



Πανεπιστήμιο Πειραιώς – Τμήμα Πληροφορικής  
Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών  
«Πληροφορική»

**Μεταπτυχιακή Διατριβή**

Τίτλος Διατριβής	<b>Εμπλουτισμός ΒΔ Πλοίων με Μετεωρολογικά Δεδομένα και Έλεγχος Αλιευτικής Δραστηριότητας</b> <b>Vessel AIS Database Enrichment with Meteorological Data and Fishing Activity Control</b>
Όνοματεπώνυμο Φοιτητή	<b>Αλεξία Μαρία</b>
Πατρώνυμο	<b>Ιωάννης</b>
Αριθμός Μητρώου	<b>ΜΠΠΛ15004</b>
Επιβλέπων	<b>Καθηγητής Ιωάννης Θεοδωρίδης</b>

Ημερομηνία Παράδοσης **Ιούλιος 2020**

---

**Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή**

(υπογραφή)

Ιωάννης Θεοδωρίδης  
Καθηγητής

(υπογραφή)

Νικόλαος Πελέκης  
Αναπληρωτής Καθηγητής

(υπογραφή)

Άγγελος Πικράκης  
Επίκουρος Καθηγητής

## Περίληψη

Η Ναυτική μετεωρολογία είναι ο τομέας της μετεωρολογίας που ασχολείται κυρίως με τη μελέτη των ωκεάνιων περιοχών, συμπεριλαμβανομένων των νησιωτικών και παράκτιων περιοχών. Τα μετεωρολογικά δεδομένα που αφορούν τη ναυτιλία είναι πλέον διαθέσιμα για χρήση μέσα από ανοιχτές Βάσεις Δεδομένων. Το Data Science Lab του Πανεπιστημίου Πειραιά έχει δημιουργήσει μια Βάση Δεδομένων συλλέγοντας, μέσω σημάτων AIS, δεδομένα που αφορούν στην κίνηση των πλοίων στο λιμάνι του Πειραιά αλλά και στην ευρύτερη περιοχή του Αργοσαρωνικού κόλπου. Στόχος της παρούσας εργασίας είναι ο εμπλουτισμός της Βάσης Δεδομένων του Data Science Lab με κινηματικά και στατικά δεδομένα που αφορούν στην κίνηση των πλοίων στο Αιγαίο πέλαγος και με μετεωρολογικά δεδομένα από ανοιχτές Βάσεις Δεδομένων. Τον σχεδιασμό και την υλοποίηση της Βάσης Δεδομένων θα ακολουθήσει η επεξεργασία των δεδομένων και η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων. Τα δεδομένα θα χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο της αλιευτικής δραστηριότητας υπό το πρίσμα των κανονισμών αλιείας, που σχετίζονται με τις καιρικές συνθήκες και τις επιτρεπόμενες περιοχές αλίευσης. Τέλος, πραγματοποιείται εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με το πως επιδρούν τα καιρικά φαινόμενα στην κίνηση των πλοίων και η δημιουργία προτάσεων για τη χρήση δεδομένων καιρού στον τομέα της ναυτιλίας.

## Abstract

Nautical meteorology is the field of meteorology that deals mainly with the study of oceanic areas, including island and coastal areas. Meteorological data related to shipping are now available for use through Open Source Databases. The Data Science Lab of the University of Piraeus has created a Database by collecting, via AIS signals, data concerning the movement of ships at Piraeus port wider area. Aim of this work is to enrich the Data Science Lab Database with kinematic and static data concerning the movement of ships around Aegean Sea and with meteorological data from Open Source Databases. The design and implementation of the Database will be followed by data processing and statistical analysis of results. Mobility and weather data will be used for the detection of fishing law violation by fishing vessels during fishing activity. Lastly, we will make conclusions on the impact of weather phenomena on vessel traffic and proposals for the usage of weather data in the maritime field.

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Ιωάννη Θεοδωρίδη για την ανάθεση του θέματος της μεταπτυχιακής μου διατριβής και το κίνητρο που μου έδωσε να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο θέμα. Θα ήθελα, ακόμη, να ευχαριστήσω τον υποψήφιο διδάκτορα κ. Ιωάννη Κοντούλη για τη βοήθεια που μου παρείχε στην εκπόνηση της εργασίας αυτής.  
Τέλος, ευχαριστώ την οικογένεια μου για τη στήριξη της καθ' ολη τη διάρκεια των σπουδών μου.

## Περιεχόμενα

<b>Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή</b> .....	6
1.1 Σχετικές εργασίες .....	6
1.2 Αντικείμενο εργασίας.....	7
1.3 Κίνητρο για τη διεξαγωγή της εργασίας.....	8
1.4 Στόχοι της εργασίας.....	8
1.5 Δομή της εργασίας.....	8
<b>Κεφάλαιο 2 Υπόβαθρο</b> .....	9
2.1 Το σύστημα AIS.....	9
2.2 PostgreSQL.....	9
2.3 QGIS.....	9
2.4 GRIB.....	10
2.5 Πηγές δεδομένων.....	10
<b>Κεφάλαιο 3 Εμπλουτισμός Βάσης Δεδομένων</b> .....	11
3.1 Ανάλυση Απαιτήσεων.....	11
3.2 Εννοιολογικός Σχεδιασμός.....	11
3.3 Λογικός Σχεδιασμός.....	13
3.4 Φυσικός Σχεδιασμός.....	15
3.5 Καταχώρηση των δεδομένων στους πίνακες.....	16
3.6 Ευρετήρια.....	25
<b>Κεφάλαιο 4 Ανάλυση Δεδομένων</b> .....	28
4.1 Παρουσίαση δεδομένων.....	28
4.2 Παρουσίαση δεδομένων αλιευτικών πλοίων.....	31
4.2.1 Τύποι αλιευτικών εργαλείων.....	32
4.3 Έλεγχος κίνησης αλιευτικών πλοίων ως προς τους κανονισμούς αλίευσης.....	33
4.3.1 Νομοθεσία περί αλιείας.....	33
4.3.2 Επιλογή περιοχής ελέγχου – clustering χωρικών δεδομένων.....	35
4.3.3 Έλεγχος δεδομένων κίνησης αλιευτικών πλοίων.....	45
<b>Συμπεράσματα</b> .....	58
<b>Προτάσεις</b> .....	59
<b>Παράρτημα:Κώδικας</b> .....	60
<b>Βιβλιογραφία</b> .....	69

## Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή

Οι θαλάσσιες μεταφορές και μετακινήσεις αποτελούν τη ραχοκοκαλιά του παγκόσμιου εμπορίου και της παγκόσμιας οικονομίας. Με στόχο τη μέγιστη ασφάλεια στην πλοήγηση αλλά και τη βελτιστοποίηση του ταξιδιού, οι ναυτικοί ανέκαθεν μελετούσαν τις καιρικές συνθήκες πριν αλλά και κατά τη διάρκεια ενός ταξιδιού. Η έγκαιρη και έγκυρη πρόβλεψη του καιρού διασφαλίζει έναν ασφαλή πλου με το μικρότερο δυνατό κόστος σε κατανάλωση καυσίμου και στον ελάχιστο δυνατό χρόνο, προσφέρει τη δυνατότητα υπολογισμού της βέλτιστης πορείας προκειμένου να αποφευχθεί η έκθεση του ανθρώπου σε κίνδυνο, οποιαδήποτε ζημιά στο πλοίο ή στο φορτίο που μεταφέρει και την καλύτερη χρήση του χώρου των λιμανιών. Ήδη από τον 17ο και 18ο αιώνα οι ναυτικοί κρατούσαν οι ίδιοι ημερολόγια (logbooks)[1], όπου κατέγραφαν την ταχύτητα του πλοίου και καιρικές πληροφορίες, όπως τους ανέμους, βροχοπτώσεις, την κατάσταση της θάλασσας, αστραπές και κεραυνούς. Με τα χρόνια δημιουργήθηκε όμως η ανάγκη για μεγαλύτερη ακρίβεια στα δεδομένα αλλά και για μια ενιαία κλίμακα μέτρησης των δεδομένων και προέκυψε η υιοθέτηση της κλίμακας Beaufort[2] για τη μέτρηση των ανέμων και μιας ενιαίας μορφής ημερολογίου για την καταγραφή των καιρικών φαινομένων που σχετίζονταν με την πλοήγηση. Πλέον, η συλλογή μετεωρολογικών δεδομένων γίνεται συντονισμένα από την World Meteorological Organization(WMO)[3] και άλλους φορείς που παρέχουν μετεωρολογικές υπηρεσίες. Τα μέσα που χρησιμοποιούνται για τη συλλογή δεδομένων είναι ραντάρ, δορυφόροι, μπαλόνια καιρού (weather balloons), αεροπλάνα, σηματοδότες καιρού (weather buoys), χερσαίοι σταθμοί καιρού, πλοία καιρού (weather ships) και βαρόμετρα. Σήμερα τα καιρικά δεδομένα είναι άμεσα διαθέσιμα μέσω πολυάριθμων weather APIs (Application Programming Interfaces)[4], τα οποία μέσα από χάρτες δίνουν σε πραγματικό χρόνο πληροφορία σχετικά με τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν σε μια περιοχή αλλά και πρόγνωση του καιρού για τις επόμενες μέρες.

### 1.1 Σχετικές εργασίες

Στο Διαδίκτυο υπάρχουν πολυάριθμες διαθέσιμες για χρήση πηγές δεδομένων σχετικές με τη ναυτική μετεωρολογία, που παρέχουν μετεωρολογικά δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, πρόγνωση καιρού, ιστορικά δεδομένα και αναπαράσταση των δεδομένων σε διαδραστικούς χάρτες. Πηγές και βάσεις σχετικές με μετεωρολογικά δεδομένα, που θα μας απασχολήσουν στην παρούσα εργασία, ανήκουν στις εξής κατηγορίες:

- Πηγές που παρέχουν ακατέργαστα δεδομένα σχετικά με τις τρέχουσες καιρικές συνθήκες, έντονα καιρικά φαινόμενα σε πραγματικό χρόνο και πρόγνωση του καιρού ολίγων ημερών σε JSON ή XML μορφή. Κάποιες από αυτές είναι το Weathers.co[5], το Amdoren Weather API[6], το Norway Weather API[7], το Yahoo Weather API[8] και το 5 day Weather API[9]. Από τα παραπάνω, εγγραφή για πρόσβαση στα δεδομένα απαιτεί μόνο το Amdoren Weather API.
- Ιστορικά καιρικά δεδομένα προσφέρει το Weather Source API[10], στο οποίο η αναζήτηση γίνεται απλά κάνοντας ένα ερώτημα στη βάση με τον ταχυδρομικό κώδικα ή με το γεωγραφικό πλάτος και μήκος. Η συγκεκριμένη πλατφόρμα απαιτεί εγγραφή από τον χρήστη και παρέχει τα δεδομένα σε JSON και JSONP μορφή επί πληρωμή. Επίσης, το CLIWOK[11] παρέχει δωρεάν πρόσβαση στο χρήστη σε μια βάση κλιματολογικών δεδομένων που σχετίζονται με τους ωκεανούς σε παγκόσμιο επίπεδο και καλύπτει την περίοδο 1750-1850.
- Πηγές ακραίων καιρικών φαινομένων, όπως κυκλώνες, καταιγίδες, θυελλώδεις άνεμοι, αποτελούν το Severe Weather Information Center[12], το Meteocalarm[13] και το European Climate Assessment & Dataset[14]. Τα δύο πρώτα παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τις καιρικές συνθήκες σε διαδραστικούς χάρτες σε πραγματικό χρόνο. Το σύνολο των δεδομένων του European Climate Assessment & Dataset συλλέγεται από 68 σταθμούς μέλη 63 χωρών και παρέχεται δωρεάν στο μεγαλύτερο μέρος του σε txt μορφή.

• Πηγές που περιλαμβάνουν πολυστρωματικούς χάρτες που αναπαριστούν τα καιρικά δεδομένα που επικρατούν εκείνη τη στιγμή, πρόβλεψη των καιρικών συνθηκών και προειδοποίηση για ακραία καιρικά φαινόμενα. Οι πιο αντιπροσωπευτικές είναι το Weather Channel API[15], το Aeris Weather API[16], το OpenWeatherMap API[17] και η Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία[18].

• Πηγές που απευθύνονται σε εταιρείες για εμπορική χρήση και παρέχουν τα δεδομένα τους με συνδρομή. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι το Baron Velocity Weather API[19], το FlightStats Weather API[20], HERE Weather API[21] και το World Weather Online API[22].

**Πίνακας 1. Συγκριτικός πίνακας δείγματος πηγών δεδομένων**

Πηγή Δεδομένων	Τρέχουσες καιρικές συνθήκες	Πρόγνωση καιρού	Ακραία καιρικά φαινόμενα	Ιστορικά δεδομένα	Διαδραστικοί χάρτες	Μορφή Δεδομένων
Weathers.co	x	x	-	-	-	JSON
Norway Weather API	x	x	x	-	-	XML, binary
Yahoo Weather API	x	x	-	-	-	JSON, XML
5day Weather API	x	-	-	-	-	JSON
Weather Source API	x	-	x	x	-	JSON, JSONP
Climatol. Database for the World's Oceans	-	-	-	x	-	txt
Severe Weather Information Center	x	x	x	-	x	-
Meteoalarm	x	x	x	-	x	rss
Weather Channel API	x	x	x	-	x	XML, JSON

## 1.2 Αντικείμενο εργασίας

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η συλλογή, από διαθέσιμες ανοιχτές Βάσεις Δεδομένων, και η επεξεργασία κινηματικών και στατικών δεδομένων που αφορούν στα πλοία που κινήθηκαν στη θαλάσσια περιοχή του Αιγαίου πελάγους τους μήνες Ιανουάριο έως και Μάρτιο του 2018 και μετεωρολογικών δεδομένων για την ίδια περιοχή τη συγκεκριμένη περίοδο. Στόχο μας αποτελεί η αξιοποίηση των δεδομένων για την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων, τη δημιουργία προβλέψεων και στατιστικών αναλύσεων. Τα δεδομένα αυτά θα χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο της αλιευτικής δραστηριότητας βάσει των κανονισμών αλιείας, που σχετίζονται με τις καιρικές συνθήκες και τις επιτρεπόμενες περιοχές αλίευσης.

### **1.3 Κίνητρο για τη διεξαγωγή της εργασίας**

Αφορμή και κίνητρο για τη διεξαγωγή της παρούσας εργασίας αποτέλεσε το έργο της ομάδας του Data Science Lab του Πανεπιστημίου Πειραιά. Πιο συγκεκριμένα, στο Πανεπιστήμιο Πειραιά είναι εγκατεστημένη κεραία-δέκτης που λαμβάνει σήματα AIS[23] από τα πλοία που κινούνται στο λιμάνι του Πειραιά και στη γύρω περιοχή σε ακτίνα 28.1 ναυτικών μιλίων. Τα δεδομένα που λαμβάνονται, συλλέγονται και καταχωρούνται στη Βάση Δεδομένων που έχει δημιουργηθεί και οπτικοποιούνται σε πραγματικό χρόνο στην ιστοσελίδα του Πανεπιστημίου [infolab.cs.unipi.gr](http://infolab.cs.unipi.gr) [24][25]. Το εγχείρημα αυτό δίνει το έναυσμα και τον χώρο για έρευνα και περαιτέρω αξιοποίηση της υπάρχουσας πληροφορίας σε συνδυασμό με άλλους επιστημονικούς τομείς, όπως αυτόν της μετεωρολογίας.

### **1.4 Στόχοι της εργασίας**

Ως στόχους της παρούσας εργασίας έχουμε θέσει :

- Τη δημιουργία μιας σωστά δομημένης βάσης με τα κινηματικά και στατικά δεδομένα που αφορούν στα ίδια τα πλοία που κινούνται στο Αιγαίο και την κίνησή τους.
- Τη συλλογή μετεωρολογικών δεδομένων που αφορούν την ευρύτερη περιοχή του Αιγαίου πελάγους και την καταχώρησή τους στη Βάση Δεδομένων που έχει δημιουργηθεί.
- Την επεξεργασία της πληροφορίας που μας παρέχουν τα δεδομένα που έχουν συλλεγεί και την ανάλυση αυτών και την παραγωγή νέας πληροφορίας (χωρικά δεδομένα).
- Την ομαδοποίηση χωρικών δεδομένων (data clustering) και την επεξεργασία τους.
- Τη χρήση των δεδομένων για τον έλεγχο κίνησης των αλιευτικών πλοίων βάσει των κανόνων αλίευσης.
- Την ανάλυση των δεδομένων και την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων.

### **1.5 Δομή της εργασίας**

Η παρούσα εργασία δομείται σε τέσσερα κεφάλαια, στα οποία επιγραμματικά θα αναφερθούμε παρακάτω.

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναφερόμαστε σε κάποιες βασικές έννοιες με τις οποίες θα ασχοληθούμε παρακάτω και αναλύονται συστήματα και προγράμματα, τα οποία θα χρησιμοποιήσουμε κατά τη διεξαγωγή της εργασίας. Επίσης, γίνεται αναφορά στις πηγές των δεδομένων που θα χρησιμοποιήσουμε για την πλήρωση της Βάσης Δεδομένων.

Στο τρίτο κεφάλαιο θα αναλυθούν τα στάδια του σχεδιασμού και της δημιουργίας της Βάσης Δεδομένων και η πλήρωσή της με δεδομένα στατικού και κινηματικού χαρακτήρα αλλά και ο εμπλουτισμός της με μετεωρολογικά δεδομένα.

Στο τέταρτο κεφάλαιο θα γίνει η επεξεργασία των δεδομένων που έχουν συλλεγεί, η ανάλυσή τους και η δημιουργία ενός σεναρίου με στόχο την εύρεση και καταγραφή αποτελεσμάτων.

Τέλος, έχουμε τη μελέτη των αποτελεσμάτων, την εξαγωγή συμπερασμάτων και προτάσεις για πιθανές επεκτάσεις του εγχειρήματος αυτού στο μέλλον.



## Κεφάλαιο 2 Υπόβαθρο

### 2.1 Το σύστημα AIS

Το σύστημα AIS (Automatic Identification System) είναι ένα σύστημα αυτόματης ανταλλαγής ψηφιακών σημάτων μεταξύ πλοίων αλλά και μεταξύ πλοίων και παράκτιων συστημάτων παρακολούθησης της κυκλοφορίας των πλοίων. Οι πομποί AIS που είναι εγκατεστημένοι στα πλοία περιλαμβάνουν έναν δέκτη εντοπισμού θέσης GPS (Global Positioning System)[26] που υπολογίζει τις συντεταγμένες της θέσης του πλοίου, την ταχύτητά του και την πορεία του. Περιλαμβάνει επίσης έναν πομπό VHF[27], ο οποίος μεταδίδει περιοδικά τις πληροφορίες αυτές σε δύο κανάλια VHF. Άλλα πλοία και σταθμοί βάσης μπορούν να λάβουν τις πληροφορίες αυτές χρησιμοποιώντας έναν δέκτη AIS. Στη συνέχεια, με χρήση ειδικού λογισμικού που επεξεργάζεται τα δεδομένα, τα πλοία εμφανίζονται στις οθόνες συστημάτων πλοήγησης ή σε υπολογιστή. Τα σκάφη με δέκτη AIS λαμβάνουν σήματα σε μια εμβέλεια 15-20 ναυτικών μιλίων, ενώ οι παράκτιοι σταθμοί επιτυγχάνουν μεγαλύτερη εμβέλεια που φτάνει τα 40-60 ναυτικά μίλια. Σκοπός της ανάπτυξης του συστήματος αυτού ήταν η ενίσχυση της ασφάλειας στη ναυτιλία, η διευκόλυνση της επικοινωνίας και η ανεμπόδιστη ανταλλαγή μηνυμάτων μεταξύ των πλοίων. Τα κινηματικά και στατικά δεδομένα πλοίων που θα χρησιμοποιήσουμε, έχουν συλλεχθεί από AIS σήματα που εκπέμπουν τα πλοία κατά τη μετακίνησή τους στην περιοχή του Αιγαίου πελάγους. Τα σήματα AIS παρέχουν πληροφορίες για τα χαρακτηριστικά του κάθε πλοίου, όπως τον αριθμό MMSI (Ταυτότητα Ναυτιλιακής Κινητικής Υπηρεσίας)[28], τον IMO (International Maritime Organization)[29], τη σημαία και τη θέση του πλοίου (γεωγραφικό μήκος και πλάτος), το status (π.χ. αγκυροβολημένο), την ταχύτητα, την κατεύθυνση κ.α.

### 2.2 PostgreSQL

Στην εργασία μας θα χρησιμοποιήσουμε την PostgreSQL[30], ένα αντικειμενοσχεσιακό σύστημα διαχείρισης βάσεων δεδομένων ανοιχτού κώδικα, που προσφέρει τη δυνατότητα καταχώρησης και ορθής διαχείρισης της πληροφορίας. Ακόμα πιο κατάλληλη για τη διεξαγωγή της εργασίας αυτής την καθιστά η επέκταση PostGIS[31] που παρέχει τη δυνατότητα καταχώρησης χωρικού τύπου δεδομένων (geometry)[32], όπως σημεία, γραμμές και πολύγωνα[33]. Η χρήση της χωρικής βάσης δεδομένων θα βοηθήσει πολύ στο συσχέτισμό της κίνησης των πλοίων με τα μετεωρολογικά δεδομένα, λαμβάνοντας υπόψη τις μετεωρολογικές συνθήκες που επικρατούν σε μια γεωγραφική θέση για μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή.

### 2.3 QGIS

Το QGIS[34] είναι ένα ανοιχτού κώδικα γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών που θα μας βοηθήσει να οπτικοποιήσουμε τα χωρικά δεδομένα που έχουμε δημιουργήσει σε χάρτες. Το QGIS επιτρέπει την ανάλυση και επεξεργασία χωρικών δεδομένων, καθώς και τη σύνθεση και εξαγωγή χαρτών και υποστηρίζει raster και vector μοντέλα δεδομένων[35]. Τα δεδομένα μας θα αναπαρασταθούν με βάση το vector μοντέλο δεδομένων ως σημεία, γραμμές ή πολύγωνα σε χάρτες χρησιμοποιώντας ζεύγη συντεταγμένων (lon, lat). Αυτό θα συμβάλει στη διευκόλυνση της εξαγωγής συμπερασμάτων και την καλύτερη κατανόηση των αποτελεσμάτων.

## **2.4 GRIB**

Τα GRIB (GRidded Information in Binary)[36] είναι αρχεία που διατηρούνται από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Μετεωρολογίας (WMO) και περιλαμβάνουν μετεωρολογικά δεδομένα σε δυαδική μορφή. Τα μετεωρολογικά δεδομένα που περιλαμβάνουν αποτελούν μοντέλα πρόβλεψης του καιρού και δεν αποτελούν πραγματική πληροφορία. Όλες οι Μετεωρολογικές Υπηρεσίες παγκοσμίως χρησιμοποιούν αυτό είδος τυποποίησης για την αποθήκευση και την ανταλλαγή δεδομένων μετεωρολογικών προβλέψεων. Πρόσβαση στα GRIB αρχεία δίνεται μέσω του NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), το οποίο παρέχει σύνολα δεδομένων που αναπαρίστανται σε κελιά (grids) καθένα από τα οποία αντιστοιχεί σε μια συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή.

## **2.5 Πηγές Δεδομένων**

- Πηγή των κινηματικών και στατικών δεδομένων ήταν η Βάση Δεδομένων του Πανεπιστημίου Πειραιά.
- Τα στατικά δεδομένα εμπλουτίστηκαν με πληροφορία από την ιστοσελίδα Marine Traffic[37] .
- Τα μετεωρολογικά δεδομένα προήλθαν από την ιστοσελίδα του NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) [38].

## Κεφάλαιο 3 Εμπλουτισμός Βάσης Δεδομένων

Στην ενότητα αυτή θα ασχοληθούμε με τα στάδια σχεδιασμού και τη δημιουργία της Βάσης Δεδομένων και της καταχώρησης των δεδομένων σε αυτήν. Για το σωστό σχεδιασμό της Βάσης Δεδομένων θα προβούμε αρχικά στην ανάλυση απαιτήσεων, θα ακολουθήσουν ο εννοιολογικός, λογικός και φυσικός σχεδιασμός της βάσης και τέλος η καταχώρηση των δεδομένων.

