



RePHIL

Ελληνικός Ερευνητικός Στόλος - Ανακατασκευή του Ερευνητικού Σκάφους «ΦΙΛΙΑ»

**ΠΕ 5: Πρόγραμμα συνέργειας για την αξιολόγηση της μετασκευής του
Ε/Σ ΦΙΛΙΑ και του αναβαθμισμένου εξοπλισμού**

Π 5.3 Διαχειριστικό Σχέδιο για την Αποφυγή Προσαράξεων στις Ελληνικές Θάλασσες



Το πρόγραμμα συγχρηματοδοτείται από Επιχειρησιακό Πρόγραμμα (Ε.Π.) «Ανταγωνιστικότητα Επιχειρηματικότητα και Καινοτομία» Περιόδου 2014 – 2020 και το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης

Πρόσκληση ΕΠΑνΕΚ 039 για την υποβολή προτάσεων με θέμα «Ενίσχυση των υποδομών έρευνας και καινοτομίας»

Τίτλος Παραδοτέου: Διαχειριστικό Σχέδιο για την Αποφυγή Προσαράξεων στις Ελληνικές Θάλασσες

Αριθμός Παραδοτέου: 5.3

Υπεύθυνοι	Συγγραφείς	Ημερομηνία	Εγκεκριμένο
Νικόλαος Π. Βεντίκος	Αλέξανδρος Κοϊμτζόγλου Αλέξανδρος Ράμμος Ελευθέριος Τρυφωνόπουλος	25/10/2022	

Πληροφορίες εγγράφου	Περιεχόμενα		Κατάσταση
Πακέτο Εργασίας: 5	Σελίδες:	73	Τελική έκδοση
Υποκατηγορία: 5.3	Πίνακες:	10	
Λέξεις κλειδιά: Χωρική ανάλυση, προσαράξεις, μελέτη ρίσκου, Εθνικό Σχέδιο Έκτακτης Ανάγκης	Εικόνες:	28	
	Παραρτήματα:	4	

ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ

Η εργασία που περιγράφεται στην παρούσα έκθεση υποστηρίχθηκε από το Χρηματοδοτικό Μηχανισμό Ε.Π. «Ανταγωνιστικότητα Επιχειρηματικότητα και Καινοτομία» Περιόδου 2014 – 2020 με τη συγχρηματοδότηση του Ευρωπαϊκού Ταμείου Περιφερειακής Ανάπτυξης που αντιστοιχεί στην πρόσκληση 039 για την υποβολή προτάσεων με θέμα “Ενίσχυση των υποδομών έρευνας και καινοτομίας”.

	Ανάδοχος (Συντονιστής)
	ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ (ΕΛΚΕΘΕ)
	Εταίρος
	ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ (ΕΜΠ) ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	1
1 Εισαγωγή.....	3
1.1 Σχετικά με το έργο REPHIL	3
1.2 Πρόγραμμα συνέργειας για την αξιολόγηση της μετασκευής του ΕΣ ΦΙΛΙΑ και του αναβαθμισμένου εξοπλισμού (Πακέτο Εργασίας 5)	3
1.3 Σύνοψη	4
2 Χρήση του εξοπλισμού του ΕΣ «ΦΙΛΙΑ» για την ανάπτυξη Διαχειριστικού Σχεδίου για την Αποφυγή Προσαράξεων στις Ελληνικές Θάλασσες (Δράση 5.3).....	6
3 Προσδιορισμός και επιλογή επικίνδυνων σημείων για προσαράξεις στις Ελληνικές θάλασσες 7	
3.1 Μεθοδολογική προσέγγιση.....	7
3.2 Δημιουργία βάσης δεδομένων	9
3.2.1 Συλλογή Δεδομένων	10
3.2.2 Σύνθεση των δεδομένων	11
3.2.3 Επιλογή ατυχημάτων ενδιαφέροντος	12
3.2.4 Έλεγχος και διασταύρωση δεδομένων	12
3.2.5 Πληρότητα βάσης δεδομένων.....	12
3.3 Περιγραφική Στατιστική	13
3.3.1 Τύπος πλοίου	14
3.3.2 Ημερομηνία συμβάντος	14
3.3.3 Κόροι Ολικής Χωρητικότητας.....	15
3.3.4 Ηλικία πλοίου	16
3.3.5 Διαστάσεις Πλοίου (μήκος πλάτος βύθισμα)	16
3.3.6 Σημαντικότητα	17
3.3.7 Ύπαρξη μόλυνσης.....	17
3.4 Χωρική ανάλυση δεδομένων	17
3.4.1 Βιβλιογραφική Επισκόπηση.....	18
3.4.2 Επιλογή λογισμικού χωρικής ανάλυσης και εισαγωγή χαρτών και επιπρόσθετων layers .	19
3.4.3 Εισαγωγή δεδομένων ατυχημάτων ενδιαφέροντος και έλεγχος ορθότητας	22
3.4.4 Μέθοδος υπολογισμού τιμών στο grid	22
3.4.5 Υπολογισμός Συχνότητας διελεύσεων	23
3.4.6 Προσδιορισμός περιβαλλοντικής επικινδυνότητας	24
3.5 Επιλογή Επικίνδυνων Σημείων	25

3.5.1	Κριτήριο χωρικής συγκέντρωσης (πυκνότητας) προσαράξεων	25
3.5.2	Κριτήριο συχνότητας προσαράξεων	27
3.5.3	Κριτήριο Ρίσκου.....	28
3.5.4	Προσδιορισμός επικίνδυνων σημείων για προσάραξη.....	31
4	Επιτόπου επιθεώρηση των επιλεγμένων σημείων και ανάπτυξη διαχειριστικού πλάνου για την αποφυγή προσαράξεων στις Ελληνικές Θάλασσες	33
	Βιβλιογραφία.....	39
	Παράρτημα 1 – Λεπτομέρεια στις περιοχές που αναγνωρίστηκαν ως πιο επικίνδυνες για προσαράξεις	41
	Παράρτημα 2 – Χάρτες αναπαράστασης των αποτελεσμάτων με βάση τα συμβάντα ακυβερνησίας	54
	Παράρτημα 3 - Χάρτες αναπαράστασης των αποτελεσμάτων με βάση τα συμβάντα ακυβερνησίας σε συνδιασμό με τα ατυχήματα προσαράξεων.....	56
	Παράρτημα 4 – Κώδικας SQL που χρησιμοποιήθηκε για την επεξεργασία της βάσης δεδομένων	58

1 Εισαγωγή

1.1 Σχετικά με το έργο REPHIL

Το Έργο/ Ερευνητική Υποδομή (ΕΥ) «Ελληνικός Ερευνητικός Στόλος - Ανακατασκευή του Ερευνητικού Σκάφους «ΦΙΛΙΑ» (REPHIL) χρηματοδοτείται από το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα (Ε.Π.) «Ανταγωνιστικότητα Επιχειρηματικότητα και Καινοτομία» Περιόδου 2014 – 2020 με τη συγχρηματοδότηση του Ευρωπαϊκού Ταμείου Περιφερειακής Ανάπτυξης με την απόφαση ένταξης 5535/1666/A2/31/10/2017, ΑΔΑ ΨΑΓ1465ΧΙ8-Ω55 και με Κωδικό ΟΠΣ 5002682 σε απάντηση της πρόσκλησης 039 για την υποβολή προτάσεων με θέμα «Ενίσχυση των υποδομών έρευνας και καινοτομίας».

Η διάρκεια του Έργου είναι 58 μήνες 01/01/2018 – 31/12/2022 και ο συνολικός προϋπολογισμός ανέρχεται στα 3.133.006,38 €.

Στο Έργο συμμετέχουν 2 εταίροι, το Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών (ΕΛΚΕΘΕ) και το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (ΕΜΠ) - Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών. Το συντονισμό έχει το ΕΛΚΕΘΕ που εδρεύει στην Ανάβυσσο Αττικής, με συντονιστή του προγράμματος τον Διευθυντή Ερευνών, Δρ. Αθανάσιο Μαχιά.

Στόχος του Έργου είναι η ανακατασκευή και ο εκσυγχρονισμός της υπάρχουσας υποδομής του Ερευνητικού Σκάφους (Ε/Σ) ΦΙΛΙΑ, προκειμένου να επεκτείνει τις επιχειρησιακές του δραστηριότητες και να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις της σύγχρονης αλιευτικής και ωκεανογραφικής έρευνας ως προς τη διερεύνηση της κλιματικής αλλαγής και την προαγωγή της οικοσυστημικής προσέγγισης της διαχείρισης.

Συγκεκριμένα η αναβαθμισμένη υποδομή στοχεύει να:

- εξασφαλίσει την ασφάλεια και τη λειτουργικότητά της και να προσφέρει βελτιωμένες εγκαταστάσεις σε ερευνητές,
- επεκτείνει τις ερευνητικές της δραστηριότητες συμβάλλοντας στην έρευνα και την καινοτομία υποστηρίζοντας τη χρήση νέων μέσων προηγμένης τεχνολογίας,
- διευρύνει την πρόσβαση και τη χρήση της από τα ενδιαφερόμενα μέρη με μια σειρά ενεργειών που περιλαμβάνουν και τη στρατηγική επικοινωνίας και διάδοσης,
- συμβάλει στη στήριξη των παραγωγικών κλάδων της αλιείας, των ιχθυοκαλλιεργειών, των συσχετιζόμενων επιχειρήσεων καθώς και του τουρισμού,
- συμβάλει στον τομέα της εκμετάλλευσης του ορυκτού πλούτου με την έρευνα για υποθαλάσσια ενεργειακά κοιτάσματα μέσω του σύγχρονου υδροακουστικού εξοπλισμού,
- συμβάλει άμεσα ή έμμεσα στον αριθμό επιστημονικών δημοσιεύσεων σε νέα επιστημονικά πεδία,
- συμβάλει στην υλοποίηση νέων διδακτορικών διατριβών και να δημιουργήσει θέσεις απασχόλησης για νέους ερευνητές.

1.2 Πρόγραμμα συνέργειας για την αξιολόγηση της μετασκευής του ΕΣ ΦΙΛΙΑ και του αναβαθμισμένου εξοπλισμού (Πακέτο Εργασίας 5)

Το Πακέτο Εργασίας (ΠΕ) 5, σχετίζεται με τη εκπόνηση συνεργειών ανάμεσα στους δύο εταίρους του Έργου, ώστε να αξιολογηθεί το Ε/Σ ΦΙΛΙΑ και ο αναβαθμισμένος εξοπλισμός τους μετά την ολοκλήρωση της μετασκευής του.

Πιο αναλυτικά θα εκτελεστούν 3 συνέργειες (κοινές ερευνητικές δραστηριότητες), οι οποίες είναι οι ακόλουθες:

- Δράση 5.1: Αποτίμηση της αποτελεσματικότητας της ανακατασκευής του Ε/Σ ΦΙΛΙΑ
- Δράση 5.2: Υδροδυναμικές μελέτες Ε/Σ ΦΙΛΙΑ – αποτίμηση δυνατοτήτων του σκάφους
- Δράση 5.3: Χρήση του εξοπλισμού του Ε/Σ «ΦΙΛΙΑ» για την ανάπτυξη Διαχειριστικού Σχεδίου για την Αποφυγή Προσαράξεων στις Ελληνικές Θάλασσες

Οι παραπάνω τρεις Δράσεις θα εκτελεστούν κατά την διάρκεια του Έργου (Μ9 - Μ30), με βάση την περιγραφή του ΠΕ 5.

Στόχος του συγκεκριμένου πακέτου εργασίας είναι η χρησιμοποίηση του μετασκευασμένου Ε/Σ ΦΙΛΙΑ καθώς και του αναβαθμισμένου εξοπλισμού του, ώστε να αξιολογηθεί η μετασκευή. Έτσι θα χρησιμοποιηθεί και θα δοκιμαστεί ο εξοπλισμός καθώς η ικανότητα ναυσιπλοΐας του μετασκευασμένου σκάφους.

Τα Παραδοτέα του ΠΕ 5 παρουσιάζονται συνοπτικά στον παρακάτω Πίνακα (Πίνακας 1).

Πίνακας 1: Συνοπτική παρουσίαση των παραδοτέων του ΠΕ5

Παραδοτέο	Περιγραφή	Τύπος παραδοτέου	Μήνας Παράδοσης
Π5.1	Αποτίμηση του εκσυγχρονισμού και αποτελέσματα της ολιστικής ερευνητικής αποστολής του ΕΛΚΕΘΕ και του ΕΜΠ		31/03/2020 – Μ27
Π5.2	Αποτελέσματα των μελετών και υπολογισμών αντίστασης & πρόωσης και συμπεριφοράς σε κυματισμούς		31/03/2020 – Μ27
Π5.3	Διαχειριστικό Σχέδιο για την Αποφυγή Προσαράξεων στις Ελληνικές Θάλασσες	Τεχνική έκθεση	31/10/2022 – Μ36

1.3 Σύνοψη

Το παραδοτέο παρουσιάζει και αναλύει την έρευνα και τις εργασίες που πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια των τριών σταδίων της Δράσης 5.3 του έργου.

Πιο αναλυτικά στην Ενότητα 3 αναλύεται η μεθοδολογική προσέγγιση που εφαρμόστηκε και είχε ως στόχο την αναγνώριση των 5 πιο επικίνδυνων περιοχών για προσαράξεις στα ελληνικά χωρικά ύδατα. Στην ενότητα αναλύονται όλα τα βήματα της μεθοδολογίας από τη δημιουργία της βάσης δεδομένων, την περιγραφική στατιστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε καθώς και τη χωρική ανάλυση σε συνδυασμό με τα 3 κριτήρια που εφαρμόστηκαν για τον προσδιορισμό των 5 πιο επικίνδυνων σημείων για προσαράξεις.

Στο Παράρτημα 1 δίνονται αναλυτικά οι χάρτες και η οριοθέτηση με συντεταγμένες των 5 πιο επικίνδυνων περιοχών που αναγνωρίστηκαν από τη χωρική ανάλυση.

Στο Παράρτημα 2 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα (χάρτες) εφαρμόζοντας τη χωρική ανάλυση μόνο για τα ατυχήματα που αφορούν την ακυβερνησία.

Στο Παράρτημα 3 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα (χάρτες) μετά την εφαρμογή της χωρικής ανάλυσης για το συνδυασμό των ατυχημάτων προσάραξης και ακυβερνησίας.

Τέλος στο Παράρτημα 4 δίνεται ο κώδικας SQL που αναπτύχθηκε για την εφαρμογή της μεθοδολογίας του ρίσκου στο λογισμικό QGIS.

2 Χρήση του εξοπλισμού του Ε/Σ «ΦΙΛΙΑ» για την ανάπτυξη Διαχειριστικού Σχεδίου για την Αποφυγή Προσαράξεων στις Ελληνικές Θάλασσες (Δράση 5.3)

Βασικός στόχος της Δράσης 5.3 είναι η ανάπτυξη ενός «Διαχειριστικού Σχεδίου για την Αποφυγή Προσαράξεων στις Ελληνικές Θάλασσες». Πιο αναλυτικά, η Δράση στοχεύει στο να αναδειχθούν θέματα για τη βελτίωση των μεθόδων και τις διαδικασίες που χρειάζονται για την αποφυγή των προσaráξεων πλοίων και κατά συνέπεια την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος στα Ελληνικά χωρικά ύδατα.

Η ανάπτυξη του Σχεδίου θα βασιστεί στο «Εθνικό Σχέδιο Έκτακτης Ανάγκης» και η Δράση θα ολοκληρωθεί σε τρία στάδια, όπως περιγράφονται παρακάτω:

Στάδιο 1: Προσδιορισμός και επιλογή επικίνδυνων σημείων για προσaráξεις στις Ελληνικές θάλασσες

Σε αυτό το Στάδιο θα αναγνωριστούν/προσδιοριστούν και θα επιλέγουν τα πιο επικίνδυνα σημεία στις Ελληνικές θάλασσες, στα οποία είναι αυξημένες οι πιθανότητες πραγματοποίησης τέτοιου είδους ατυχημάτων. Η ανάλυση θα βασιστεί σε δεδομένα ατυχημάτων που θα συλλεχθούν.

Στάδιο 2: Επιτόπου επιθεώρηση των επιλεγμένων σημείων

Μετά την αναγνώριση των πιο επικίνδυνων σημείων από το Στάδιο 1, στο Στάδιο 2 θα πραγματοποιηθεί επιτόπου επιθεώρηση, με την χρήση του Ε/Σ «ΦΙΛΙΑ», στα 5 πιο επικίνδυνα σημεία που έχουν επιλεγεί, ώστε να συλλεχθούν τα απαραίτητα δεδομένα και να γίνει η πλήρης χαρτογράφηση των σημείων αυτών (καθώς και η επιτόπια παρακολούθηση της θαλάσσιας κυκλοφορίας). Πιο συγκεκριμένα, θα συγκεντρωθούν πληροφορίες σχετικά με τα θαλάσσια ρεύματα, το βάθος και τον τύπο του βυθού σε κάθε επιλεγθέν σημείο. Επιπλέον, θα γίνει εκτίμηση των επικρατούντων ανεμών και θα αξιοποιηθούν τα στοιχεία του συστήματος ΠΟΣΕΙΔΩΝ και της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (ΕΜΥ).

Στάδιο 3: Ανάπτυξη Διαχειριστικού Σχεδίου για την Αποφυγή Προσαράξεων στις Ελληνικές Θάλασσες

Τα αποτελέσματα από τα Στάδια 1 & 2, ώστε να καταρτιστεί το «Διαχειριστικό Σχέδιο για την Αποφυγή Προσαράξεων στις Ελληνικές Θάλασσες». Επιπλέον, στο Στάδιο αυτό θα ανανεωθούν οι χάρτες για τα επιλεγμένα σημεία και αν κριθεί απαραίτητο θα προστεθεί η κατάλληλη σήμανση με σκοπό την αύξηση της ασφάλειας στις συγκεκριμένες περιοχές.

Τέλος, τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα της παρούσας Δράσης θα χρησιμοποιηθούν για πιθανές ανανεώσεις σημείων στο Εθνικό Σχέδιο Έκτακτης Ανάγκης με στόχο την ενίσχυση της ναυτικής ασφάλειας και τη θωράκιση του περιβάλλοντος στην Ελλάδα.

3 Προσδιορισμός και επιλογή επικίνδυνων σημείων για προσαράξεις στις Ελληνικές θάλασσες

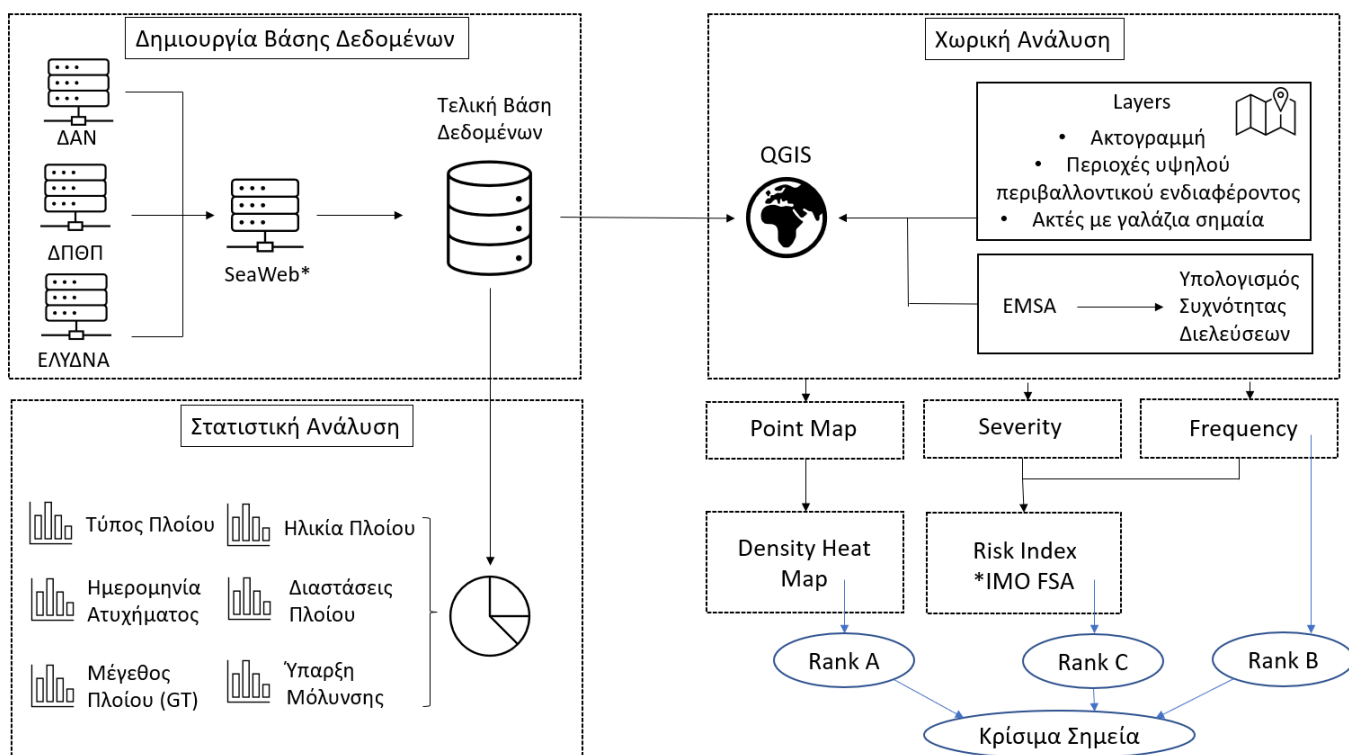
Οι προσαράξεις, σύμφωνα με στατιστικές μελέτες, είναι μέσα στα τρία πιο συχνά εμφανιζόμενα και επικίνδυνα ναυτικά ατυχήματα (Pagiaziti, et al., 2015). Αυτού του είδους τα ατυχήματα συμβαίνουν σε παράκτιες περιοχές, σε περιοχές με αυξημένη κίνηση πλοίων καθώς επίσης και κοντά σε λιμένες κατά την διάρκεια προσέγγισης τους από το πλοίο (Zhu, et al., 2002). Υπάρχουν παράγοντες οι οποίοι, όπως έχει αποδειχθεί, είναι σημαντικοί για την εμφάνιση αλλά και τις συνέπειες του ατυχήματος. Οι παράγοντες αυτοί μπορούν να κατηγοριοποιηθούν στις ακόλουθες δύο βασικές κατηγορίες (Ngueyen, et al., 2011):

- Σχετικοί με το περιβάλλον, όπως για παράδειγμα το βάθος, το είδος του βυθού, οι καιρικές συνθήκες και τα θαλάσσια ρεύματα, κ.α.
- Σχετικοί με το πλοίο

Στόχος αυτού του Σταδίου είναι η αναγνώριση και η επιλογή των πιο επικίνδυνων σημείων στις Ελληνικές θάλασσες, όπου είναι αυξημένη η πιθανότητα πραγματοποίησης των προσαράξεων πλοίων.

3.1 Μεθοδολογική προσέγγιση

Η μεθοδολογία που εφαρμόστηκε για να επιτευχθεί ο στόχος του 1^{ου} Σταδίου αποτελείται από τις ακόλουθες διακριτές φάσεις (Διάγραμμα 1).



Διάγραμμα 1: Φάσεις μεθοδολογίας.

Δημιουργία βάσης δεδομένων

Σκοπός της πρώτης φάσης είναι η δημιουργία της βάσης δεδομένων για ατυχήματα πλοίων στα ελληνικά χωρικά ύδατα. Αρχικά, συλλέχθηκαν και συγκεντρώθηκαν δεδομένα για ατυχήματα πλοίων στα ελληνικά χωρικά ύδατα για χρονικό διάστημα από το 2000 έως το 2020, αναζητώντας δεδομένα από:

- τις αρμόδιες κρατικές αρχές, και
- άλλες βάσεις δεδομένων που έχουν δημιουργηθεί για τους σκοπούς αντίστοιχων μελετών.

Συγκεκριμένα οι βάσεις δεδομένων που αξιοποιήθηκαν είναι από: τη Διεύθυνση Ασφάλειας Ναυσιπλοΐας (ΔΑΝ), την Ελληνική Υπηρεσία Διερεύνησης Ναυτικών Ατυχημάτων και Συμβάντων (ΕΛΥΔΝΑ), τη Διεύθυνση Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος (ΔΠΘΠ), καθώς και από υπάρχουσες μελέτες του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Οι συνολικές εγγραφές ανέρχονται στις 3035 ενώ αφορούν όλους τους τύπους ατυχημάτων.

