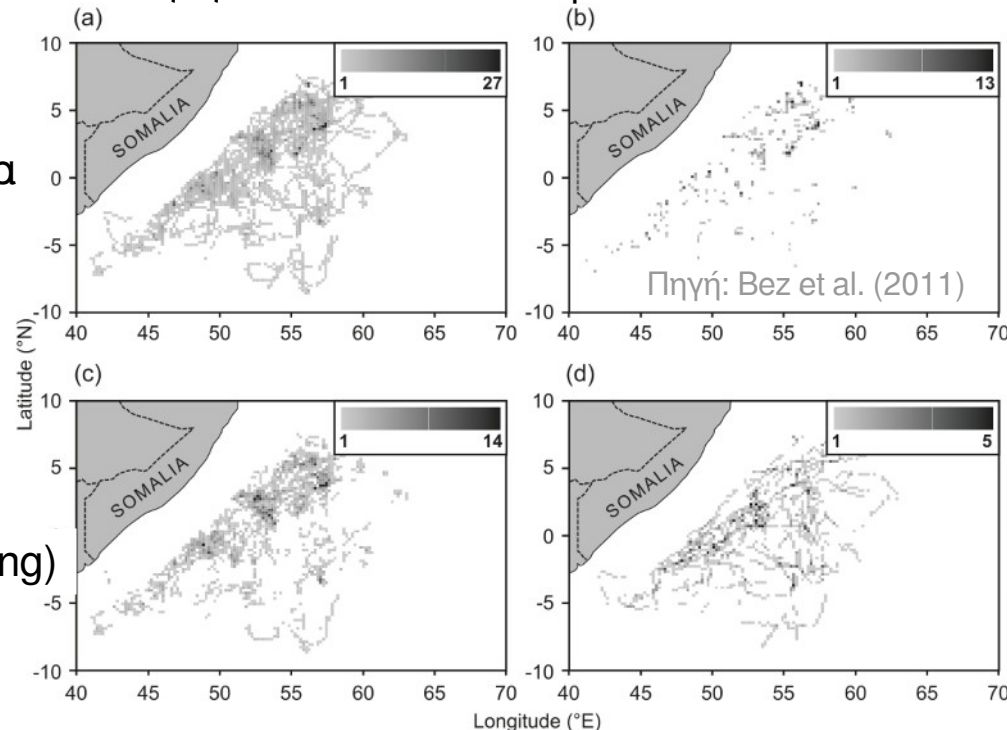
Διερεύνηση νέων τρόπων ποσοτικοποίησης της αλιευτικής δραστηριότητας

Η αλιεία με FAD έχει τρεις βασικές φάσεις:

- Μετακίνηση μεταξύ FAD ή μέσα από περιοχές χαμηλής αφθονίας (cruising).
- Αναζήτηση/παρακολούθηση κοπαδιών (tracking).
- Αλιεία (fishing).

Κίνηση των αλιευτικών σκαφών στο αλιευτικό πεδίο

Όλα τα δεδομένα



Αλιεία (fishing)

Παρακολούθηση (tracking)

Μετακίνηση (cruising)

Προτεινόμενο paper

Bez et al (2011). Fishing activity of tuna purse seiners estimated from vessel monitoring system (VMS) data. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 68, 1998–2010.