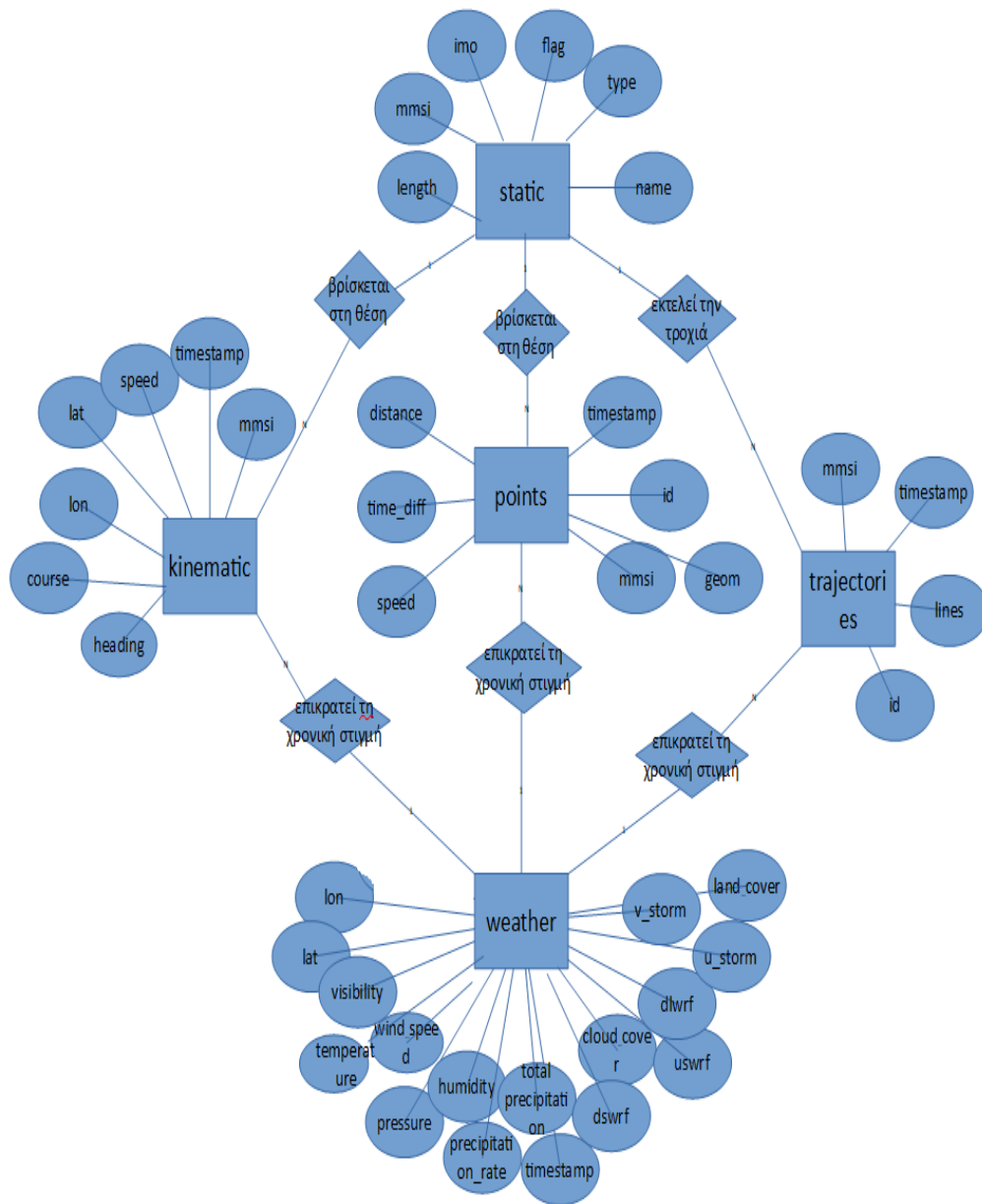
### 3.1 Ανάλυση απαιτήσεων

Το σύνολο των απαιτήσεων για τη Βάση Δεδομένων συνίσταται στις εξής παραδοχές:

- Για κάθε πλοίο της Βάσης Δεδομένων έχουμε στατικά δεδομένα, όπως τα χαρακτηριστικά `imo`, `name`, το όνομα, τη σημαία και τον τύπο του πλοίου.
- Για κάθε πλοίο γνωρίζουμε τη γεωγραφική του θέση για κάθε χρονική στιγμή. Τα κινηματικά δεδομένα που γνωρίζουμε είναι το γεωγραφικό μήκος, το γεωγραφικό πλάτος, η χρονοσφραγίδα (`timestamp`), η κατεύθυνση (`heading`), η ταχύτητα (`speed`), ο τύπος της κίνησης (`type`), η πορεία (`course`) και η στροφή (`turn`).
- Από τις γεωγραφικές συντεταγμένες δημιουργούμε χωρικά δεδομένα, όπως σημεία (`points`) και γραμμές-διαδρομές (`linestrings`) των πλοίων.
- Για κάθε χρονική στιγμή γνωρίζουμε τις καιρικές συνθήκες κάθε γεωγραφικού σημείου. Τα καιρικά δεδομένα περιλαμβάνουν την πίεση της επιφάνειας της θάλασσας, την ορατότητα, τη θερμοκρασία και την υγρασία, τη βροχόπτωση, την πιθανότητα καταιγίδας, τη νέφωση, την κατεύθυνση και την ταχύτητα του ανέμου.
- Κάθε πλοίο εκτελεί διαδρομές στην ευρύτερη πειοχή του Αιγαίου και επηρεάζεται από τις υπάρχουσες καιρικές συνθήκες.
- Κάθε πλοίο για κάθε χρονική στιγμή μπορεί να είναι είτε σε κίνηση είτε ακυροβλημένο.

### 3.2 Εννοιολογικός σχεδιασμός

Το στάδιο του Εννοιολογικού Σχεδιασμού περιλαμβάνει τη δημιουργία του Μοντέλου Οντοτήτων Συσχετίσεων (E-R Model)[39]. Το Εννοιολογικό Μοντέλο ασχολείται με τις οντότητες, τα γνωρίσματα της κάθε οντότητας, τις συσχετίσεις μεταξύ των οντοτήτων και τους περιορισμούς που θα ορίσουμε για τη δημιουργία της βάσης, όπως πληθικότητα, πρωτεύοντα κλειδιά[40] και ξένα κλειδιά[41].



**Fig.1. Διάγραμμα Οντοτήτων συσχετίσεων (E-R Model)**

Οι οντότητες θα είναι οι εξής:

- Static
- Kinematic
- Trajectories
- Weather
- Points
- Ports

Οι οντότητες συνδέονται μεταξύ τους με διαφορετικές συσχετίσεις και πληθικότητα.

- Η οντότητα *static* σχετίζεται με την οντότητα *kinematic* με πληθικότητα 1:N. Ένα πλοίο της οντότητας *static* βρίσκεται σε πολλές θέσεις του πίνακα *kinematic* για διαφορετικό *timestamp*, ενώ πολλά σημεία σε διαφορετικές χρονικές στιγμές της οντότητας *kinematic* αφορούν ένα πλοίο της οντότητας *static*.
- Η οντότητα *static* σχετίζεται με την οντότητα *trajectories* με πληθικότητα 1:N. Ένα πλοίο της οντότητας *static* εκτελεί πολλές διαφορετικές τροχιές της οντότητας *trajectories* για διαφορετικό *timestamp*, ενώ πολλές τροχιές της οντότητας *trajectories* αφορούν ένα πλοίο της οντότητας *static*.
- Η οντότητα *weather* σχετίζεται με την οντότητα *kinematic* με πληθικότητα 1:N. Ο καιρός για μια μέρα και ένα συγκεκριμένο σημείο μπορεί να αφορά πολλές εγγραφές της οντότητας *kinematic* και η θέση ενός πλοίου για μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή σχετίζεται με μια μόνο εγγραφή του πίνακα *weather*.
- Η οντότητα *weather* σχετίζεται με την οντότητα *trajectories* με πληθικότητα 1:N. Ο καιρός για μια μέρα και ένα συγκεκριμένο σημείο μπορεί να αφορά πολλές εγγραφές της οντότητας *trajectories* και η τροχιά ενός πλοίου για μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή σχετίζεται με μια μόνο εγγραφή του πίνακα *weather*.
- Η οντότητα *static* σχετίζεται με την οντότητα *points* με πληθικότητα 1:N. Ένα πλοίο της οντότητας *static* βρίσκεται σε διαφορετικά σημεία της οντότητας *points* για διαφορετικό *timestamp*, ενώ πολλά σημεία της οντότητας *points* αφορούν ένα πλοίο της οντότητας *static*.
- Η οντότητα *weather* σχετίζεται με την οντότητα *points* με πληθικότητα 1:N. Ο καιρός για μια μέρα και ένα συγκεκριμένο σημείο μπορεί να αφορά πολλές εγγραφές της οντότητας *points* και η τροχιά ενός πλοίου για μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή σχετίζεται με μια μόνο εγγραφή του πίνακα *weather*.

### 3.3 Λογικός Σχεδιασμός

Σε αυτό το στάδιο του σχεδιασμού της βάσης θα μετατρέψουμε το E-R μοντέλο σε UML διάγραμμα της Βάσης. Για να γίνει αυτό θα πρέπει να θέσουμε κάποιους περιορισμούς.

Ένα ισχυρό σύνολο οντοτήτων μετατρέπεται σε πίνακα με στήλες τα χαρακτηριστικά που έχουμε ορίσει και αντίστοιχο πρωτεύον κλειδί. Στη βάση μας οι οντότητες είναι:

- **Static** : PRIMARY KEY *mmsi*, *imo*, *name*, *flag*, *type*, *length*
- **Kinematic** : PRIMARY KEY (*mmsi*, *timestamp*), *lon*, *lat*, *heading*, *speed*, *course*
- **Trajectories** : PRIMARY KEY *id*, *timestamp*, *mmsi*, *lines*
- **Weather** : PRIMARY KEY (*timestamp*, *lat*, *lon*), *visibility*, *wind speed*, *temperature*, *pressure*, *humidity*, *precipitation rate*, *total precipitation*, *cloud cover*, *dswrf*, *dwrf*, *uswrf*, *u-storm*, *v-storm*, *land cover*
- **Points** : PRIMARY KEY *id*, *timestamp*, *mmsi*, *geom*, *distance*, *time\_diff*, *speed*
- **Ports** : PRIMARY KEY *id*, *name*, *geom*

Όπως φαίνεται παραπάνω έχουμε προσθέσει τη στήλη *id* στους πίνακες *trajectories*, *ports* και *points* και την έχουμε ορίσει ως πρωτεύον κλειδί των πινάκων αυτών.

Τέλος, προσθέτουμε τα ξένα κλειδιά για τη σύνδεση των πινάκων αυτών.

- **Kinematic**: FOREIGN KEY *mmsi*, που αναφέρεται στον πίνακα *static* (*mmsi*).
- **Trajectories** : FOREIGN KEY *mmsi*, που αναφέρεται στον πίνακα *static* (*mmsi*).
- **Points** : FOREIGN KEY *mmsi*, που αναφέρεται στον πίνακα *static* (*mmsi*).

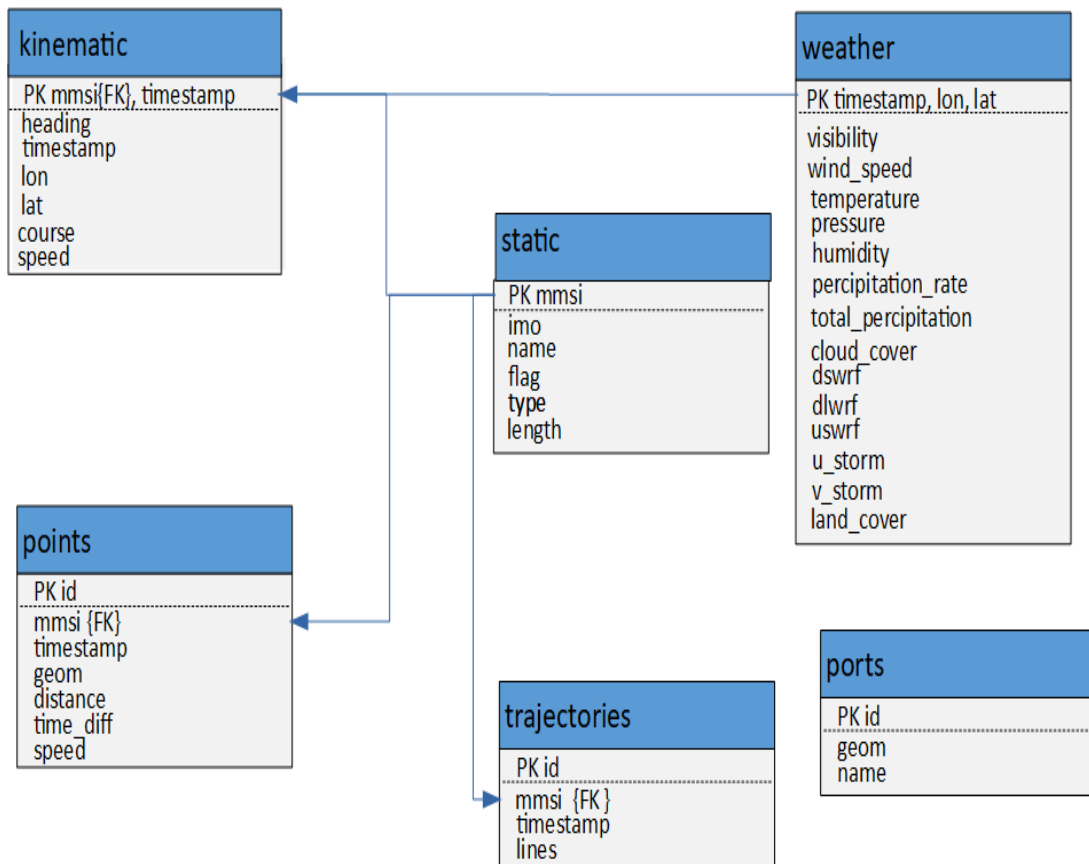


Fig.2. Λογικό Διάγραμμα

### 3.4 Φυσικός Σχεδιασμός

Μετά τον σχεδιασμό της Βάσης προχωρούμε στην υλοποίηση της Βάσης στο Σύστημα Σχεσιακών Βάσεων Δεδομένων της PostgreSQL. Εισάγουμε τα δεδομένα μας στη Βάση και ορίζουμε τον τύπο των δεδομένων μας.

Προκύπτουν λοιπόν οι παρακάτω πίνακες:

- **Static :**

- mmsi (integer)
- imo (integer)
- flag (text)
- type (text)
- name (text)
- length (double precision)

- **Kinematic :**

- mmsi (integer)
- timestamp (timestamp without time zone)
- lon (double precision)
- lat (double precision)
- heading (integer)
- speed (double precision)
- course (double precision)

- **Trajectories :**

- id (integer)
- mmsi (integer)
- timestamp (timestamp without time zone)
- lines (geometry)

- **Weather :**

- lat (double precision)
- lon (double precision)
- timestamp (time without time zone)
- visibility (double precision)
- wind speed (double precision)
- temperature (double precision)
- pressure (double precision)
- humidity (double precision)
- precipitation rate (double precision)
- total precipitation (double precision)
- cloud cover (double precision)
- dsurf “downward short-wave radiation” (double precision)
- dlwrf “downward long-wave radiation” (double precision)
- usurf “upward short-wave radiation” (double precision)
- u-storm (double precision)
- v-storm (double precision)
- land cover (integer)

- **Points :**
  - id (integer)
  - mmsi (integer)
  - timestamp (timestamp without time zone)
  - geom (geometry)
  - distance (double precision)
  - time\_diff (double precision)
  - speed (double precision)
- **Ports :**
  - id (integer)
  - name (text)
  - geom (geometry)

### 3.5 Καταχώρηση των δεδομένων στους πίνακες

Τον σχεδιασμό της Βάσης Δεδομένων ακολουθεί η καταχώρηση δεδομένων σε αυτήν.

Πίνακας **Kinematic**:

Τα δεδομένα που καταχωρήσαμε στον πίνακα kinematic αφορούν στα πλοία που κινήθηκαν στο Αιγαίο πέλαγος τους μήνες Ιανουάριο-Μάρτιο του 2018. Αποτελούν ευγενική παραχώρηση της εταιρείας Marine Traffic στην ομάδα DataStories του Πανεπιστημίου Πειραιώς για ερευνητικούς-εκπαιδευτικούς σκοπούς. Το σύνολο των δεδομένων που αφορά στους μήνες Ιανουάριο, Φεβρουάριο και Μάρτιο του 2018 θα φορτωθεί στον πίνακα kinematic. Με την εντολή COPY της Postgresql περάσαμε τα δεδομένα από csv αρχεία στον πίνακα.

```
COPY kinematic FROM 'C:\csv\kinematic.csv' DELIMITER ';' CSV HEADER;
```

Μετά την πλήρωση του πίνακα kinematic με δεδομένα ορίστηκε ως πρωτεύον κλειδί ο συνδυασμός των πεδίων mmsi και timestamp.

```
ALTER table kinematic ADD PRIMARY KEY (mmsi, timestamp);
```

	mmsi	timestamp	lon	lat	speed	course	heading
	integer	timestamp without time zone	double precision	double precision	double precision	double precision	integer
1	271001140	2018-03-01 00:19:02	27.16773	38.44508	0	0	511
2	477883300	2018-03-01 00:19:02	27.15313	38.445599	0	330	28
3	423056100	2018-03-01 00:19:02	27.10733	38.421162	0	226	97
4	273437050	2018-03-01 00:19:02	27.15102	38.44273	0	0	267
5	271044447	2018-03-01 00:19:02	27.120979	38.454769	0	0	511
6	271043755	2018-03-01 00:19:02	27.097309	38.452049	0	0	511
7	271010093	2018-03-01 00:19:02	27.14843	38.445721	0	0	511
8	271000671	2018-03-01 00:19:02	27.14743	38.444729	0	306	511
9	271010296	2018-03-01 00:19:02	27.120781	38.455181	0	0	511
10	255805777	2018-03-01 00:19:02	27.15892	38.445862	0	305	297
11	244403000	2018-03-01 00:19:02	26.605631	36.966579	127	339	338
12	357933000	2018-03-01 00:19:03	26.731899	36.50935	82	78	511
13	256377000	2018-03-01 00:19:03	25.990561	37.322651	127	153	153
14	271041391	2018-03-01 00:19:03	28.94516	40.991489	0	74	511
15	538003911	2018-03-01 00:19:04	28.772141	40.827518	144	87	84

Fig.3. Πίνακας Kinematic



Πίνακας **Static**:

Τα στατικά δεδομένα προήλθαν από τα AIS μηνύματα που έχει συλλέξει το Πανεπιστήμιο Πειραιά, αλλά και από το API του MarineTraffic και αφορούν στα χαρακτηριστικά των πλοίων που εμπεριέχονται στον πίνακα kinematic.

	id integer	mmsi integer	imo integer	name text	flag text	type text
1	1	841816000	7383114	KARL	[null]	Pallet Carrier
2	2	775994740	8415146	SVITZER ANGLIA	VE	Tug
3	3	775994630	9677349	GLOBAL PHOENIX	VE	Not available
4	4	775994620	9671541	GLOBAL HAWK	VE	Reserved for future use
5	5	775994600	9318814	ELIZABETH A MC...	VE	Crew Boat
6	6	775994550	9381471	SIGMA I	VE	Tug
7	7	775994480	9517745	MANFU	VE	Tug
8	8	775994470	9407744	C.M. EAGLE	VE	Tug
9	9	775994460	9429510	C.M. ANNIE	VE	Tug
10	10	775994450	9618733	PARAMACONI	VE	Tug
11	11	775994410	9252540	DAVID PRVI	VE	Tug
12	12	775994390	9579432	CARUAO	VE	Other Type
13	13	775993050	8328068	DE LA MANCHA	VE	Fishing
14	14	775992120	8911140	LA GALERA	VE	Ro-Ro/Passenger Ship
15	15	775992060	9188879	LA_PESPES	VE	Not available

**Fig.4. Πίνακας Static**

Το σύνολο των στατικών δεδομένων που φορτώσαμε στη βάση δεδομένων είναι 65.597 πλοία, εκ των οποίων τα στατικά δεδομένα που αφορούν σε αλιευτικά πλοία (type = Fishing ή type = Trawler) είναι 2.996. Από το σύνολο των δεδομένων αυτών θα απομονώσουμε τα δεδομένα που αφορούν στα πλοία του πίνακα Kinematic. Προκύπτουν, λοιπόν, 2.732 μοναδικά mmsi, εκ των οποίων τα 376 ανήκουν σε αλιευτικά πλοία.

*SELECT count(\*) FROM thesis.static WHERE type like 'Trawler' or type like 'Fishing';*

```

7
10
11 select count(*) from thesis.static where type like 'Trawler' or type like 'Fishing';

```

	count bigint
1	2996

**Fig.5. Πλήθος αλιευτικών πλοίων - Πίνακας Static**

### Πίνακας **Points**:

Ο πίνακας **points** θα περιέχει μια εγγραφή για κάθε εγγραφή του πίνακα **kinematic**, για τις εγγραφές που αντιστοιχούν σε αλιευτικά σκάφη. Για κάθε εγγραφή θα υπολογίζεται η γεωμετρία **point** από τις γεωγραφικές συντεταγμένες (**longitude**, **latitude**) με τη συνάρτηση **st\_makepoint**. Χρησιμοποιούμε το σύστημα συντεταγμένων (**SRID**) 4326 για να υπολογίσουμε σε μοίρες.

```
st_setsrid(st_makepoint(lon, lat),4326)
```

Υπολογίζουμε με τη βοήθεια της συνάρτησης **ST\_Distance** την απόσταση μεταξύ δύο σημείων. Με τη **Window Function lag** υπολογίζουμε την τιμή της ακριβώς προηγούμενης εγγραφής που αφορά στο ίδιο πλοίο (ομαδοποιούμε ανά **mmsi** και ταξινομούμε τα δεδομένα με βάση το **timestamp**). Χρησιμοποιούμε το σύστημα συντεταγμένων 2100 για να υπολογίσουμε την απόσταση σε μέτρα. Διαιρούμε την απόσταση με το 1000 για να μετατρέψουμε τα μέτρα σε χιλιόμετρα και πολλαπλασιάζουμε με το 0.54 για να μετατρέψουμε τα χιλιόμετρα σε ναυτικά μίλια (1 χλμ. = 0.539957).

```
ST_Distance(ST_Transform(geom,2100),  
lag(ST_Transform(geom,2100),1) over (partition by mmsi order by timestamp))/1000*0.54
```

Στη συνέχεια υπολογίζουμε τη χρονική διαφορά μεταξύ δύο σημείων ανά **mmsi**. Με τη βοήθεια της **Window Function lag** υπολογίζουμε την τιμή της ακριβώς προηγούμενης εγγραφής που αφορά στο ίδιο πλοίο (ομαδοποιούμε ανά **mmsi** και ταξινομούμε τα δεδομένα με βάση το **timestamp**). Χρησιμοποιούμε τη συνάρτηση **EXTRACT EPOCH** για να μετατρέψουμε το **timestamp** σε δευτερόλεπτα και να υπολογίσουμε τη διαφορά. Διαιρούμε τη διαφορά με το 3600 για να μετατρέψουμε τα δευτερόλεπτα σε ώρες.

```
(EXTRACT(EPOCH FROM(timestamp))-lag(EXTRACT(EPOCH FROM(timestamp)),1) over (partition  
by mmsi order by EXTRACT(EPOCH FROM(timestamp))))/3600
```

Τέλος χρησιμοποιώντας την απόσταση και τη χρονική διαφορά για κάθε εγγραφή, υπολογίζουμε την ταχύτητα (**speed** = **distance/time\_diff**).

```
UPDATE thesis.points SET speed = distance/NULLIF(time_diff,0);
```

Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας **points**, όπως προέκυψε:

Data Output							
<a href="#">Explain</a> <a href="#">Messages</a> <a href="#">Notifications</a> <a href="#">Query History</a>							
	id [PK] integer	mmsi integer	timestamp timestamp without time zone	geom geometry	distance double precision	time_diff double precision	speed double precision
49	49	237027000	2018-01-03 07:12:48	0101000020340...	0.137315798936796	0.0441666666666667	3.10903695705954
50	50	237027000	2018-01-03 07:15:42	0101000020340...	0.14926069191487	0.0483333333333333	3.08815224651455
51	51	237027000	2018-01-03 07:19:23	0101000020340...	0.191829101836136	0.0613888888888889	3.12481794846194
52	52	237027000	2018-01-03 07:21:49	0101000020340...	0.126548325866376	0.0405555555555556	3.12036967889694
53	53	237027000	2018-01-03 07:24:48	0101000020340...	0.159274558056784	0.0497222222222222	3.20328720114202
54	54	237027000	2018-01-03 07:33:27	0101000020340...	0.093573136580478	0.144166666666667	0.649062219055339
55	55	237027000	2018-01-03 07:36:28	0101000020340...	0.0084417570035223	0.0502777777777778	0.167902349237945
56	56	237027000	2018-01-03 07:39:28	0101000020340...	0.0159123976421779		0.05
57	57	237027000	2018-01-03 07:42:27	0101000020340...	0.00937730939409279	0.0497222222222222	0.188593931948235
58	58	237027000	2018-01-03 07:45:28	0101000020340...	0.00422598380283754	0.0502777777777778	0.0840527165205256
59	59	237027000	2018-01-03 07:48:29	0101000020340...	0.00390709527898006	0.0502777777777778	0.0777101823443548
60	60	237027000	2018-01-03 07:51:28	0101000020340...	0.0113766560899289	0.0497222222222222	0.228804256557228
61	61	237027000	2018-01-03 07:54:28	0101000020340...	0.0373738768363734		0.05
62	62	237027000	2018-01-03 07:57:24	0101000020340...	0.135028402489336	0.0488888888888889	2.76194459637279
63	63	237027000	2018-01-03 07:59:33	0101000020340...	0.106114775142761	0.0358333333333333	2.96134256212355

Fig.6. Πίνακας Points



Fig.7. Οπτικοποίηση πίνακα Points στο QGIS

**Πίνακας Trajectories:**

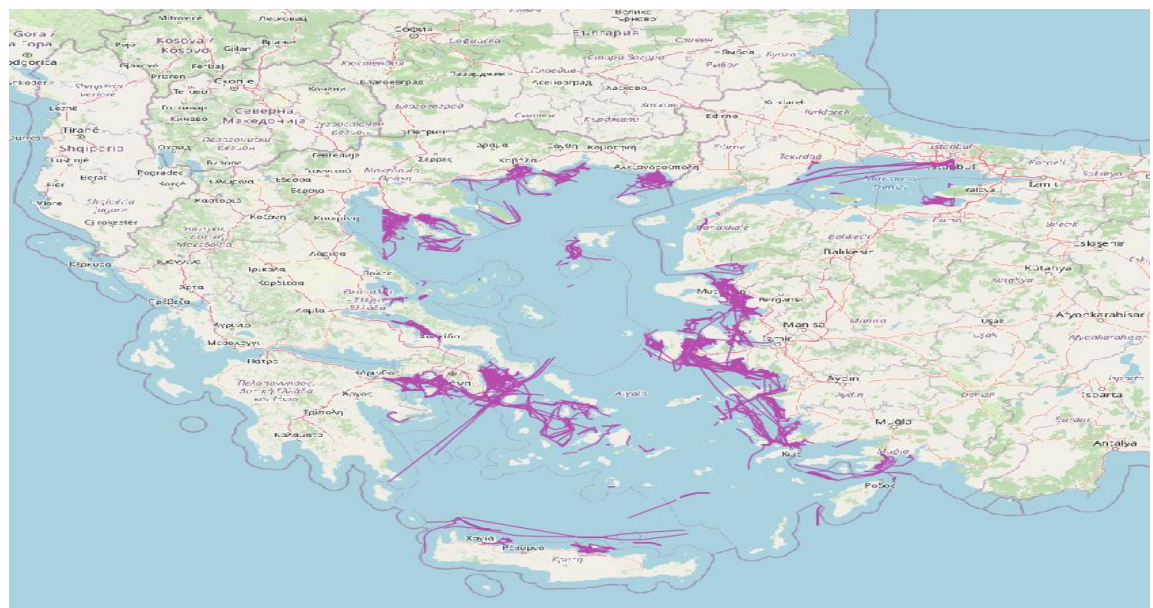
Με τη βοήθεια του πίνακα points θα δημιουργήσουμε τον πίνακα trajectories που θα περιέχει τις τροχιές των αλιευτικών ανά ημέρα (γεωμετρίες τύπου linestring). Με τη συνάρτηση της Postgis St\_MakeLine δημιουργήσαμε τροχιές ανά ημέρα για κάθε πλοίο χρησιμοποιώντας τις γεωμετρίες point που αφορούσαν στο κάθε πλοίο για τη συγκεκριμένη μέρα.

```
CREATE TABLE trajectories
(id serial primary key, mmsi integer, timestamp timestamp, lines geometry (linestring, 4326));

INSERT INTO trajectories (mmsi, timestamp, lines)
SELECT mmsi, DATE_TRUNC ('day', timestamp), ST_MAKELINE (geom ORDER BY timestamp asc)
FROM points
GROUP BY mmsi, DATE_TRUNC ('day', timestamp);
```

	Data Output	Explain	Messages	Notifications	Query History
	id [PK] integer	mmsi integer	timestamp timestamp without time zone	lines geometry	
1	1	209465000	2018-01-03 00:00:00	0102000020E61000000...	
2	2	237027000	2018-01-03 00:00:00	0102000020E61000000...	
3	3	237027000	2018-01-03 00:00:00	0102000020E61000001...	
4	4	237027000	2018-01-03 00:00:00	0102000020E61000000...	
5	5	237029000	2018-01-03 00:00:00	0102000020E61000008...	
6	6	237029000	2018-01-03 00:00:00	0102000020E61000000...	
7	7	237041000	2018-01-03 00:00:00	0102000020E61000008...	
8	8	237041000	2018-01-03 00:00:00	0102000020E61000000...	
9	9	237049000	2018-01-03 00:00:00	0102000020E61000000...	
10	10	237049000	2018-01-03 00:00:00	0102000020E61000000...	
11	11	237058000	2018-01-03 00:00:00	0102000020E6100000B...	
12	12	237058000	2018-01-03 00:00:00	0102000020E61000000...	
13	13	237059000	2018-01-03 00:00:00	0102000020E61000007...	
14	14	237059000	2018-01-03 00:00:00	0102000020E61000000...	
15	15	237085000	2018-01-03 00:00:00	0102000020E61000000...	