Παρατηρήθηκε ότι οι παραπάνω βάσεις δεδομένων είχαν διαφορές στις πληροφορίες που περιείχαν σε κάθε εγγραφή. Για παράδειγμα, κάποιες είχαν πληροφορίες για τις φυσικές διαστάσεις των πλοίων ενώ άλλες δεν περιελάμβαναν τη συγκεκριμένη πληροφορία. Για τον λόγο αυτό, κρίθηκε απαραίτητη η συγκέντρωση των δεδομένων σε μία ενιαία και μοναδική βάση δεδομένων για τη συνέχεια της μελέτης, διατηρώντας τις πληροφορίες που είναι απαραίτητες για τη μετέπειτα στατιστική και χωρική ανάλυση.

Στη συνέχεια ακολούθησε ο έλεγχος και η διασταύρωση των δεδομένων ως προς την ορθότητα τους, με βάση αξιόπιστες βάσεις δεδομένων (π.χ. IHS Seaweb), καθώς και η διαγραφή των εγγραφών που περιλαμβάνονταν περισσότερες από μία φορές. Αξίζει να τονιστεί πως η συγκεκριμένη ενέργεια έγινε μόνο για τα ατυχήματα ενδιαφέροντος (προσαράξεις πλοίων).

Τέλος, ακολούθησε ο εμπλουτισμός της νέας βάσης δεδομένων με τα στοιχεία που, όπως είναι αναμενόμενο, έλειπαν στις εκάστοτε εγγραφές, αναλόγως με τα στοιχεία που ήταν διαθέσιμα από τις αρχικές βάσεις δεδομένων. Η τελική βάση δεδομένων περιέχει 244 εγγραφές που αφορούν τη μελέτη. Σημειώνεται ότι ο διαχωρισμός των προσαράξεων γίνεται σε drift και power grounding. Σύμφωνα με τους Graziano κ.α. (2016) drift (unpowered) grounding θεωρείται η προσάραξη που πραγματοποιείται όταν το πλοίο προσαράζει χωρίς να έχει η κύρια μηχανή του συμμετοχή στο ατύχημα (π.χ. παρασέρνεται από έντονο αέρα ή ρεύματα, αστοχία άγκυρας κ.α.), ενώ power grounding θεωρείται η προσάραξη κατά την οποία η κύρια μηχανή του πλοίου συμμετέχει στο ατύχημα (π.χ. λάθος στην πλοήγηση, λανθασμένο passage planning, κ.α.). Στην παρούσα μελέτη λόγω έλλειψης αυτού του χαρακτηρισμού από όλες τις βάσεις δεδομένων που αξιοποιήθηκαν, δεν πραγματοποιήθηκε αυτός ο διαχωρισμός.

Στατιστική ανάλυση

Πραγματοποιήθηκε ανάλυση περιγραφικής στατιστικής για τη βάση δεδομένων. Πιο συγκεκριμένα, παρουσιάζονται στατιστικά στοιχεία για τα παρακάτω:

- σημαντικότητα (significance), όπως ορίζεται στις αρχικές βάσεις δεδομένων,
- μέγεθος πλοίου με βάση το μήκος (L_{bp}),
- τη χρονιά που συνέβη το ατύχημα,
- την ηλικία του πλοίου,
- τους Κόρους Ολικής Χωρητικότητας (GT),
- τη σημαία, και
- την ύπαρξη ή όχι ρύπανσης.

Σε κάθε κατηγορία από τις παραπάνω, παρουσιάζεται ο βαθμός πληρότητας της βάσης δεδομένων για το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό. Επίσης, παρουσιάζεται ο βαθμός πληρότητας των δεδομένων ολόκληρης της βάσης δεδομένων των 244 εγγραφών.

Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη των κριτηρίων για τον προσδιορισμό και την επιλογή των επικίνδυνων σημείων για προσαράξεις στις Ελληνικές θάλασσες.

Χωρική ανάλυση

Για την εφαρμογή της χωρικής ανάλυσης (spatial analysis) αναπτύχθηκε ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (Geographic Information System, GIS) το οποίο θα ενισχύσει την οπτικοποίηση, την αποθήκευση και την περαιτέρω ανάλυση της βάσης δεδομένων. Η υλοποίηση αυτού έγινε στο περιβάλλον του λογισμικού QGIS μετά από επιλογή και σύγκριση των δυνατοτήτων της συγκεκριμένης πλατφόρμας έναντι άλλων ανταγωνιστικών.

Τα συστήματα GIS, προσφέρουν τη δυνατότητα μελέτης συσχετίσεων διάφορων μεταβλητών με τη γεωγραφική τοποθεσία (Καλογήρου, 2015). Οι συσχετίσεις αυτές έχουν μεγάλη χρησιμότητα στην εφαρμογή της ανάλυσης ρίσκου που θα πραγματοποιηθεί για την αναγνώριση, την ταξινόμηση και την επιλογή των πιο επικίνδυνων περιοχών που εμφανίζονται για τα ατυχήματα ενδιαφέροντος. Συνεπώς, θα παρουσιαστεί η γεωγραφική κατανομή και η συγκέντρωση των ατυχημάτων σε σχέση με διάφορες μεταβλητές (π.χ. τύπος ατυχήματος, είδος πλοίου, κ.α.).

Αναγνώριση, ταξινόμηση και επιλογή επικίνδυνων σημείων

Η αναγνώριση, η ταξινόμηση και η επιλογή των πιο επικίνδυνων περιοχών που εμφανίζονται τα ατυχήματα ενδιαφέροντος θα πραγματοποιηθεί με την ανάπτυξη μοντέλου ρίσκου, το οποίο θα λαμβάνει υπόψη διάφορα κριτήρια που θα σχετίζονται με:

- τη συχνότητα εμφάνισης του ατυχήματος,
- τον τύπο του πλοίου, και
- την περιβαλλοντική επικινδυνότητα της κάθε γεωγραφικής περιοχής.

Η περιβαλλοντική επικινδυνότητα της κάθε γεωγραφικής περιοχής θα προκύπτει ως συνδυασμός των παρακάτω παραμέτρων:

- τύπος ακτογραμμής¹ στη γεωγραφική περιοχή,
- απόσταση από την κοντινότερη προστατευόμενη περιοχή (NATURA 2000, Corine, κ.α.), και
- απόσταση από παραλίες με γαλάζια σημαία.

Σημειώνεται πως η ίδια διαδικασία που ακολουθήθηκε για τα ατυχήματα προσάραξης εφαρμόστηκε και για τα ατυχήματα ακυβερνησίας, καθώς και για τον συνδυασμό των δύο ειδών ατυχημάτων. Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στο σώμα της μελέτης αφορούν τα ατυχήματα προσάραξης, ενώ στο Παράρτημα 2 – Χάρτες αναπαράστασης των αποτελεσμάτων με βάση τα συμβάντα ακυβερνησίας και στο Παράρτημα 3 – Χάρτες αναπαράστασης των αποτελεσμάτων με βάση τα συμβάντα ακυβερνησίας σε συνδυασμό με τα ατυχήματα προσάραξης παρουσιάζονται τα αποτελέσματα με βάση τα ατυχήματα ακυβερνησίας και τον συνδυασμό αντίστοιχα.

3.2 Δημιουργία βάσης δεδομένων

Η πρώτη φάση της ανάλυσης αφορά τη δημιουργία βάσης δεδομένων με ατυχήματα προσάραξης στα ελληνικά χωρικά ύδατα. Η δημιουργία της τελικής βάσης δεδομένων έγινε μέσω των τριών (3) παρακάτω βημάτων, που αναλύονται παρακάτω.

¹ <https://geodata.gov.gr/dataset/aktogramme>

3.2.1 Συλλογή Δεδομένων

Για τη δημιουργία της βάσης δεδομένων ζητήθηκαν δεδομένα για ατυχήματα πλοίων στα ελληνικά χωρικά ύδατα από τις παρακάτω αρμόδιες Ελληνικές Αρχές:

- Διεύθυνση Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος (ΔΠΘΠ),
- Διεύθυνση Ασφάλειας Ναυσιπλοΐας (ΔΑΝ), και
- Ελληνική Υπηρεσία Διερεύνησης Ναυτικών Ατυχημάτων και Συμβάντων (ΕΛΥΔΝΑ).

Σημειώνεται ότι και οι 3 Αρχές απάντησαν θετικά στο αίτημα και παρέδωσαν δεδομένα τα οποία είναι σχετικά με το αντικείμενο της Δράσης 5.3 του Έργου. Επιπλέον συγκεντρώθηκαν στοιχεία από παλαιότερες μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί στη Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών, του ΕΜΠ.

Διεύθυνση Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος (ΔΠΘΠ)

Με τη ΔΠΘΠ, η επικοινωνία πραγματοποιήθηκε με τον Ανθ/ρχο Λ.Σ Κοτσιφάκο Παναγιώτη. Το σχετικό αίτημα που απεστάλη στη ΔΠΘΠ μέσω email στις 12 Μαρτίου του 2019. Μετά από συνάντηση στα γραφεία της υπηρεσίας, τα δεδομένα στάλθηκαν μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου (email) στις 29 Μαρτίου 2019, βάση της υπ' αριθμ. 2261.8-6/23078/19 απόφασης. Σημειώνεται ότι η ΔΠΘΠ καταγράφει δεδομένα από το 2001 και τα τελευταία χρόνια καταγράφονται από την υπηρεσία μόνο τα ατυχήματα που προκαλούν ρύπανση, χωρίς κάποιον άλλο περιορισμό (π.χ. τύπος ή μέγεθος πλοίου). Τα δεδομένα που περιέχονται στη βάση δεδομένων της ΔΠΘΠ ανέρχονται σε **166**.

Διεύθυνση Ασφάλειας Ναυσιπλοΐας (ΔΑΝ)

Με τη ΔΑΝ, η επικοινωνία πραγματοποιήθηκε με τον Ανθ/ρχο Λ.Σ Κάγκαλη Ιωάννη. Το σχετικό αίτημα απεστάλη στη ΔΑΝ μέσω email στις 19 Απριλίου του 2019. Μετά από συνάντηση στα γραφεία της υπηρεσίας τα δεδομένα παραδόθηκαν μέσω ψηφιακού δίσκου, ο οποίος παρελήφθη από τα γραφεία της ΔΑΝ στις 10 Μαΐου 2019, με βάση της υπ' αριθμ. 2261.8-6/23078/19 απόφασης. Τα στοιχεία που παρελήφθησαν αφορούν το χρονικό διάστημα 1997 έως και την ημέρα παραλαβής του αρχείου, χωρίς κάποιον άλλο περιορισμό (π.χ. τύπος ή μέγεθος πλοίου). Τα δεδομένα που περιέχονται στη βάση δεδομένων της ΔΑΝ ανέρχονται σε **131**.

Ελληνική Υπηρεσία Διερεύνησης Ναυτικών Ατυχημάτων και Συμβάντων (ΕΛΥΔΝΑ)

Σε αυτό το σημείο σημειώνεται ότι τα δεδομένα που καταγράφονται από τη ΔΠΘΠ και τη ΔΑΝ αφορούν πλοία μόνο με Ελληνική σημαία, τα υπόλοιπα ατυχήματα τα καταγράφει η ΕΛΥΔΝΑ, επιπλέον σημειώνεται ότι η ΕΛΥΔΝΑ εξάγει δεδομένα και από την European Marine Casualty Information Platform (EMCIP). Κατόπιν αποστολής αιτήματος, μέσω email στις 31 Μαρτίου του 2020, η ΕΛΥΔΝΑ απέστειλε τα δεδομένα στις 15 Μαΐου 2020. Τα δεδομένα που περιέχονται στην βάση δεδομένων της ΕΛΥΔΝΑ ανέρχονται σε **2336**.

Μελέτες της Σχολής Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών

Στη Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών έχουν πραγματοποιηθεί μελέτες για προσαράξεις και συγκρούσεις πλοίων. Πιο αναλυτικά στα πλαίσια διπλωματικής εργασίας στο Εργαστήριο Θαλασσιών Μεταφορών είχε δημιουργηθεί βάση δεδομένων για ναυάγια στην Ελλάδα, η οποία περιλαμβάνει τον λόγο

για τον οποίο ναυάγησαν τα πλοία (Ventikos, et al., 2013). Τα δεδομένα που περιέχονται στη συγκεκριμένη βάση δεδομένων ανέρχονται σε **402**.

3.2.2 Σύνθεση των δεδομένων

Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν, συνδυάστηκαν και περιλαμβάνουν ατυχήματα για το χρονικό διάστημα από το 1995 έως και το 2020. Αθροιστικά, οι εγγραφές στις βάσεις δεδομένων ανέρχονται σε **3035** μετά τη σύνθεση όλων των εγγραφών των επιμέρους βάσεων δεδομένων.

Πιο αναλυτικά, τα πεδία που περιλαμβάνονται στην τελική βάση δεδομένων περιγράφονται στον Πίνακα 2 παρακάτω.

Πίνακας 2: Περιγραφή πεδίων βάσης δεδομένων.

Όνομα πεδίου	Περιγραφή
Αριθμός IMO	Ο αριθμός IMO του πλοίου
Ημερομηνία συμβάντος	Η ημερομηνία του συμβάντος σε μορφή HH/MM/EEEE
Όνομα Πλοίου	Το όνομα του πλοίου την στιγμή του ατυχήματος
Τύπος Πλοίου	Ο τύπος του πλοίου ²
Κόροι Ολικής Χωρητικότητας	Οι Κόροι Ολικής Χωρητικότητας σε GT
Έτος ναυπήγησης	Το έτος κατασκευής του πλοίου
Σημαία	Η σημαία του πλοίου κατά το συμβάν
Μήκος Πλοίου	Το μήκος (L_{bp}) του πλοίου σε μέτρα (m)
Πλάτος Πλοίου	Το πλάτος (B) του πλοίου σε μέτρα (m)
Βύθισμα Σχεδίασης Πλοίου	Το βύθισμα σχεδίασης (T) του πλοίου σε μέτρα (m)
Τοποθεσία	Η γεωγραφική περιοχή που έγινε το ατύχημα
Γεωγραφικό Μήκος	Το γεωγραφικό μήκος σε μορφή δεκαδικού αριθμού
Γεωγραφικό Πλάτος	Το γεωγραφικό πλάτος σε μορφή δεκαδικού αριθμού
Ωρα συμβάντος	Η ώρα του συμβάντος σε μορφή 24.00
Σημαντικότητα	Η σημαντικότητα με βάση τις αρχικές βάσεις δεδομένων
Ύπαρξη Μόλυνσης	Η ύπαρξη ή όχι μόλυνσης (ναι/όχι)
Ποσότητα διαρροής πετρελαίου	Η ποσότητα του πετρελαίου που διέρρευσε (σε m^3)
Είδος Μόλυνσης	Το είδος της μόλυνσης (π.χ. πετρέλαιο, χημικά)
Τραυματισμός	Η ύπαρξη ή όχι τραυματισμού σε πλήθος
Απώλεια ζωής μελών πληρώματος	Οι απώλειες ζωών μελών πληρώματος (αριθμητικό)
Απώλεια ζωής επιβατών	Οι απώλειες ζωών επιβατών (αριθμητικό)
Καιρικές Συνθήκες	Οι καιρικές συνθήκες την στιγμή του συμβάντος
Αναφορά	Αναφορά στην επίσημη έκθεση

² General cargo, RoPax, Containership, Tanker, Cruise ship, LNG carrier, LPG carrier, Bulk Carrier, RoRo, Vehicles Carrier, Bulk Carrier, Other.

3.2.3 Επιλογή ατυχημάτων ενδιαφέροντος

Από τις συνολικά 3035 εγγραφές επιλέχθηκαν εκείνες που ήταν σχετικές με την παρούσα μελέτη. Τα κριτήρια με βάση τα πεδία της βάσης δεδομένων παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.

Πίνακας 3: Κριτήρια επιλογής ατυχημάτων ενδιαφέροντος.

Πεδίο βάσης δεδομένων	Κριτήριο επιλογής
Ημερομηνία συμβάντος	Μετά το 2000
Κόροι Ολικής Χωρητικότητας	>150GT για τα tankers, >500GT για τις υπόλοιπες κατηγορίες.
Τοποθεσία	Εντός των ελληνικών χωρικών υδάτων
Είδος Ατυχήματος	Προσάραξη

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω κριτήρια, τα ατυχήματα ενδιαφέροντος ανέρχονται σε **460**.

3.2.4 Έλεγχος και διασταύρωση δεδομένων

Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν, ελέγχθηκαν για την ορθότητά και τη χρησιμότητά τους, αναγνωρίζοντας και συγκρίνοντας τις πληροφορίες για τα ίδια ατυχήματα από τις διαφορετικές πηγές. Σε αυτό το σημείο ήταν χρήσιμη η διασταύρωση των δεδομένων με βάση τη συνδρομητική βάση δεδομένων IHS SeaWeb η οποία περιείχε πληροφορίες για τη συμπλήρωση των δεδομένων που έλειπαν καθώς και αναζητήσεις σε επίσημες πηγές και έγκυρα άρθρα, ενισχύοντας σημαντικά την πληρότητα της βάσης δεδομένων.

Επίσης, ελέγχθηκαν οι εγγραφές που υπήρχαν περισσότερες από μία φορές, όπως ήταν αναμενόμενο καθώς οι αρχικές βάσεις δεδομένων είχαν σημαντικές επικαλύψεις.

Τελικά, η βάση δεδομένων περιέχει **244** εγγραφές μετά από αυτή την ενέργεια.

3.2.5 Πληρότητα βάσης δεδομένων

Η συνολική πληρότητα της βάσης δεδομένων είναι 84.5%, μη λαμβάνοντας υπόψη στον υπολογισμό τα παρακάτω πεδία λόγω της σημαντικής έλλειψης πληροφορίας στα πεδία αυτά:

- Ποσότητα διαρροής πετρελαίου,
- Είδος Μόλυνσης,
- Τραυματισμός,
- Απώλεια ζωής μελών πληρώματος, και
- Απώλεια ζωής επιβατών.

Αναλυτικότερα, ο βαθμός πληρότητας ανά πεδίο παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.

Πίνακας 4: Βαθμός πληρότητας της βάσης δεδομένων ανά πεδίο

Όνομα πεδίου	Βαθμός πληρότητας
Αριθμός IMO	77.5%
Ημερομηνία συμβάντος	86.9%
Όνομα Πλοίου	86.9%
Τύπος Πλοίου	100.0%
Κόροι Ολικής Χωρητικότητας	92.6%
Έτος ναυπήγησης	85.3%
Σημαία	98.4%
Μήκος Πλοίου	88.5%
Πλάτος Πλοίου	80.3%
Βύθισμα Σχεδίασης Πλοίου	79.1%
Τοποθεσία	100.0%
Γεωγραφικό Μήκος	100.0%
Γεωγραφικό Πλάτος	100.0%
Ωρα συμβάντος	34.0%
Σημαντικότητα	77.9%
Υπαρξη Μόλυνσης	88.9%
Ποσότητα διαρροής πετρελαίου	0.8%
Είδος Μόλυνσης	0.8%
Τραυματισμός	2.5%
Απώλεια ζωής μελών πληρώματος	2.5%
Απώλεια ζωής επιβατών	2.5%
Καιρικές Συνθήκες	78.8%
Συνολικά ³	84.5%

3.3 Περιγραφική Στατιστική

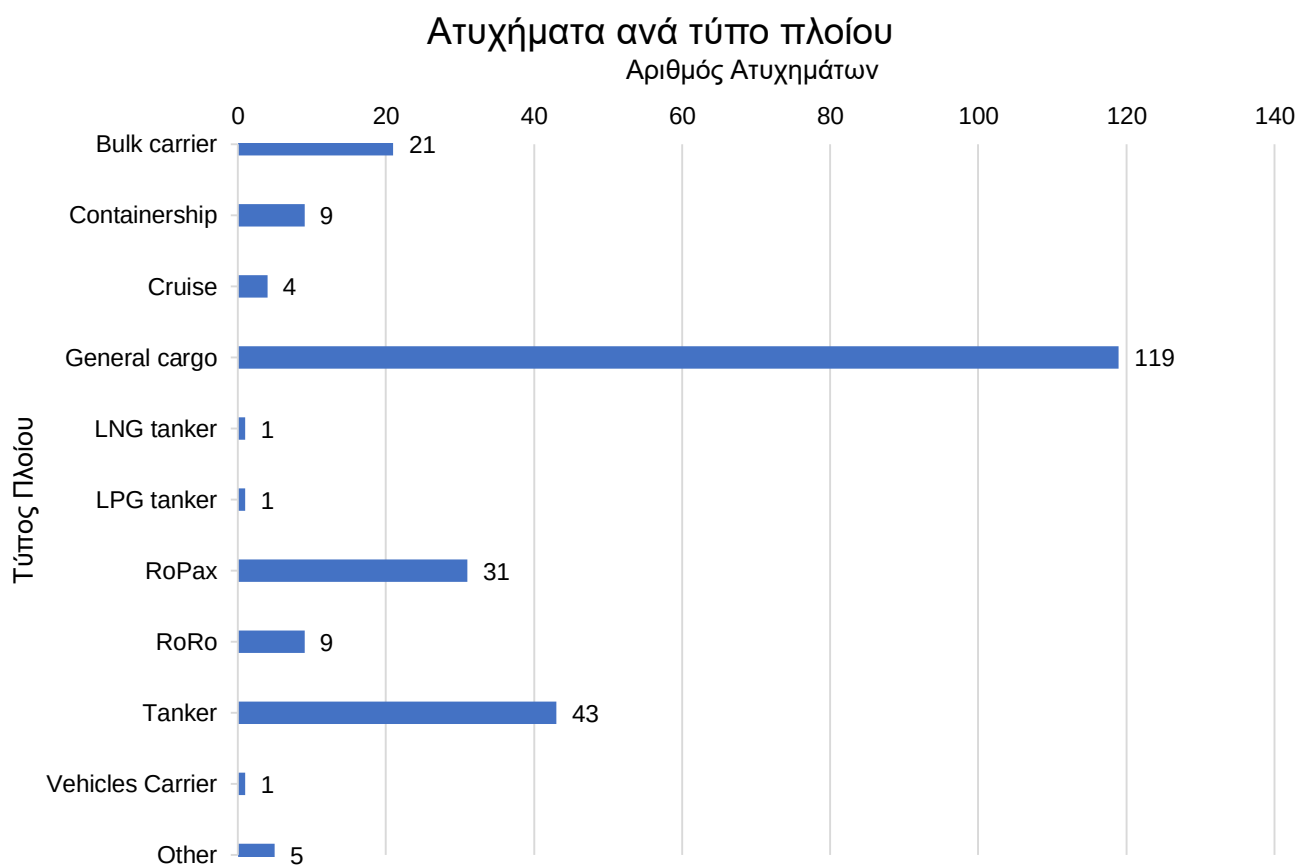
Η επόμενη φάση της μελέτης αφορά τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων. Συνολικά υπάρχουν 244 εγγραφές ατυχημάτων προσάραξης με βάση τα κριτήρια του Πίνακας 3 από το 2000 έως το 2020. Στις επόμενες παραγράφους γίνεται ανάλυση περιγραφικής στατιστικής για τα βασικότερα πεδία της βάσης δεδομένων:

³ Δεν περιλαμβάνει τα πεδία: ποσότητα διαρροής πετρελαίου, είδος μόλυνσης, τραυματισμός, απώλεια ζωής μελών πληρώματος, απώλεια ζωής επιβατών

- Τύπος πλοίου,
- Ημερομηνία συμβάντος,
- Κόροι Ολικής Χωρητικότητας,
- Ηλικία πλοίου,
- Μήκος πλοίου,
- Σημαντικότητα, και
- Ύπαρξης μόλυνσης.

3.3.1 Τύπος πλοίου

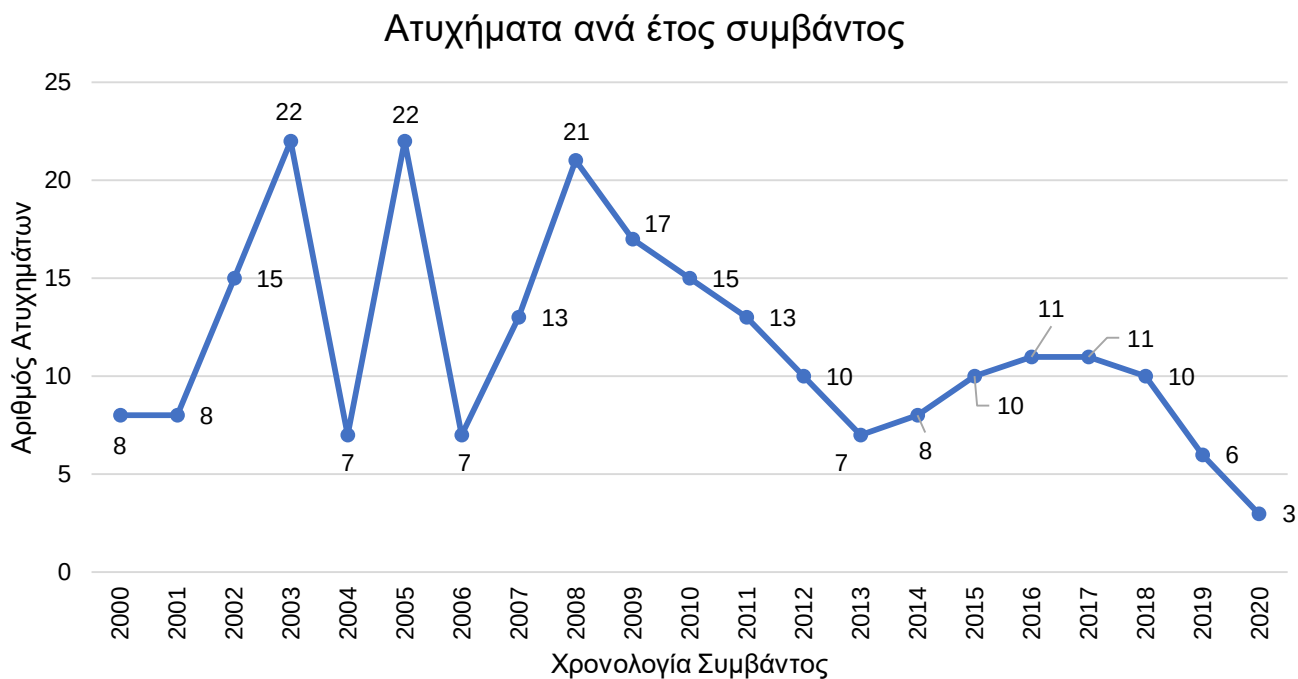
Η κατανομή του τύπου του πλοίου στις 244 εγγραφές φαίνεται στο Διάγραμμα 2, παρακάτω. Παρατηρείται ότι η πλειονότητα των πλοίων που έχουν εμπλακεί σε ατύχημα ενδιαφέροντος είναι τα General Cargo (119), στη συνέχεια τα Tankers (43) και τα Ro-Pax Ferries (31).



Διάγραμμα 2: Ατυχήματα ανά τύπο πλοίου.

3.3.2 Ημερομηνία συμβάντος

Στο Διάγραμμα 3 φαίνεται ο αριθμός ατυχημάτων ανά έτος για την χρονική περίοδο 2000-2020.



Διάγραμμα 3: Ατυχήματα ανά έτος συμβάντος.

3.3.3 Κόροι Ολικής Χωρητικότητας

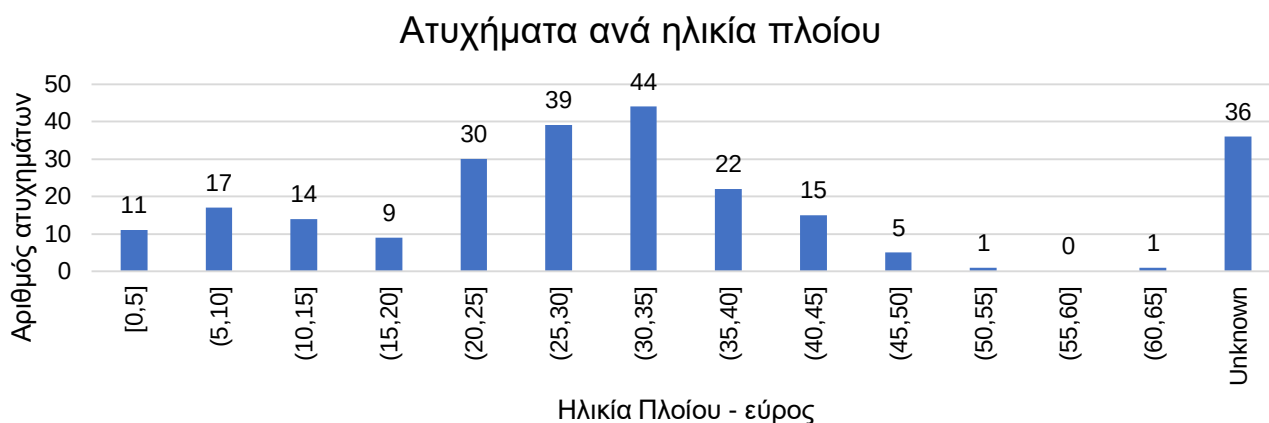
Στο παρακάτω Διάγραμμα 4 παρουσιάζεται ο αριθμός των ατυχημάτων ανά κόρους ολικής χωρητικότητας. Παρατηρείται ότι η πλειονότητα των πλοίων που έχουν εμπλακεί σε προσαράξεις είναι κυρίως μεταξύ 500GT με 3000GT (129, 53%).



Διάγραμμα 4: Ατυχήματα ανά κόρους ολικής χωρητικότητας.

3.3.4 Ηλικία πλοίου

Στο παρακάτω Διάγραμμα 5 παρουσιάζεται ο αριθμός των ατυχημάτων προσάραξης ανάλογα με την ηλικία του πλοίου τη στιγμή του συμβάντος. Παρατηρείται ότι οι ηλικιακές κατηγορίες που εμπλέκονται συχνότερα σε προσαράξεις είναι 30 με 35 ετών (44, 18.0%), 25 με 30 (39, 15.9%), και 20-25 (30, 12.2%). Αξίζει να σημειωθεί ότι για 36 ατυχήματα (14.7%) δεν υπάρχει η πληροφορία του έτους κατασκευής και, συνεπώς, δεν μπορεί να υπολογιστεί η ηλικία του πλοίου τη στιγμή του ατυχήματος.



Διάγραμμα 5: Ατυχήματα ανά ηλικία πλοίου.

3.3.5 Διαστάσεις Πλοίου (μήκος - πλάτος - βύθισμα)

Στο παρακάτω Διάγραμμα 6 παρουσιάζονται τα ατυχήματα ανάλογα με το μήκος⁴ του πλοίου, σε εύρος των 20 μέτρων. Παρατηρείται ότι η πλειονότητα των πλοίων που έχει εμπλακεί σε ατυχήματα προσάραξης είναι 60 με 80 μέτρα (57 ατυχήματα, 23.3%) και 80 με 100 μέτρα (60 ατυχήματα, 24.5%). Αξίζει να σημειωθεί ότι για 28 ατυχήματα (11.4%) δεν υπάρχει η συγκεκριμένη πληροφορία.

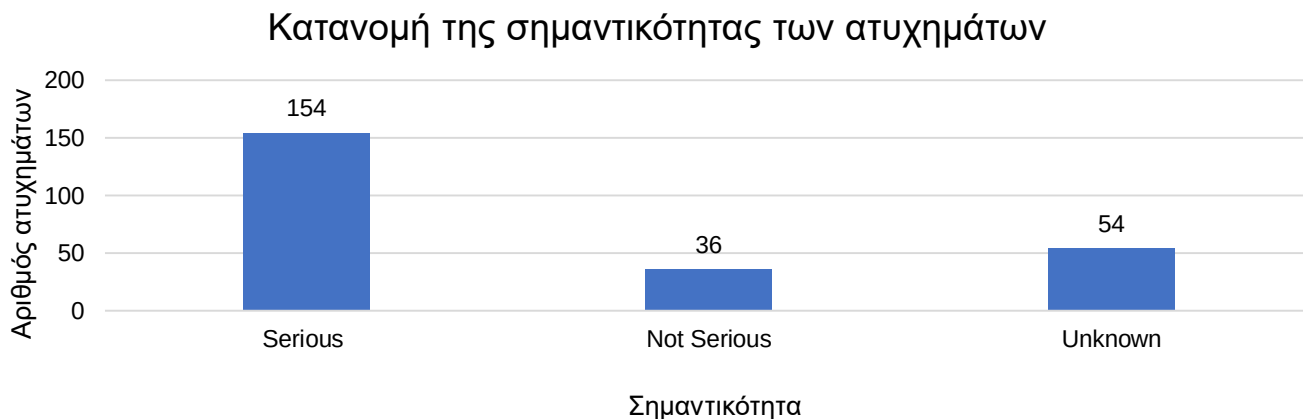


Διάγραμμα 6: Ατυχήματα ανά μήκος πλοίου.

⁴ Αναφέρεται στο μήκος μεταξύ καθέτων, L_{bp}

3.3.6 Σημαντικότητα

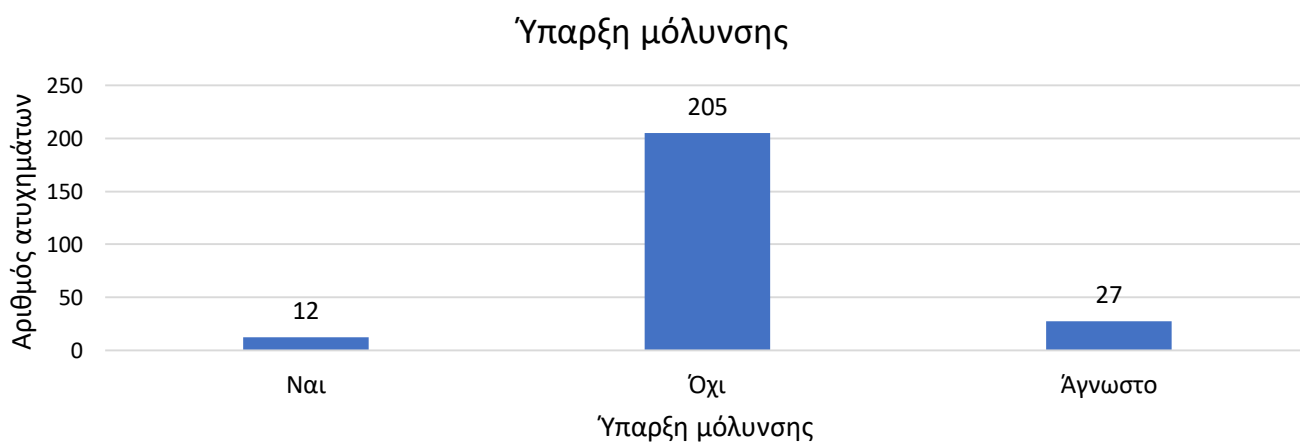
Στο Διάγραμμα 7 παρουσιάζονται τα ατυχήματα με βάση την κατηγοριοποίηση τους ως σημαντικά (63.1%) ή μη-σημαντικά (14.7%) με βάση τις αρχικές βάσεις δεδομένων που αξιοποιήθηκαν για αυτή τη μελέτη. Αξίζει να σημειωθεί πως για 54 ατυχήματα δεν υπάρχει η συγκεκριμένη πληροφορία.



Διάγραμμα 7: Σημαντικότητα των ατυχημάτων ενδιαφέροντος.

3.3.7 Ύπαρξη μόλυνσης

Στο Διάγραμμα 8 παρουσιάζονται τα ατυχήματα ως προς την ύπαρξη (ή μη-ύπαρξη) μόλυνσης. Αξίζει να σημειωθεί πως για 27 ατυχήματα (11%) δεν υπάρχει η συγκεκριμένη πληροφορία.



Διάγραμμα 8: Ύπαρξη μόλυνσης (ναι/ όχι).

3.4 Χωρική ανάλυση δεδομένων

Η Χωρική Ανάλυση Δεδομένων (Spatial Data Analysis) και τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (Geographical Information Systems, GIS) αποτελούν δύο άρρηκτα συνδεδεμένα γνωστικά και ερευνητικά πεδία που εξελίσσονται παράλληλα με την τεχνολογική εξέλιξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών και της θεωρητικής εξέλιξης της ποσοτικής γεωγραφίας. Το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της χωρικής ανάλυσης είναι ότι λαμβάνει υπόψη τη χωρική πληροφορία των δεδομένων, δηλαδή τη θέση τους στο χώρο μέσω γεωγραφικών συντεταγμένων, τη γειτνίαση και την απόσταση μεταξύ τους, ή με κάποιο τρίτο γεωγραφικό σημείο αναφοράς. Παραδείγματα χωρικών δεδομένων είναι η σεισμική δραστηριότητα και τα τροχαία ατυχήματα. Από την άλλη πλευρά, τα συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών αποτελούν εξειδικευμένα

λογισμικά που λειτουργούν σε ηλεκτρονικό υπολογιστή και παρέχουν την δυνατότητα δημιουργίας, επεξεργασίας, αποθήκευσης και οπτικοποίησης των χωρικών δεδομένων (Καλογήρου, 2015).

3.4.1 Βιβλιογραφική Επισκόπηση

Σύμφωνα με τους Burrough k.a (2015) το GIS είναι μια μεθοδολογία για την αποθήκευση, επεξεργασία, και ανάλυση χωρικών δεδομένων με βάση γεωγραφικά δεδομένα και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αναγνώριση περιοχών υψηλού ρίσκου, όπως έχει πραγματοποιηθεί με βάση τη χωρική διασπορά ατυχημάτων. Η χωρική ανάλυση προσφέρει οπτικοποίηση του ρίσκου με τη χρήση heatmaps, δηλαδή χαρτών που με τη χρήση χρωματικής κλίμακας δείχνουν τις συγκεντρώσεις των τιμών του ρίσκου στο χώρο (Aerts, et al., 2006). Όσον αφορά τα ναυτικά ατυχήματα, τα τελευταία χρόνια έχει αξιοποιηθεί η τεχνολογία των GIS για την ανάλυση των παραγόντων που οδήγησαν στο ατύχημα καθώς και τις επιπτώσεις αυτών (Dobbins & Abkowitz, 2010; Ugurlu, et al., 2015).

Οι εφαρμογές στον τομέα αυτό ποικίλουν, καθώς εκτός από την εκτίμηση των περιοχών υψηλού ρίσκου (Shahrabi & Pelot, 2007; Giziakis, et al., 2013) η μεθοδολογία έχει εφαρμοστεί για την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων ναυτικών ατυχημάτων και για την κατάστρωση επιχειρησιακών σχεδίων (Marven, et al., 2007). Σχετικό παράδειγμα εφαρμογής αποτελεί η χρήση της μεθόδου kernel density για την αποτύπωση των πετρελαιοκηλίδων, όπως πραγματοποιήθηκε στη Βαλτική για το διάστημα 1998-2002.

Επιπλέον, υψίστης σημασίας είναι η επιλογή της κατάλληλης βάσης δεδομένων για τη μελέτη, καθώς ειδικές εφαρμογές απαιτούν συγκεκριμένα δεδομένα για να πραγματοποιηθεί η ανάλυση, όπως π.χ. στην παρούσα μελέτη που εξετάζει ατυχήματα προσάραξης, ή στη μελέτη περιοχών υψηλού ρίσκου για ατυχήματα που αφορούν αλιευτικά σκάφη (Shahrabi & Pelot, 2007). Η μελέτη με βάση τη μεθοδολογία GIS μπορεί να συνδυάσει τα χαρακτηριστικά των ναυτικών ατυχημάτων με τη γεωμορφολογία της εκάστοτε περιοχής ώστε να εντοπίσει σημεία υψηλής σημασίας (Shin & Sung, 2017). Άλλες εφαρμογές στο θαλάσσιο περιβάλλον αφορούν την εκτίμηση της περιβαλλοντικής ευαισθησίας (Ugurlu, et al., 2015) και το σχεδιασμό των αγκυροβολίων για μικρά και μεγάλα πλοία και σκάφη αναψυχής (Balaguer, et al., 2011).

Οι διαφορετικές εφαρμογές έχουν πραγματοποιηθεί σε παγκόσμια κλίμακα, καθώς και σε τοπική, όπως αποτελούν τα παραδείγματα των ελληνικών χωρικών υδάτων (αναφορικά με τις πετρελαιοκηλίδες), των τουρκικών χωρικών υδάτων (Buber, et al., 2018), των χωρικών υδάτων της Κορέας (Acharya, et al., 2017), των χωρικών υδάτων του Καναδά τόσο στην πλευρά του Ειρηνικού Ωκεανού (Marven, et al., 2007) όσο και του Ατλαντικού (Shahrabi & Pelot, 2007), των ισπανικών χωρικών υδάτων (Balaguer, et al., 2011). Οι βάσεις δεδομένων που έχουν αξιοποιηθεί στις παραπάνω μελέτες περιλαμβάνουν βάσεις δεδομένων σχετικά με ναυτικά ατυχήματα, με διαρροές πετρελαίου, με επιχειρήσεις έρευνας και διάσωσης, ατυχήματα αλιευτικών, ατυχήματα εμπορικών πλοίων (επιβατηγών και φορτηγών), με ατυχήματα που αφορούν πετρελαιοφόρα και με ατυχήματα που αφορούν σκάφη αναψυχής. Το πλήθος των δεδομένων κάθε βάσης ποικίλει ανάλογα με το σκοπό της μελέτης, καθώς εντοπίζονται μελέτες που βασίζονται σε περίπου 100 εγγραφές και άλλα που ξεπερνούν τις 600. Αξίζει να σημειωθεί πως μεταξύ των παραπάνω μελετών, οι βάσεις δεδομένων αφορούν τη δεκαετία του 1990 και του 2000, με μία εφαρμογή να εντοπίζεται που αφορά την περίοδο 2011-2016. Κατά τη βιβλιογραφική επισκόπηση δεν εντοπίστηκε μελέτη με τον ίδιο σκοπό όπως η υπάρχουσα. Επίσης, σημειώνεται πως οι εγγραφές της βάσης δεδομένων που αξιοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη αφορούν την περίοδο 2000-2020, και περιέχει περισσότερες από 250 εγγραφές στην περιορισμένη έκταση των ελληνικών χωρικών υδάτων (σε σύγκριση με μελέτες παγκόσμιας κλίμακας).

3.4.2 Επιλογή λογισμικού χωρικής ανάλυσης και εισαγωγή χαρτών και επιπρόσθετων layers

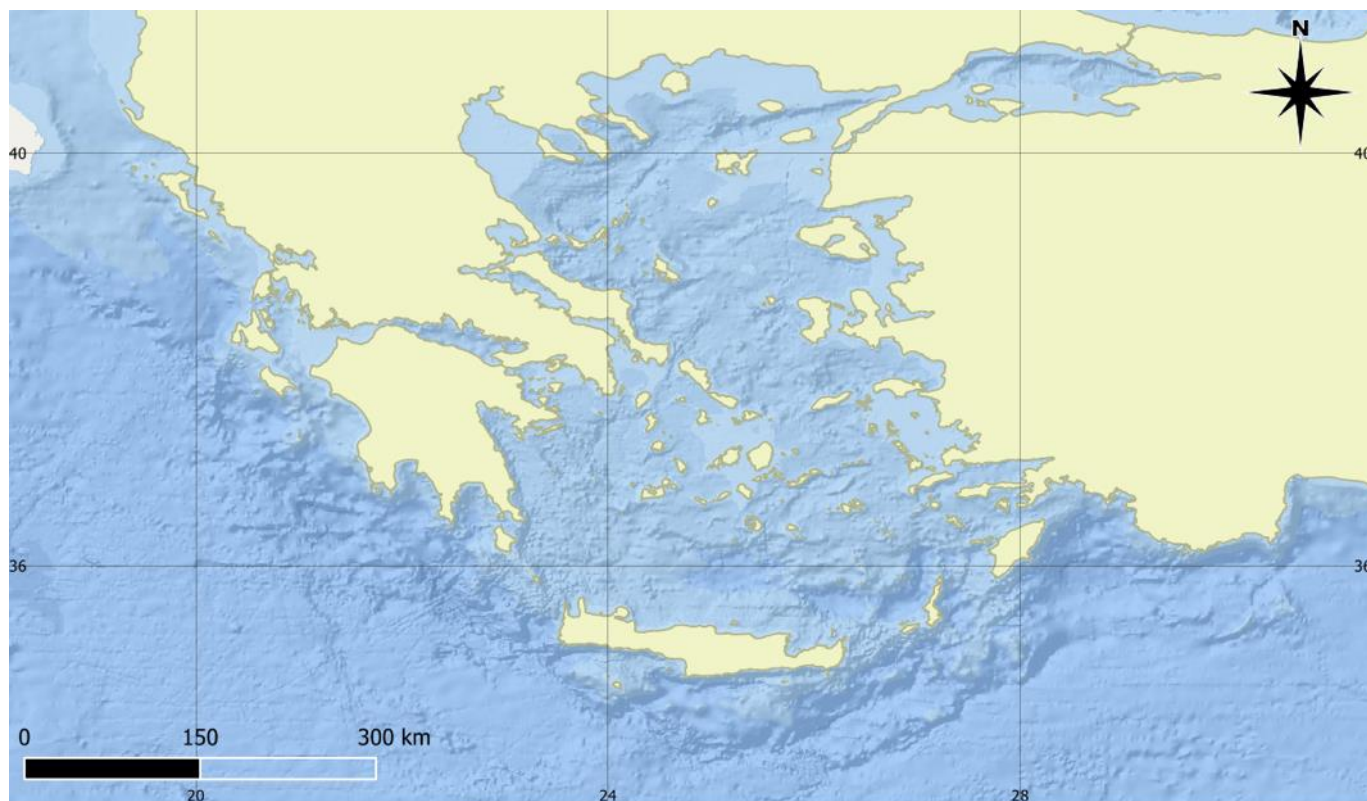
Το λογισμικό που θα χρησιμοποιηθεί για την πραγματοποίηση της ανάλυσης είναι το QGIS, και συγκεκριμένα η έκδοση 3.14. Το συγκεκριμένο λογισμικό είναι ελεύθερο για τους χρήστες (free and open source) και διαθέτει όλα τα απαραίτητα εργαλεία για την ολοκλήρωση της ανάλυσης. Επιπλέον, παρέχει ένα περιβάλλον φιλικό προς τον χρήστη και αναπτύσσεται διαρκώς, προσθέτοντας συνεχώς νέα εργαλεία για περαιτέρω αναλύσεις. Επίσης, είναι συμβατό με όλα τα λειτουργικά συστήματα ενώ δεν απαιτεί ιδιαίτερη υπολογιστική ισχύ.

Οι χάρτες είναι απαραίτητοι για την οπτικοποίηση του GIS, αν και δεν είναι αξιοποιήσιμοι για περισσότερους υπολογισμούς, όπως τα επίπεδα που παρουσιάζονται στην επόμενη παράγραφο. Για να υπάρχει μεγαλύτερη ευελιξία, προστέθηκαν πολλαπλοί χάρτες οι οποίοι ήταν ανοιχτοί προς χρήση για οποιονδήποτε σκοπό. Οι χάρτες αυτοί παρέχονται από τις εταιρίες Google και ESRI. Οι χάρτες οι οποίοι συμπεριελήφθησαν στο GIS, καθώς και οι πηγές από τις οποίες αντλήθηκαν παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.

Πίνακας 5: Χάρτες που συμπεριελήφθησαν στο GIS.

Ονομασία Χάρτη	Πηγή
ESRI	crs=EPSG:3857&format&type=xyz&url=https://server.arcgisonline.com/ArcGIS/rest/services/World_Topo_Map/MapServer/tile/%7Bz%7D/%7Bx%7D/%7By%7D&zmax=18&zmin=0
ESRI BnW (Black and White)	crs=EPSG:3857&format&type=xyz&url=http://tiles.wmflabs.org/bw-mapnik/%7Bz%7D/%7Bx%7D/%7By%7D.png&zmax=18&zmin=0
Google Terrain	crs=EPSG:3857&format&type=xyz &url=http://mt0.google.com/vt/lyrs%3Dp%26hl%3Den%26x%3D%7Bx%7D%26y%3D%7By%7D%26z%3D%7Bz%7D&zmax=18&zmin=0
Google Hybrid Map	crs=EPSG:3857&format&type=xyz&url=http://mt0.google.com/vt/lyrs%3Dy%26hl%3Den%26x%3D%7Bx%7D%26y%3D%7By%7D%26z%3D%7Bz%7D&zmax=18&zmin=0
Open Street Map	crs=EPSG:3857&format&type=xyz&url=https://tile.openstreetmap.org/%7Bz%7D/%7Bx%7D/%7By%7D.png&zmax=19&zmin=0
ESRI Ocean Base	crs=EPSG:3857&format&type=xyz&url= https://server.arcgisonline.com/ArcGIS/rest/services/Ocean/World_Ocean_Base/MapServer/tile/%7Bz%7D/%7Bx%7D/%7By%7D/%7Bx%7D&zmax=18&zmin=0

Στον Χάρτη 1 φαίνεται ο χάρτης Google Terrain στο περιβάλλον του λογισμικού QGIS.



Χάρτης 1: Ο χάρτης που επιλέχθηκε (ESRI Ocean Base) σε περιβάλλον QGIS.