**Fig.8. Πίνακας Trajectories**



**Fig.9. Οπτικοποίηση πίνακα Trajectories στο QGIS**

**Πίνακας Weather:**

Πηγή δεδομένων για την πλήρωση του πίνακα weather αποτέλεσαν τα GRIB αρχεία, στα οποία δίνει πρόσβαση το NOAA στην ιστοσελίδα του. Τα GRIB αρχεία [43], που έχουμε στη διάθεσή μας βασίζονται στο Παγκόσμιο Σύστημα Προβλέψεων (GFS -Global Forecast System)[44], ένα μοντέλο πρόβλεψης καιρού το οποίο παράγεται από τα Εθνικά Κέντρα Περιβαλλοντικής Πρόβλεψης (NCEP-National Centers for Environmental Prediction) [45].

Το Παγκόσμιο Σύστημα Προβλέψεων (GFS) είναι ένα διαρκώς εξελισσόμενο και βελτιωτικό μοντέλο, που αποτελείται από 4 ξεχωριστά υπομοντέλα πρόβλεψης, το μοντέλο της ατμόσφαιρας (atmosphere model), των ωκεανών (ocean model), του εδάφους (land/soil model) και του θαλάσσιου πάγου (sea ice model). Ο συνδυασμός των 4 μοντέλων παράγει μια ακριβή εικόνα των καιρικών συνθηκών.

Σύμφωνα με το συγκεκριμένο μοντέλο προβλέψεων η γη είναι χωρισμένη σε κελιά (grids) με πλευρά 0.5° μοίρες και οι τιμές για κάθε καιρική μεταβλητή αντιστοιχούν σε ένα από τα 4 άκρα των κελιών αυτών. Κάθε ημέρα γίνονται 4 προβλέψεις με ώρα εκκίνησης (reference time) τις 00:00, 06:00, 12:00 και 18:00 και έχουν τρίωρη διάρκεια.

Το μοντέλο προβλέψεων αφορά στις καιρικές συνθήκες για 93 διαφορετικές χρονικές στιγμές, που ονομάζονται steps (βήματα). Κάθε αρχείο GRIB αποτελεί ένα διαφορετικό step και περιλαμβάνει στιγμιαίες μεταβλητές που αφορούν σε καιρικά στοιχεία με την τιμή που έχουν την ώρα εκκίνησης της πρόβλεψης (reference time), αλλά και μεταβλητές που αφορούν στο μέσο όρο της τιμής μέτρησης των διάφορων καιρικών στοιχείων για την τρίωρη διάρκεια του step από την ώρα εκκίνησης της πρόβλεψης. Τα steps αυξάνονται ανά 3 από το 000 έως το 240 και ανά 12 από το 240 έως το 384. Επόμενος το αρχείο GRIB με step 000 θα περιέχει τις μεταβλητές που αφορούν στις τιμές των καιρικών στοιχείων τη στιγμή εκκίνησης της πρόβλεψης, ενώ το αρχείο GRIB με step 003 θα περιέχει τις μεταβλητές με τις τιμές των καιρικών στοιχείων 3 ώρες μετά τη στιγμή εκκίνησης της πρόβλεψης και συγκεντρωτικές τιμές των μεταβλητών αυτών από την ώρα εκκίνησης της πρόβλεψης μέχρι και 3 ώρες μετά.

Τα GRIB αρχεία που χρησιμοποιήσαμε εμείς στην εργασία μας είναι με step 3, δηλαδή καλύπτουν τις χρονικές περιόδους 00:00 – 03:00, 06:00-09:00, 12:00-15:00 και 18:00 – 21:00. Η ονομασία του κάθε αρχείου είναι της παρακάτω μορφής:

gfs\_4\_YYYYMMDD\_REFT\_STEP.grb2

όπου YYYYMMDD η ημερομηνία, REFT η στιγμή εκκίνησης της πρόβλεψης (reference time) και STEP το χρονικό διάστημα από τη στιγμή εκκίνησης της πρόβλεψης.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, το αρχείο GRIB την 1/1/2018 και το διάστημα από τις 00:00-03:00 θα έχει την παρακάτω ονομασία:

gfs\_4\_20180101\_0000\_003.grb2

Τα αρχεία GRIB που έχουμε στη διάθεσή μας θα πρέπει να μετατραπούν σε μια μορφή αρχείου που μπορούμε να «διαβάσουμε», με σκοπό στη συνέχεια η πληροφορία που περιέχουν να φιλτραριστεί και να φορτωθεί στη βάση δεδομένων. Για την αποκωδικοποίηση των αρχείων χρησιμοποιήσαμε το wgrib2 [46], ένα βοηθητικό πρόγραμμα του NOAA για το «διάβασμα» και την επεξεργασία αρχείων της μορφής GRIB2. Το wgrib2 δίνει τη δυνατότητα να μετατρέψουμε τα αρχεία από binary μορφή σε netcdf, csv ή txt μορφή.

Τα GRIB αρχεία περιέχουν μεγάλο όγκο πληροφορίας για πλήθος καιρικών μεταβλητών, καθένα από τα οποία παίρνει τιμή για κάθε συγκεκριμένο ζεύγος συντεταγμένων και για κάθε συγκεκριμένη απόσταση από την επιφάνεια της θάλασσας. Χρησιμοποιώντας τις εντολές του wgrib2 θα απομονώσουμε την πληροφορία που μας ενδιαφέρει.

Χρησιμοποιώντας τα κινηματικά δεδομένα που έχουμε στη διάθεσή μας βρίσκουμε ότι τα σημεία, για τα οποία θα χρειαστούμε μετεωρολογικά στοιχεία, είναι για τα ζεύγη συντεταγμένων που προκύπτουν για γεωγραφικό μήκος ίσο με 23-29 μοίρες και γεωγραφικό πλάτος ίσο με 34,5- 41 μοίρες για την περίοδο από 1/1/2018-31/3/2018. Από τα 62 διαφορετικά καιρικά στοιχεία για τα οποία έχουμε πληροφορία στα αρχεία GRIB, θα χρησιμοποιήσουμε τα 16 για να εμπλουτίσουμε τη βάση δεδομένων.

Η εντολή που θα χρησιμοποιήσουμε για να εξάγουμε την πληροφορία που θέλουμε σε αρχείο csv φαίνεται παρακάτω:

```
wgrib2/wgrib2 path_to_grib_file/gfs_4_20180101_0600_003.grb2 -match  
"(VIS|UGRD|VGRD|GUST|TMP|PRES|SPFH|PRATE|APCP|DSWRF|DLWRF|USWRF|USTM|VSTM|TC  
DC|LAND)" -undefine out-box 23:29 34.5:41 -csv csv_file_name.csv -v
```

Χρησιμοποιούμε την εντολή `-match` για να απομονώσουμε τις μεταβλητές που μας ενδιαφέρουν και εμπεριέχονται μέσα στην παρένθεση (`VIS|UGRD|VGRD|GUST|TMP|PRES|SPFH|PRATE|APCP|DSWRF|DLWRF|USWRF|USTM|VSTM|TCDC|LAND`). Στον πίνακα 2 παραθέτουμε τα καιρικά στοιχεία στα οποία αντιστοιχούν οι μεταβλητές αυτές και τη μονάδα μέτρησής τους.

Ορίζουμε την περιοχή για την οποία θέλουμε να απομονώσουμε τα μετεωρολογικά δεδομένα χρησιμοποιώντας το `-undefine out-box 23:29 34.5:41` για να κρατήσουμε μόνο τα μηνύματα που αφορούν στα ζεύγη συντεταγμένων με γεωγραφικό μήκος 23-29 και γεωγραφικό πλάτος 34.5-41 μοίρες.

Ορίζουμε τον τύπο του αρχείου που θέλουμε να μετατρέψουμε το αρχείο GRIB με το `-csv` και ορίζουμε το όνομα του αρχείου που θα δημιουργηθεί `csv_file_name.csv`.

Τέλος χρησιμοποιούμε το `-v` για μια λεπτομερή ανάλυση του κάθε μηνύματος που περιέχεται στο grib αρχείο.

```

maria@maria-SVE1511B1EB: ~/grib2
File Edit View Search Terminal Help

maria@maria-SVE1511B1EB:~/grib2$ wgrib2/wgrib2 /home/maria/Desktop/grib_files/201803/20180331/gfs_4_20180331_1800_003.grib2 -match "(VIS|UGRD|VGRD|GUST|TMP|PRES|SPFH|PRATE|APCP|DSWRF|DLWRF|USWRF|USTM|VSTM|TCDC|LAND)" -undefine out-box 23:29 34.5:41 -csv grib0331_18.csv -v
1:0:d=2018033118:VIS Visibility [m]:surface:3 hour fcst:
2:122764:d=2018033118:UGRD U-Component of Wind [m/s]:planetary boundary layer:3 hour fcst:
3:286305:d=2018033118:VGRD V-Component of Wind [m/s]:planetary boundary layer:3 hour fcst:
5:612589:d=2018033118:GUST Wind Speed (Gust) [m/s]:surface:3 hour fcst:
7:925893:d=2018033118:TMP Temperature [K]:1 mb:3 hour fcst:
9:1053337:d=2018033118:UGRD U-Component of Wind [m/s]:1 mb:3 hour fcst:
10:1145894:d=2018033118:VGRD V-Component of Wind [m/s]:1 mb:3 hour fcst:
13:1509394:d=2018033118:TMP Temperature [K]:2 mb:3 hour fcst:
15:1630166:d=2018033118:UGRD U-Component of Wind [m/s]:2 mb:3 hour fcst:
16:1723002:d=2018033118:VGRD V-Component of Wind [m/s]:2 mb:3 hour fcst:
19:2185172:d=2018033118:TMP Temperature [K]:3 mb:3 hour fcst:
21:2216920:d=2018033118:UGRD U-Component of Wind [m/s]:3 mb:3 hour fcst:
22:2312101:d=2018033118:VGRD V-Component of Wind [m/s]:3 mb:3 hour fcst:
25:2716438:d=2018033118:TMP Temperature [K]:5 mb:3 hour fcst:
27:2849116:d=2018033118:UGRD U-Component of Wind [m/s]:5 mb:3 hour fcst:
28:2951220:d=2018033118:VGRD V-Component of Wind [m/s]:5 mb:3 hour fcst:
31:3373570:d=2018033118:TMP Temperature [K]:7 mb:3 hour fcst:
33:3513164:d=2018033118:UGRD U-Component of Wind [m/s]:7 mb:3 hour fcst:
34:3615880:d=2018033118:VGRD V-Component of Wind [m/s]:7 mb:3 hour fcst:
37:3996671:d=2018033118:TMP Temperature [K]:10 mb:3 hour fcst:
39:4121961:d=2018033118:UGRD U-Component of Wind [m/s]:10 mb:3 hour fcst:
40:4226239:d=2018033118:VGRD V-Component of Wind [m/s]:10 mb:3 hour fcst:
44:4715366:d=2018033118:TMP Temperature [K]:20 mb:3 hour fcst:
46:4850123:d=2018033118:UGRD U-Component of Wind [m/s]:20 mb:3 hour fcst:
47:498562:d=2018033118:VGRD V-Component of Wind [m/s]:20 mb:3 hour fcst:
51:5525166:d=2018033118:TMP Temperature [K]:30 mb:3 hour fcst:
53:5669745:d=2018033118:UGRD U-Component of Wind [m/s]:30 mb:3 hour fcst:
54:5783274:d=2018033118:VGRD V-Component of Wind [m/s]:30 mb:3 hour fcst:
58:6394878:d=2018033118:TMP Temperature [K]:50 mb:3 hour fcst:
60:6528414:d=2018033118:UGRD U-Component of Wind [m/s]:50 mb:3 hour fcst:
61:6659186:d=2018033118:VGRD V-Component of Wind [m/s]:50 mb:3 hour fcst:
65:7279144:d=2018033118:TMP Temperature [K]:70 mb:3 hour fcst:
67:7442154:d=2018033118:UGRD U-Component of Wind [m/s]:70 mb:3 hour fcst:

```

Fig.10. Μετατροπή grib αρχείου σε csv

Πίνακας 2. Καιρικές μεταβλητές (όνομα -περιγραφή- μονάδα μέτρησης) [47]

Όνομα μεταβλητής	Περιγραφή μεταβλητής	Μονάδα μέτρησης
VIS	Visibility	m
UGRD	U-component of wind	m/s
VGRD	V-component of wind	m/s
GUST	Surface wind speed_gust	m/s
TMP	Temperature	K
PRES	Pressure	Pa
SPFH	Specific humidity	kg/kg



PRATE	Precipitation rate	kg/m2/s
APCP	Total precipitation	kg/m2
DSWRF	downward short wave radiation flux	W/m2
DLWRF	downward long wave radiation flux	W/m2
USWRF	Upward short wave radiation flux	W/m2
USTM	u-component of storm motion	m/s
VSTM	v-component of storm motion	m/s
TCDC	Total cloud cover	%
LAND	Land cover	(land=1, sea=0)

Το csv αρχείο που θα εξάγουμε θα περιλαμβάνει εγγραφές με την ημερομηνία και ώρα εκκίνησης της πρόβλεψης, την ημερομηνία και ώρα ολοκλήρωσης της πρόβλεψης, τη συντομογραφία του ονόματος της μεταβλητής του καιρού, το επίπεδο από την επιφάνεια της θάλασσας για το οποίο έχει γίνει η μέτρηση, το γεωγραφικό μήκος, το γεωγραφικό πλάτος και την τιμή της μεταβλητής του καιρού, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:

A	B	C	D	E	F	G
01/01/2018 00:00	01/01/2018 03:00	TMP	1829 m above mean sea	23.5	41	278.192
01/01/2018 00:00	01/01/2018 03:00	TMP	1829 m above mean sea	24	41	278.192
01/01/2018 00:00	01/01/2018 03:00	TMP	1829 m above mean sea	24.5	41	277.892
01/01/2018 00:00	01/01/2018 03:00	TMP	1829 m above mean sea	25	41	277.492
01/01/2018 00:00	01/01/2018 03:00	TMP	1829 m above mean sea	25.5	41	276.692
01/01/2018 00:00	01/01/2018 03:00	TMP	1829 m above mean sea	26	41	276.092
01/01/2018 00:00	01/01/2018 03:00	TMP	1829 m above mean sea	26.5	41	275.392
01/01/2018 00:00	01/01/2018 03:00	TMP	1829 m above mean sea	27	41	274.792
01/01/2018 00:00	01/01/2018 03:00	TMP	1829 m above mean sea	27.5	41	273.992
01/01/2018 00:00	01/01/2018 03:00	TMP	1829 m above mean sea	28	41	273.492
01/01/2018 00:00	01/01/2018 03:00	TMP	1829 m above mean sea	28.5	41	273.392
01/01/2018 00:00	01/01/2018 03:00	TMP	1829 m above mean sea	29	41	273.292
01/01/2018 00:00	01/01/2018 03:00	UGRD	1829 m above mean sea	23	34.5	2.4789
01/01/2018 00:00	01/01/2018 03:00	UGRD	1829 m above mean sea	23.5	34.5	1.9189
01/01/2018 00:00	01/01/2018 03:00	UGRD	1829 m above mean sea	24	34.5	1.5389
01/01/2018 00:00	01/01/2018 03:00	UGRD	1829 m above mean sea	24.5	34.5	1.1389
01/01/2018 00:00	01/01/2018 03:00	UGRD	1829 m above mean sea	25	34.5	1.7989
01/01/2018 00:00	01/01/2018 03:00	UGRD	1829 m above mean sea	25.5	34.5	1.9489
01/01/2018 00:00	01/01/2018 03:00	UGRD	1829 m above mean sea	26	34.5	1.2889
01/01/2018 00:00	01/01/2018 03:00	UGRD	1829 m above mean sea	26.5	34.5	1.6889
01/01/2018 00:00	01/01/2018 03:00	UGRD	1829 m above mean sea	27	34.5	2.3589
01/01/2018 00:00	01/01/2018 03:00	UGRD	1829 m above mean sea	27.5	34.5	3.3489

**Fig.11. Αρχείο csv με δεδομένα καιρού**

Στη συνέχεια, με την εντολή COPY της PostgreSQL θα φορτώσουμε τα μετεωρολογικά δεδομένα στον πίνακα weather, στιγμιότυπο του οποίου παραθέτουμε στην παρακάτω εικόνα:



Data Output														
	id	timestamp	lon	lat	visibility	wind_speed	temperature	pressure	humidity	precipitation	total_f	cloud_c	dswrf	dwrwf
	[PK] bigint	timestamp without time	double precision	double precision	double precision	double precision	double precision	double precision	double precision	double precision	double precision	double precision	double precision	double precision
1	365	2018-01-01 00:00:00	23	34.5	24100	8.21711	290.821	102149	0.00737724	0	[null]	0	0	293.196
2	366	2018-01-01 00:00:00	23.5	34.5	24100	9.21711	290.721	102103	0.00710724	0	[null]	0	0	287.196
3	367	2018-01-01 00:00:00	24	34.5	24100	9.61711	290.721	102023	0.00661724	0	[null]	0	0	284.196
4	368	2018-01-01 00:00:00	24.5	34.5	24100	7.51711	291.121	102063	0.00563724	0	[null]	0	0	282.196
5	369	2018-01-01 00:00:00	25	34.5	24100	6.11711	291.421	102052	0.00525724	0	[null]	0	0	283.196
6	370	2018-01-01 00:00:00	25.5	34.5	24100	7.01711	291.521	101898	0.00588724	0	[null]	0	0	287.196
7	371	2018-01-01 00:00:00	26	34.5	24100	6.31711	291.621	101898	0.00598724	0	[null]	0	0	290.196
8	372	2018-01-01 00:00:00	26.5	34.5	24100	9.71711	291.521	101919	0.00660724	0	[null]	22	0	301.196
9	373	2018-01-01 00:00:00	27	34.5	24100	14.3171	291.221	101855	0.00719724	3e-06	[null]	100	0	364.196
10	374	2018-01-01 00:00:00	27.5	34.5	24100	15.2171	290.821	101767	0.00738724	2e-06	[null]	18	0	302.196
11	375	2018-01-01 00:00:00	28	34.5	24100	15.2171	290.521	101687	0.00743724	0	[null]	1	0	291.196
12	376	2018-01-01 00:00:00	28.5	34.5	24100	13.4171	290.121	101607	0.00741724	0	[null]	1	0	292.196
13	377	2018-01-01 00:00:00	29	34.5	24100	9.71711	289.821	101548	0.00760724	1e-06	[null]	1	0	296.196
14	378	2018-01-01 00:00:00	23	35	24100	7.71711	290.421	102124	0.00701724	0	[null]	0	0	290.196
15	379	2018-01-01 00:00:00	23.5	35	24100	8.41711	290.321	102077	0.00652724	0	[null]	0	0	284.196

Fig.12. Πίνακας Weather

### 3.6 Ευρετήρια

Τα ευρετήρια [48] διευκολύνουν την προσπέλαση χωρικών βάσεων δεδομένων με μεγάλο όγκο πληροφορίας. Η χρήση ευρετηρίων μάς δίνει τη δυνατότητα να αποφύγουμε την πολλαπλή σάρωση των εγγραφών και επιταχύνει την αναζήτηση, οργανώνοντας τα δεδομένα σε ένα δέντρο αναζήτησης.

Για τη γρηγορότερη προσπέλαση των δεδομένων θα δημιουργήσουμε στους πίνακες kinematic, trajectories, points και weather ευρετήρια τύπου R-Tree. Τα ευρετήρια R-tree είναι κατάλληλα για ερωτήματα προς τη βάση που περιλαμβάνουν διδιάστατα χωρικά δεδομένα. Στα ευρετήρια θα χρησιμοποιήσουμε τα πεδία των πινάκων που χρησιμοποιούμε συχνότερα για τα ερωτήματά μας προς τη βάση.

```
CREATE INDEX kinem_index ON thesis.kinematic USING rtree (mmsi, timestamp, lon, lat);
CREATE INDEX points_index_rtree ON thesis.points USING rtree (mmsi, timestamp, speed);
CREATE INDEX trajectories_index_rtree ON thesis.trajectories USING rtree (mmsi, timestamp);
CREATE INDEX weather_index_rtree ON thesis.weather USING rtree (timestamp, lat, lon);
```

Για τα πεδία των πινάκων που περιέχουν δεδομένα γεωμετρικού τύπου θα χρησιμοποιήσουμε ευρετήρια GIST.

```
CREATE INDEX points_index ON thesis.points USING gist (geom);
CREATE INDEX trajectories_lines ON thesis.trajectories USING GIST (lines);
```

#### Πίνακας 3. Ευρετήρια

Πίνακας	Ευρετήρια	Στήλες
kinematic	kinem_index	mmsi, timestamp, lon, lat
points	points_index	mmsi, timestamp, speed
	points_geom_index	geom
trajectories	trajectories_index	mmsi, timestamp

	trajectories_lines	lines
<b>weather</b>	weather_index	time, latitude, longitude
	weather_geom_index	geom

Η PostgreSQL δημιουργεί για κάθε ερώτημα προς τη βάση ένα πλάνο εκτέλεσης (query plan). Στόχος είναι η δημιουργία του κατάλληλου σχεδίου, που να ταιριάζει στις ιδιότητες των δεδομένων και στη δομή των ερωτημάτων προς τη βάση, για την καλύτερη απόδοση του συστήματος. Η εντολή EXPLAIN της PostgreSQL μας δίνει σαν αποτέλεσμα τον τύπο της σάρωσης των δεδομένων και το συνολικό κόστος για τη δημιουργία σχεδίου για ένα συγκεκριμένο ερώτημα προς τη βάση.