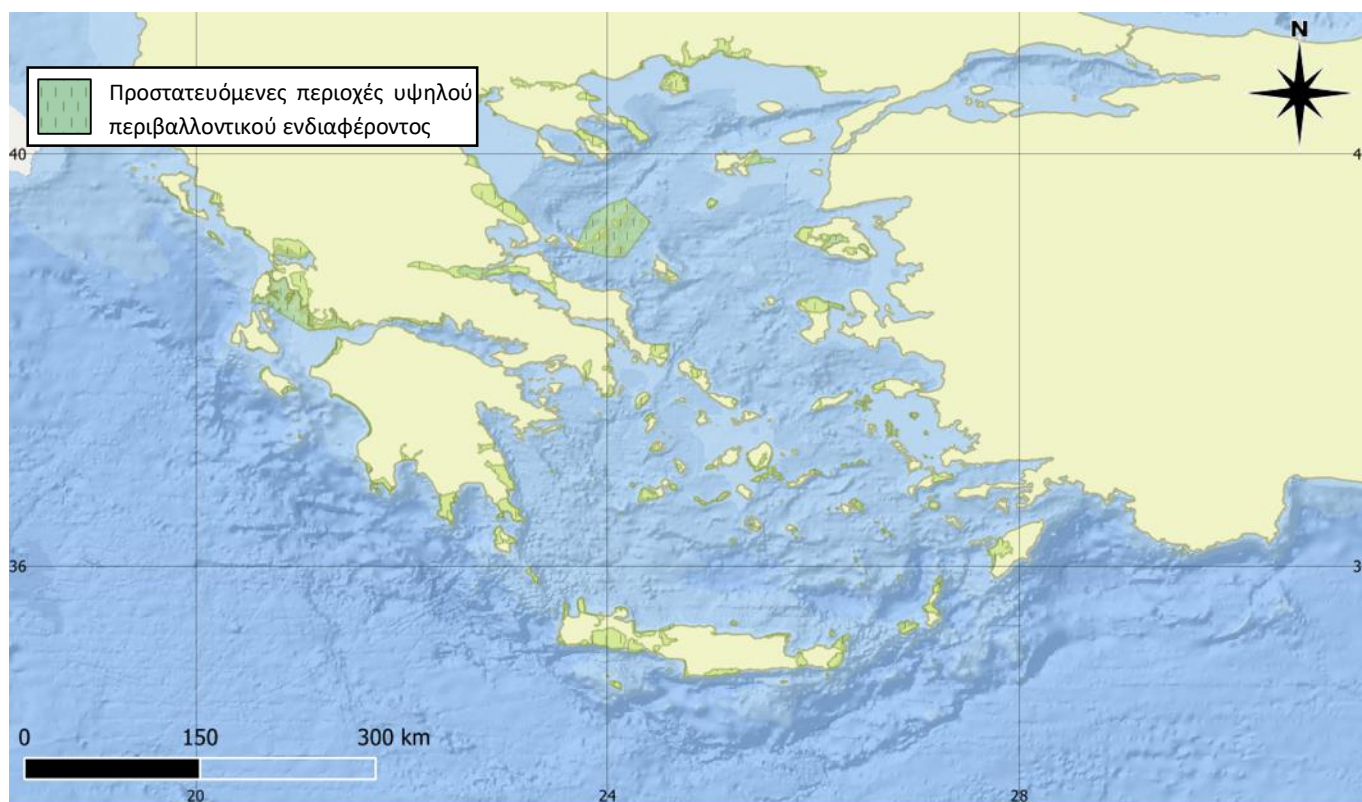
Σε αντίθεση με τους χάρτες, τα layers μπορούν να αξιοποιηθούν στην υλοποίηση της χωρικής ανάλυσης καθώς δίνουν τη δυνατότητα ανάλυσης συσχετίσεων μεταξύ των συντεταγμένων των σημείων και της πληροφορίας που περιέχεται στα layers. Έτσι, για παράδειγμα, μπορεί ο χρήστης να υπολογίσει την απόσταση των σημείων των συμβάντων από την εγγύτερη περιοχή NATURA 2000. Τα επιπλέον layers που προστέθηκαν στο GIS, καθώς και οι πηγές από τις οποίες αντλήθηκαν περιγράφονται στον Πίνακα 6. Σημειώνεται πως τα layers που αφορούν τους διοικητικούς δήμους αξιοποιήθηκαν για την αναλυτική περιγραφή της ακτογραμμής.

Πίνακας 6: Layers που προστέθηκαν στο GIS.

Ονομασία layer	Περιγραφή	Πηγή
Dhmoi_Kapodistria	Το layer αυτό περιλαμβάνει τα όρια των δήμων στην Ελλάδα, περιγράφοντας ταυτόχρονα, ικανοποιητική ακρίβεια τα όρια της ακτογραμμής.	Υπουργείο Εσωτερικών και Διοικητικής Ανασυγκρότησης
Biotopes_Natura	Το layer αυτό περιλαμβάνει τις προστατευόμενες περιοχές οικολογικού ενδιαφέροντος NATURA 2000	contextualWMSLegend=0&crs=EPSG:3857&dpiMode=7&featureCount=10&format=image/png&layers=Naturebank&referer=http://filotis.itia.ntua.gr/mapserver?SERVICE%3DWMS%26REQUEST%3DGetCapabilities%20&referer=http://filotis.itia.ntua.gr/mapserver?SERVICE%3DWMS%26REQUEST%3DGetCapabilities%20&styles&url=http://filotis.itia.ntua.gr/mapserver
Biotopes_corine	Το layer αυτό περιλαμβάνει τους προστατευόμενους υδροβιότοπους Corine	contextualWMSLegend=0&crs=EPSG:3857&dpiMode=7&featureCount=10&format=image/png&layers=Naturebank&referer=http://filotis.itia.ntua.gr/mapserver?SERVICE%3DWMS%26REQUEST%3DGetCapabilities%20&referer=http://filotis.itia.ntua.gr/mapserver?SERVICE%3DWMS%26REQUEST%

Όνομασία layer	Περιγραφή	Πηγή
		3DGetCapabilities%20&styles&url=http://filotis.itia.ntua.gr/mapserver
Biotopes_misc	Το layer αυτό περιλαμβάνει άλλους προστατευόμενους υδροβιότοπους (εκτός Corine).	contextualWMSLegend=0&crs=EPSG:3857&dpiMode=7&featureCount=10&format=image/png&layers=Naturebank&referer=http://filotis.itia.ntua.gr/mapserver?SERVICE%3DWMS%26REQUEST%3DGetCapabilities%20&referer=http://filotis.itia.ntua.gr/mapserver?SERVICE%3DWMS%26REQUEST%3DGetCapabilities%20&styles&url=http://filotis.itia.ntua.gr/mapserver
Παράκτιες υδάτινες επιφάνειες	Το layer αυτό περιλαμβάνει τις παράκτιες υδάτινες επιφάνειες	Υπουργείο Εσωτερικών και Διοικητικής Ανασυγκρότησης
Ακτές με γαλάζια σημαία	Το layer αυτό περιλαμβάνει τις ακτές με γαλάζια σημαία	Υπουργείο Εσωτερικών και Διοικητικής Ανασυγκρότησης
Ισοϋψείς καμπύλες βαθυμετρίας	Το layer αυτό περιλαμβάνει τις ισοϋψείς καμπύλες βαθυμετρίας για την Ελλάδα. Περιλαμβάνει πληροφορία σχετικά με το βάθος σε κάθε σημείο.	Πηγή: IMBC, grebath.sph

Στον Χάρτη 2 παρουσιάζονται τα layers που προστέθηκαν στα πλαίσια της μελέτης και αφορούν περιοχές υψηλού περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος.

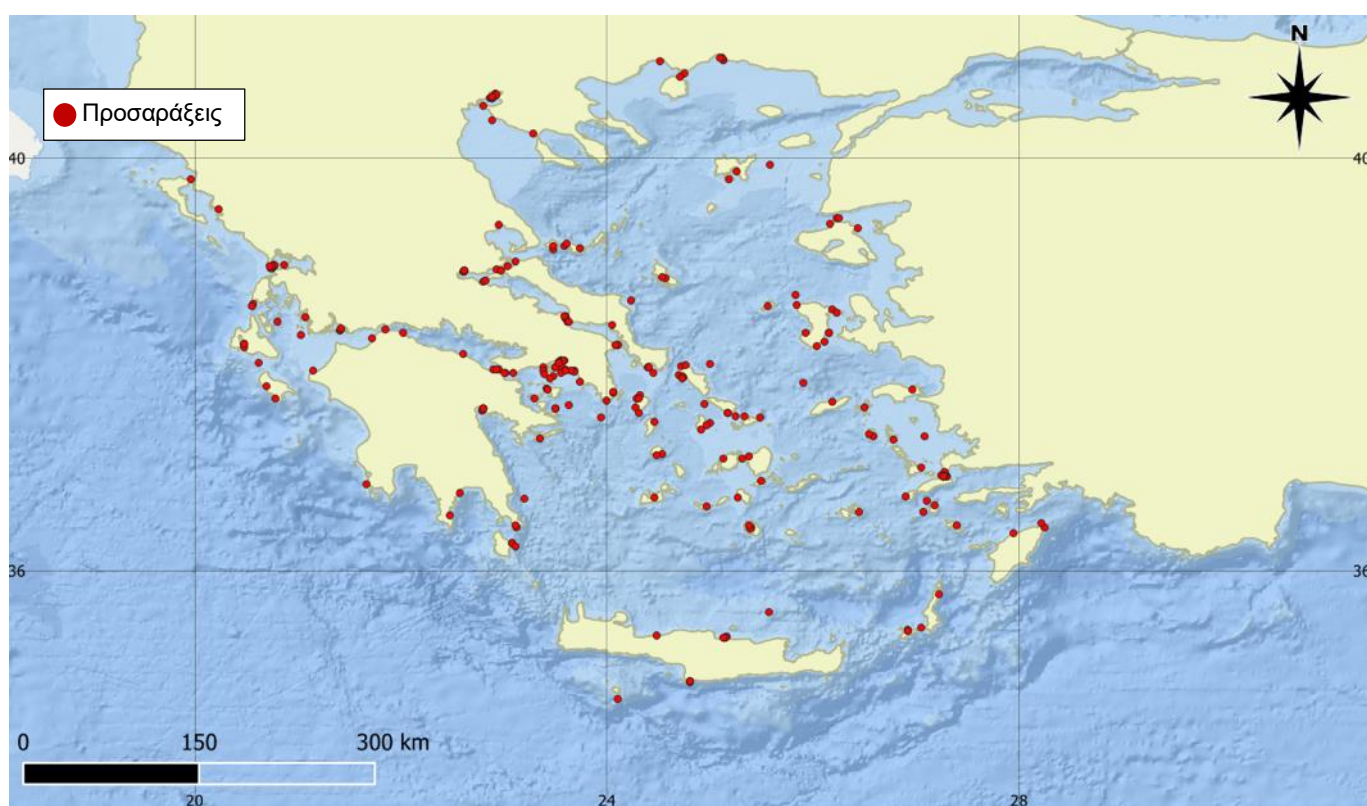


Χάρτης 2: Περιοχές υψηλού περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος.

3.4.3 Εισαγωγή δεδομένων ατυχημάτων ενδιαφέροντος και έλεγχος ορθότητας

Για την εισαγωγή της βάσης δεδομένων στο περιβάλλον του GIS αξιοποιήθηκε η πληροφορία της γεωγραφικής θέσης (γεωγραφικό πλάτος – στήλη Q, γεωγραφικό μήκος – στήλη R) από την βάση δεδομένων που δημιουργήθηκε. Κάθε ατύχημα καταχωρήθηκε με γνώμονα τη γεωγραφική θέση που συνέβη ενώ τα υπόλοιπα στοιχεία παρουσιάζονται με την μορφή «καρτέλας». Τα ατυχήματα ενδιαφέροντος φαίνονται στον Χάρτη 3 με σκούρο κόκκινο χρώμα.

Αξιζει να σημειωθεί πως κατά την εισαγωγή των σημείων στο λογισμικό GIS παρατηρήθηκε πως μερικά στίγματα δεν ήταν σωστά. Αυτό οφείλεται στην ακρίβεια των αρχικών βάσεων δεδομένων, οι οποίες περιείχαν πληροφορία με μέγιστο σφάλμα ένα (1) ναυτικό μίλι. Σε αυτό το σημείο ακολούθησε η διόρθωση των στίγμάτων των ατυχημάτων με βάση τις επίσημες αναφορές των ατυχημάτων, όπου ήταν δυνατό, και άλλες αναφορές (π.χ., διαδίκτυο, μέσα μαζικής ενημέρωσης, οπτικοακουστικό υλικό).



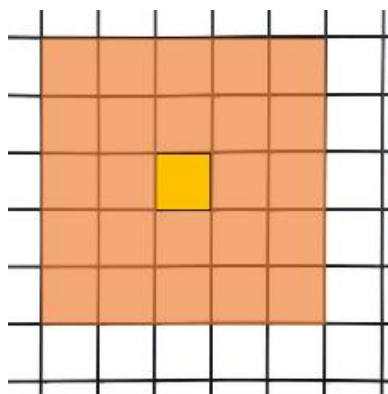
Χάρτης 3: Ατυχήματα προσάραξης στα ελληνικά χωρικά ύδατα.

3.4.4 Μέθοδος υπολογισμού τιμών στο grid

Για τον υπολογισμό των τιμών των παρακάτω βημάτων της μελέτης (π.χ. ρίσκου, συχνότητας, περιβαλλοντικής επικινδυνότητας) σε κάθε σημείο εντός των ελληνικών χωρικών υδάτων, κρίθηκε απαραίτητη η ανάπτυξη ενός μοναδικού κανόνα για όλα τα στάδια της μελέτης. Με βάση τον κανόνα αυτό, που περιγράφεται παρακάτω, είναι δυνατή η συσχέτιση διαφορετικών τιμών που χαρακτηρίζουν μία περιοχή σε ένα ενιαίο πλαίσιο (grid) που χρησιμοποιείται ως σύστημα αναφοράς.

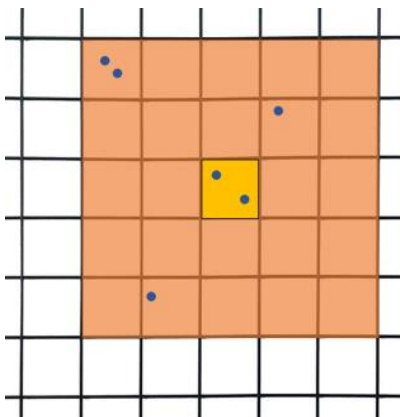
Αρχικά, κατασκευάστηκε grid όπου κάθε κελί έχει πλευρά 1 km. Η συγκεκριμένη ακρίβεια επιλέχθηκε με βάση την ακρίβεια των διαθέσιμων layers που αξιοποιήθηκαν στην μελέτη. Σημειώνεται πως το εμβαδόν του grid είναι 1 km² στο μέσο του χάρτη, καθώς η καμπυλότητα της γης αμβλύνει τις οριζόντιες πλευρές και παραμορφώνει τις κάθετες, δημιουργώντας τραπέζια. Η παραμόρφωση αυτή αγνοείται καθώς είναι αμελητέα στα πλαίσια της μελέτης. Ο συνολικός αριθμός των κελιών στο grid είναι 335.511.

Στη συνέχεια, αποδόθηκαν τιμές στα κελιά του grid ανάλογα με το στάδιο της μελέτης. Για παράδειγμα, στο πρώτο στάδιο, κάθε κελί του grid πήρε μία τιμή που αναφέρεται στον αριθμό προσαράξεων που έχουν γίνει εντός των ορίων του. Έπειτα, για τη βελτίωση των αποτελεσμάτων της μελέτης και για ομοιομορφία των χαρτών που παρουσιάζονται, σε κάθε κελί προστέθηκε η τιμή των οχτώ (8) εγγύτερων κελιών, δηλαδή της περιοχής με κέντρο το εν λόγω κελί του grid και εμβαδόν ίσο με εννέα (9) km² (3x3 κελιά του grid, βλ. Εικόνα 1). Στο προηγούμενο παράδειγμα, κάθε κελί του grid πήρε τιμή ίση με τον αριθμό προσαράξεων που συνέβησαν εντός των ορίων του ίδιου και των οχτώ (8) εγγύτερων κελιών. Ο ίδιος κανόνας εφαρμόστηκε σε όλα τα κελιά και για όλα τα στάδια της μελέτης. Η μέθοδος αυτή είναι γνωστή ως «kernel density method» και παραδείγματα της εφαρμογής της παρουσιάζονται στην βιβλιογραφική επισκόπηση της παρούσας μελέτης (Silverman, 1998).



Εικόνα 1: Η τιμή κάθε χαρακτηριστικού ενός κελιού του grid είναι ίση με το άθροισμα των τιμών του ίδιου (κίτρινο) και των οχτώ (8) εγγύτερων κελιών (πορτοκαλί).

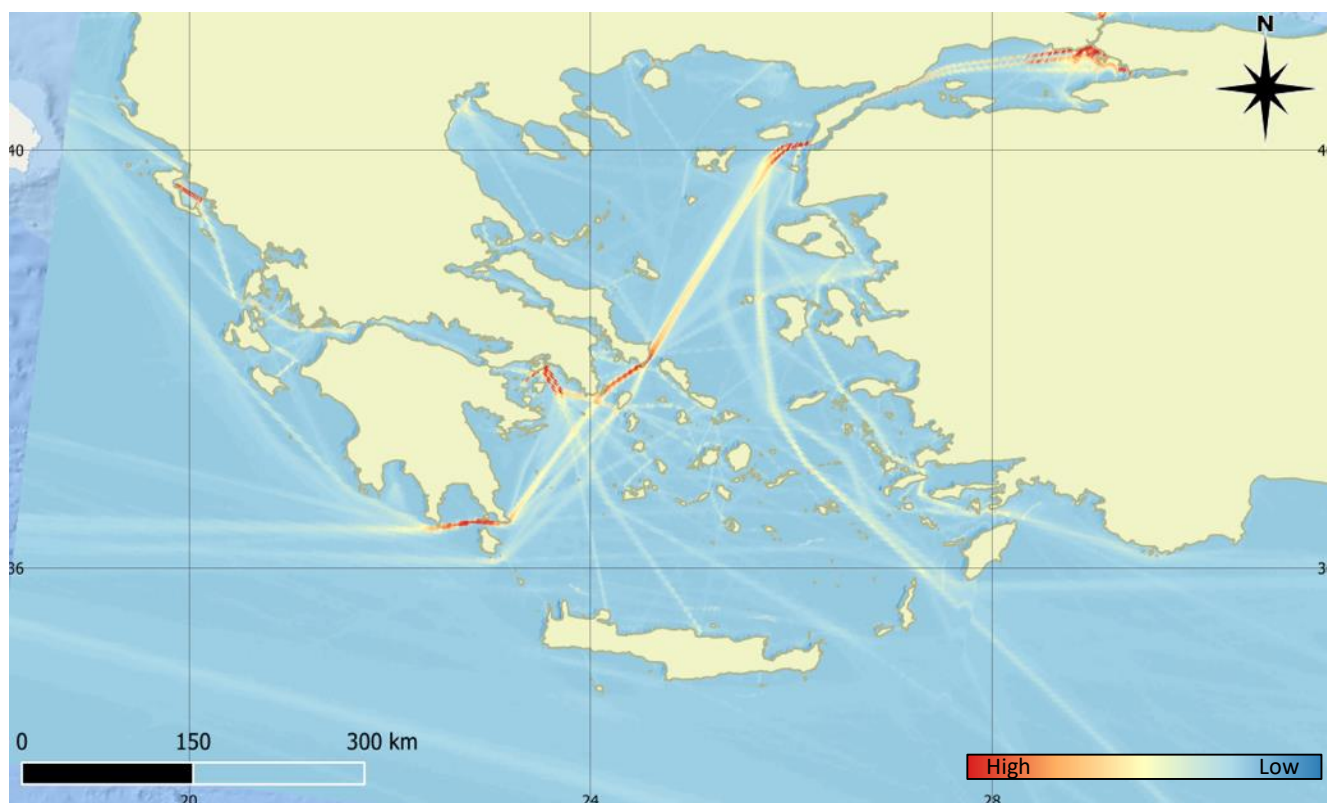
Στο παράδειγμα της Εικόνα 2, η τιμή που λαμβάνει το κίτρινο κελί του grid είναι ίση με έξι (6).



Εικόνα 2: Παράδειγμα υπολογισμού τιμής ενός χαρακτηριστικού (attribute) ενός κελιού του grid.

3.4.5 Υπολογισμός Συχνότητας Διελεύσεων

Για τον υπολογισμό της συχνότητας των διελεύσεων αξιοποιήθηκε layer που παρέχεται από την European Maritime Safety Agency (EMSA). Τα δεδομένα αυτού του layer έχουν πληροφορία με ακρίβεια 1 km² (grid 1x1 km) για τις διελεύσεις πλοίων. Συνεπώς, ο Χάρτης 4 δείχνει τη συχνότητα των διελεύσεων σε μονάδες διελεύσεων ανά έτος ανά km². Με έντονο κόκκινο φαίνονται οι περιοχές με υψηλότερο αριθμό διελεύσεων ανά έτος, ενώ στις κίτρινες και στις γαλάζιες, οι περιοχές με τον χαμηλότερο αριθμό διελεύσεων ανά έτος.



Χάρτης 4: Πυκνότητα διελεύσεων (route density) σε διελεύσεις ανά έτος ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο (Πηγή: EMSA).

3.4.6 Προσδιορισμός περιβαλλοντικής επικινδυνότητας

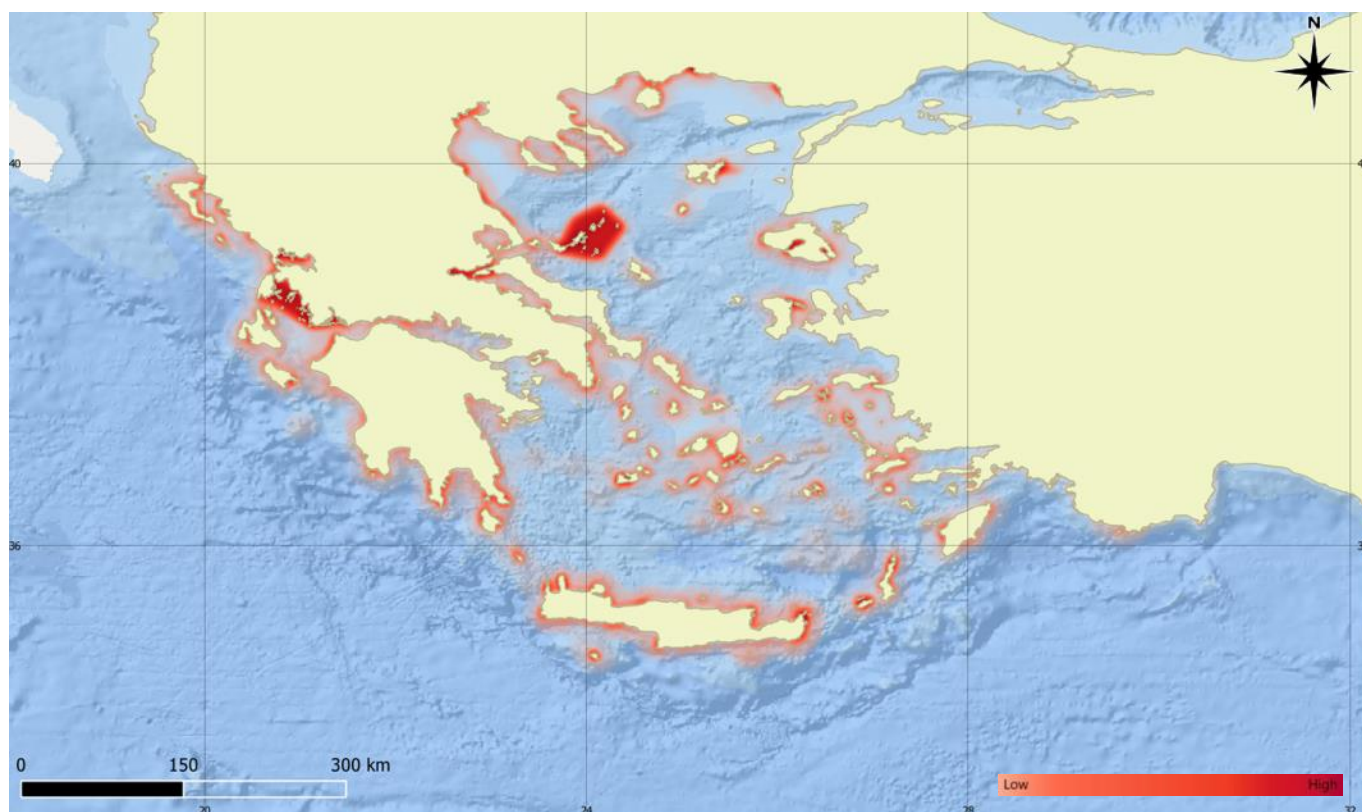
Ακολούθησε ο υπολογισμός των επιπτώσεων μιας πιθανής προσάραξης οι οποίες εκφράζονται με έναν δείκτη για κάθε σημείο του θαλάσσιου χώρου. Η περιβαλλοντική επικινδυνότητα της κάθε γεωγραφικής περιοχής προκύπτει ως συνδυασμός των παρακάτω παραμέτρων:

- Απόσταση από την ακτογραμμή⁵ στη γεωγραφική περιοχή και η απόσταση από την ακτή,
- απόσταση από την κοντινότερη προστατευόμενη περιοχή (NATURA 2000, Corine, κ.ά.), και
- απόσταση από παραλίες με γαλάζια σημαία.