Με τη βοήθεια της εντολής EXPLAIN της PostgreSQL θα συγκρίνουμε το query plan που δημιουργείται για το ίδιο ερώτημα προς τη βάση πριν και μετά τη δημιουργία ευρετηρίων στον πίνακα kinematic. Το query που θα χρησιμοποιήσουμε θα περιέχει στο where clause συνθήκη με τις 4 στήλες, για τις οποίες έχουμε φτιάξει το ευρετήριο και θα είναι το παρακάτω:

```
EXPLAIN SELECT * FROM thesis.kinematic
WHERE mmsi = '239949300' and timestamp = '2018-03-01 14:29:01'
and lat='24.542629' and lon='37.127399';
```

Τα σχέδια ερωτήματος προς τη βάση, πριν και μετά τη δημιουργία ευρετηρίου για τον πίνακα kinematic, είναι τα παρακάτω:

QUERY PLAN	
text	
1	Gather (cost=1000.00..35601.69 rows=1 width=84)
2	Workers Planned: 2
3	-> Parallel Seq Scan on kinematic (cost=0.00..34601.59 rows=1 width=84)
4	Filter: ((mmsi = 239949300) AND ("timestamp" = '2018-03-01 14:29:01'::timestamp without time zone))

**Fig.13. Query plan πριν τη δημιουργία ευρετηρίου**

QUERY PLAN	
text	
1	Index Scan using kinem_index on kinematic (cost=0.41..8.44 rows=1 width=56)
2	Index Cond: ((mmsi = 239949300) AND ("timestamp" = '2018-03-01 14:29:01'::timestamp without time zone) AND (lon = '37.127399'::double precision) AND (lat = '24.542629'::double precision))

**Fig.14. Query plan μετά τη δημιουργία ευρετηρίου**

Όπως φαίνεται στις εικόνες 13 και 14, για το ίδιο ερώτημα προς τη βάση, πριν τη δημιουργία ευρετηρίου στον πίνακα kinematic, έγιναν 2 διαδοχικές σαρώσεις (parallel sequential scan) με συνολικό κόστος ~1000, ενώ μετά τη δημιουργία ευρετηρίου έγινε σάρωση βάσει ευρετηρίου (index scan) και το κόστος κυμάνθηκε στο ~0.41.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 Ανάλυση δεδομένων

Στο κεφάλαιο αυτό θα ασχοληθούμε με την επεξεργασία και στατιστική ανάλυση των δεδομένων που έχουν συλλεγεί, την ανάλυση των αποτελεσμάτων και την εξαγωγή συμπερασμάτων.

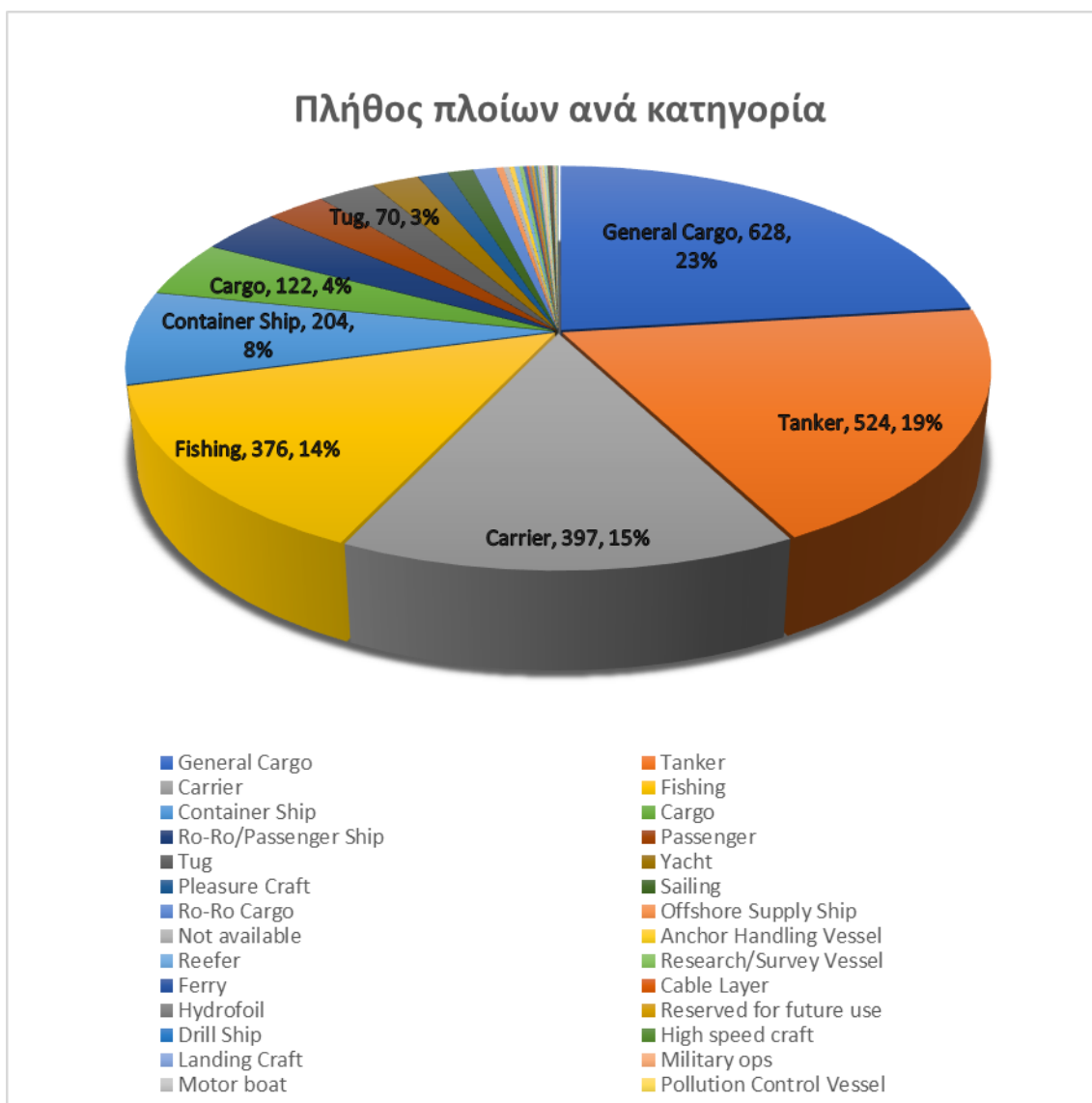
Αρχικά, θα παρουσιάσουμε τα δεδομένα που αφορούν σε όλα τα πλοία που κινήθηκαν στην περιοχή μελέτης μας και τα μετεωρολογικά δεδομένα που διαθέτουμε για την περιοχή αυτή. Στη συνέχεια, θα επικεντρωθούμε στα δεδομένα που αφορούν στα αλιευτικά πλοία, των οποίων την κίνηση θα μελετήσουμε με βάση κάποιους από τους κανονισμούς που ισχύουν στη χώρα μας σχετικά με την κίνηση των πλοίων και την αλιευτική δραστηριότητα.

### 4.1 Παρουσίαση δεδομένων

Αρχικά, θα παρουσιάσουμε συνοπτικά τα δεδομένα τα οποία χρησιμοποιήσαμε για την πλήρωση της βάσης και τον εμπλουτισμό της.

**Πίνακας 4. Πλήθος δεδομένων ανά κατηγορία**

Δεδομένα	Κινηματικά	Στατικά	Μετεωρολογικά
Πλήθος	1.045.344	2.372	64.064



**Fig.15.** Πλήθος πλοίων ανά κατηγορία πλοίου

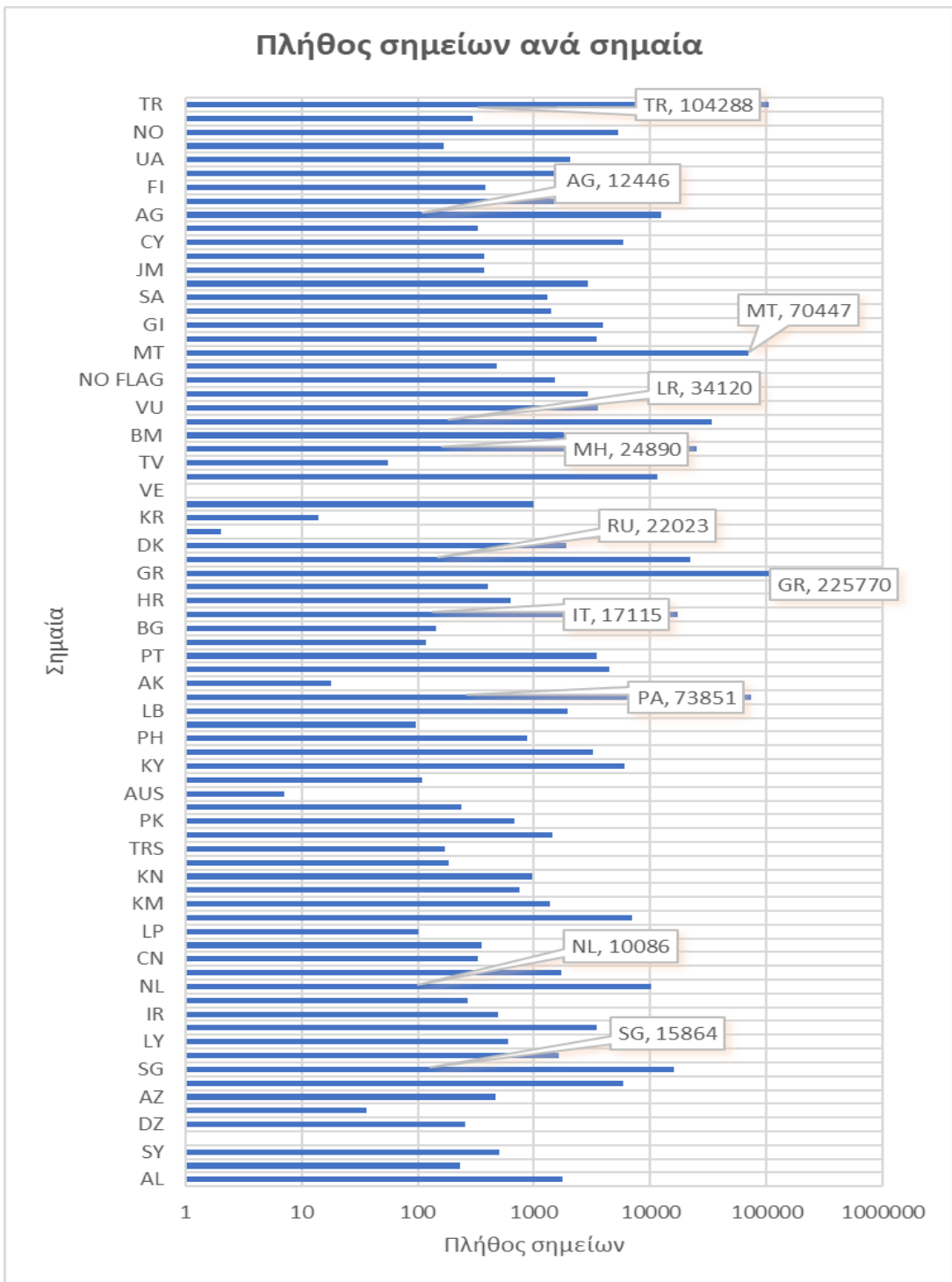


Fig.16. Πλήθος σημείων πλοίων ανά σημαία

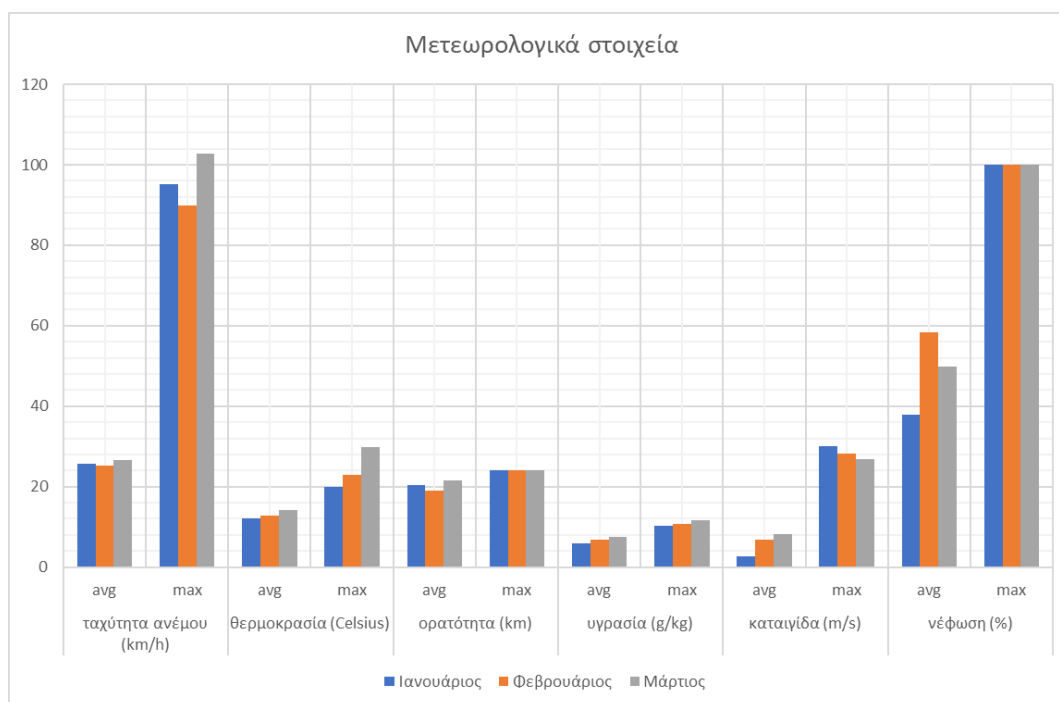


Fig.17. Μετεωρολογικά στοιχεία (Μ.Ο. και μέγιστες τιμές ανά μήνα)

#### 4.2 Παρουσίαση δεδομένων αλιευτικών πλοίων

Στην ενότητα αυτή θα απομονώσουμε μέρος της πληροφορίας που διαθέτουμε και θα παρουσιάσουμε κάποια γενικά στοιχεία από τα δεδομένα που έχουμε στη διάθεσή μας για τα αλιευτικά πλοία. Αυτό το τμήμα των δεδομένων θα χρησιμοποιήσουμε στη συνέχεια στη μελέτη μας για επεξεργασία, ανάλυση και εξαγωγή συμπερασμάτων.

##### Πίνακας 5. Στοιχεία που αφορούν τα αλιευτικά πλοία

Τύπος πλοίου	Αλιευτικά
Υποκατηγορίες	Γριγκρί, μηχανότρατες
Περίοδος λήψης δεδομένων	1/1/2018-31/3/2018
Πλήθος	376
Σημαία	Ελληνική (150), Τουρκική (209), Κυπριακή (1), Ιταλική (11), Ουκρανική (2), Belize (1), St. Helena (2)
Μέση ταχύτητα	3,58 knots
Σύνολο σημείων	74.313
Σύνολο Τροχιών	1.280

#### **4.2.1 Τύποι αλιευτικών εργαλείων**

Οι τύποι επαγγελματικών αλιευτικών εργαλείων που χρησιμοποιούνται στο Αιγαίο για αλιεία είναι τα κυκλικά δίχτυα γριγρί και οι μηχανότρατες.

Κυκλικά δίχτυα Γριγρί :

Τα κυκλικά δίχτυα Γριγρί [49] είναι σκάφη που αλιεύουν με κυκλικά δίχτυα και αποτελούν το 1,6% του αλιευτικού στόλου.

Το γρι-γρι είναι ένα μεγάλο δίχτυ, του οποίου μπορούμε να κλείσουμε το κάτω μέρος. Έχει φελλούς στο πάνω μέρος και βαρίδια στο κάτω. Τα αλιευτικά σκάφη γρι-γρι χωρίζονται σε γρι-γρι ημέρας και νύχτας. Το γριγρί αποτελείται από το κυρίως σκάφος (πρωτοκάικο), το οποίο τραβάει το δευτεροκάικο και πέντε σχεδίες με λάμπες τοποθετημένες επάνω τους που ονομάζονται ρομπότ. Η διαφορά των γριγρί ημέρας με τα γριγρί νύχτας είναι ότι τα πρώτα δεν χρησιμοποιούν τα ρομπότ.

Αποτελεί σύστημα αλιείας επιφάνειας, πιάνει δηλαδή κυρίως αφρόψαρα. Με τα κυκλικά δίχτυα γρι-γρι πιάνονται τα πελαγικά είδη ψαριών, δηλαδή αυτά που ζουν ψηλά στην υδάτινη στήλη, όπως: γαύροι, σαρδέλες, παλαμιδες. Η χρήση των λαμπών από τα γριγρί νύχτας κρίνεται αναποτελεσματική όταν έχει πανσέληνο, για αυτό και δεν ψαρεύουν τις βραδιές αυτές.

Μηχανότρατα:

Η μηχανότρατα [50] είναι μηχανοκίνητο σκάφος, το οποίο σύρει ένα μεγάλο δίχτυ την τράτα, που έχει τη μορφή κωνικού σάκου. Αποτελείται από ένα μεγάλο δίχτυ που καταλήγει σ' ένα μακρύ σάκο. Αυτός σύρεται από δύο συρματόσχοινα δεμένα σε δύο πλάκες, τους υδραετούς που ακουμπούν στον πυθμένα και κρατούν το δίχτυ ανοιχτό.

Ειδικότερα, η τράτα μπορεί να αλιεύει είτε στον πυθμένα, είτε στα μεσόνερα. Το βάθος αλίευσης ρυθμίζεται από το μήκος των συρματόσχοινων έλξης, σε σχέση με την ταχύτητα αλίευσης. Με συρματόσχοινα μεγαλύτερου μήκους και μικρότερη ταχύτητα, η τράτα βυθίζεται. Με κοντύτερα συρματόσχοινα και μεγαλύτερη ταχύτητα, η τράτα ανεβαίνει.

Η διάρκεια του ψαρέματος δεν είναι συγκεκριμένη. Είναι στην απόλυτη κρίση του καπετάνιου και εξαρτάται από την περιοχή. Όταν λοιπόν ο καπετάνιος αποφασίσει, οι αλιεργάτες σηκώνουν τα δίχτυα από τη θάλασσα, αδειάζουν το σάκο με τα ψάρια στην "κουβέρτα", δηλαδή στο κατάστρωμα της μηχανότρατας, και αμέσως η τράτα ξαναρίχνεται στη θάλασσα για μια νέα "καλάδα". Επειδή πάντα υπάρχει η πιθανότητα κάποια τράτα να καταστραφεί κατά τη διάρκεια του ψαρέματος, στο καΐκι υπάρχουν πάντα τρεις ή και περισσότερες τράτες.



### 4.3. Έλεγχος κίνησης αλιευτικών πλοίων ως προς τους κανονισμούς αλίευσης

Σ' αυτό το κεφαλαίο θα παρουσιαστούν οι περιορισμοί που τίθενται από την ελληνική νομοθεσία σχετικά με την αλιευτική δραστηριότητα εντός ελληνικών χωρικών υδάτων. Στη συνέχεια θα ερευνηθεί, με την επεξεργασία των δεδομένων που έχουμε στη διάθεσή μας, αν υπάρχει παραβίαση των κανονισμών αυτών και θα εξαχθούν συμπεράσματα.

#### 4.3.1 Νομοθεσία περί αλιείας

Τον περιορισμό της δραστηριότητας των αλιευτικών σκαφών ορίζει η νομοθεσία και αρμόδιες για την τήρησή της είναι οι Λιμενικές Αρχές.[51][52] Ο περιορισμός σχετίζεται είτε με χρονικούς είτε με χωρικούς παράγοντες, που διαφέρουν ανά κατηγορία αλιευτικού, είτε με τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν σε μια περιοχή.

Για τα κυκλικά δίχτυα γριγρί απαγορεύεται η αλιεία:

- Τους μήνες Ιούλιο-Αύγουστο (γριγρί ημέρας).
- 15 Δεκεμβρίου – τέλη Φεβρουαρίου (γριγρί νύχτας).
- 100 μέτρα από τις ακτές.
- Σε βάθος <30 μ. (γριγρί νύχτας).

Για τις μηχανότρατες απαγορεύεται η αλιεία:

- Τους μήνες Ιούλιο-Αύγουστο.
- 1,5 ν.μ. από τη στεριά και τα νησιά.
- Με άνοιγμα οπών >14 χιλ.

Η πιο συνήθης αιτία επιβολής απαγόρευσης απόπλου από τη Λιμενική Αρχή στη χώρα μας είναι για τα σκάφη εσωτερικού και αφορά στην πρόβλεψη και επικράτηση δυσμενών καιρικών. Η πρόγνωση του καιρού γίνεται από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, η οποία εκδίδει τακτικά και έκτακτα δελτία πρόγνωσης. Τα τακτικά δελτία εκδίδονται σε προκαθορισμένες ώρες (ανά 6 ώρες) και ξεκινούν να έχουν ισχύ 2 ώρες μετά την έκδοσή τους. Στην περίπτωση που οι καιρικές συνθήκες είναι καλύτερες από ότι έχει προβλεφθεί, μπορεί να επιτραπεί ο απόπλους μετά από συνεννόηση του πλοιάρχου με τις λιμενικές αρχές, εφόσον ο πλους έχει μικρή διάρκεια και πραγματοποιηθεί σε απόσταση μικρότερη των 20 ναυτικών μιλίων από την πλησιέστερη ακτή.

Απαγορευτικό απόπλου ισχύει για τα σκάφη με ελληνική σημαία με μήκος < 25 μ. για άνεμο > 6 βαθμών της κλίμακας Μποφόρ. Η απαγόρευση δεν ισχύει για τα διεθνή πλοία, τα οποία ανεξαρτήτως μήκους και καιρικών συνθηκών μπορούν να πλεύσουν κατά την κρίση του πλοιάρχου.

Σαν μονάδα μέτρησης της ταχύτητας του ανέμου χρησιμοποιούμε στην παρούσα εργασία τα χιλιόμετρα ανά ώρα (km/h). Χρησιμοποιώντας την κλίμακα Μποφόρ[53], βλέπουμε στον παρακάτω πίνακα τα φαινόμενα που παρατηρούνται στην θάλασσα ανάλογα με την ταχύτητα ανέμου που επικρατεί τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Η κλίμακα Μποφόρ είναι ένας εμπειρικός τρόπος μέτρησης της έντασης των ανέμων, που βασίζεται στην παρατήρηση των αποτελεσμάτων του ανέμου στη στεριά ή τη θάλασσα.

**Πίνακας 6.Η κλίμακα Μποφόρ**

<b>Μποφόρ</b>	<b>Ταχύτητα ανέμου (km/h)</b>	<b>Χαρακτηρισμός ανέμου</b>	<b>Ύψος κύματος (m)</b>	<b>Φαινόμενα στη θάλασσα</b>
0	<1	Νηνεμία (άπνοια)	0	Επίπεδη, κατοπτρική επιφάνεια ("λάδι").
1	1-5	Υποπνέων (ελαφρύ αεράκι)	0.1	Το νερό κάνει μικρές "ρυτίδες".
2	6-11	Ασθενής (ελαφριά αύρα)	0.2	Μικρά κυματάκια που δεν "σπάνε".
3	12-19	Λεπτός (γλυκιά αύρα)	0.6	Τα μικρά κύματα αρχίζουν να σπάνε και εμφανίζεται λίγος αφρός ("προβατάκια").
4	20-28	Μέτριος (μέτρια αύρα)	1	Μικρά κύματα.
5	29-38	Λαμπρός	2	Μεγαλύτερα κύματα (περ. 1,2 μ.), εμφανίζεται αφρός και σταγονίδια νερού (πίτυλος).
6	39-49	Ισχυρός	3	Μεγάλα κύματα με αφρώδεις κορυφές και έντονο πίτυλο.
7	50-61	Σφοδρός	4	Η θάλασσα φουσκώνει και ο αφρός αρχίζει να σχηματίζει λωρίδες.
8	62-74	Θυελλώδης	5.5	Σχετικά ψηλά κύματα που αρχίζουν να σπάνε. Ο αφρός σχηματίζει λωρίδες.
9	75-88	Θύελλα	7	Μεγάλα κύματα (6 μ.) με πυκνό αφρό, που σπάνε και διπλώνουν.
10	89-102	Ισχυρή θύελλα	9	Πολύ ψηλά κύματα, η θάλασσα ασπρίζει. Η ορατότητα μειώνεται.
11	103-117	Σφοδρή θύελλα	11.5	Εξαιρετικά ψηλά κύματα, μικρή ορατότητα.
12	118+	Λαίλαπα ή τυφώνας	14	Τεράστια κύματα. Ο αέρας γεμίζει με αφρό και πίτυλο, η θάλασσα ασπρίζει εντελώς. Ελάχιστη έως μηδενική ορατότητα.

#### 4.3.2 Επιλογή περιοχής ελέγχου – clustering χωρικών δεδομένων

Τα δεδομένα που χρησιμοποιούμε στην παρούσα εργασία αφορούν στην κίνηση των αλιευτικών στο Αιγαίο πέλαγος. Για να μπορέσουμε να μελετήσουμε και να εξάγουμε συμπεράσματα σχετικά με την δράση των αλιευτικών σκαφών σύμφωνα με τη νομοθεσία, θα προχωρήσουμε στην επιλογή ενός συγκεκριμένου γεωγραφικού κελιού με κριτήριο την πυκνότητα της κίνησης των αλιευτικών πλοίων στη συγκεκριμένη περιοχή.

Για να ορίσουμε την περιοχή μελέτης, θα προχωρήσουμε στη χωρική ομαδοποίηση των δεδομένων μας, χρησιμοποιώντας την Spatial Window Function της PostGIS ST\_ClusterDBSCAN. Η ST\_ClusterDBSCAN παίρνει σαν παραμέτρους μια γεωμετρία, την ελάχιστη απόσταση (eps) που μπορεί να έχει αυτή η γεωμετρία από το κέντρο του συμπλέγματος (cluster) και τον αριθμό των ελάχιστων σημείων (minpoints) που μπορεί να έχει ένα cluster.

*ST\_ClusterDBSCAN(geometry winset geom, float8 eps, integer minpoints);*

Το αποτέλεσμα που θα μας επιστρέψει είναι ο αριθμός του cluster στο οποίο ανήκει κάθε γεωμετρία, σύμφωνα με τη δισδιάστατη χωρική ομαδοποίηση δεδομένων που υλοποιήθηκε από τον αλγόριθμο DBSCAN με βάση την πυκνότητα.

Ο αλγόριθμος DBSCAN είναι ένας αλγόριθμος ομαδοποίησης δεδομένων βάσει πυκνότητας, ο οποίος εντοπίζει περιοχές υψηλής πυκνότητας, που διαφοροποιούνται τόσο μεταξύ τους, όσο και σε σχέση με τις περιοχές εκείνες που χαρακτηρίζονται από χαμηλή πυκνότητα. Για τον εντοπισμό της πυκνότητας μιας περιοχής ορίζει ένα σημείο το οποίο θα είναι το κέντρο του κύκλου και συμπεριλαμβάνει στην περιοχή αυτή όλα τα σημεία που έχουν απόσταση ίση ή μικρότερη από την ακτίνα του κύκλου σε σχέση με το κέντρο του κύκλου. Χρησιμοποιώντας τον συγκεκριμένο αλγόριθμο δεν χρειάζεται να ορίσουμε εκ των προτέρων τον αριθμό των ομάδων που θα δημιουργηθούν.

Για τη δημιουργία των clusters θα χρησιμοποιήσουμε τα σημεία τύπου geometry του πίνακα points ενημερώνοντας το SRID σε 2100, καθώς το eps θα είναι σε μέτρα. Ορίζουμε την ακτίνα του κύκλου (eps) στα 27750 m και τον ελάχιστο αριθμό γεωμετριών (minpoints) ανά cluster στα 5. Στα σημεία που δεν ανήκουν σε καμία ομάδα δίνεται τιμή null για το cluster id.

Τα χωρικά μας δεδομένα χωρίστηκαν σε 14 ομάδες – clusters. Απο τα γεωμετρικά δεδομένα του πίνακα points 9 σημεία δεν εντάχθηκαν σε καμία ομάδα και τους δόθηκε η τιμή null για το cluster id. Για την καλύτερη κατανόηση των αποτελεσμάτων προχωρήσαμε στην οπτικοποίηση των δεδομένων στο QGIS.

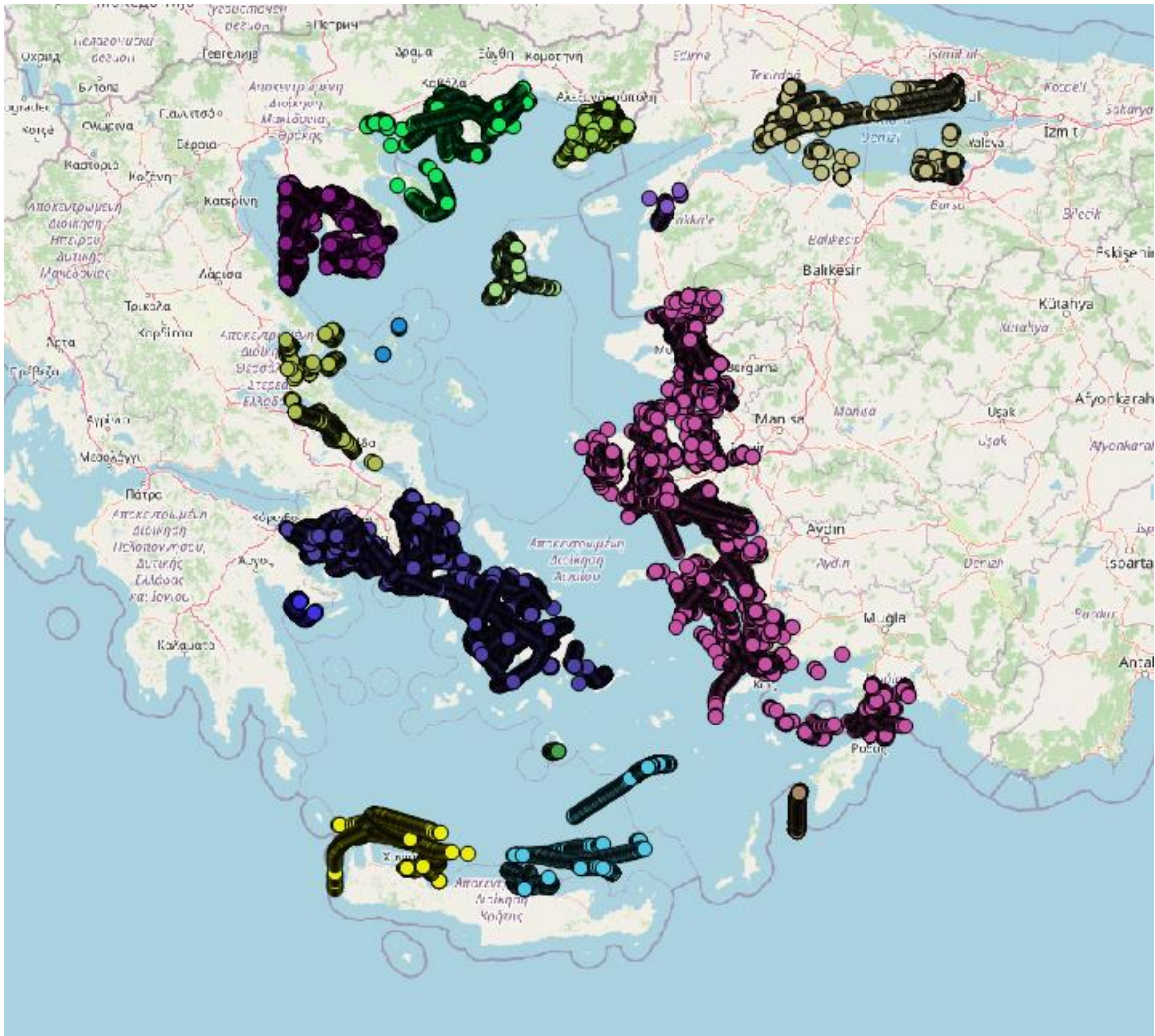


Fig.18. Clusters σημείων αλιευτικών πλοίων

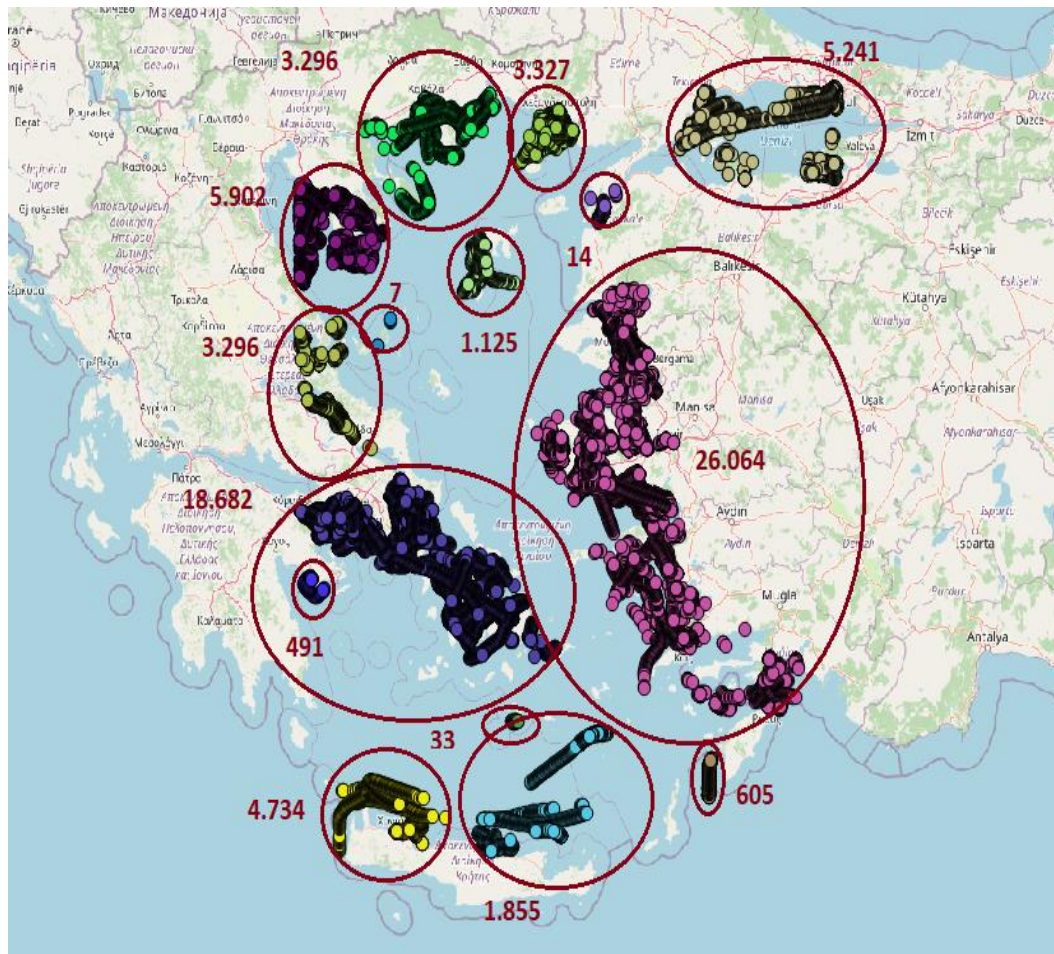


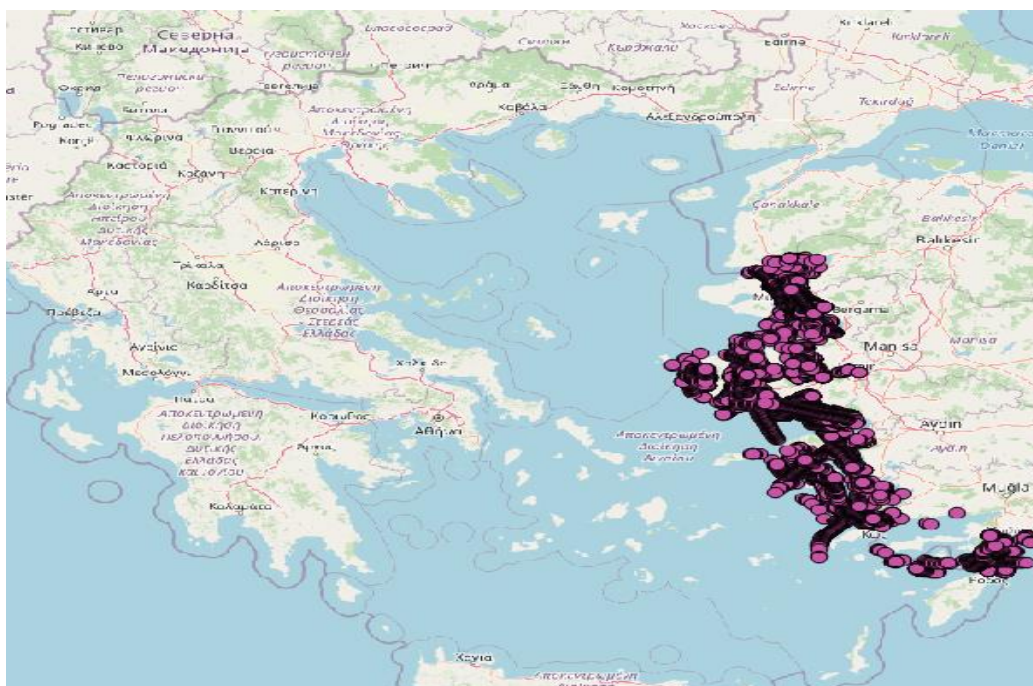
Fig.19. Πλήθος σημείων αλιευτικών δεδομένων ανά cluster



**Πίνακας 7. Πλήθος σημείων για κάθε cluster δεδομένων**

Cluster id	Πλήθος σημείων ανά cluster
0	3.327
1	18.683
2	5.902
3	1.855
4	3.296
5	2.787
6	26.064
7	491
8	4.734
9	1.125
10	5.241
11	7
12	33
13	605
14	14
null	9

Όπως φαίνεται στον παραπάνω πίνακα, τα cluster δεδομένων με τη μεγαλύτερη πυκνότητα δεδομένων είναι αυτά με cluster id 1 και 6 με πλήθος σημείων 18.683 και 26.064 αντίστοιχα. Θα απομονώσουμε τα χωρικά δεδομένα που αντιστοιχούν στα συγκεκριμένα cluster και θα τα οπτικοποιήσουμε στο qgis.



**Fig.20. Cluster δεδομένων με cluster id 6**

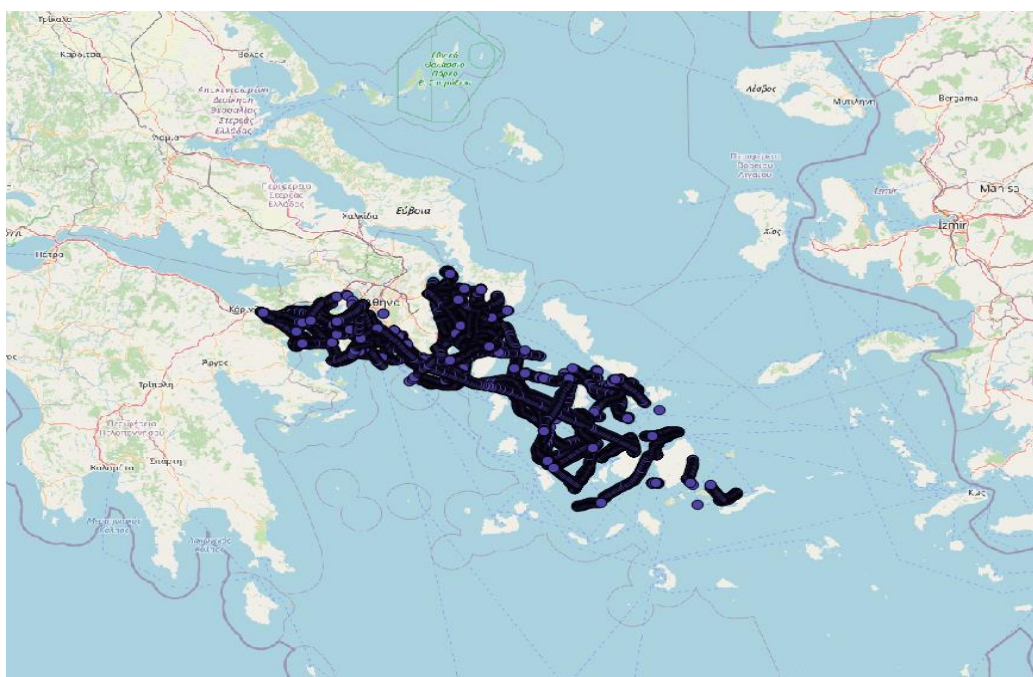


Fig.21. Cluster δεδομένων με cluster id 1

Η επιλογή της περιοχής για τον έλεγχο της δραστηριότητας των αλιευτικών με βάση τη νομοθεσία αφορά στα αλιευτικά με ελληνική σημαία, καθώς όπως αναφέραμε νωρίτερα η επιλογή απόπλου πλοίων με ξένη σημαία σε δυσμενείς καιρικές συνθήκες γίνεται καθαρά με απόφαση του πλοιάρχου. Στον παρακάτω πίνακα παραθέτουμε τα στοιχεία του πλήθους δεδομένων αλιευτικών ανα σημαία των clusters 1 και 6.

Πίνακας 8. Πλήθος σημείων για κάθε cluster δεδομένων

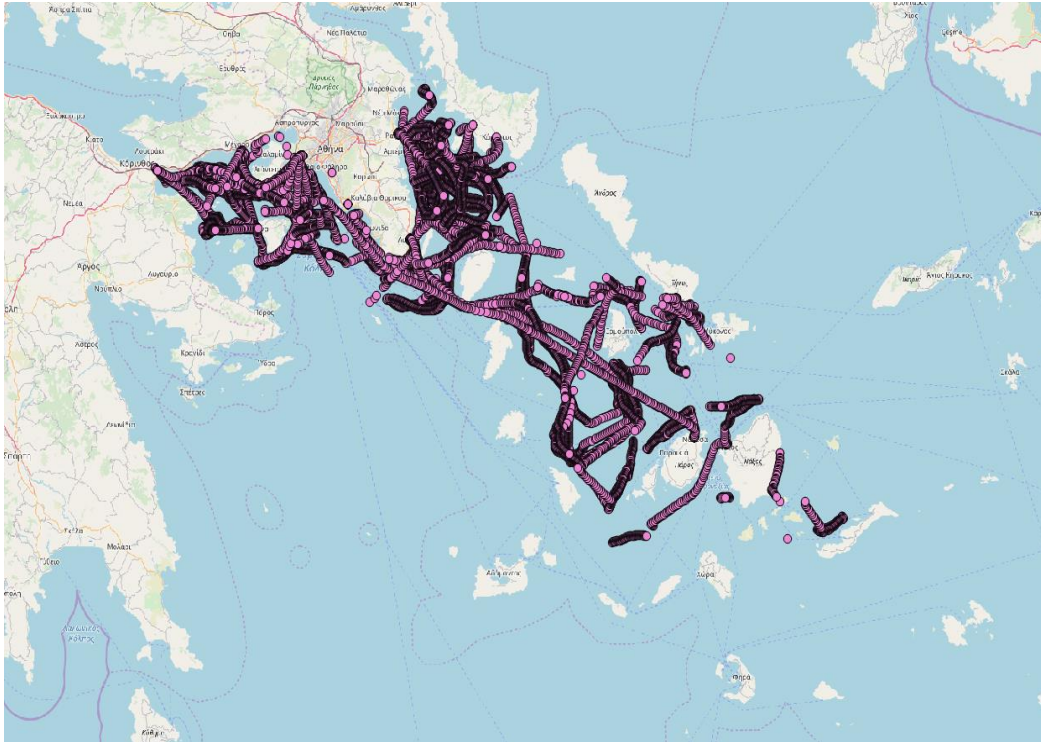
Cluster δεδομένων	Σημαία	Πλήθος αλιευτικών	Πλήθος σημείων αλιευτικών	Συνολικό πλήθος σημείων αλιευτικών
1	CY - Κυπριακή	1	1	18.683
	GR - Ελληνική	38	18.067	
	RU - Ρωσική	1	237	
	SH - Saint Helena	2	211	
	TR - Τουρκική	2	167	
6	GR - Ελληνική	29	9.228	26.064
	IT - Ιταλική	4	436	
	TR - Τουρκική	128	16.400	

Όπως φαίνεται παραπάνω, το cluster 6 παρουσιάζει τη μεγαλύτερη πυκνότητα δεδομένων, με το μεγαλύτερο, όμως, ποσοστό να ανήκει σε πλοία με ξένη σημαία. Πιο συγκεκριμένα, το ποσοστό των αλιευτικών με ελληνική σημαία στο cluster 6 είναι 35.41%, ενώ στο cluster 1 είναι 96.70%.

Για να έχουμε μεγαλύτερο δείγμα δεδομένων με σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τη δραστηριότητα των ελληνικών αλιευτικών σύμφωνα, με τη επικρατούσα νομοθεσία, θα

χρησιμοποιήσουμε στον έλεγχό μας τα δεδομένα που αφορούν στα αλιευτικά με ελληνική σημαία και ανήκουν cluster 1.

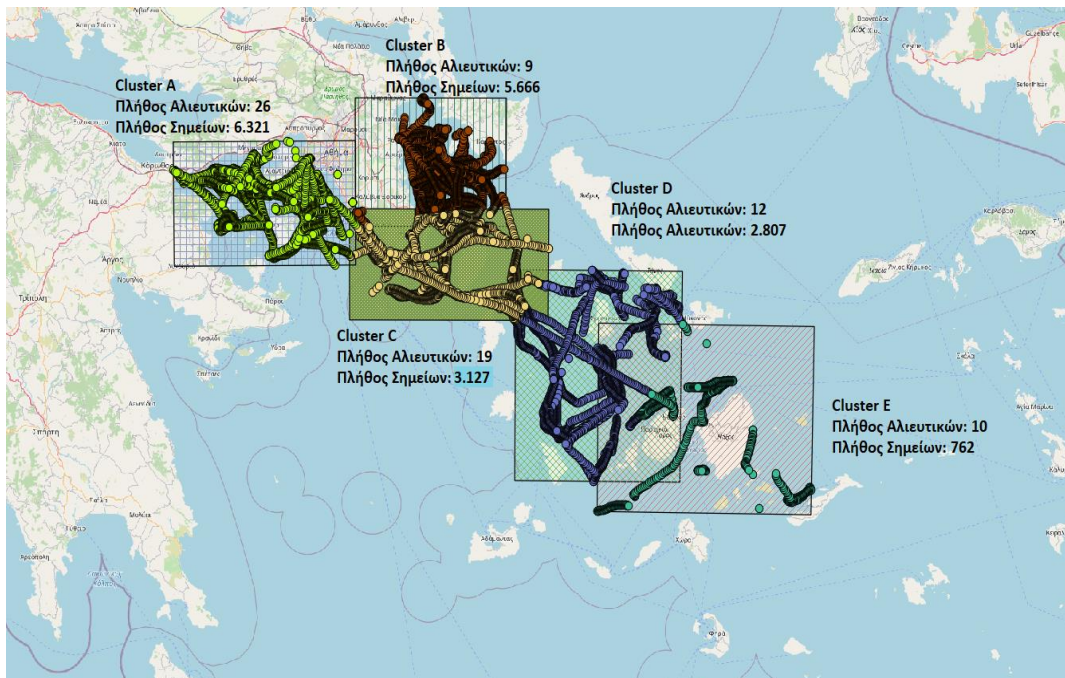
Για να μπορέσουμε να προχωρήσουμε στον έλεγχο των δεδομένων θα πρέπει να επικεντρώσουμε το ενδιαφέρον μας σε ένα μέρος των δεδομένων μικραίνοντας το μέγεθος του grid. Επιλέγουμε να χωρίσουμε τα δεδομένα μας σε 5 υποσύνολα.



**Fig.22. Απεικόνιση cluster δεδομένων στο QGIS**

Χρησιμοποιούμε την Window function `ST_ClusterKMeans`, για να χωρίσουμε το cluster δεδομένων σε υποσύνολα, και ορίζουμε τον αριθμό των clusters που θα προκύψουν σε 5. Η `ST_ClusterKMeans` χρησιμοποιεί τον αλγόριθμο K-means, ο οποίος ομοδοποιεί τα χωρικά δεδομένα με βάση την απόσταση, και επιστρέφει ένα cluster id για κάθε γεωμετρία. Ως απόσταση θεωρούμε την απόσταση μιας γεωμετρίας από το κεντροειδές της κοντινότερης γεωμετρίας. Τα υποσύνολα δεδομένων που προκύπτουν, φαίνονται στην παρακάτω εικόνα.



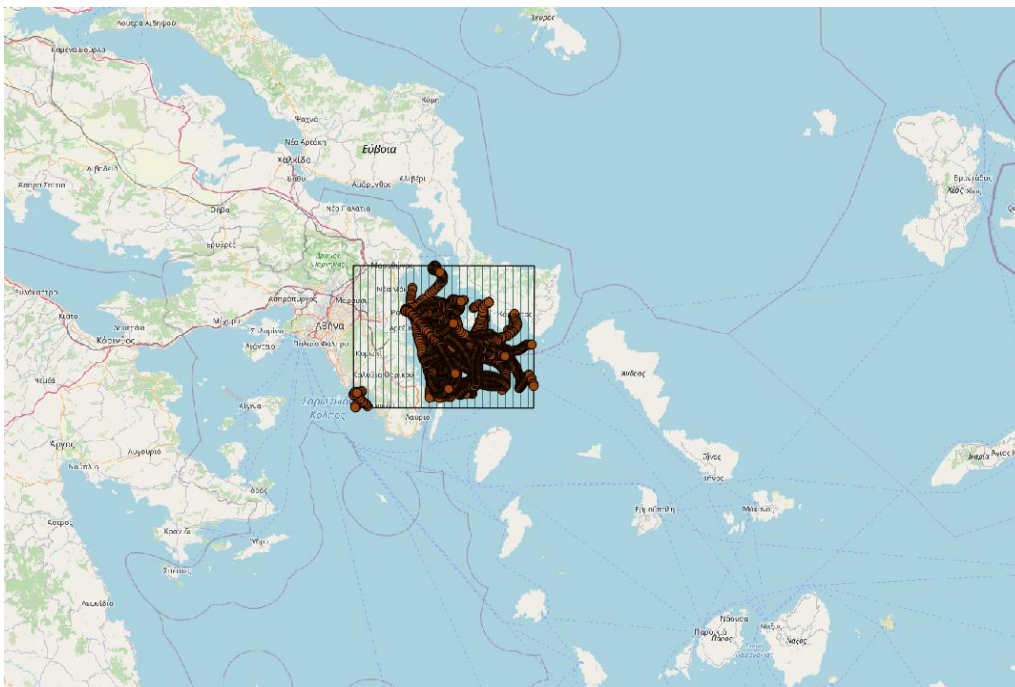


**Fig.23. Απεικόνιση cluster δεδομένων στο QGIS**

Από τα σύνολα δεδομένων που προέκυψαν, βλέπουμε ότι το Cluster B είναι αυτό με το μεγαλύτερο πλήθος δεδομένων, το οποίο θα χρησιμοποιήσουμε παρακάτω στον έλεγχό μας. Το Cluster A δεν θα ήταν αρκετά χρήσιμο στην εξαγωγή συμπερασμάτων, καθώς τα δεδομένα αφορούν την κίνηση των αλιευτικών στην περιοχή του Αργοσαρωνικού κόλπου, που αποτελεί σημείο εκκίνησης των αλιευτικών και δεν αναπτύσσεται ιδιαίτερη αλιευτική δραστηριότητα. Για ένα μέρος του Cluster A, που αφορά στην ευρύτερη περιοχή του Λιμανιού του Πειραιά, ισχύει απαγόρευση αλίευσης σε μηχανότρατες (ΦΕΚ 248Α)[54].

Χρησιμοποιήσαμε την *St\_Collect* για να δημιουργήσουμε μια συλλογή γεωμετριών από τα σημεία που αντιστοιχούν στο cluster B. Πέρασαμε το αποτέλεσμα της σαν παράμετρο στην *St\_Envelope*, για να μας επιστρέψει τη γεωμετρία που αντιστοιχεί στο μικρότερο πολύγωνο που περιλαμβάνει μέσα του όλα τα σημεία της συλλογής.