Το αποτέλεσμα είναι ένα καινούργιο layer στο GIS που περιγράφει την ευαισθησία σε κάθε κελί με βάση τα παραπάνω κριτήρια, όπως φαίνεται στον Χάρτη 5. Σημειώνεται πως οι παραπάνω παράμετροι θεωρούνται ισοβαρείς για τον υπολογισμό του συνολικού δείκτη περιβαλλοντικής επικινδυνότητας (επιπτώσεων).

Παρατηρούμε πως οι περιοχές που βρίσκονται εγγύτερα σε προστατευόμενες περιοχές υψηλού περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος (π.χ., θαλάσσιο πάρκο Αλοννήσου), καθώς και οι περιοχές που βρίσκονται κοντά στην ακτή, και ειδικότερα σε κλειστούς κόλπους (π.χ., Μαλιακός κόλπος, Πρέβεζα) παρουσιάζουν υψηλότερο δείκτη περιβαλλοντικής επικινδυνότητας. Σε επόμενα στάδια της μελέτης, ο δείκτης αυτός θα συσχετιστεί με τη συχνότητα εμφάνισης ατυχημάτων προσάραξης για την αποτίμηση του ρίσκου σε κάθε περιοχή.

⁵ <https://geodata.gov.gr/dataset/aktogramme>



Χάρτης 5: Περιοχές υψηλής περιβαλλοντικής επικινδυνότητας.

3.5 Επιλογή Επικίνδυνων Σημείων

Για την επιλογή των επικίνδυνων σημείων εφαρμόστηκαν και συνδυάστηκαν τα παρακάτω κριτήρια:

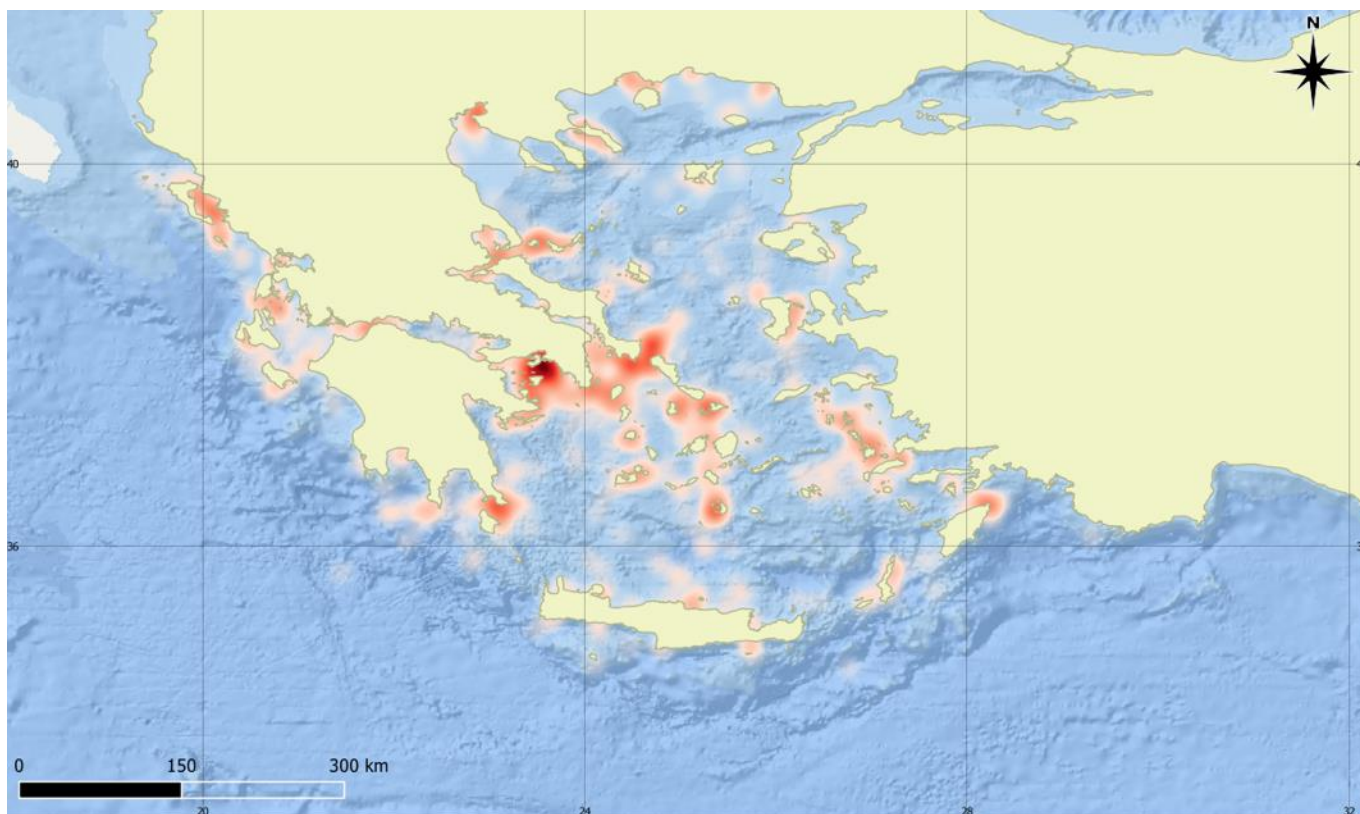
- Κριτήριο χωρικής συγκέντρωσης προσαράξεων,
- Κριτήριο συχνότητας προσαράξεων και,
- Κριτήριο ρίσκου προσαράξεων.

Η εφαρμογή των κριτηρίων έγινε μέσω υπολογισμών στο GIS με βάση τη μεθοδολογία που περιγράφεται στην υποενότητα 3.4.4.

Στην παρούσα ενότητα περιγράφεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την εφαρμογή του κάθε κριτηρίου καθώς και τα αποτελέσματα. Αρχικά, για κάθε κριτήριο επιλέχθηκαν οι δέκα (10) περιοχές με τις υψηλότερες τιμές. Στη συνέχεια, οι περιοχές που αναγνωρίστηκαν με κάθε κριτήριο παρουσιάζονται συνολικά, καταλήγοντας στις πέντε (5) περιοχές που κρίνονται ως πιο επικίνδυνες για ατυχήματα προσαράξεων. Τονίζεται πως τα τελικά αποτελέσματα, δηλαδή η τελική επιλογή των πέντε περιοχών, δεν επηρεάζεται αν συνυπολογιστούν και τα άλλα είδη ατυχημάτων.

3.5.1 Κριτήριο χωρικής συγκέντρωσης (πυκνότητας) προσαράξεων

Το πρώτο κριτήριο αφορά τη συγκέντρωση των προσαράξεων στον χώρο. Για την εφαρμογή του κριτηρίου αυτού, αρχικά έγινε δημιουργία μίας νέας στήλης στο dataset του grid. Οι τιμές της στήλης αυτής υπολογίστηκαν ως το άθροισμα των προσαράξεων των οποίων το στίγμα βρίσκεται εντός των ορίων των εννέα (9) κελιών (3x3) του grid με κέντρο το κελί προς εξέταση, όπως περιγράφεται στην ενότητα 3.4.4. Στη συνέχεια, έγινε ανάπτυξη του heatmap μέσω του QGIS για την δημιουργία του Χάρτη 6.



Χάρτης 6: Συγκέντρωση ατυχημάτων προσάραξης στα ελληνικά χωρικά ύδατα.

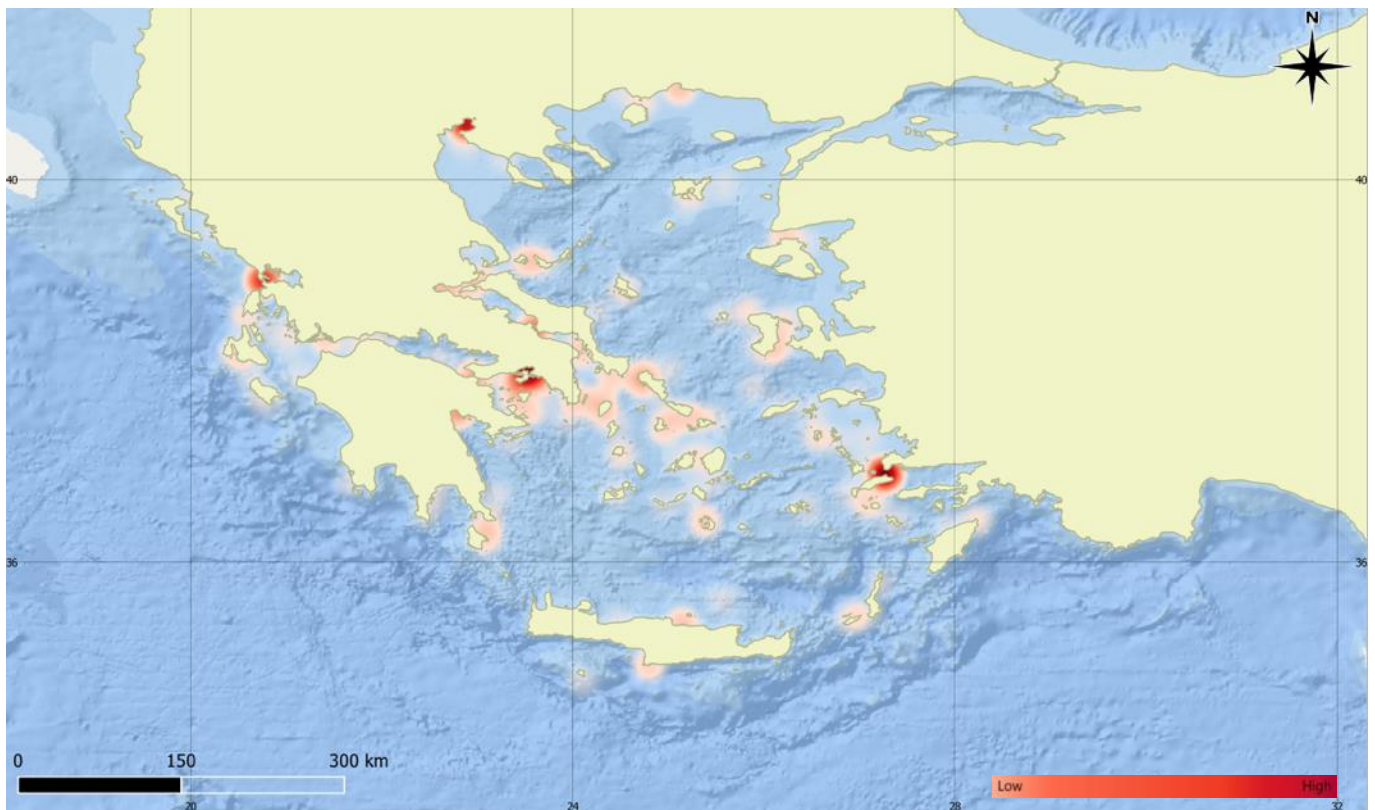
Έπειτα, ακολούθησε ταξινόμηση της νέας στήλης με σκοπό την αναγνώριση των δέκα (10) πιο επικίνδυνων σημείων για προσάραξεις με βάση το κριτήριο αυτό. Αξίζει να σημειωθεί πως λόγω του μεγάλου πλήθους των σημείων που περιγράφουν τις ευρύτερες θαλάσσιες περιοχές, ήταν απαραίτητη η αυτόματη ομαδοποίηση των τιμών, με σκοπό η εργασία να καταλήξει στις δέκα (10) περιοχές. Για παράδειγμα, ο Σαρωνικός περιγράφεται από περίπου 1000 κελιά που θα μονοπωλούσαν τις πρώτες θέσεις της ταξινόμησης, αν δεν είχε εφαρμοστεί η ομαδοποίηση.

Με βάση το κριτήριο της χωρικής συγκέντρωσης, αναγνωρίζονται οι παρακάτω περιοχές ως πιο επικίνδυνες για την εμφάνιση ατυχημάτων προσάραξης:

- ο Σαρωνικός κόλπος η περιοχή του Πειραιά,
- το Στενό Κέας,
- το Στενό Καφηρέα,
- η Πρέβεζα,
- η περιοχή ΒΔ της Ν. Κω,
- η περιοχή μεταξύ Τήνου και Μυκόνου,
- η περιοχή ανατολικά της Χίου,
- η περιοχή νότια από το εθνικό πάρκο Δέλτα Νέστου,
- το Ηράκλειο της Κρήτης, και
- ο Θερμαϊκός Κόλπος.

3.5.2 Κριτήριο συχνότητας προσαράξεων

Το επόμενο κριτήριο αφορά τη συχνότητα των προσαράξεων στα ελληνικά χωρικά ύδατα. Για την εφαρμογή του κριτηρίου αυτού ήταν απαραίτητη η συσχέτιση του πλήθους των ατυχημάτων προσαράξεων στο εκάστοτε κελί του grid (παράγραφος 3.4.3) με τη συχνότητα διελεύσεων (παράγραφος 3.4.5). Η συχνότητα των προσαράξεων σε κάθε κελί υπολογίστηκε ως το πηλίκο του πλήθους ατυχημάτων προσάραξης προς τις διελεύσεις ανά έτος. Συνεπώς, η συχνότητα εμφάνισης ατυχημάτων προσάραξης είναι εκφρασμένη σε προσαράξεις ανά διελεύσεις ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο. Ο υπολογισμός έγινε μέσω SQL λόγω του μεγάλου πλήθους των δεδομένων και της υψηλής απαίτησης σε υπολογιστική ισχύ. Με βάση τα αποτελέσματα των υπολογισμών, έγινε ανάπτυξη του heatmap που παρουσιάζεται στον Χάρτη 7.



Χάρτης 7: Συχνότητα ατυχημάτων προσάραξης στα ελληνικά χωρικά ύδατα.

Με βάση το κριτήριο της συχνότητας των προσαράξεων, αναγνωρίζονται οι παρακάτω περιοχές ως πιο επικίνδυνες για την εμφάνιση ατυχημάτων προσάραξης:

- ο Σαρωνικός κόλπος η περιοχή του Πειραιά,
- η Πρέβεζα,
- η περιοχή ΒΔ της Ν. Κω,
- το Ηράκλειο της Κρήτης,
- ο Θερμαϊκός Κόλπος,
- το Στενό Κέας,
- η περιοχή μεταξύ Τήνου και Μυκόνου,
- το Στενό Καφηρέα,

- το Στενό Κάσου, και
- ο Πατραϊκός Κόλπος.

3.5.3 Κριτήριο Ρίσκου

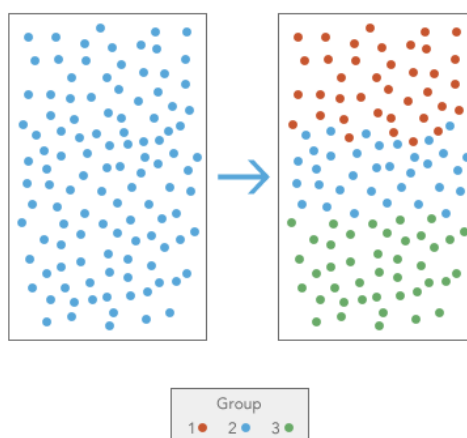
Το τρίτο κριτήριο αφορά το ρίσκο ατυχημάτων προσάραξης ανά περιοχή με βάση τα κριτήρια της παρούσας μελέτης. Η αναγνώριση, η ταξινόμηση και η επιλογή των πιο επικίνδυνων περιοχών που εμφανίζονται τα ατυχήματα ενδιαφέροντος πραγματοποιήθηκε με την ανάπτυξη μοντέλου ρίσκου. Το μοντέλου ρίσκου που αναπτύχθηκε βασίζεται στην δημιουργία ενός δείκτη ρίσκου (Risk Index) αντίστοιχο με αυτό που εφαρμόζεται από το Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (International Maritime Organisation, IMO) στις αναλύσεις των Formal Safety Assessments (FSAs) (IMO, 2018).

Το μοντέλο που αναπτύχθηκε συνδυάζει τη συχνότητα εμφάνισης των ατυχημάτων με τις συνέπειες που αυτά μπορεί να έχουν και τα δύο σε λογαριθμική κλίμακα με σκοπό την εξαγωγή ενός δείκτη ρίσκου για κάθε κελί. Πιο αναλυτικά τα γεγονότα του παρελθόντος (συχνότητα ατυχημάτων) χρησιμοποιούνται με τις πιθανές συνέπειες ενός ατυχήματος για την εξαγωγή του δείκτη ρίσκου.

Η συχνότητα εμφάνισης των ατυχημάτων και οι πιθανές συνέπειες μελετήθηκαν ανεξάρτητα και περιγράφονται στις υποενότητες 3.5.1 και 3.5.2 αντίστοιχα. Στη συνέχεια, ακολούθησε η εκτίμηση του ρίσκου για κάθε περιοχή (κελί) με βάση τα παραπάνω, καταλήγοντας στην αναγνώριση των δέκα (10) περιοχών που κρίνονται ως πιο επικίνδυνα για ατυχήματα προσάραξης με βάση την τιμή του ρίσκου.

Η βαθμονόμηση της συχνότητας των ατυχημάτων έγινε σε λογαριθμική κλίμακα ενώ οι απαραίτητοι υπολογισμοί έγιναν σε περιβάλλον SQL (Παράρτημα 4). Για κάθε κελί του grid δημιουργήθηκε μία στήλη για τον υπολογισμό του δείκτη συχνότητας στην κλίμακα του μοντέλου. Για την αντιστοίχιση εφαρμόστηκε λογαριθμικός κανόνας, όπου κάθε τάξη μεγέθους αντιστοιχεί σε μία βαθμίδα της κλίμακας, με το 10^0 να αντιστοιχεί στην τιμή 1, το 10^{-1} στην τιμή 2, κ.ο.κ., όπως φαίνεται στον Πίνακα 7.

Για την βαθμονόμηση της ευαισθησίας δημιουργήθηκε νέα στήλη για κάθε κελί του grid. Για την αναγωγή στη νέα κλίμακα που απαιτεί το μοντέλο ρίσκου, εφαρμόστηκε η μέθοδος των φυσικών διαστημάτων (Jenks natural breaks) ο οποίος κρίθηκε κατάλληλος δεδομένου του όγκου των δεδομένων. Σύμφωνα με τους Chen κ.α. (2013) η μέθοδος των φυσικών διαστημάτων δημιουργήθηκε από τον Jenks και δημιουργεί κατηγορίες από συνεχείς τιμές με βάση την ομαδοποίηση των τιμών, τις αυξομειώσεις τους και την ασυνέχειά τους και χρησιμοποιείται όταν οι τιμές δεν είναι κατανομημένες ομοιόμορφα, δημιουργώντας συγκεντρώσεις τιμών (βλ. **Σφάλμα! Το αρχείο προέλευσης της αναφοράς δεν βρέθηκε.**).



Εικόνα 3: Μέθοδος φυσικών διαστημάτων - Jenks Natural Breaks.

Πίνακας 7: Βαθμονόμηση συχνότητας σε λογαριθμική κλίμακα.

Δείκτης Συχνότητας		
Τιμή Συχνότητας	Περιγραφή	Δείκτης Συχνότητας
10^0	<i>Εξαιρετικά Συχνό</i> : Εμφάνιση συμβάντος περισσότερες από μια φορές τον χρόνο στο ίδιο σημείο*	7
10^{-1}	<i>Πολύ συχνό</i> : Εμφάνιση συμβάντος περισσότερες από μια φορές τον χρόνο στο ίδιο σημείο για έναν στόλο 10 πλοίων	6
10^{-2}	<i>Συχνό</i> : Εμφάνιση συμβάντος περισσότερες από μια φορές τον χρόνο στο ίδιο σημείο για έναν στόλο 100 πλοίων	5
10^{-3}	<i>Σημαντικό</i> : Εμφάνιση συμβάντος περισσότερες από μια φορές τον χρόνο στο ίδιο σημείο για έναν στόλο 1000 πλοίων.	4
10^{-4}	<i>Σπάνιο</i> : Εμφάνιση συμβάντος περισσότερες από μια φορές τον χρόνο στο ίδιο σημείο για έναν στόλο 10000 πλοίων	3
10^{-5}	<i>Εξαιρετικά Σπάνιο</i>	2
10^{-6}		1

* Εντός του ίδιου κελιού του grid, με πλευρά 1 km.

Τα υποσύνολα που παράχθηκαν στο QGIS ήταν συνολικά τέσσερα (4), και αντιστοιχούν στις τιμές που παρουσιάζονται στον Πίνακα 8.

Πίνακας 8: Βαθμονόμηση επικινδυνότητας.

Δείκτης επικινδυνότητας		
Επικινδυνότητα	Περιγραφή	Δείκτης επικινδυνότητας
Πολύ υψηλή	- Εγγύτητα* σε ακτές - Εγγύτητα σε προστατευόμενες περιβαλλοντικές περιοχές - Εγγύτητα σε ακτές υψηλού τουριστικού ενδιαφέροντος (όλα τα παραπάνω ισχύουν ταυτόχρονα)	4
Υψηλή	- Εγγύτητα σε ακτές - Εγγύτητα σε προστατευόμενες περιβαλλοντικές περιοχές - Εγγύτητα σε ακτές υψηλού τουριστικού ενδιαφέροντος (τουλάχιστον δύο (2) από τα παραπάνω ισχύουν ταυτόχρονα)	3
Σημαντική	- Εγγύτητα σε ακτές (κάτω από 5 km) - Εγγύτητα σε προστατευόμενες περιβαλλοντικές περιοχές - Εγγύτητα σε ακτές υψηλού τουριστικού ενδιαφέροντος (τουλάχιστον ένα από τα παραπάνω)	2
Χαμηλή	Σημαντική απόσταση\$ από ακτές, προστατευόμενες περιβαλλοντικές περιοχές και ακτές υψηλού τουριστικού ενδιαφέροντος	1

* Όπου εγγύτητα ορίζεται το εμβαδό που ορίζουν τα γειτνιάζοντα κελιά και τα γειτνιάζοντα αυτών, δηλαδή στο περιγεγραμμένο τετράγωνο με πλευρά 5 km (βλέπε Εικόνα 1).

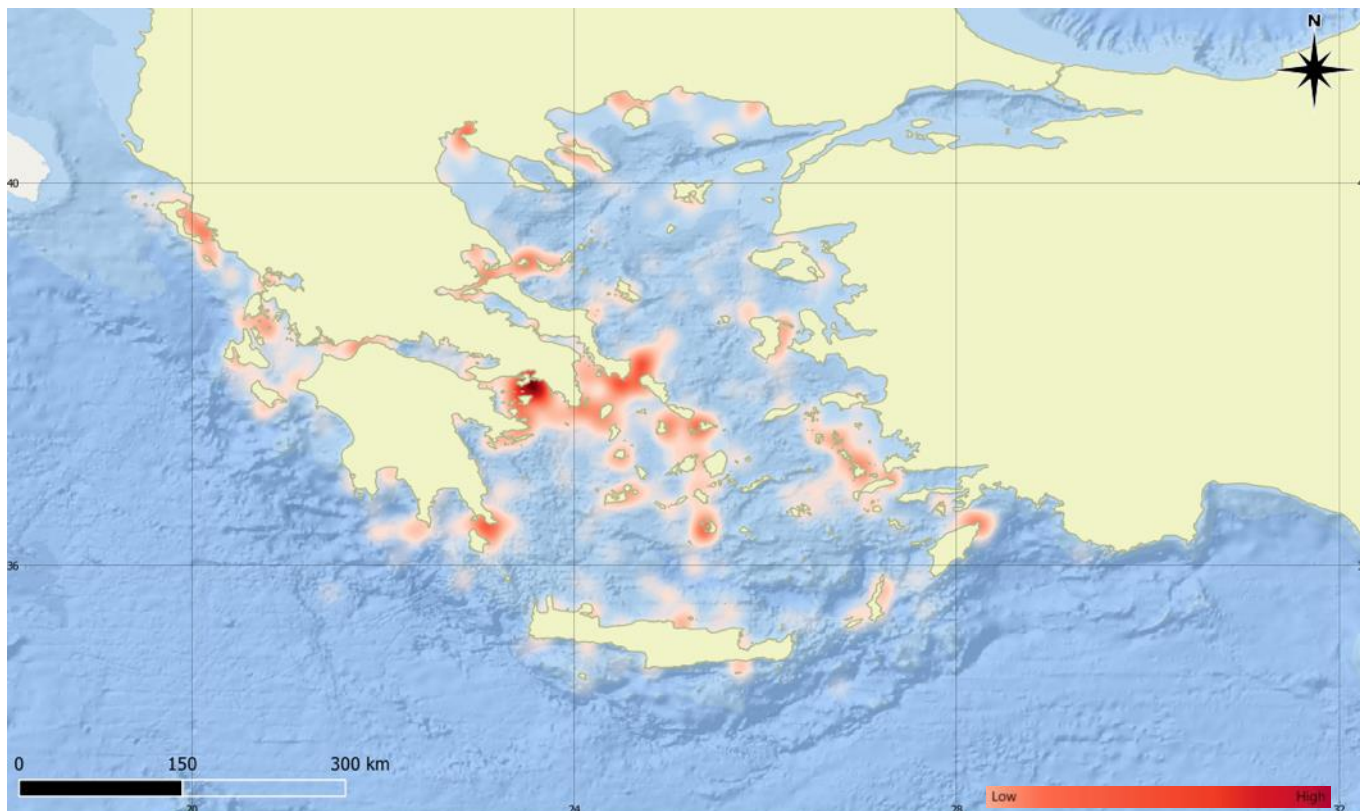
\$ Όπου σημαντική απόσταση εννοείται η απουσία του στοιχείου μέσα στο εμβαδό που ορίζουν τα γειτνιάζοντα κελιά και τα γειτνιάζοντα αυτών, δηλαδή στο περιγεγραμμένο τετράγωνο με πλευρά 5 km (βλέπε Εικόνα 1).

Με βάση τις τιμές του δείκτη επικινδυνότητας και του δείκτη συχνότητας, συμπληρώνεται ο αντίστοιχος πίνακας για τις τιμές του ρίσκου. Η εκάστοτε τιμή του ρίσκου προκύπτει ως το άθροισμα της τιμής του δείκτη επικινδυνότητας και του δείκτη συχνότητας, καθώς οι παραπάνω πίνακες είναι βαθμονομημένοι σε λογαριθμική κλίμακα. Για παράδειγμα, αν σε ένα κελί του grid η τιμή του δείκτη επικινδυνότητας είναι 2 και η τιμή του δείκτη συχνότητας είναι 3, η τιμή που θα λάβει ο δείκτης του ρίσκου θα είναι 5.

Πίνακας 9: Δείκτης Ρίσκου.

Δείκτης Ρίσκου					
Δείκτης συχνότητας	Συχνότητα	Δείκτης Επικινδυνότητας			
		1	2	3	4
		Χαμηλή	Σημαντική	Υψηλή	Πολύ Υψηλή
7		8	9	10	11
6	Πολύ συχνή	7	8	9	10
5		6	7	8	9
4	Σημαντική	5	6	7	8
3		4	5	6	7
2	Σπάνια	3	4	5	6
1		2	3	4	5

Ακολουθώντας την ίδια διαδικασία με τα προηγούμενα στάδια για την ανάπτυξη του heatmap, παράγουμε τον Χάρτη 8 που φαίνεται παρακάτω για τις τιμές του ρίσκου.



Χάρτης 8: Ρίσκο ατυχήματος προσάραξης στα ελληνικά χωρικά ύδατα.

Με βάση το κριτήριο του ρίσκου, αναγνωρίζονται οι παρακάτω περιοχές ως πιο επικίνδυνες για την εμφάνιση ατυχημάτων προσάραξης:

- ο Σαρωνικός κόλπος η περιοχή του Πειραιά
- ΒΔ της Ν. Κω
- Στενό Καφηρέα
- Στενό Κέας
- η περιοχή μεταξύ Τήνου και Μυκόνου
- Πρέβεζα
- ο Θερμαϊκός Κόλπος
- ο Μαλιακός Κόλπος
- Η περιοχή μεταξύ Σκόπελου και Σκιάθου
- Στενό Ελαφονήσου



Εικόνα 4: Προσάραξη στην Πρέβεζα.

3.5.4 Προσδιορισμός επικίνδυνων σημείων για προσάραξη

Στον Πίνακα 10 παρουσιάζονται συγκεντρωμένες οι πιο επικίνδυνες περιοχές για ατυχήματα προσάραξης, για όλα τα κριτήρια αναγνώρισης περιοχών, με βάση την παρούσα μελέτη. Αναλυτικοί χάρτες με λεπτομέρεια στις περιοχές που αναγνωρίστηκαν περιλαμβάνονται στο Παράρτημα 1 του παρόντος.

Πίνακας 10: Επικίνδυνα σημεία για προσάραξη.

#	Πυκνότητα των ατυχημάτων	Συχνότητα των ατυχημάτων	Ρίσκο
1	Σαρωνικός κόλπος η περιοχή του Πειραιά	ο Σαρωνικός κόλπος η περιοχή του Πειραιά	ο Σαρωνικός κόλπος η περιοχή του Πειραιά
2	Στενό Κέας	Πρέβεζα	ΒΔ της Ν. Κω
3	Στενό Καφηρέα	ΒΔ της Ν. Κω	Στενό Καφηρέα
4	Πρέβεζα	Ηράκλειο της Κρήτης	Στενό Κέας
5	ΒΔ της Ν. Κω	ο Θερμαϊκός Κόλπος	η περιοχή μεταξύ Τήνου και Μυκόνου
6	η περιοχή μεταξύ Τήνου και Μυκόνου	Στενό Κέας	Πρέβεζα
7	ανατολικά της Χίου	η περιοχή μεταξύ Τήνου και Μυκόνου	ο Θερμαϊκός Κόλπος
8	νότια από το εθνικό πάρκο Δέλτα Νέστου	Στενό Καφηρέα	ο Μαλιακός Κόλπος
9	Ηράκλειο της Κρήτης	Στενό Κάσου	Η περιοχή μεταξύ Σκόπελου και Σκιάθου
10	ο Θερμαϊκός Κόλπος	ο Πατραϊκός Κόλπος	Στενό Ελαφονήσου

Παρατηρούμε πως οι παρακάτω περιοχές, αναγνωρίζονται σε όλα τα κριτήρια και, συνεπώς, προσδιορίζονται ως τα πιο επικίνδυνα σημεία για προσάραξη στα ελληνικά χωρικά ύδατα με βάση τα ατυχήματα που συνέβησαν εντός της περιόδου 2000 - 2020:

- Ηράκλειο Κρήτης
- Η περιοχή μεταξύ Τήνου και Μυκόνου
- Στενό Κέας
- Πρέβεζα
- Στενό Ελαφονήσου



Εικόνα 5: Προσάραξη στην ν. Κέα.

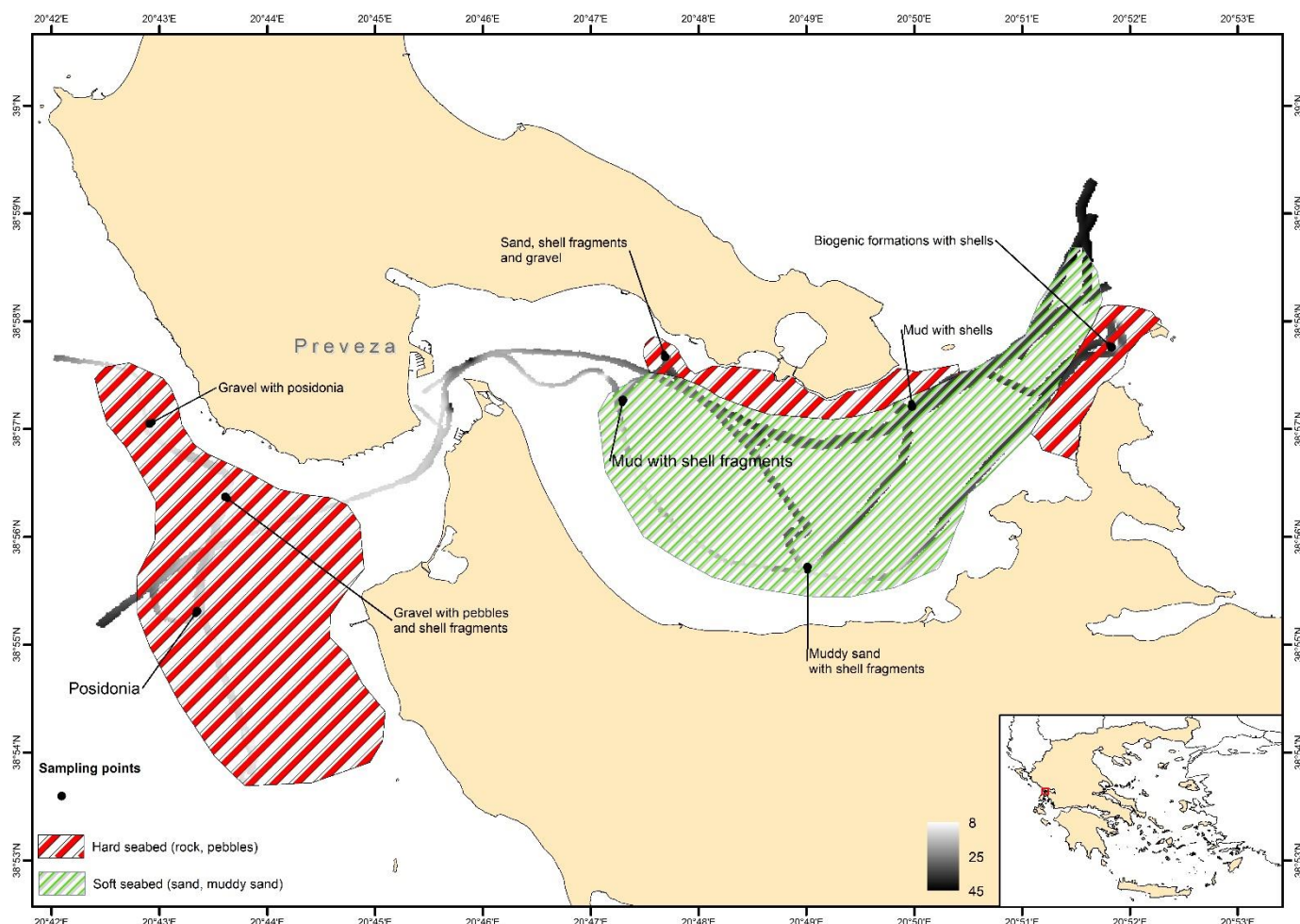
4 Επιτόπου επιθεώρηση των επιλεγμένων σημείων και ανάπτυξη διαχειριστικού πλάνου για την αποφυγή προσαράξεων στις Ελληνικές Θάλασσες

Η ενότητα αυτή θα παρουσιάζει τα δεδομένα που έχουν συλλεχθεί από την επιθεώρηση των αναγνωρισμένων περιοχών με το Ε/Σ «ΦΙΛΙΑ» καθώς και το τρόπο με τον οποίο αυτά θα χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα που παράγονται στην Ενότητα 3 για την ενίσχυση του διαχειριστικού πλάνου για την αποφυγή προσαράξεων στις Ελληνικές Θάλασσες. Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται σε αυτή την ενότητα αφορούν το 2^ο στάδιο, την επιτόπου επιθεώρηση των επιλεγμένων σημείων, που ως σκοπό έχει την συλλογή απαραίτητων δεδομένων για τις προτάσεις ενίσχυσης του διαχειριστικού σχεδίου του 3^{ου} σταδίου της Δράσης.

Οι προσαράξεις αποτελούν ένα σημαντικό ατύχημα όσον αφορά τον κίνδυνο ρύπανσης της θάλασσας από πετρέλαιο, είτε προέρχεται από ρήξη κάποιας δεξαμενής μεταφερόμενου φορτίου (π.χ. tankers), είτε από ρήξη δεξαμενών καυσίμων του πλοίου. Ταυτόχρονα, τόσο η ενδεχόμενη έκταση του ρήγματος που προέρχεται από μια προσάραξη, όσο και οι επιπτώσεις της πιθανής ρύπανσης από ένα τυχόν ρήγμα, καθώς και η δυνατότητα πραγματοποίησης επιχειρήσεων αποκατάστασης της ρύπανσης, εξαρτώνται σημαντικά από το είδος της ακτογραμμής και την ποιότητα του πυθμένα. Για το λόγο αυτό, το Εθνικό Σχέδιο Έκτακτης Ανάγκης (Π.Δ. 11/2002) προβλέπει στο Παράρτημα 6 μια περιγραφή της μορφολογίας των ακτών, της σύστασής τους (άμμος, βράχια, βότσαλα, κτλ.), τις χρήσεις τους και την κατά περίπτωση δυνατότητα πρόσβασης ως σημαντικές πληροφορίες που πρέπει να ληφθούν υπόψιν κατά το σχεδιασμό. Επιπλέον, στο Παράρτημα 7 περιλαμβάνεται η κατηγοριοποίησή των ακτών από περιβαλλοντική, αισθητική, οικονομική και τουριστική άποψη. Με τον τρόπο αυτό, οι αρμόδιες αρχές έχουν στην διάθεσή τους τις απαραίτητες πληροφορίες για την αποτελεσματική τους δράση, όπως αυτή προβλέπεται από λοιπά άρθρα τόσο του Εθνικού Σχεδίου Έκτακτης Ανάγκης, όσο και των Τοπικών Σχεδίων Έκτακτης Ανάγκης, τα οποία διαφέρουν ως προς την λεπτομέρεια περιγραφής των αντίστοιχων δράσεων. Η παρούσα μελέτη, επιτυγχάνει συνεισφορά στα σχέδια αυτά μέσω της αναγνώρισης των πιο κρίσιμων περιοχών για προσαράξεις στα ελληνικά χωρικά ύδατα (Στάδιο 1), και στην μετέπειτα συλλογή πληροφοριών για τις περιοχές αυτές (Στάδιο 2), σύμφωνα με κριτήρια που ορίζονται στα παραπάνω σχέδια.

Η επιλογή των σημείων που χαρτογραφήθηκαν βασίστηκε στα ευρήματα της Ενότητας 3 του παρόντος, και συγκεκριμένα στον συγκεντρωτικό Πίνακα 10. Οι τελικές 5 περιοχές αποφασίστηκαν με βάση συζήτηση που πραγματοποιήθηκε μεταξύ των συμμετεχόντων της Δράσης σχετικά με τα ευρήματα του Πίνακα 10. Για την χαρτογράφηση των περιοχών χρησιμοποιήθηκε ο εξοπλισμός του ανακατασκευασμένου Ε/Σ «ΦΙΛΙΑ» ενώ η χαρτογράφηση πραγματοποιήθηκε σε 4 επιτόπιες επαληθεύσεις με την συμμετοχή των συμμετεχόντων της Δράσης.

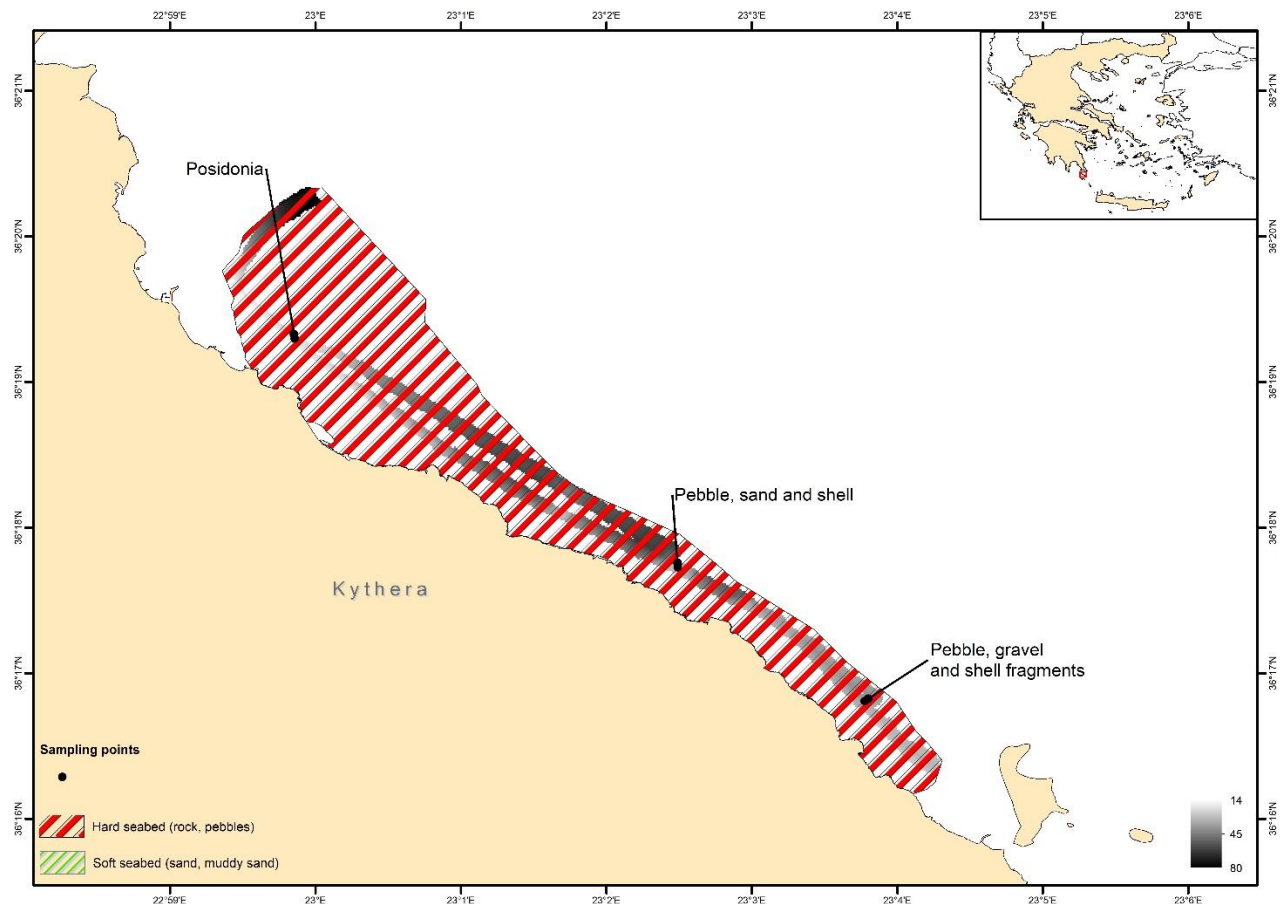
Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των χαρτογραφήσεων στις περιοχές: Στενό Κέας, περιοχή μεταξύ Τήνου και Μυκόνου, Πρέβεζα, Στενό Ελαφονήσου, Σαρωνικός κόλπος προς χρήση από τις αρμόδιες αρχές για την ενίσχυση και περαιτέρω ανάπτυξη των Τοπικών Σχεδίων Έκτακτης Ανάγκης.



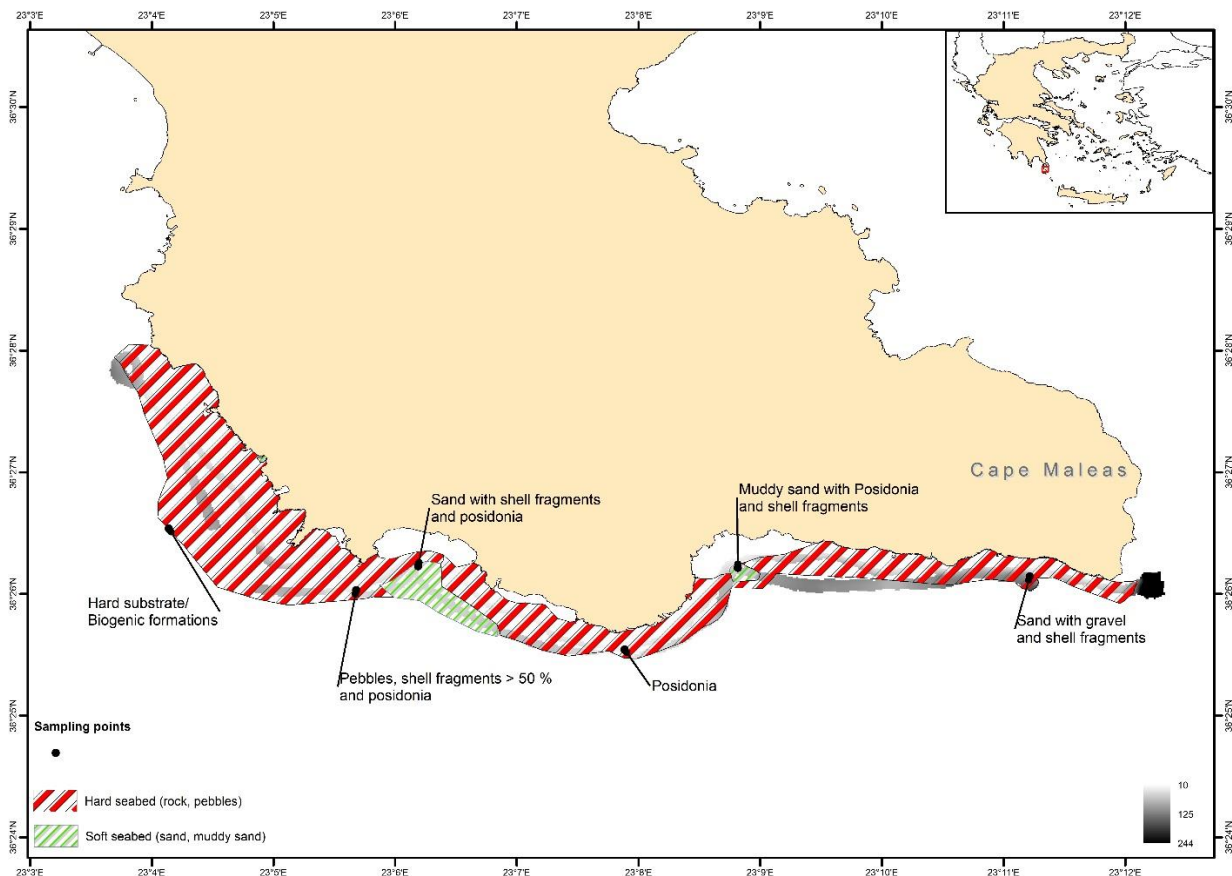
Χάρτης 9: Λεπτομέρεια από την χαρτογράφηση της Πρέβεζας.

Στον Χάρτη 9 παρουσιάζεται η μορφολογία του βυθού στις περιοχές που παρατηρούνται τα περισσότερα ατυχήματα προσάραξης. Σημειώνεται πως παρατηρούνται περιοχές με βραχώδες και με αμμώδες υπόστρωμα, καθώς επισημαίνονται και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους.

Σχετικά με την περιοχή του Στενού Ελαφονήσου, η επιτόπια επαλήθευση πραγματοποιήθηκε σε δύο εγγύς μεταξύ τους περιοχές, τις ακτές των Κυθήρων και τις ακτές της πλευράς της Πελοποννήσου. Ο Χάρτης 10 περιγράφει τις ακτές των Κυθήρων που χαρακτηρίζονται από βραχώδες υπόστρωμα, ενώ ο Χάρτης 11 περιγράφει τις ακτές της πλευράς της Πελοποννήσου η οποία παρουσιάζει κυρίως βραχώδες υπόστρωμα στις περιοχές που έχουν καταγραφεί ατυχήματα προσάραξης.