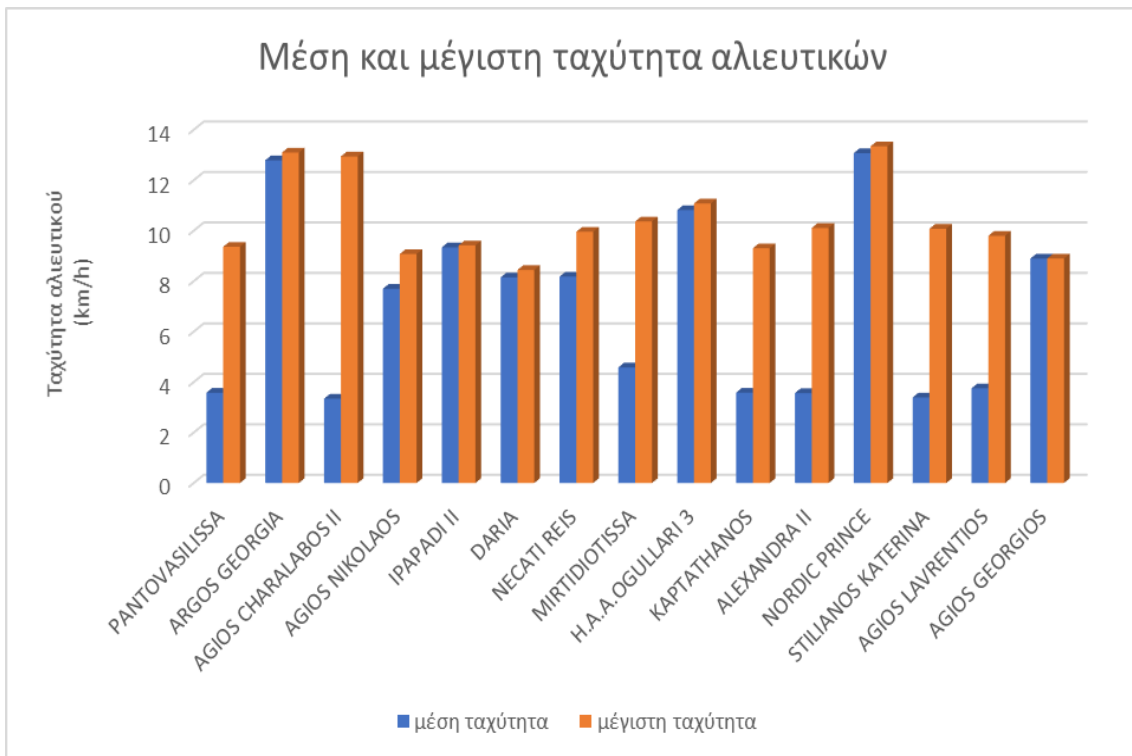
```
SELECT ST_GeomFromText(ST_AsText(ST_Envelope(ST_Collect(ARRAY(select geom FROM thesis.subcluster where cluster_id=1))),2100));
```



**Fig.24. Απεικόνιση πολύγωνου και των σημείων του cluster B**

Η γεωμετρία που δημιουργήσαμε θα μας βοηθήσει να απομονώσουμε από τον πίνακα weather τα στοιχεία που αντιστοιχούν στο συγκεκριμένο grid. Χρησιμοποιώντας την `St_MakePoint` στον πίνακα `weather`, δημιουργούμε σημεία από το γεωγραφικό μήκος και το γεωγραφικό πλάτος και ελέγχουμε ποια από αυτά εμπερικλείονται μέσα στο πολύγωνο που έχουμε εξάγει με τη βοήθεια της `St_Contains`. Τα δεδομένα, που προκύπτουν από το ερώτημα στη βάση, είναι αυτά που θα χρησιμοποιήσουμε στον έλεγχό μας παρακάτω.





**Fig.26. Μέση και μέγιστη ταχύτητα αλιευτικών**

### 4.3.3 Έλεγχος δεδομένων κίνησης αλιευτικών πλοίων

Αρχικά, θα μελετήσουμε την κίνηση των πλοίων σχετικά με τον κανονισμό αλίευσης που απαγορεύει τον απόπλου των ελληνικών πλοίων όταν επικρατεί άνεμος > 6 βαθμών της κλίμακας Μποφόρ.

Τα παρακάτω διαγράμματα αποτυπώνουν τις μέγιστες τιμές που παίρνει η ταχύτητα ανέμου στο γεωγραφικό κελί που μελετάμε για τους μήνες Ιανουάριο – Μάρτιο του 2018 και την κίνηση των αλιευτικών πλοίων σε συνάρτηση με τον άνεμο που επικρατεί στην περιοχή τη δεδομένη στιγμή.

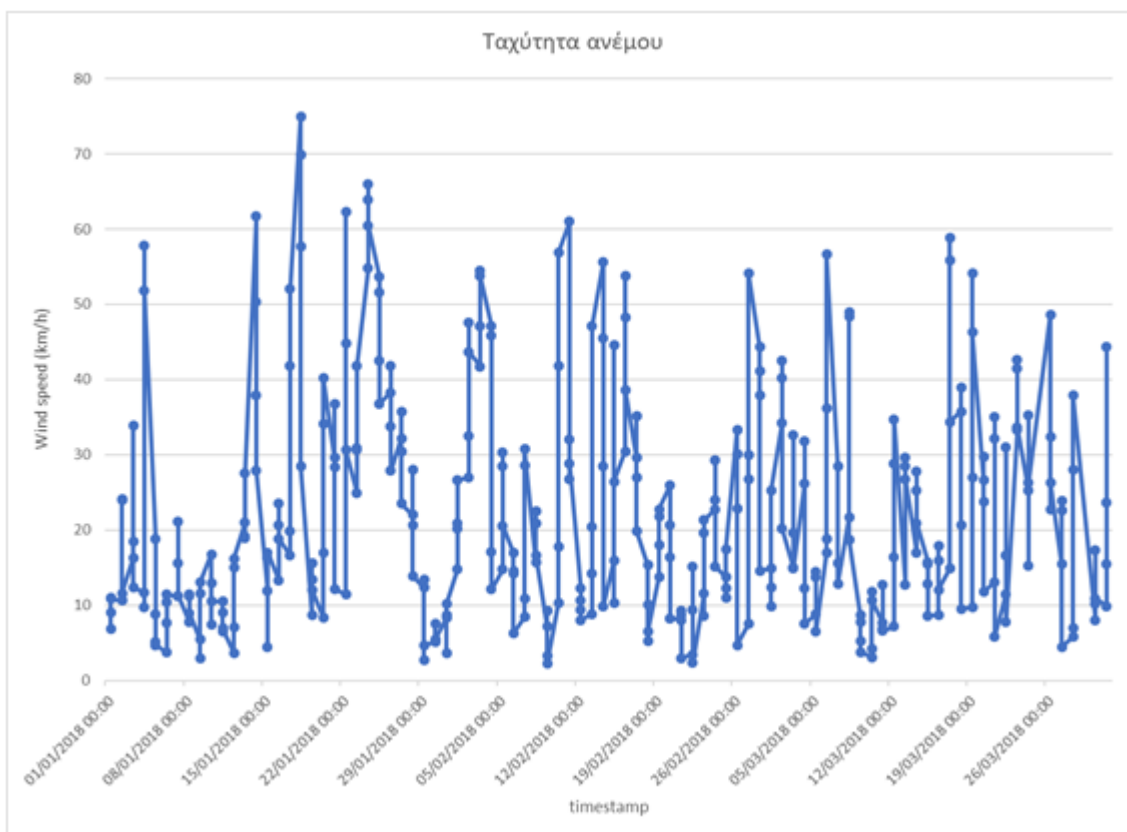
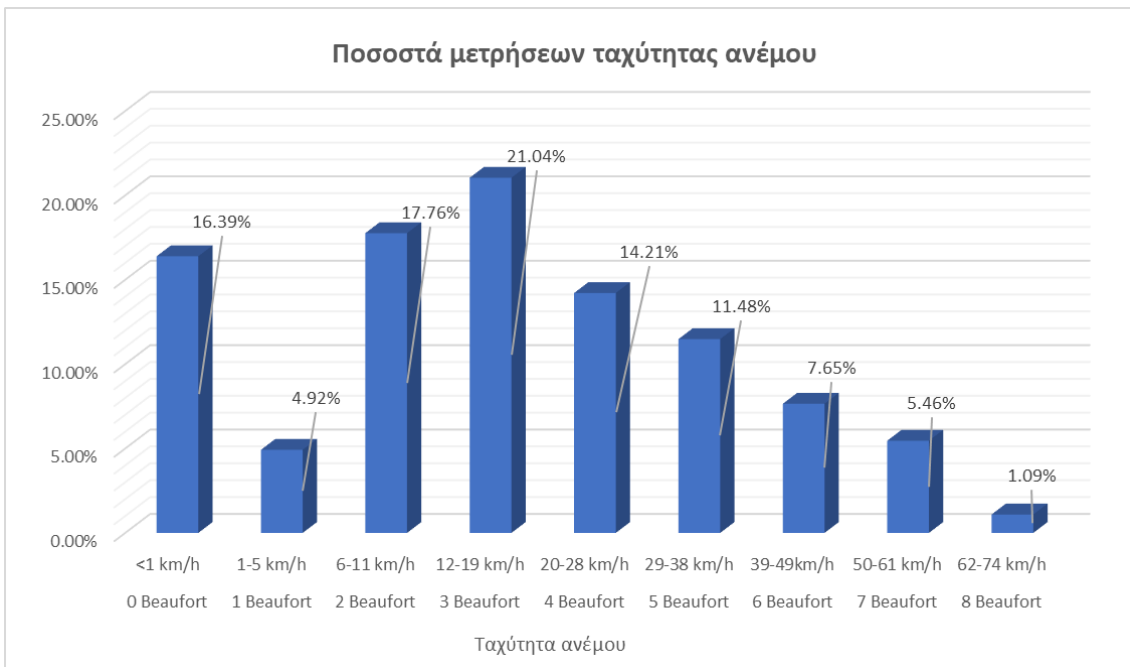
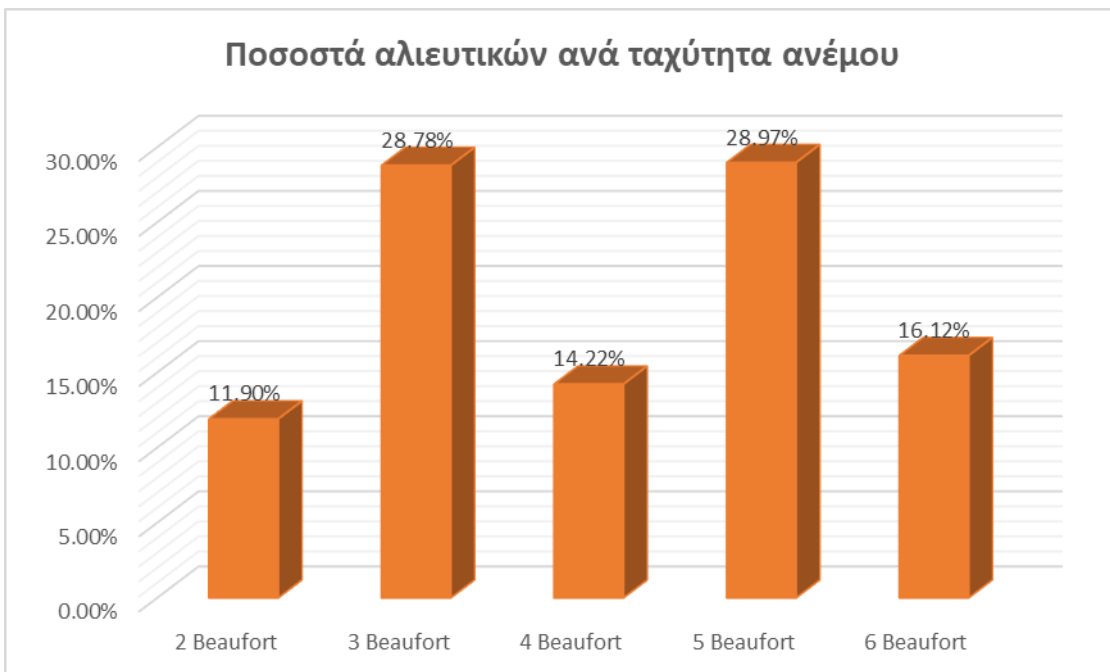


Fig.27. Ταχύτητα ανέμου στην περιοχή ελέγχου την περίοδο Ιανουάριος-Μάρτιος 2018



**Fig.28. Ποσοστά μετρήσεων ταχύτητας ανέμου**



**Fig.29. Ποσοστά κίνησης αλιευτικών σε συνάρτηση με την ταχύτητα ανέμου**

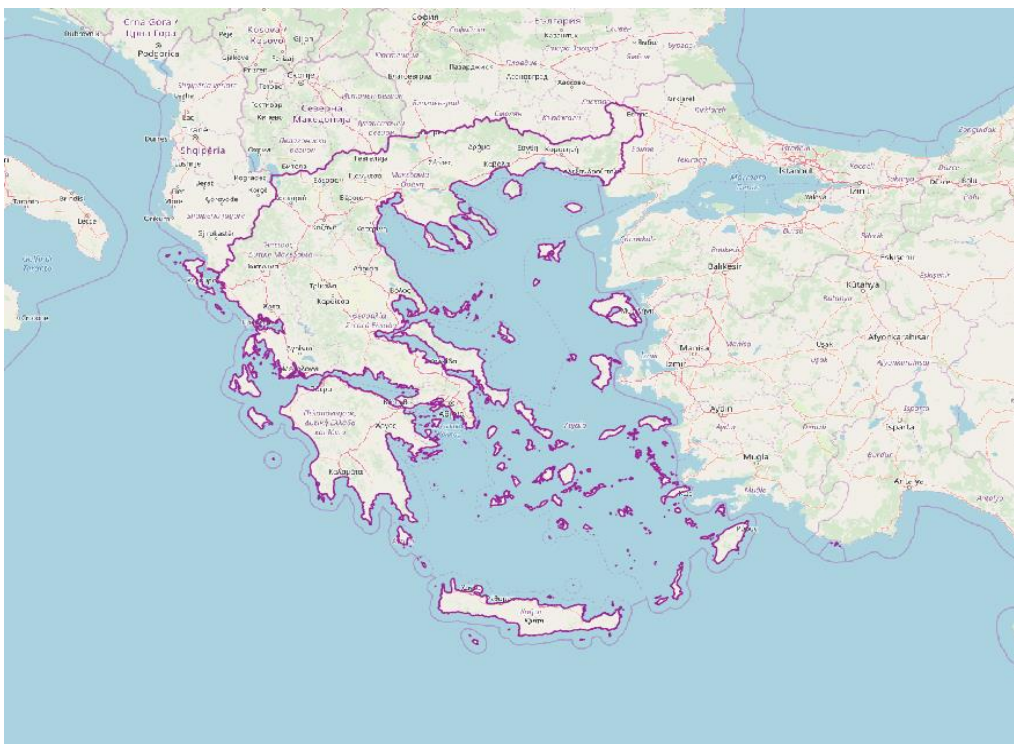
Παρατηρούμε στο πρώτο διάγραμμα ότι η μέγιστη τιμή που παίρνει η ταχύτητα είναι οι 8 βαθμοί της κλίμακας Μποφόρ. Κάνοντας τον έλεγχο για τα αλιευτικά του δείματός μας που έχουν ελληνική σημαία και μήκος < 25 m δεν εντοπίζουμε παραβίαση του κανονισμού αλίευσης που ελέγχουμε. Όπως φαίνεται



και στο δεύτερο διάγραμμα, τα αλιευτικά του δείγματος κινούνται όταν επικρατεί άνεμος με μέγιστη τιμή τους 6 βαθμούς της κλίμακας Μποφόρ.

Στη συνέχεια θα μελετήσουμε την κίνηση των αλιευτικών πλοίων σε συνάρτηση με τον κανονισμό που απαγορεύει την αλιεία σε απόσταση 1.5 ναυτικών μιλίων από την ακτή.

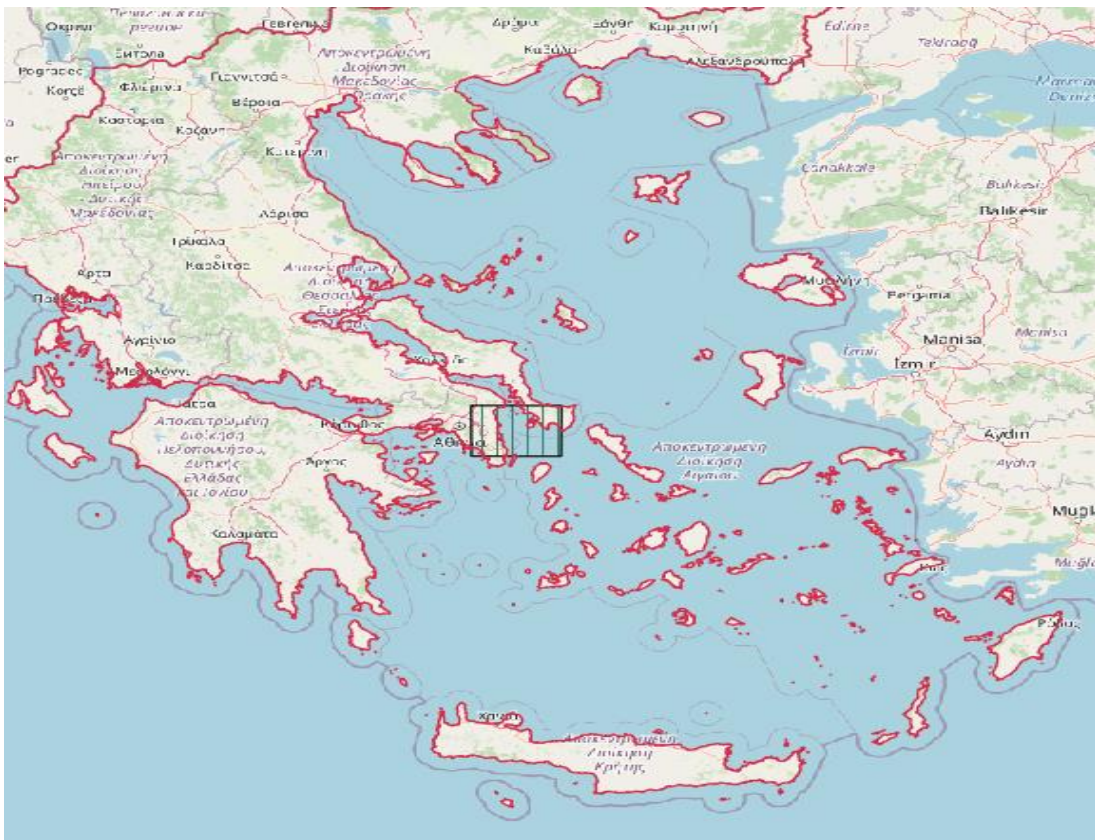
Για να γίνει ο έλεγχος θα πρέπει πρώτα να ορίσουμε τα όρια της περιοχής που εξετάζουμε. Χρησιμοποιώντας το shapefile που περιλαμβάνει την ακτογραμμή της Ελλάδας (πηγή GEODATA.gov.gr[55]) θα την απεικονίσουμε στο QGIS.



**Fig.30. Ακτογραμμή Ελλάδας**

Χρησιμοποιώντας τον DBManager του QGIS θα αποθηκεύσουμε την γεωμετρική πληροφορία στη Βάση Δεδομένων ως Multilinestring, στον πίνακα coastline που δημιουργήσαμε.

Για να απομονώσουμε το μέρος της ακτογραμμής που θα χρησιμοποιήσουμε στη μελέτη μας, χρησιμοποιούμε την Function ST\_Contains. Το μέρος της γεωμετρίας που μας ενδιαφέρει είναι τα σημεία που περιλαμβάνονται στο πολύγωνο που δημιουργήσαμε νωρίτερα, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



**Fig.31. Grid περιοχής μελέτης**

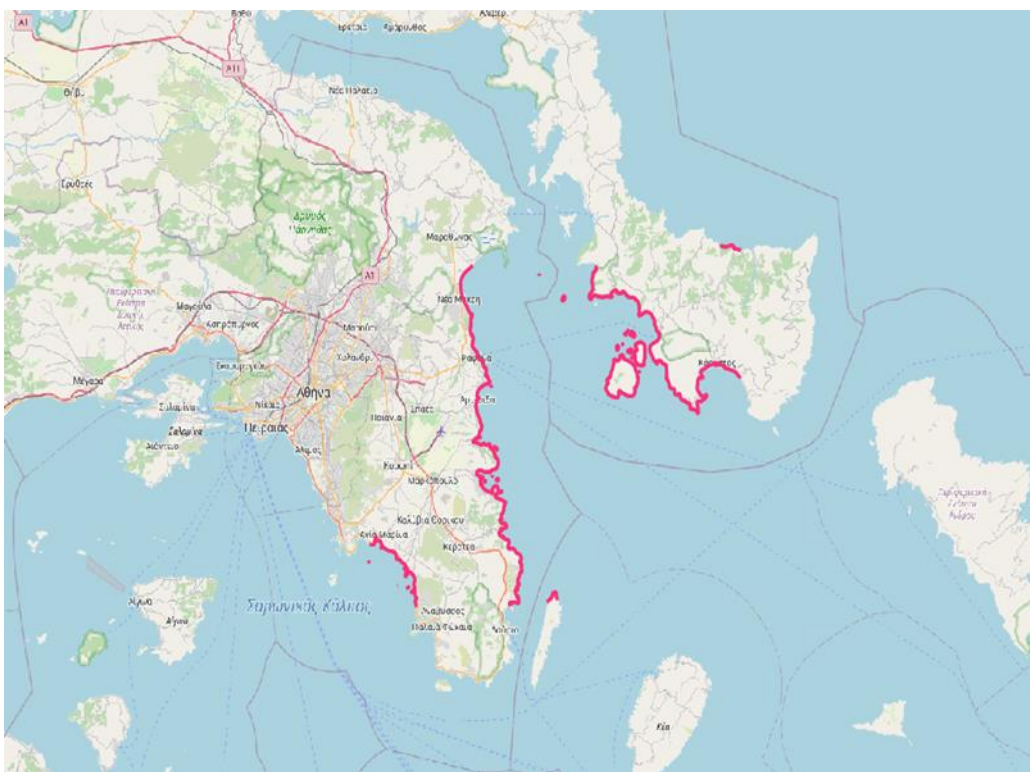
*SELECT geom FROM thesis.coastline*

*WHERE*

*ST\_CONTAINS((select polygon from thesis.polygon where id=4),ST\_Transform(geom, 2100)) =true;*

Η γεωμετρία που προέκυψε φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:





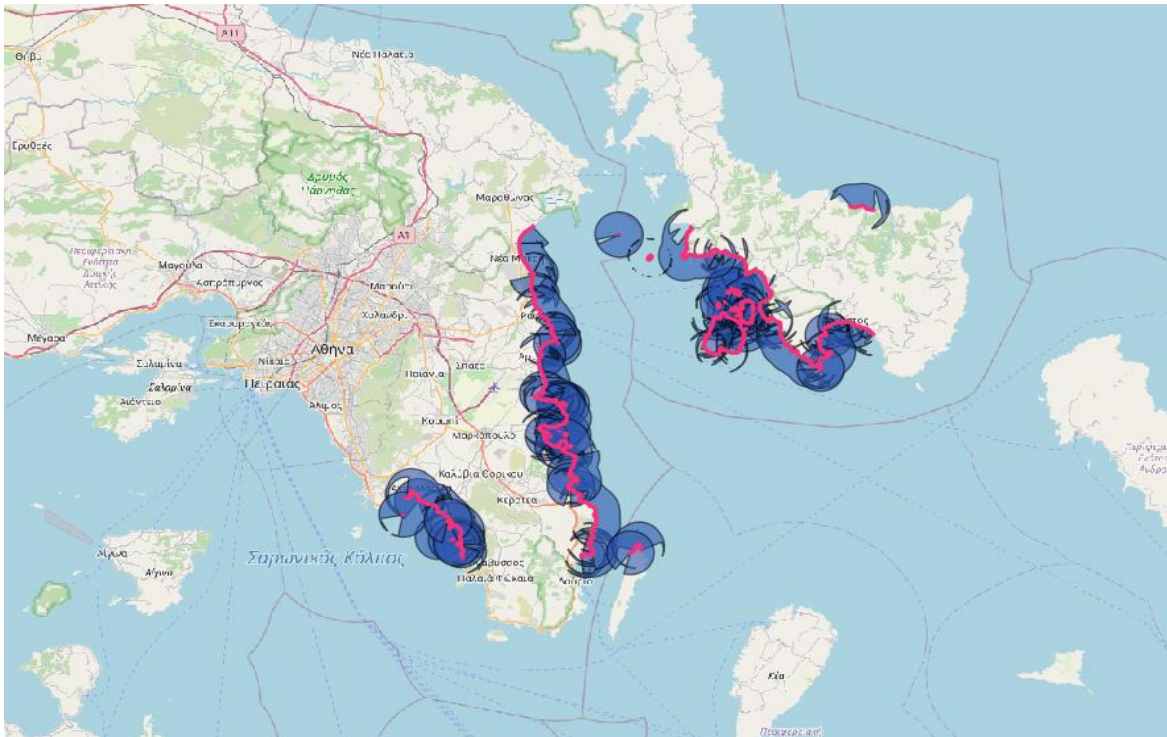
**Fig.32. Ακτογραμμή περιοχής μελέτης**

Οι γεωμετρίες αυτές είναι σε SRID 2100, επομένως για να υπολογίσουμε την απόσταση από την ακτογραμμή θα πρέπει αρχικά να μετατρέψουμε τα μίλια σε μέτρα. Τα 1,5 ναυτικά μίλια ισούνται με 2.778 μέτρα.