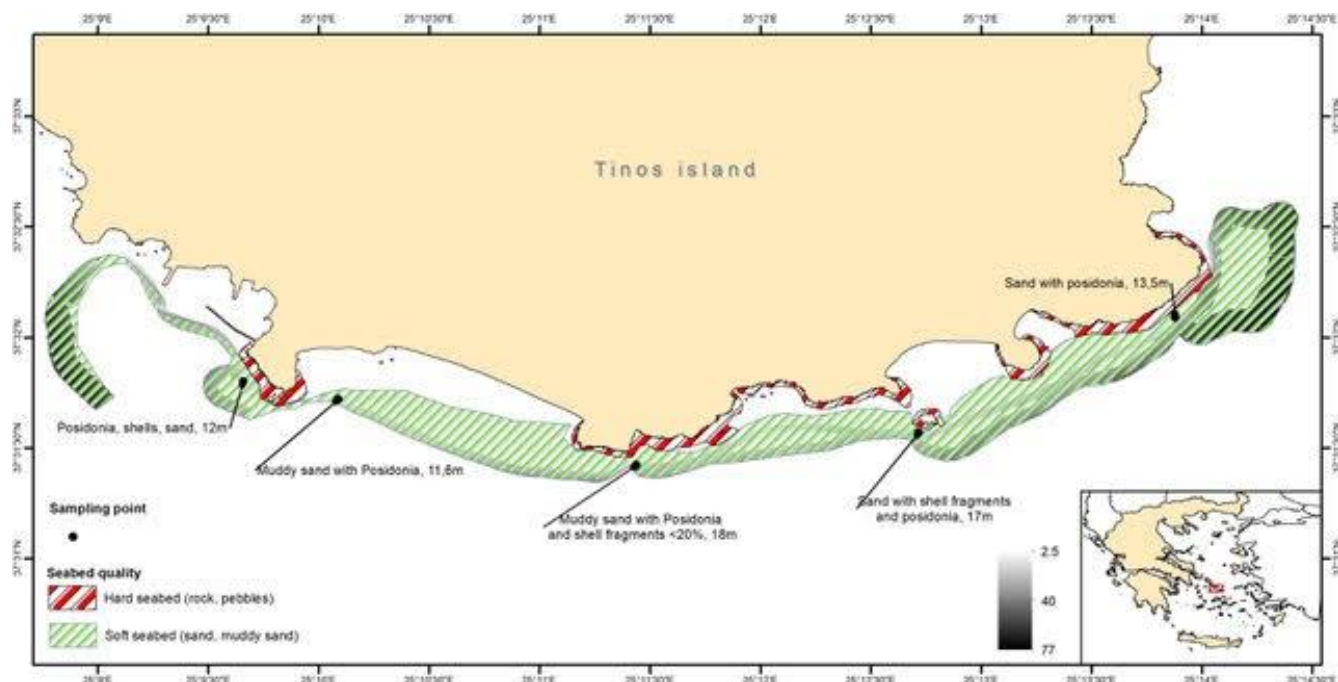


Χάρτης 10: Λεπτομέρεια από την χαρτογράφηση των Κυθήρων (Στενό Ελαφονήσου 1).

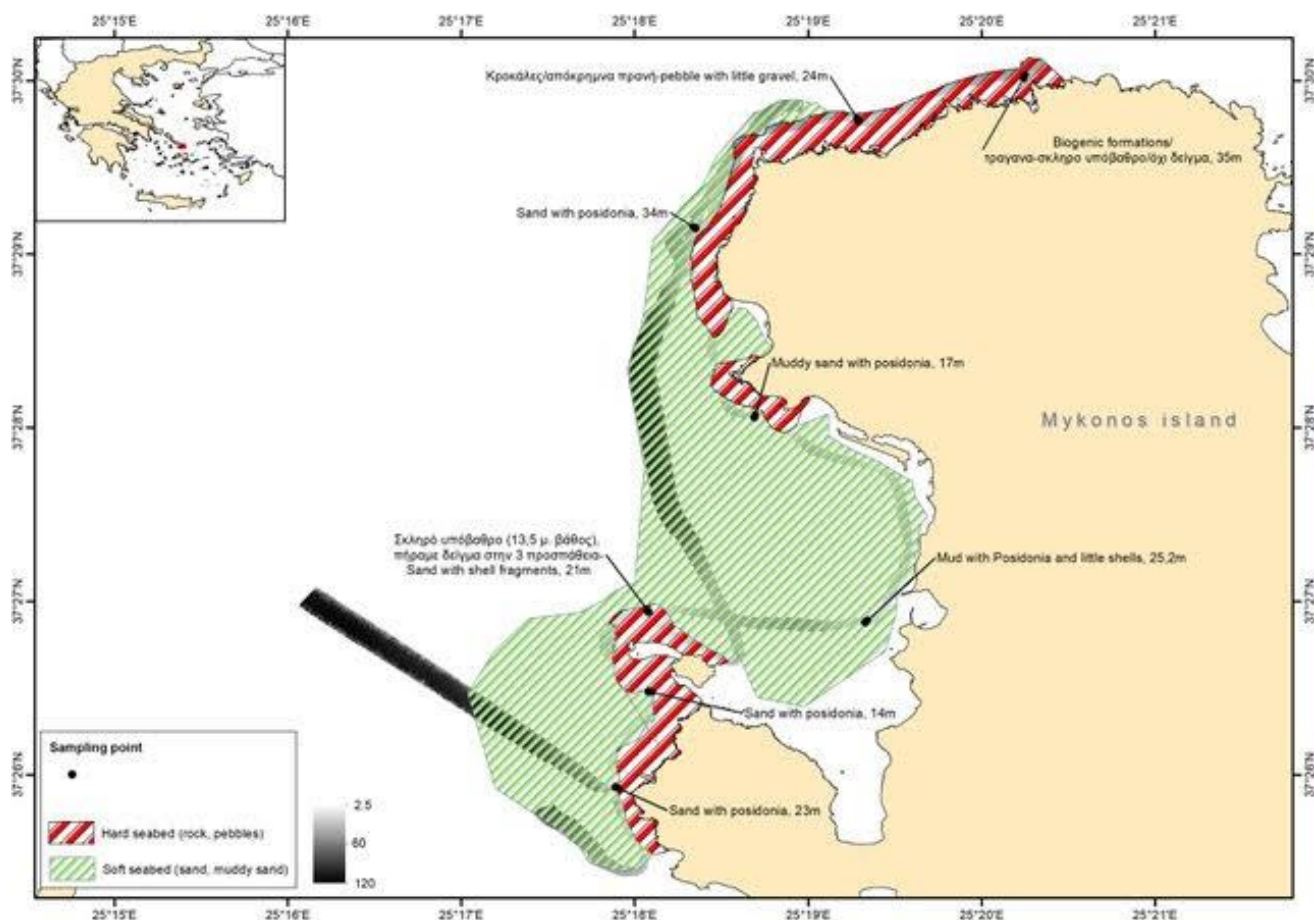


Χάρτης 11: Λεπτομέρεια από την χαρτογράφηση του Ακρωτηρίου Μαλέα (Στενό Ελαφονήσου 2).

Η περιοχές που εντοπίστηκαν μεταξύ Τήνου και Μυκόνου παρουσιάζονται στον Χάρτη 12 και τον Χάρτη 13 αντίστοιχα. Παρατηρείται πως στις επίμαχες περιοχές κοντά στο Νότιο τμήμα της Τήνου χαρακτηρίζονται κυρίως από αμμώδες υπόστρωμα όπως και η δυτική πλευρά της Μυκόνου. Σημειώνεται πως το υπόστρωμα στο βόρειο τμήμα της Μυκόνου χαρακτηρίζεται από βραχώδες υπόστρωμα.

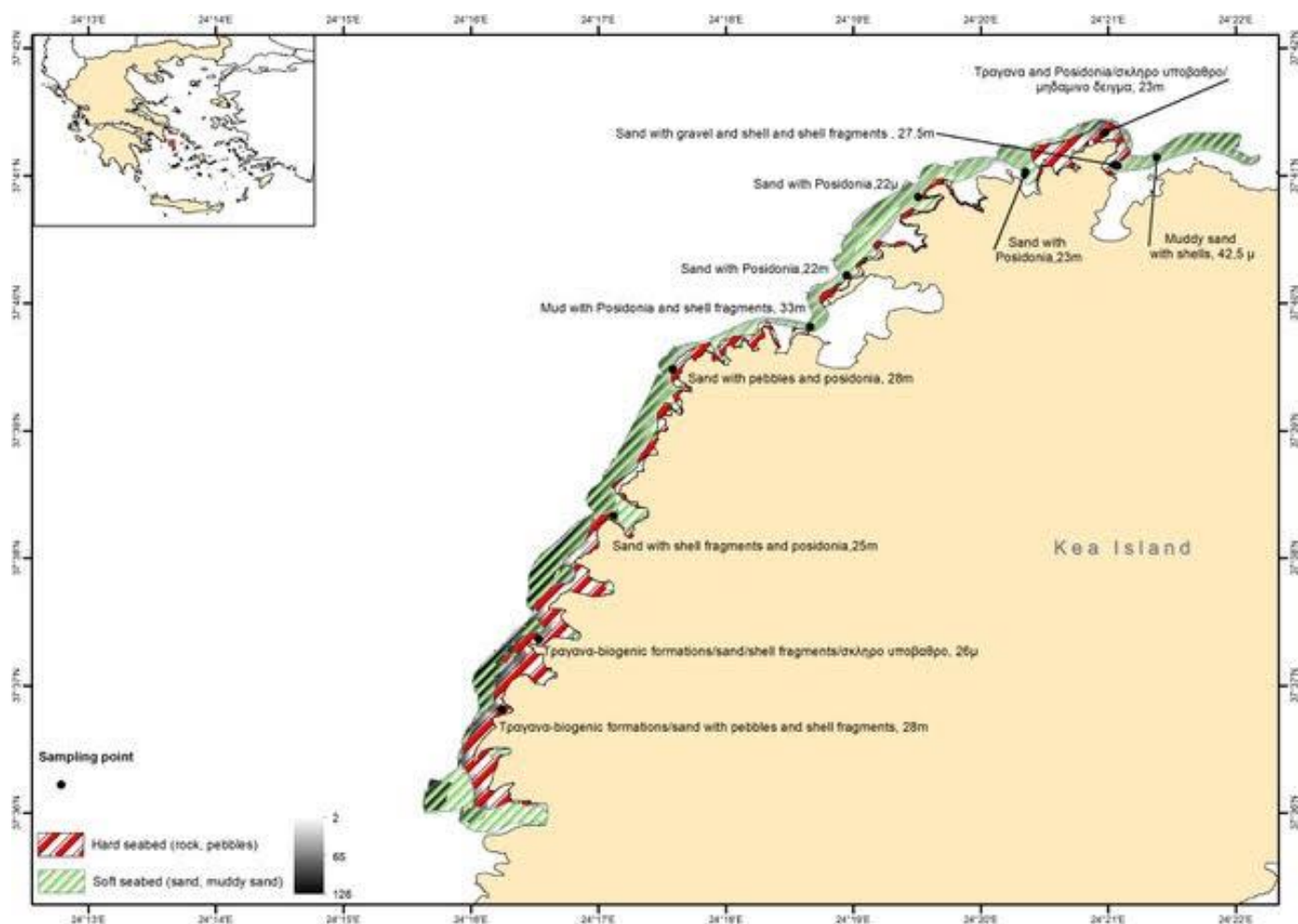


Χάρτης 12: Λεπτομέρεια από την χαρτογράφηση της Τήνου (Περιοχή μεταξύ Τήνου και Μυκόνου).

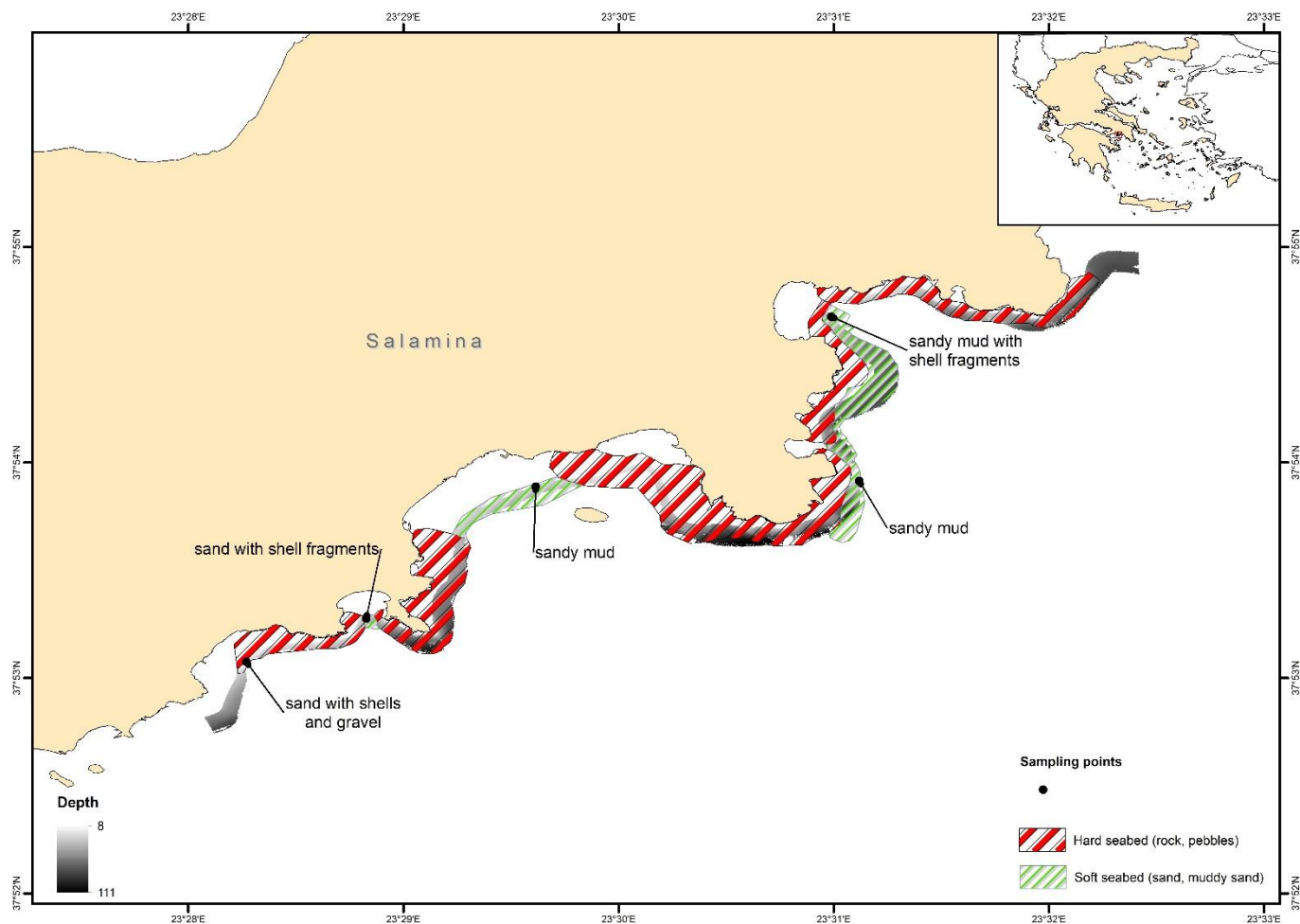


Χάρτης 13: Λεπτομέρεια από την χαρτογράφηση της Μυκόνου (Περιοχή μεταξύ Τήνου και Μυκόνου).

Ο Χάρτης 14 παρουσιάζει τα ευρήματα από την επιτόπια επαλήθευση στην περιοχή της Κέας, στην οποία παρατηρήθηκε συνδυασμός από βραχώδες και αμμώδες υπόστρωμα. Σημειώνεται πως στις περιοχές που εντοπίστηκαν τα ατυχήματα προσάραξης παρουσιάζεται βραχώδες υπόστρωμα.



Χάρτης 14: Λεπτομέρεια από την χαρτογράφηση της Κέας.



Χάρτης 15 Λεπτομέρεια από την χαρτογράφηση του Σαρωνικού Κόλπου

Ο Χάρτης 15 παρουσιάζει τα ευρήματα από την επιτόπια επαλήθευση στην περιοχή του Σαρωνικού κόλπου και συγκεκριμένα στις ακτές τις Σαλαμίνας, στην οποία παρατηρήθηκε συνδυασμός από βραχώδες και αμμώδες υπόστρωμα. Σημειώνεται πως στις περιοχές που εντοπίστηκαν τα ατυχήματα προσάραξης παρουσιάζεται βραχώδες υπόστρωμα.

Βιβλιογραφία

- Καλογήρου, Σ., 2015. *Χωρική Ανάλυση Μεθοδολογία και εφαρμογές με τη γλώσσα R*. Αθήνα: Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράμματα και Βοηθήματα.
- Acharya, T., Yoo, K. & Lee, D., 2017. GIS-Based Spatio-Temporal Analysis of Marine Accidents Database in the Coastal Zone of Korea. *Journal of Coastal Research*, 79(1), pp. 114-118.
- Akten, N., 2004. Analysis of Shipping Casualties in the Bosphorus. *Journal of Navigation*, 57(3), pp. 345-356.
- Giziakis, K., Kanellopoulos, N. & Gialoutsis, S., 2013. Spatial Analysis of Oil Spills from Marine Accidents in Greek Waters. *SPOUDAI-Journal of Economics and Business*, 63(3-4), pp. 60-74.
- Marven, C., Canessa, R. & Keller, P., 2007. Exploratory Spatial Data Analysis to Support Maritime Search and Rescue Planning. Στο: J. e. a. Li, επιμ. *Geomatics Solutions for Disaster Management*. Berlin: Heidelberg Springer, pp. 271-288.
- Shahrabi, J. & Pelot, R., 2007. Hierarchical Risk Based Spatial Analysis of Maritime Fishing Traffic and Incidents in Canadian Atlantic Waters. Στο: *Geomatics Solutions for Disaster Management*. Berlin: Heidelberg: Springer, pp. 335-350.
- Shahrabi, K. & Pelot, R., 2009. Kernel Density Analysis of Maritime Fishing Traffic and Incidents in Canadian Atlantic Waters. *Journal of Applied Sciences*, 9(3), pp. 415-426.
- Shin, J. & Sung, H., 2017. *Geomorphological Analysis of Marine Accidents Hotspots in Korea*. s.l.:GEBCO Symposium: Map the Gaps.
- Tufte, L., Trieschmann, O., Hunsenger, T. & Barjenbruch, U., 2004. *Spatial Analysis and Visualisation of Oil Spill Monitoring Results of the North Sea and Baltic Sea*. Maspalomas, International Society for Optics and Photonics.
- Ugutlu, O., Yildirim, U. & Yuksekildiz, E., 2013. Marine Accident Analysis with GIS. *Journal of Shipping and Ocean Engineering*, 3(1-2), pp. 21-39.
- Ugurlu, O. και συν., 2015. Investigation of Oil Tanker Accidents by using GIS. *International Journal of Maritime Engineering*, 157(2), pp. 113-124.
- Chen, J. και συν., 2013. *Research on Geographical Environment Unit Division Based on the Method of Natural Breaks (Jenks)*. Beijing, Joint Workshop on Borderlands Modelling and Understanding for Global Sustainability 2013.
- Pagiaziti, A. και συν., 2015. *Statistics of collision, grounding and contact accidents of passenger and container ships*. Athens, 5th International Symposium on ship Operations, Management and Economics (SOME).
- Ngueyen, T., Amdahl, J., Leira, B. & Garrè, L., 2011. Understanding ship-grounding events. *Marine Structures*, 24(4), pp. 551-569.
- Zhu, L., James, P. & Zhang, S., 2002. Statistics and damage assessment of ship grounding. *Marine Structures*, 15(4-5), pp. 515-530.
- Ventikos, N., Louzis, K. & Koimtzoglou, A., 2013. The Shipwrecks in Greece are Going Fuzzy: A Study for the Potential of Oil Pollution from Shipwrecks in Greek Waters. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 19(2), pp. 462-491.

IMO, 2018. *Revised Guidelines for Formal Safety Assessment (FSA) for use in the IMO Rule-Making Process*, London: International Maritime Organisation.

Graziano, A., Teixeira, A. & Guedes Soares, C., 2016. Classification of human errors in grounding and collision accidents using the TRACER taxonomy. *Safety Science*, 86(1), pp. 245-257.

Burrough, P., McDonnell, R. & Lloyd, C., 2015. *Principles of Geographical Information Systems for Land Resources*. 3rd επιμ. Oxford: Oxford University Press.

Aerts, K., Lathuy, C., Steenberghen, T. & Thomas, I., 2006. *Spatial clustering of traffic accidents using distances along the network*. Minsk, 19th Workshop of the International Cooperation on Theories and Concepts in Traffic Safety (Vol. 3).

Dobbins, J. & Abkowitz, M., 2010. Use of advanced information technologies for marine accident data analysis visualization and quality control. *Journal of Transportation Safety & Security*, 1(1), pp. 1-13.

Balaguer, P. και συν., 2011. Spatial analysis of recreational boating as a first key step for marine spatial planning in Mallorca (Balearic Islands, Spain). *Ocean & Coastal Management*, 54(3), pp. 241-249.

Buber, M., Fishin, R., Toz, A. & Ozkan, E., 2018. *Spatial Analysis of Marine Accidents in the Region of Antalya using Geographic Information System*. Antalya, 1st International Marine & Freshwater Sciences Symposium (MARFRESH).

Silverman, B., 1998. *Density Estimation for Statistics and Data Analysis*. 1st επιμ. Boca Raton: Routledge.

Παράρτημα 1 – Λεπτομέρεια στις περιοχές που αναγνωρίστηκαν ως πιο επικίνδυνες για προσαράξεις

ΒΔ της Ρόδου.

Τα σημεία που περιγράφουν το συγκεκριμένο πολύγωνο είναι (WGS84):

36.45542118, 28.18854388

36.46842848, 28.22199123

36.46749939, 28.24614765

36.45495663, 28.25961950

36.42197383, 28.26891043

36.38806193, 28.26147769

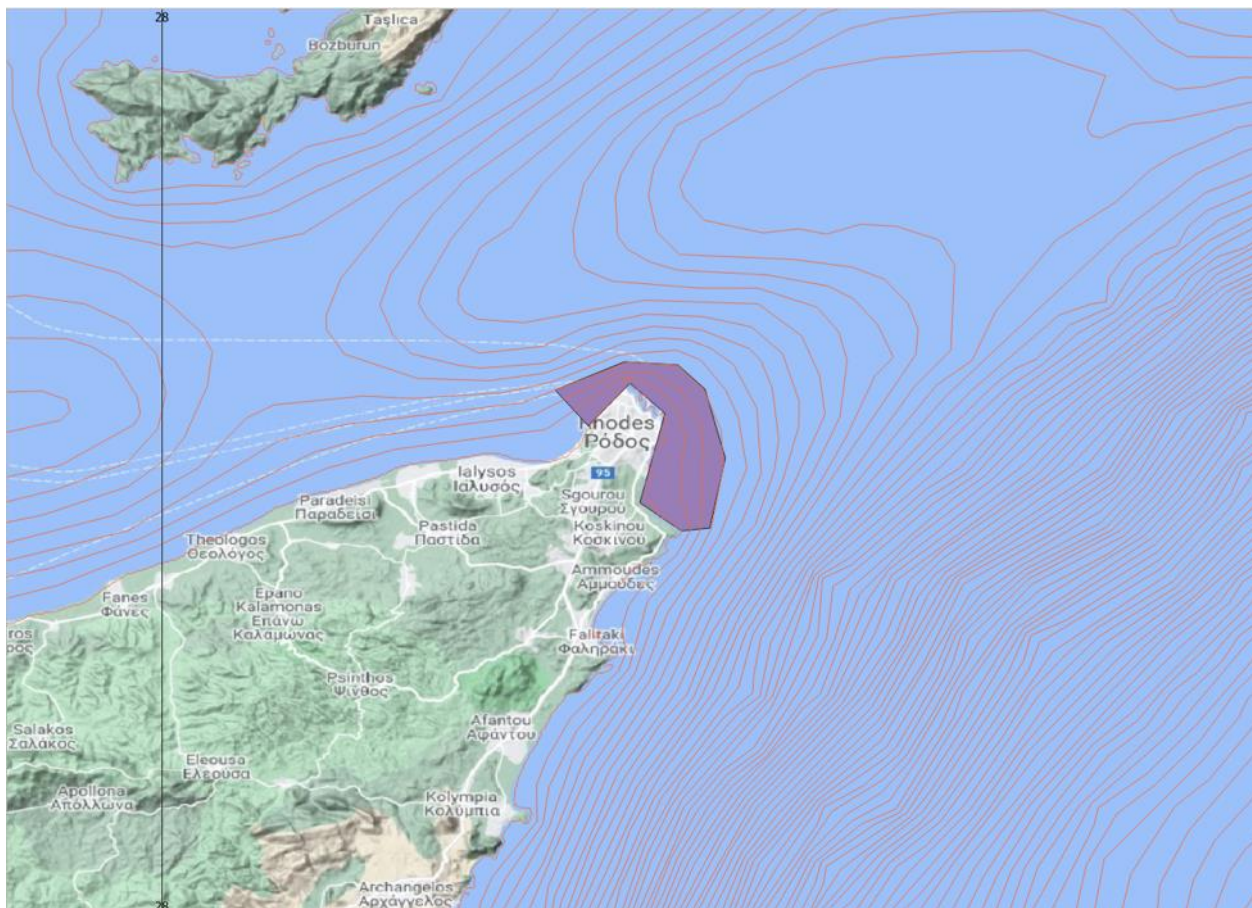
36.38713283, 28.24893493

36.40106923, 28.23035307

36.44473661, 28.24057309

36.45681482, 28.22524306

36.43776841, 28.20433846



Στενό Καφηρέα

Τα σημεία που περιγράφουν το συγκεκριμένο πολύγωνο είναι (WGS84):