Για να εντοπίσουμε τα αλιευτικά που κινούνται σε απόσταση 1,5 ν.μ από τη στεριά θα πρέπει να βρούμε όλα τα σημεία που απέχουν έως και 1.5 ν.μ από τη στεριά. Για τον εντοπισμό των σημείων αυτών θα χρησιμοποιήσουμε την Geometry Constructing Function της Postgis ST\_Buffer. Η function αυτή παίρνει σαν παραμέτρους τη γεωμετρία, βάσει της οποίας θα υπολογίσει την απόσταση, την απόσταση που θα ορίσουμε και την πλευρά της γεωμετρίας από την οποία θα πρέπει να γίνει η μέτρηση. Σαν τρίτη παράμετρο έχουμε ορίσει το side = right, για να υπολογίσει την απόσταση από την εξωτερική πλευρά του πολυγώνου της ακτογραμμής. Θα δημιουργήσει, λοιπόν, τις γεωμετρίες με βάση την ακτογραμμή και κατεύθυνση προς τη θάλασσα. Το αποτέλεσμα που επιστρέφει είναι γεωμετρίες τύπου Polygon και Multipolygon.

```
SELECT ST_Buffer (geom,2778,'side=right')
FROM thesis.coastline
WHERE ST_CONTAINS((select polygon from thesis.polygon where id=4), geom, 2100)=true;
```

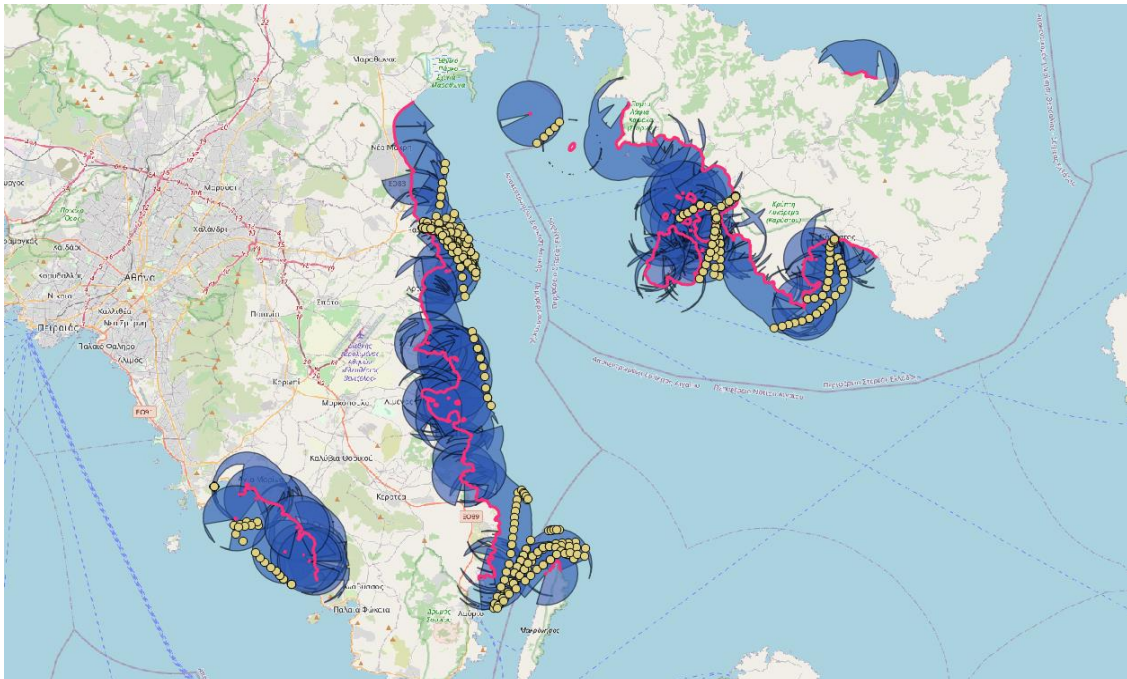
Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε το αποτέλεσμα που επιστρέφει η ST\_Buffer απεικονισμένο στο QGIS.



**Fig.33. Περιοχές σε απόσταση 1.5 ν.μ. από τις ακτές**

Για να βρούμε τα αλιευτικά που κινούνται εντός της εμβέλειας των 1.5 ν.μ. από την ακτή θα χρησιμοποιήσουμε τη Function `ST_Intersects`. Η `ST_Intersects` θα μας επιστρέψει τα κοινά σημεία των γεωμετριών `points` των αλιευτικών πλοίων με τις γεωμετρίες που προέκυψαν από το προηγούμενο ερώτημα στη βάση.

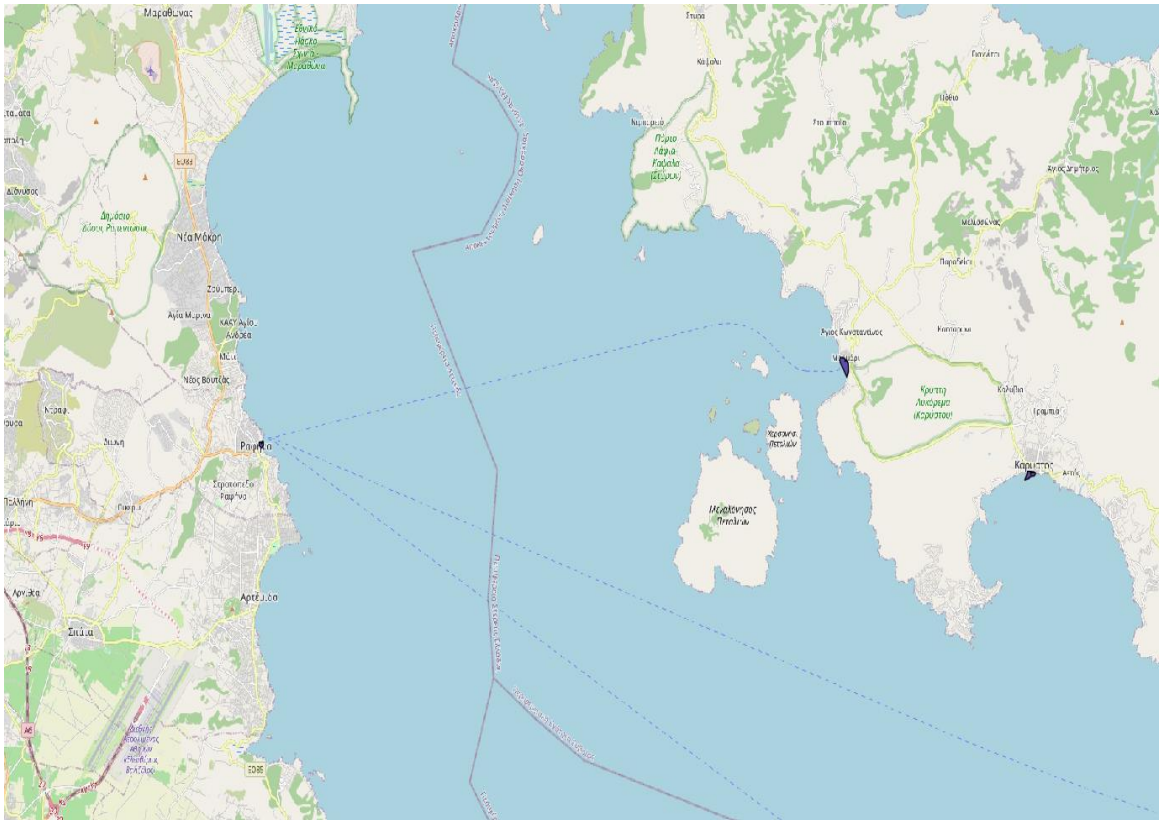
Τα σημεία που προέκυψαν φαίνονται στην παρακάτω εικόνα.



**Fig.34. Αλιευτικά που κινούνται σε απόσταση έως 1.5 ν.μ. από την ακτή**

Από τα σημεία αυτά των αλιευτικών θα χρειαστεί να αφαιρέσουμε όσα βρίσκονται εντός λιμένων, καθώς δεν θα έχουν αλιευτική δραστηριότητα κατά την παραμονή τους σε αυτούς. Επίσης, η ταχύτητα των αλιευτικών πλοίων κατά την αλιευτική δραστηριότητα κυμαίνεται γύρω στα 3 μίλια ανά ώρα. Επομένως, θα αποκλείσουμε από το δείγμα μας όσα αλιευτικά έχουν ταχύτητα μικρότερη των 2.5 knots και μεγαλύτερη των 3.5 knots. [56]

Αρχικά, θα δημιουργήσουμε vector layers στο QGIS ορίζοντας τα γεωγραφικά πολύγωνα που περιλαμβάνουν τα λιμάνια Ραφήνας, Καρύστου και Μαρμαρί.



**Fig.35. Λιμάνια εντός περιοχής μελέτης**



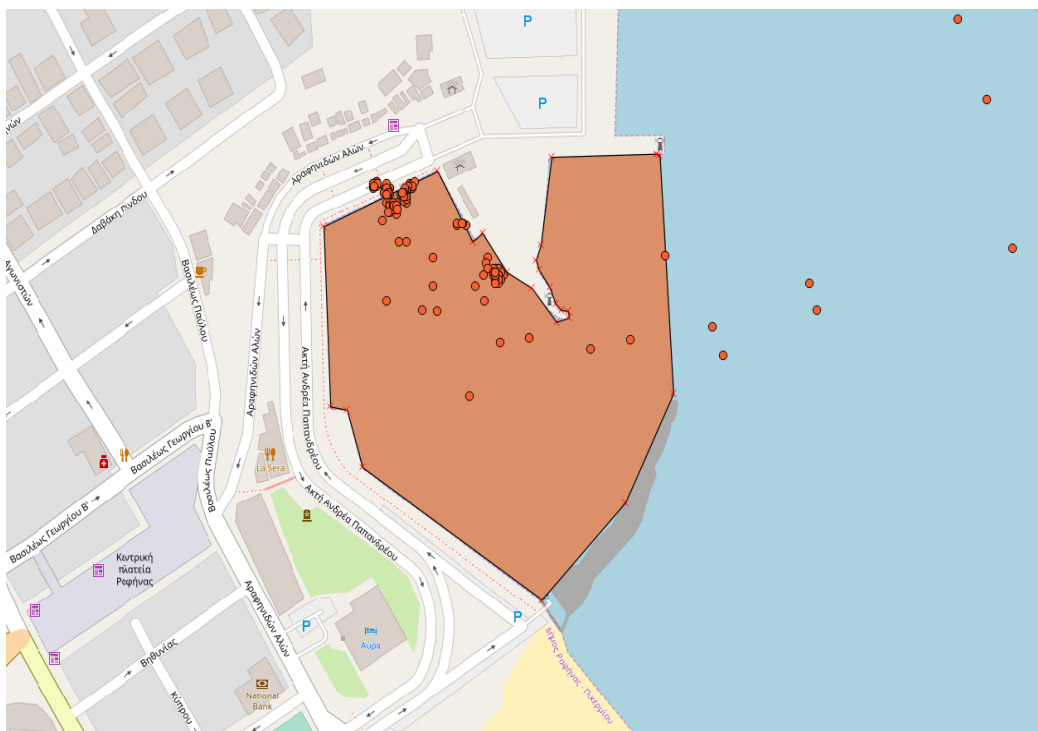
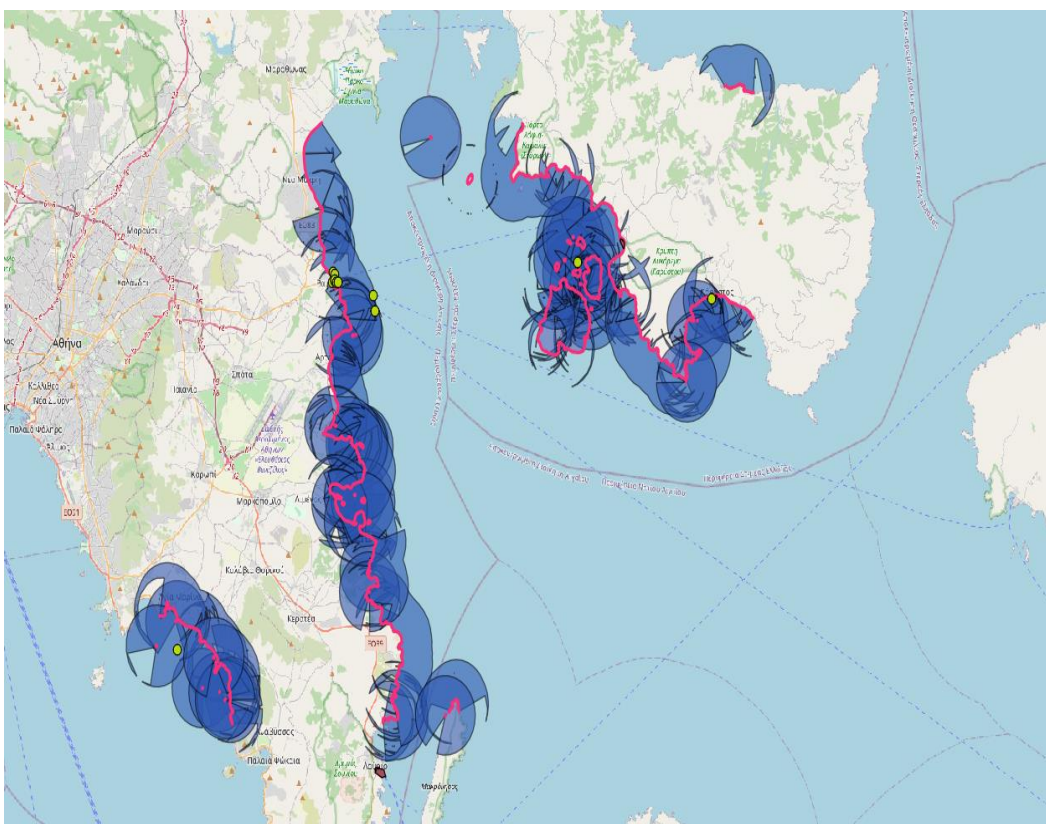


Fig.36. Λιμάνι Ραφήνας

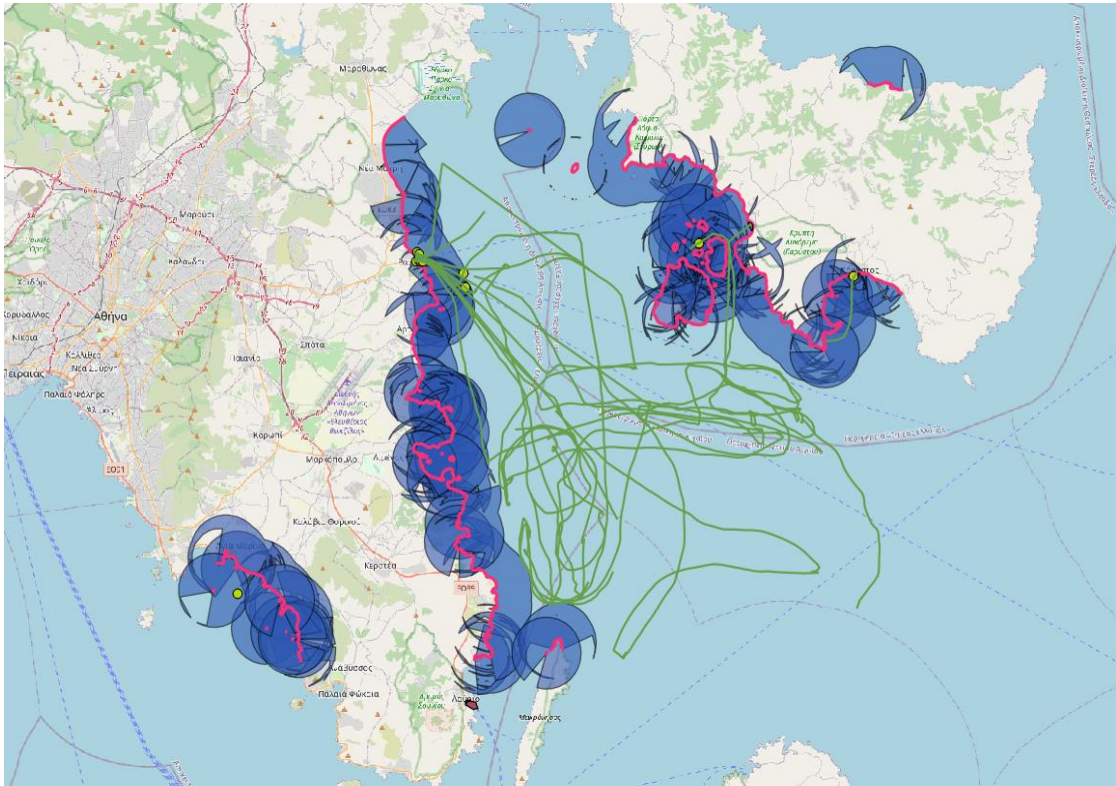


Μέσω του DBManager θα εξάγουμε τις γεωμετρίες που αντιστοιχούν στα 3 λιμάνια και θα τις καταχωρήσουμε στον πίνακα ports που έχουμε δημιουργήσει.

Με την function ST\_Intersects θα βρούμε τα σημεία των αλιευτικών πλοίων που βρίσκονται εντός των λιμένων. Αποκλείοντας τα σημεία εντός λιμένων και τα σημεία όπου τα αλιευτικά έχουν ταχύτητα μεγαλύτερη των 2.5 knots και μικρότερη των 3.5 knots, προκύπτουν 80 σημεία αλιευτικών πλοίων που πληρούν τη συνθήκη αυτή. Τα 80 αυτά σημεία (εικόνα 40) αντιστοιχούν σε 10 τροχιές (εικόνα 41) 3 αλιευτικών πλοίων.



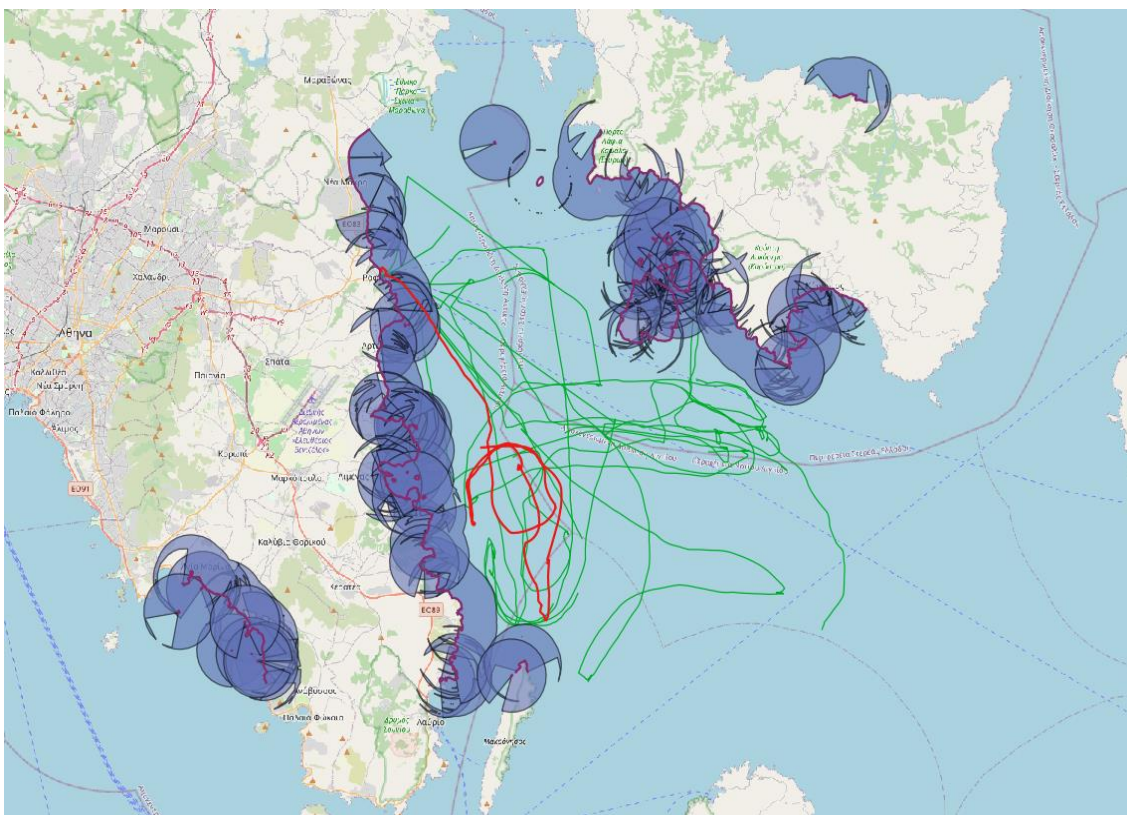
**Fig.39. Σημεία αλιευτικών σε απόσταση έως 1.5 ν.μ από την ακτή και ταχύτητα ~3 knots**



**Fig.40. Τροχιές αλιευτικών σε απόσταση έως 1.5 ν.μ από την ακτή και ταχύτητα ~3 knots.**

Παρατηρώντας τις τροχιές δεν μπορούμε να εξάγουμε σαφή συμπεράσματα για το κατά πόσο τα συγκεκριμένα αλιευτικά παραβιάζουν τον κανονισμό που απαγορεύει την αλιευτική δραστηριότητα σε ακτίνα 1.5 ν.μ. από τη στεριά. Η ταχύτητα των αλιευτικών στα συγκεκριμένα σημεία μπορεί να πλησιάζει τα 3 knots, , όμως η χαμηλή τιμή της θα μπορούσε να οφείλεται στη μικρή απόσταση από το σημείο απόπλου.





**Fig.41. Τροχιές αλιευτικού «Παντοβασίλισσα» στις 21/1/2018**

Παραπάνω έχουμε απομονώσει μια τροχιά (κόκκινο χρώμα), του αλιευτικού Παντοβασίλισσα που κινήθηκε στην περιοχή ελέγχου στις 21/1/2018 και σημεία της τροχιάς πληρούσαν τους περιορισμούς του δεύτερου κανόνα. Στον πίνακα 10 βλέπουμε τα στοιχεία των 18 τροχιών που εκτέλεσαν τα 3 αλιευτικά που εντοπίσαμε κατά τον έλεγχο του 2ου κανόνα.

**Πίνακας 10. Στοιχεία τροχιών αλιευτικού**

Όνομα Αλιευτικού	Παντοβασίλισσα
MMSI	23702700
Μήκος (m)	20
Πλάτος (m)	6
Μέση ταχύτητα (knots)	3.27
Ημερομηνία	21/1/2018
Διάρκεια	14 h 36m 2s
Σημεία	359

## Συμπεράσματα

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η δημιουργία ΒΔ και η πλήρωσή της με κινηματικά και στατικά δεδομένα που αφορούν στην κίνηση των πλοίων στην περιοχή του Αιγαίου πελάγους τους μήνες Ιανουάριο έως και Μάρτιο του 2018. Αφορμή αποτέλεσε το έργο του Data Science Lab του Πανεπιστημίου Πειραιώς, το οποίο συλλέγει, μέσω AIS μηνυμάτων, πληροφορία σχετικά με την κίνηση των πλοίων και την καταχωρεί στη ΒΔ που έχει δημιουργήσει.

Για τον περαιτέρω εμπλουτισμό της ΒΔ συλλέχθηκαν μετεωρολογικά δεδομένα, που αφορούν στην περιοχή και τη χρονική περίοδο της μελέτης μας, σε μορφή GRIB αρχείων που παρέχει το NOAA. Καθώς τα αρχεία αυτά περιλαμβάνουν πολύ μεγάλο όγκο πληροφορίας, απομονώσαμε τα δεδομένα που θα ήταν χρήσιμα στη μελέτη μας και τα καταχωρήσαμε στη ΒΔ μας. Προσθέσαμε, ακόμη, δεδομένα ακτογραμμής της Ελλάδας στα οποία είχαμε πρόσβαση μέσω της ιστοσελίδας [geodata.gov.gr](http://geodata.gov.gr).

Από την επεξεργασία των δεδομένων που συλλέξαμε, παράγαμε νέα πληροφορία σχετικά με την ταχύτητα των πλοίων και χωρικά δεδομένα, όπως σημεία και τροχιές πλοίων. Επίσης, προχωρήσαμε σε συσταδοποίηση (clustering) των χωρικών δεδομένων με στόχο την διευκόλυνσή μας στη μελέτη της κίνησης των πλοίων υπό ορισμένες συνθήκες. Χρησιμοποιώντας την πληροφορία που συλλέξαμε, προχωρήσαμε σε στατιστική ανάλυση των δεδομένων με σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την κίνηση των πλοίων.

Η μελέτη μας επικεντρώθηκε στα αλιευτικά πλοία και την κίνηση τους, υπό το πρίσμα των κανονισμών αλίευσης που ισχύουν στη χώρα μας. Πιο συγκεκριμένα, εξετάσαμε το κατά πόσο παραβιάζονται από τα αλιευτικά πλοία οι κανονισμοί που σχετίζονται με τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν κατά την αλιευτική δραστηριότητα και τις επιτρεπόμενες περιοχές αλίευσης.

Σχετικά με τον περιορισμό που υπάρχει για τον απόπλου ελληνικών πλοίων με μήκος < 25m., όταν επικρατεί άνεμος > 6 βαθμών της κλίμακας Μποφόρ (~39-49 km/h), δεν υπήρχε αλιευτικό του δείγματός μας που να παραβίαζε τον κανόνα αλίευσης. Η μέγιστη τιμή της ταχύτητας του ανέμου στην περιοχή και χρονική περίοδο μελέτης μας, βάσει των δεδομένων που είχαμε στη διάθεσή μας, ήταν οι 8 βαθμοί της κλίμακας Μποφόρ

Όσον αφορά τον δεύτερο κανονισμό, που απαγορεύει την αλιεία σε απόσταση 1.5 ν.μ. από τη στεριά και τα νησιά, απομονώσαμε τα αλιευτικά που βρέθηκαν σε αυτή την απόσταση από την κοντινότερη ακτή, αποκλείσαμε όσα αλιευτικά βρίσκονταν εντός περιοχής λιμένα και όσα είχαν ταχύτητα μικρότερη ή μεγαλύτερη της μέσης ταχύτητας κατά την αλίευση. Η κίνηση 3 αλιευτικών πλοίων (συνολικά 18 τροχιές) πληρεί τη συνθήκη αυτή. Δεν μπορούμε να βγάλουμε παρ' όλα αυτά σαφή συμπεράσματα για το κατά πόσο παραβιάζουν πράγματι τον κανονισμό αλιείας, καθώς η ταχύτητα του αλιευτικού είναι ένδειξη ότι εκτελεί αλιευτική δραστηριότητα μπορεί όμως και να αποδοθεί και στην κοντινή απόσταση από την ακτή.

## Προτάσεις

Ο εμπλουτισμός της ΒΔ με μετεωρολογικά δεδομένα θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί στο μέλλον για απεικόνιση σε πραγματικό χρόνο στην ιστοσελίδα του Πανεπιστημίου Πειραιά [infolab.cs.unipi.gr](http://infolab.cs.unipi.gr), των καιρικών συνθηκών που επικρατούν σε μια περιοχή και να συσχετιστεί με την κίνηση των πλοίων στην περιοχή αυτή ή για έκδοση προειδοποιητικών σημάτων σε περίπτωση δυσμενών καιρικών συνθηκών.

Επίσης, τα δεδομένα πρόβλεψης καιρικών συνθηκών θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν στον τομέα της ναυτιλίας για τον καλύτερη εκτίμηση του χρόνου ταξιδιού και τη μείωση της κατανάλωσης καυσίμου των πλοίων. Η βέλτιστη διαχείριση στην κατανάλωση καυσίμων θα έχει ως επακόλουθο τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, ανάγκη που έχει τονίσει μέσω των νέων κανονισμών της η International Maritime Organization (IMO) για την ενίσχυση της βιωσιμότητας στη ναυτιλία και τη μείωση του περιβαλλοντικού της αποτυπώματος.

## Παράρτημα – Κώδικας

-Δημιουργία ΒΔ

```
CREATE SCHEMA thesis  
AUTHORIZATION postgres;
```

-Δημιουργία πίνακα kinematic

```
CREATE TABLE thesis.kinematic  
(  
    mmsi integer,  
    "timestamp" timestamp without time zone,  
    lon double precision,  
    lat double precision,  
    speed double precision,  
    course double precision,  
    heading integer  
)
```

-Πλήρωση πίνακα kinematic με δεδομένα από csv αρχείο

```
COPY kinematic  
FROM 'C:\Users\maria\Desktop\diplomatiki\ais_aegean_2018_jan_mar.csv' with delimiter ';' csv header;
```

-Ορισμός στηλών mmsi και timestamp ως πρωτεύον κλειδί του πίνακα kinematic

```
ALTER TABLE kinematic ADD PRIMARY KEY (mmsi, timestamp);
```

-Δημιουργία πίνακα static με πρωτεύον κλειδί τη στήλη mmsi

```
CREATE TABLE thesis.static  
(  
    mmsi integer NOT NULL,  
    imo integer,  
    name text ,  
    flag text ,  
    type text ,  
    length double precision,  
    CONSTRAINT static_pkey PRIMARY KEY (mmsi)  
)
```

-Πλήρωση πίνακα static με δεδομένα από csv αρχείο

```
COPY kinematic  
FROM 'C:\Users\maria\Desktop\diplomatiki\ais_aegean_2018_static.csv' with delimiter ';' CSV HEADER;
```

-Δημιουργία πίνακα points

```
CREATE TABLE thesis.points (id serial Primary key, mmsi integer, timestamp timestamp,
```

```
geom geometry(point,4326), distance double precision,
time_diff double precision, speed double precision);
```

-Πλήρωση πίνακα points χρησιμοποιώντας τα δεδομένα του πίνακα kinematic

```
INSERT INTO thesis.points (mmsi, timestamp, geom , distance , time_diff)
SELECT k.mmsi, timestamp, st_setsrid(st_makepoint(lon, lat),4326) ,
ST_Distance(ST_Transform(st_setsrid(st_makepoint(lon, lat),4326),2100),
lag(ST_Transform(st_setsrid(st_makepoint(lon, lat),4326),2100),1) over (partition by k.mmsi ORDER
BY timestamp))/1000*0.54,(EXTRACT(EPOCH
FROM(timestamp))-lag(EXTRACT(EPOCH from(timestamp)),1) over (partition by k.mmsi order by
EXTRACT(EPOCH from(timestamp))))/3600
FROM thesis.kinematic left join thesis.static s on k.mmsi= s.mmsi
WHERE s.type like 'Trawler' or type like 'Fishing';
```

-Ενημέρωση της στήλης speed

```
UPDATE thesis.points set speed = distance/ NULLIF(time_diff,0);
```

-Δημιουργία πίνακα trajectories

```
CREATE TABLE trajectories
(id serial primary key, mmsi integer, timestamp timestamp, lines geometry (linestring, 4326));
```

-Πλήρωση πίνακα trajectories χρησιμοποιώντας δεδομένα του πίνακα points

```
INSERT INTO trajectories (mmsi,timestamp, lines)
SELECT mmsi, date_trunc ('day', timestamp), ST_MAKELINE (geom order by timestamp asc)
FROM points
GROUP BY mmsi, date_trunc ('day' ,timestamp);
```

-Προσθήκη ξένων κλειδιών στους πίνακες points και trajectories που δείχνουν στη στήλη mmsi του πίνακα static

```
ALTER TABLE points ADD FOREIGN KEY(mmsi) REFERENCES static(mmsi);
```

```
ALTER TABLE trajectories ADD FOREIGN KEY(mmsi) REFERENCES static(mmsi);
```

-Δημιουργία πίνακα weather

```
CREATE TABLE thesis.weather
(
"timestamp" timestamp without time zone,
lon double precision,
lat double precision,
```

Εμπλουτισμός ΒΔ Πλοίων με Μετεωρολογικά Δεδομένα  
και Έλεγχος Αλιευτικής Δραστηριότητας

visibility double precision,  
wind\_speed double precision,  
temperature double precision,  
pressure double precision,  
humidity double precision,  
precipitation\_rate double precision,  
total\_precipitation double precision,  
cloud\_cover double precision,  
dswrf double precision,  
uswrf double precision,  
u-storm double precision,  
v-storm double precision,  
land\_cover integer,  
CONSTRAINT static\_pkey PRIMARY KEY (timestamp, lon,lat)

)

-Πλήρωση του πίνακα weather με τα αποκωδικοποιημένα δεδομένα των GRIB αρχείων

```
COPY thesis.weather  
FROM 'C:\Users\maria\Desktop\gribs\201801\20180101\grib0101_00.csv' with delimiter ',' csv header;
```

-Δημιουργία ευρετηρίου r-tree στον πίνακα kinematic

```
CREATE INDEX kinem_index on thesis.kinematic USING rtree (mmsi, timestamp, lon, lat);
```

-Δημιουργία ευρετηρίου r-tree στον πίνακα points

```
CREATE INDEX points_index_rtree on thesis.points USING rtree (mmsi, timestamp, speed);
```

-Δημιουργία ευρετηρίου r-tree στον πίνακα trajectories

```
CREATE INDEX trajectories_index_rtree on thesis.trajectories USING rtree (mmsi, timestamp);
```

-Δημιουργία ευρετηρίου r-tree στον πίνακα weather

```
CREATE INDEX weather_index_rtree ON thesis.weather USING rtree (timestamp, lat, lon);
```

-Δημιουργία ευρετηρίου GIST στον πίνακα points

```
CREATE INDEX points_index ON thesis.points USING gist (geom);
```

-Δημιουργία ευρετηρίου GIST στον πίνακα trajectories

```
CREATE INDEX trajectories_lines on thesis.trajectories USING GIST (lines);
```

-Χρήση της εντολής EXPLAIN για να έλεγχο της λειτουργίας των ευρετηρίων

```
EXPLAIN SELECT * from thesis.kinematic
WHERE mmsi ='239949300' and timestamp ='2018-03-01 14:29:01'
and lat='24.542629' and lon='37.127399'
```

-Έυρεση πλήθους δεδομένων στους αρχικούς πίνακες

```
SELECT count(*) FROM thesis.kinematic ;
```

```
SELECT count(*) FROM thesis.static ;
```

```
SELECT count(*) FROM thesis.weather ;
```

```
SELECT count(lines) FROM thesis.trajectories;
```

```
SELECT count(geom) FROM thesis.points;
```

-Έυρεση πλήθους δεδομένων πλοίων ανά τύπο πλοίου

```
SELECT s.type, count(distinct k.mmsi)
FROM thesis.kinematic k
INNER JOIN thesis.static s on k.mmsi=s.mmsi
GROUP BY s.type
ORDER BY count(distinct k.mmsi) desc;
```

-Έυρεση πλήθους δεδομένων πλοίων ανά τύπο σημαία

```
SELECT s.flag , count(a.mmsi) plithos, sum(a.points)
FROM thesis.static s left join (
SELECT distinct t.mmsi, count(st_setsrid(st_makepoint(lon, lat),4326)) points
FROM thesis.kinematic t
GROUP BY t.mmsi) a on s.mmsi=a.mmsi
GROUP BY flag ;
```

-Μέσες και μέγιστες τιμές μετεωρολογικών στοιχείων

```
SELECT date_part('month',timestamp) as month,
avg(wind_speed*3.6) as wind_speed_avg, max(wind_speed*3.6) as wind_speed_max,
avg(temperature-273.5) as temperature_avg, max(temperature-273.5) as temperature_max,
avg(visibility/1000) as visibility_avg, max(visibility/1000) as visibility_max,
avg(pressure) as pressure_avg, max(pressure) as pressure_max,
avg(humidity*1000) as humidity_avg, max(humidity*1000) as humidity_max,
avg(u_storm) as u_storm_avg, max(u_storm) as u_storm_max,
avg(cloud_cover) as cloud_cover_avg, max(cloud_cover) as cloud_cover_max
FROM thesis.weather
GROUP BY month
ORDER BY month asc
```

Εμπλουτισμός ΒΔ Πλοίων με Μετεωρολογικά Δεδομένα  
και Έλεγχος Αλιευτικής Δραστηριότητας

-Έυρεση πλήθους δεδομένων αλιευτικών πλοίων

```
SELECT count(distinct k.mmsi)
FROM thesis.kinematic k left join thesis.static s on k.mmsi=s.mmsi
WHERE s.type='Fishing';
```

-Μέση ταχύτητα αλιευτικών πλοίων

```
SELECT avg(speed) from points
SELECT date_part('month',timestamp),count(lines)
FROM trajectories
GROUP BY date_part('month',timestamp)
ORDER BY date_part('month',timestamp) asc;
```

- Έυρεση πλήθους αλιευτικών πλοίων ανά σημαία

```
SELECT s.flag , count(distinct k.mmsi)
FROM thesis.kinematic k left join thesis.static s
on k.mmsi=s.mmsi where s.type='Fishing'
GROUP BY s.flag;
```

-Δημιουργία βοηθητικού πίνακα cluster και ορισμός της στήλης id ως πρωτεύον κλειδί

```
CREATE TABLE thesis.cluster
(
  id serial,
  cluster_id integer,
  mmsi integer,
  geom geometry(point,2100),
  CONSTRAINT cluster_pkey PRIMARY KEY (id)
)
```

-Clustering δεδομένων και πλήρωση πίνακα cluster

```
INSERT INTO thesis.cluster (geom, cluster_id)
SELECT ST_Transform(st_setsrid(st_makepoint(lon, lat),4326),2100),
ST_ClusterDBSCAN(geom, eps := 27750, minPoints :=5) ,το geom σε srid 2100 OVER() AS cluster_id
FROM thesis.points;
```

-Πλήθος αλιευτικών πλοίων πίνακα cluster ομαδοποιημένα ανά cluster

```
SELECT cluster_id, count(geom)
FROM thesis.cluster group by cluster_id order by cluster_id asc;
```

-Πλήθος σημείων αλιευτικών πλοίων πίνακα cluster ομαδοποιημένα ανά αλιευτικό πλοίο

```
SELECT cluster_id , count(geom)
```



```
FROM thesis.cluster
GROUP BY cluster_id
ORDER BY count(geom) desc;
```

-Πλήθος αλιευτικών πλοίων cluster 1 ομαδοποιημένα ανά σημαία

```
SELECT s.flag , count(distinct c.mmsi), count(c.mmsi)
FROM thesis.cluster c , thesis.static s
WHERE c.mmsi = s.mmsi and c.cluster_id=1
GROUP BY s.flag;
```

-Πλήθος αλιευτικών πλοίων cluster 7 ομαδοποιημένα ανά σημαία

```
SELECT s.flag , count(distinct c.mmsi), count(c.mmsi)
FROM thesis.cluster c , thesis.static s
WHERE c.mmsi = s.mmsi and c.cluster_id=7;
```

-Δημιουργία βοηθητικού πίνακα subcluster για την καταχώρηση των 3 υποσύνολων του cluster 1

```
CREATE TABLE thesis.subcluster
(
  id serial,
  cluster_id integer,
  mmsi integer,
  geom geometry(Point,2100)
);
```

-Πλήρωση του πίνακα subcluster με δεδομένα από τον πίνακα cluster

```
INSERT INTO thesis.subcluster (mmsi, geom, cluster_id)
SELECT mmsi, geom, ST_ClusterKMeans(geom,5) OVER() AS cluster_id
FROM thesis.cluster
GROUP BY s.flag
```

-Εξάγω το πολύγωνο που περιλαμβάνει τα σημεία του subcluster B

```
SELECT ST_GeomFromText(ST_AsText(ST_Envelope(ST_Collect(ARRAY(select geom FROM
thesis.subcluster where cluster_id=1))))),2100));
```

-Προσθήκη στήλης geom στον πίνακα weather με SRID 2100

```
ALTER TABLE thesis.weather ADD COLUMN geom geometry(Point, 2100);
```

-Δημιουργία βοηθητικού πίνακα polygon για την καταχώρηση των 5 υποσύνολων του cluster 1

```
CREATE TABLE thesis.polygon
(
  id serial,
  polygon geometry(Polygon,2100)
);
```

-Εύρεση σημείων του πίνακα weather που βρίσκονται εντός του πολυγώνου

```
SELECT *
FROM thesis.weather
WHERE ST_CONTAINS((select polygon from thesis.polygon where
id=4),ST_SetSRID(ST_MakePoint(lon, lat),2100))=true;
```

-Εύρεση τροχιών του πίνακα trajectories που βρίσκονται εντός του πολυγώνου

```
SELECT mmsi, timestamp, ST_Transform(lines, 2100) from thesis.trajectories where
ST_CONTAINS((select polygon from thesis.polygon where id=4),ST_Transform(lines, 2100))=true;
```

-Πλήθος σημείων αλιευτικών πλοίων με ελληνική σημαία ανά αλιευτικό του subcluster B

```
SELECT distinct s.mmsi , a.name , count(s.geom)
FROM thesis.points s, thesis.static a
WHERE s.mmsi = a.mmsi and
ST_CONTAINS((select polygon from thesis.polygon where id=4),ST_Transform(geom, 2100))
and a.flag = 'GR'
GROUP BY s.mmsi , a.name
ORDER BY s.mmsi asc;
```

-Πλήθος τροχιών αλιευτικών πλοίων με ελληνική σημαία ανά αλιευτικό του subcluster B

```
SELECT distinct t.mmsi , count(t.lines)
FROM thesis.trajectories t, thesis.static s
WHERE ST_CONTAINS((select polygon from thesis.polygon where id=4),ST_Transform(lines,
2100))=true and t.mmsi = s.mmsi and s.flag='GR'
group by t.mmsi
order by mmsi asc;
```

-Μέση και μέγιστη ταχύτητα αλιευτικών πλοίων με ελληνική σημαία ανά αλιευτικό του subcluster B

```
SELECT distinct s.name, avg(p.speed*3.6) speed_avg, max(p.speed*3.6) speed_max
FROM thesis.points p inner join thesis.static s on p.mmsi=s.mmsi
WHERE s.flag='GR' and ST_CONTAINS((select polygon from thesis.polygon where
id=4),ST_Transform(geom, 2100)) =true
group by s.name;
```

-Ποσοστά μετρήσεων ταχύτητας ανέμου στο subcluster B

```

SELECT SUM (CASE WHEN w.wind_speed*3.6 <1 THEN 1 ELSE 0 END ) AS "0 Beaufort",
SUM ( CASE WHEN w.wind_speed*3.6 between 1 and 5 THEN 1 ELSE 0 END ) AS "1 Beaufort",
SUM ( CASE WHEN w.wind_speed*3.6 between 6 and 11 THEN 1 ELSE 0 END ) AS "2 Beaufort",
SUM ( CASE WHEN w.wind_speed*3.6 between 12 and 19 THEN 1 ELSE 0 END ) AS "3 Beaufort",
SUM ( CASE WHEN w.wind_speed*3.6 between 20 and 28 THEN 1 ELSE 0 END ) AS "4 Beaufort",
SUM ( CASE WHEN w.wind_speed*3.6 between 29 and 38 THEN 1 ELSE 0 END ) AS "5 Beaufort",
SUM ( CASE WHEN w.wind_speed*3.6 between 39 and 49 THEN 1 ELSE 0 END ) AS "6 Beaufort",
SUM ( CASE WHEN w.wind_speed*3.6 between 50 and 61 THEN 1 ELSE 0 END ) AS "7 Beaufort",
SUM ( CASE WHEN w.wind_speed*3.6 between 62 and 74 THEN 1 ELSE 0 END ) AS "8 Beaufort",
SUM ( CASE WHEN w.wind_speed*3.6 between 75 and 88 THEN 1 ELSE 0 END ) AS "9 Beaufort" ,
SUM ( CASE WHEN w.wind_speed*3.6 between 89 and 102 THEN 1 ELSE 0 END) AS "10 Beaufort"
FROM
thesis.weather w
where w.lon='24' and w.lat='38';

```

-Ποσοστά κίνησης αλιευτικών πλοίων σε συνάρτηση με την ταχύτητα του ανέμου στο subcluster B

```

select wind_speed*3.6, count(p.geom)
from thesis.weather w
right join thesis.points2 p on date_trunc('hour',p.timestamp) between date_trunc('hour',w.timestamp)
and date_trunc('hour',w.timestamp) + interval '5 hour'
left join thesis.static s on p.mmsi=s.mmsi
where s.flag='GR' and s.length<25 and w.lon ='24' and w.lat='38'
and ST_Contains((select polygon from thesis.polygon where id = 4),p.geom)=true
group by w.wind_speed;

```

-Δημιουργία βοηθητικού πίνακα coastline για την καταχώρηση της ακτογραμμής

```

CREATE TABLE thesis.coastline
(
    id integer NOT NULL ,
    geom geometry(MultiLineString,2100),
    length double precision,
    type character varying(14) COLLATE pg_catalog."default",
    CONSTRAINT coastline_pkey PRIMARY KEY (id)
)

```

-Υπολογισμός των γεωμετριών που απέχουν έως 1.5 ν.μ. από τις ακτές

```

SELECT st_buffer(geom,2778,'side=right')
FROM thesis.coastline
WHERE ST_Contains((select polygon from thesis.polygon where id = 4),p.geom)=true;

```

-Εύρεση σημείων αλιευτικών που απέχουν έως 1.5 ν.μ. από τις ακτές

Εμπλουτισμός ΒΔ Πλοίων με Μετεωρολογικά Δεδομένα  
και Έλεγχος Αλιευτικής Δραστηριότητας

```
SELECT static.name, points.geom, points.speed
FROM thesis.coastline, thesis.points, thesis.static
WHERE ST_Intersects(coastline_buffer.geom, points.geom)
and ST_Contains((select polygon from thesis.polygon where id = 4),geom)=true
and points.mmsi= static.mmsi and static.flag ='GR';
```

-Δημιουργία πίνακα ports

```
CREATE TABLE thesis.ports
(
  id integer
  geom geometry(MultiPolygon,2100),
  port character varying(80)
  CONSTRAINT ports_pkey PRIMARY KEY (id)
)
```

-Εύρεση σημείων αλιευτικών πλοίων που απέχουν έως 1.5 ν.μ. από τις ακτές και έχουν ταχύτητα ~ 3knots

```
SELECT static.name, points.mmsi, points.timestamp, points.geom, points.speed
FROM thesis.coastline_buffer, thesis.points, thesis.static ,thesis.ports
WHERE ST_Intersects(coastline_buffer.geom, points.geom) = true
and ST_Intersects(ports.geom, points.geom) =false and points.mmsi= static.mmsi
and static.flag ='GR' and points.speed between 2.5 and 3.5;
```

## Βιβλιογραφία

1. Kent, E., Ingleby, B.: From observations to Forecast – Part6. Marine meteorological observations. Weather, 231-238 (2010)
2. Met Office Homepage, <http://www.metoffice.gov.uk/guide/weather/marine/beaufort-scale>
3. WMO Homepage, [https://www.wmo.int/pages/index\\_en.html](https://www.wmo.int/pages/index_en.html)
4. webopedia Homepage, <http://www.webopedia.com/TERM/A/API.html>
5. Weathers.co Homepage, <http://weathers.co/api>
6. Amdoren Homepage, <https://www.amdoren.com/weather-api/>
7. Weather API Homepage, <https://api.met.no/weatherapi/documentation>
8. Yahoo Homepage, <https://developer.yahoo.com/weather/>
9. 5 day weather Homepage, <http://www.5dayweather.org/api-doc>
10. Weather source Homepage, <https://developer.weathersource.com/>
11. Cliwok Homepage, <http://pendientedemigracion.ucm.es/info/cliwoc>
12. Severe weather information center Homepage, <http://severe.worldweather.org>
13. Meteoalarm Homepage, <http://www.meteoalarm.eu>
14. ECA&D Homepage, <http://eca.knmi.nl>
15. Weather underground Homepage, <http://www.wunderground.com/weather/api/?ref=twc>
16. Aeris weather Homepage, <https://www.aerisweather.com/develop/>
17. OpenWeatherMap Homepage, <https://openweathermap.org/current>
18. Hellenic National Meteorological Service Homepage, [http://www.hnms.gr/hnms/greek/navigation/navigation\\_html](http://www.hnms.gr/hnms/greek/navigation/navigation_html)
19. Baron Homepage, <https://www.velocityweather.com/products/weather-data-api>
20. Flightstats Homepage, <https://developer.flightstats.com/api-docs/weather/v1>
21. Here Homepage, <https://developer.here.com/restapis/documentation/weather/topics/overview.html>
22. World Weather Online Homepage, <http://developer.worldweatheronline.com/api/docs/skiweather-api.aspx>
23. AIVDM Homepage, <http://catb.org/gpsd/AIVDM.html>
24. infolab.cs.unipi.gr Homepage, <http://infolab.cs.unipi.gr/UniPi-AIS/>
25. infolab.cs.unipi.gr Homepage, <http://infolab.cs.unipi.gr/unipiAIS/>
26. Techterms Homepage, <https://techterms.com/definition/gps>
27. Wikipedia Homepage, [https://en.wikipedia.org/wiki/Marine\\_VHF\\_radio](https://en.wikipedia.org/wiki/Marine_VHF_radio)
28. Telecom ABC Homepage, <http://www.telecomabc.com/m/mmsi.html>
29. International Maritime Organization Homeoage, <http://www.imo.org/en/OurWork/MSAS/Pages/IMO-identification-number-scheme.aspx>
30. PostgreSQL Homepage, <https://www.postgresql.org/about/>
31. PostGIS Homepage, <http://postgis.net/>
32. PostGIS Homepage, <http://postgis.net/workshops/postgis-intro/geometries.html>
33. PostGIS Homepage, <https://postgis.net/docs/geometry.html>
34. QGIS Homepage, <http://www.qgis.org/en/site/>
35. Gislounge Homepage, <https://www.gislounge.com/geodatabases-explored-vector-and-raster-data/>
36. Gribfiles.com Homepage, <https://www.gribfiles.com/#/Weather-models>
37. Marinetraffic Homepage, <http://www.marinetraffic.com/en/ais/details/stations/2782>
38. NOAA Homepage, <https://www.noaa.gov/>
39. [https://en.wikipedia.org/wiki/Entity%E2%80%93relationship\\_model](https://en.wikipedia.org/wiki/Entity%E2%80%93relationship_model)
40. Techopedia Homepage, <https://www.techopedia.com/definition/5547/primary-key>

41. W3Schools Homepage, [https://www.w3schools.com/sql/sql\\_foreignkey.asp](https://www.w3schools.com/sql/sql_foreignkey.asp)
42. AIS Data Api – VT Explorer Homepage, <https://api.vtexplorer.com/docs/ref-aistypes.html>
43. Koutroumanis N., Santipantakis G., Glenis A., Doulkeridis C., Vouros G., (2019) Integration of Mobility Data with Weather Information
44. National Weather Service Homepage, <https://www.weather.gov/lch/model>
45. NOAA Homepage, <https://www.ncep.noaa.gov/>
46. NOAA Homepage, <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/wesley/wgrib2/>
47. NOAA Homepage, <https://www.nco.ncep.noaa.gov/pmb/docs/on388/table2.html>
48. Postgresql.org Homepage, <https://www.postgresql.org/docs/8.1/indexes-types.html>
49. Hellenic Coast Gaurd Homepage, <http://www.hcg.gr/node/269>
50. Hellenic Coast Gaurd Homepage, <http://www.hcg.gr/node/268>
51. Hellenic Coast Gaurd Homepage, [http://www.hcg.gr/alieia/NOMOTHESIA/LEGISL\\_GR.php](http://www.hcg.gr/alieia/NOMOTHESIA/LEGISL_GR.php)
52. E-nomothesia.gr, <https://www.e-nomothesia.gr/kat-naytilia-nausiploia/pd-852-1976.html>
53. NOAA Homepage, <https://www.spc.noaa.gov/faq/tornado/beaufort.html>
54. Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας Homepage, <http://www.gsrt.gr/Legislation/Files/LawFiles128/FEK%20248.pdf>
55. GEODATA.gov.gr, <http://geodata.gov.gr/dataset/parakties-udatines-epiphaneies>
56. Hellenic Coast Gaurd Homepage, <http://www.hcg.gr/node/268>