37.92199471, 24.64126624

37.97541757, 24.67703633

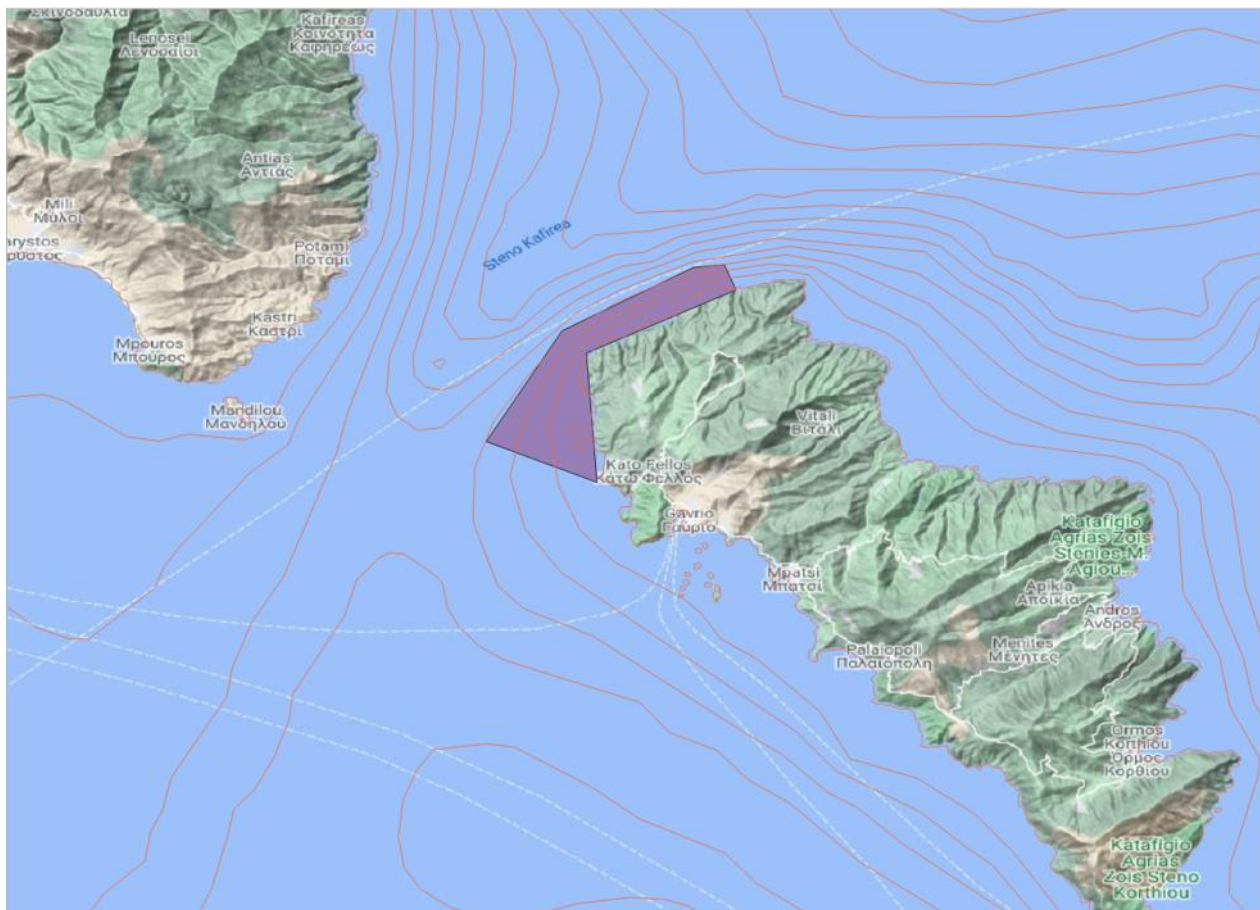
38.00468400, 24.73975012

38.00561309, 24.75415106

37.99446398, 24.75972562

37.96333936, 24.68864999

37.90387739, 24.69376001



Στενό Κέας

Τα σημεία που περιγράφουν το συγκεκριμένο πολύγωνο είναι (WGS84):

37.70319327, 24.23664618

37.72131059, 24.28170720

37.71109057, 24.38994655

37.67439139, 24.38901745

37.68925688, 24.34674372

37.65999044, 24.29471450

37.57962389, 24.26451897

37.57219114, 24.24407892



Σαρωνικός Κόλπος

Τα σημεία που περιγράφουν το συγκεκριμένο πολύγωνο είναι (WGS84):

37.97030755, 23.35145268

37.97402393, 23.39233278

37.89412192, 23.40905646

37.87182368, 23.45086565

37.96008753, 23.59859146

37.92013652, 23.62739335

37.93871839, 23.67570619

37.92199471, 23.69707533

37.80307079, 23.47595116

37.80492897, 23.35052359



Πρέβεζα

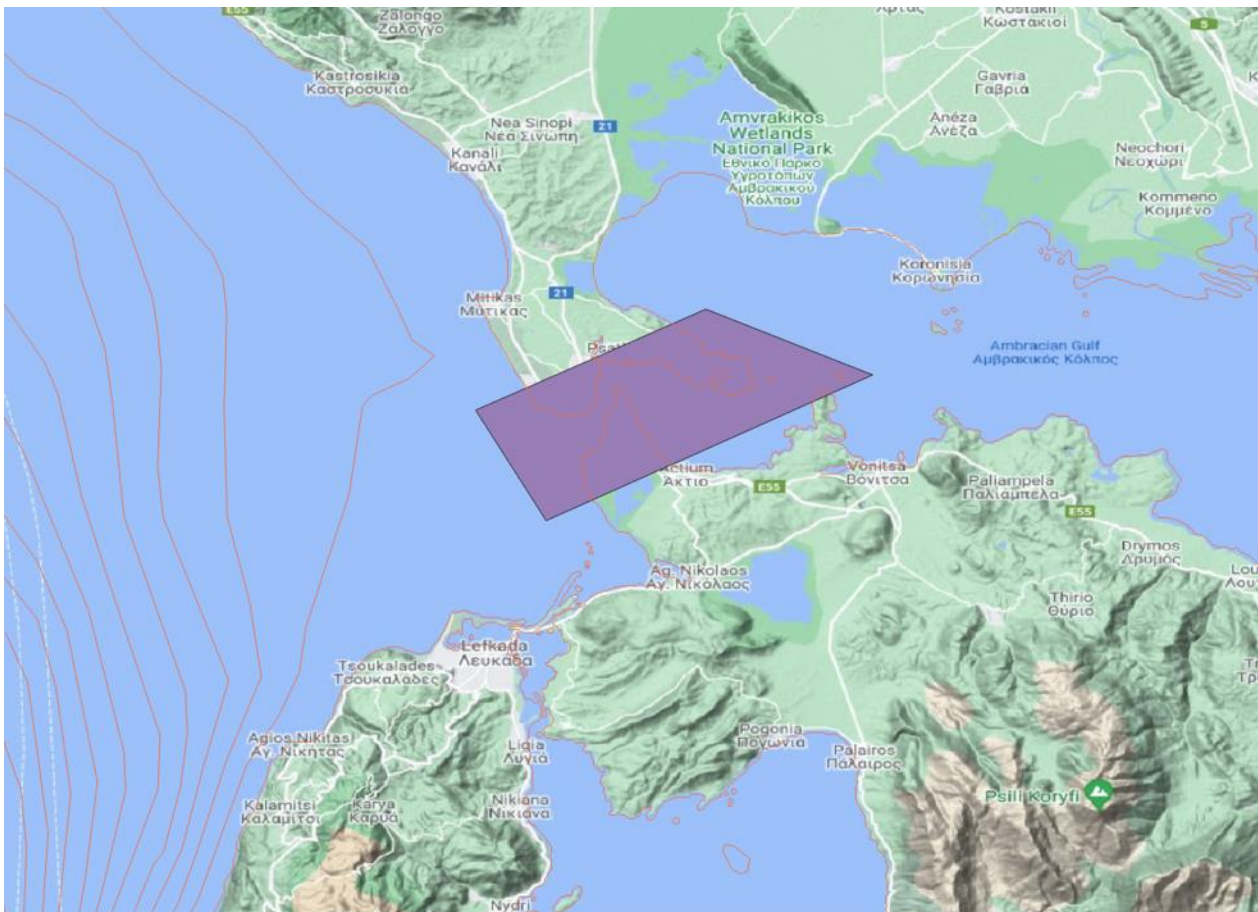
Τα σημεία που περιγράφουν το συγκεκριμένο πολύγωνο είναι (WGS84):

38.94817809, 20.69749811

38.99649093, 20.80759565

38.96536631, 20.88610402

38.89614888, 20.73094546



Στενό Ελαφονήσου

Τα σημεία που περιγράφουν το συγκεκριμένο πολύγωνο είναι (WGS84):

A:

36.47632577, 23.06273699

36.43683932, 23.09107433

36.42197383, 23.13381261

36.44102023, 23.14496173

36.43498113, 23.19884913

36.38759738, 23.15750449

36.38202282, 23.11197892

36.44427206, 23.03161237

B:

36.40153378, 22.94613580

36.39595922, 22.97168586

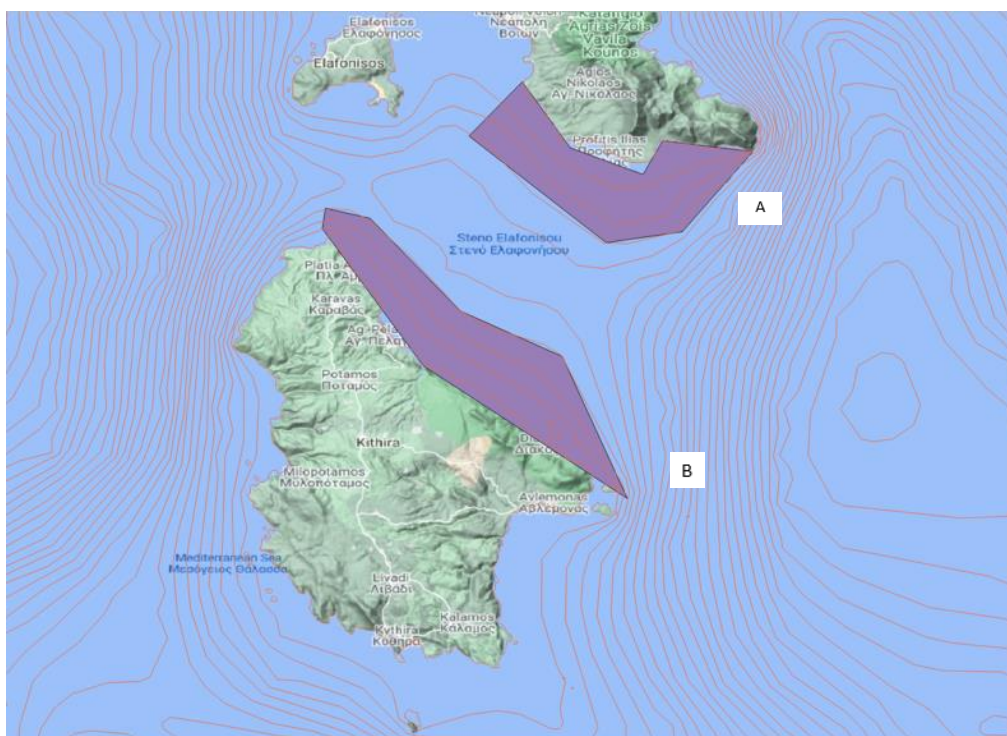
36.34114272, 23.02464417

36.31326993, 23.08596432

36.23150973, 23.12405713

36.30955355, 23.00234593

36.38945556, 22.94381306



Ηράκλειο Κρήτης

Τα σημεία που περιγράφουν το συγκεκριμένο πολύγωνο είναι (WGS84):

35.40693956, 25.04774449

35.41576595, 25.14994474

35.44874875, 25.16481023

35.47615700, 25.19639940

35.47801519, 25.23170494

35.43156053, 25.29767055

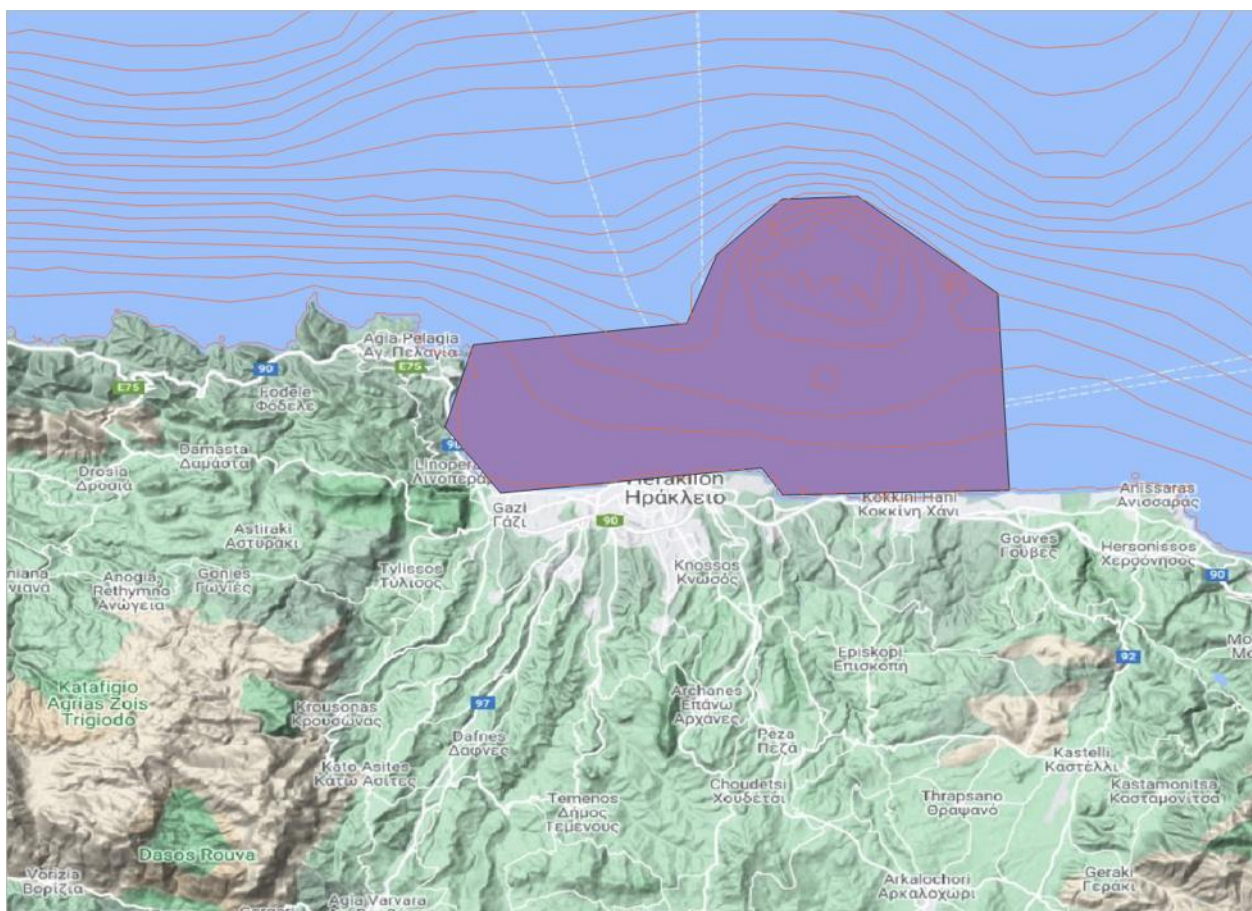
35.33679303, 25.30463875

35.33586394, 25.19639940

35.34840669, 25.18571483

35.33586394, 25.06075180

35.36559492, 25.03427264



Η περιοχή μεταξύ Τήνου και Μυκόνου

Τα σημεία που περιγράφουν το συγκεκριμένο πολύγωνο είναι (WGS84):

37.52875604, 25.16271977

37.52225238, 25.19616713

37.53990515, 25.23983450

37.51574873, 25.28164369

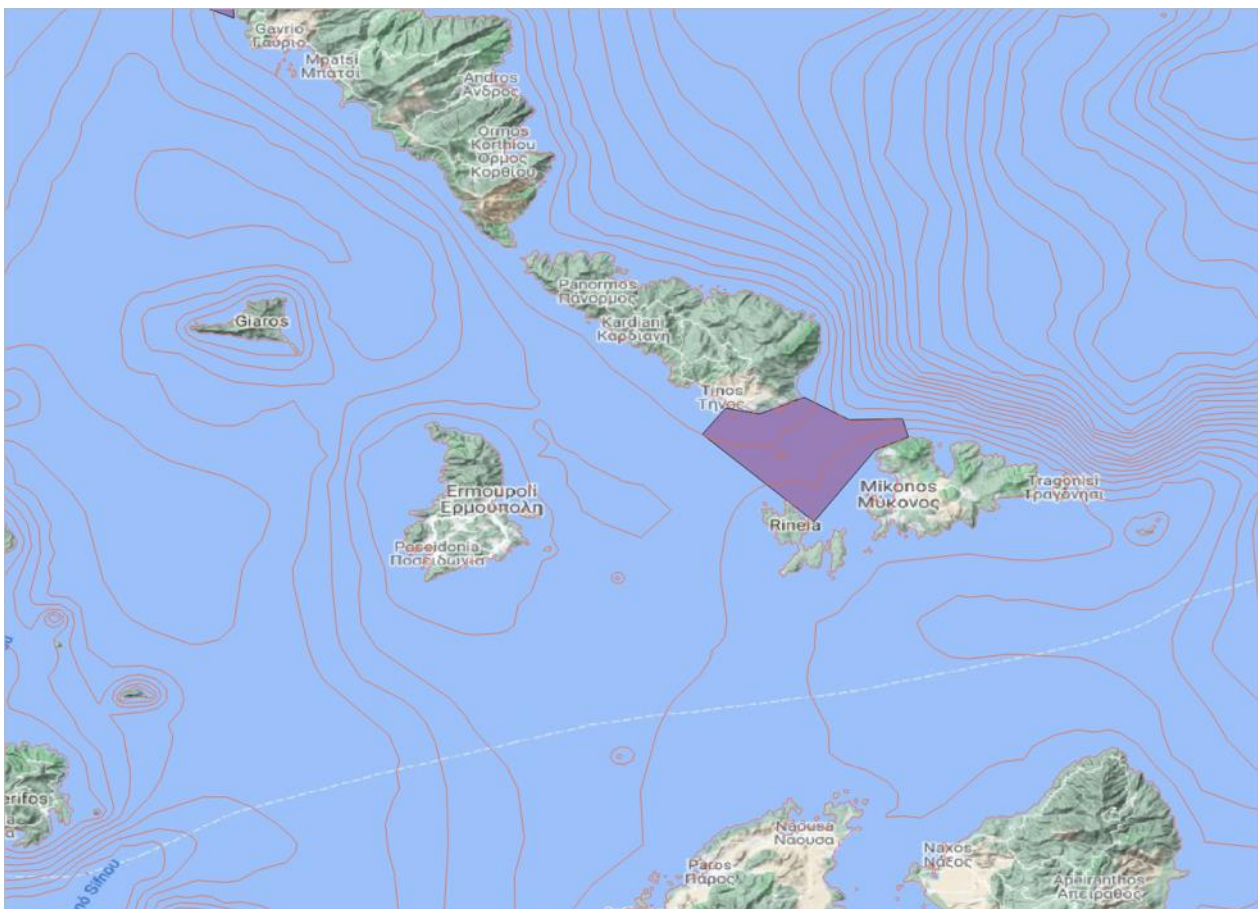
37.51853601, 25.33181472

37.50274143, 25.33831838

37.48973412, 25.30858740

37.42005214, 25.25005453

37.50459961, 25.14227972



Η περιοχή μεταξύ Σκιάθου και Σκόπελου

Τα σημεία που περιγράφουν το συγκεκριμένο πολύγωνο είναι (WGS84):

39.11796986, 23.51357944

39.11193076, 23.50335941

39.12168624, 23.45040110

39.20855645, 23.50521760

39.18904549, 23.53773586

39.18858094, 23.56793139

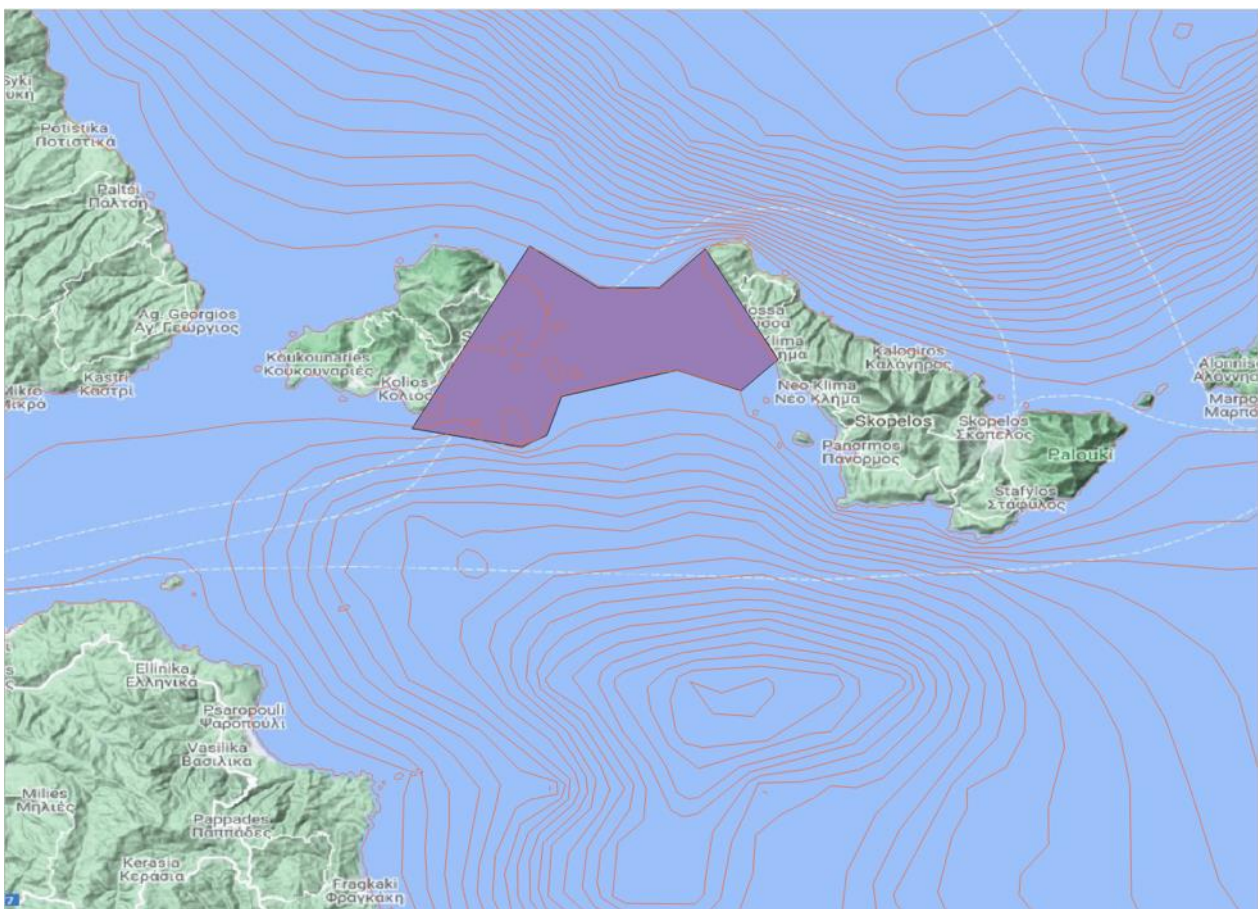
39.20762735, 23.59069417

39.15420450, 23.62460607

39.13980355, 23.60741784

39.14909448, 23.57629322

39.13701627, 23.52054763



Ο Μαλιακός Κόλπος

Τα σημεία που περιγράφουν το συγκεκριμένο πολύγωνο είναι (WGS84):

38.86966972, 22.72919255

38.93842261, 22.99305500

38.91054982, 22.99398409

38.86920517, 22.84904556

38.82182142, 22.83139279

38.78558679, 22.83510917

38.82182142, 22.72175980



Ο Θερμαϊκός Κόλπος

Τα σημεία που περιγράφουν το συγκεκριμένο πολύγωνο είναι (WGS84):

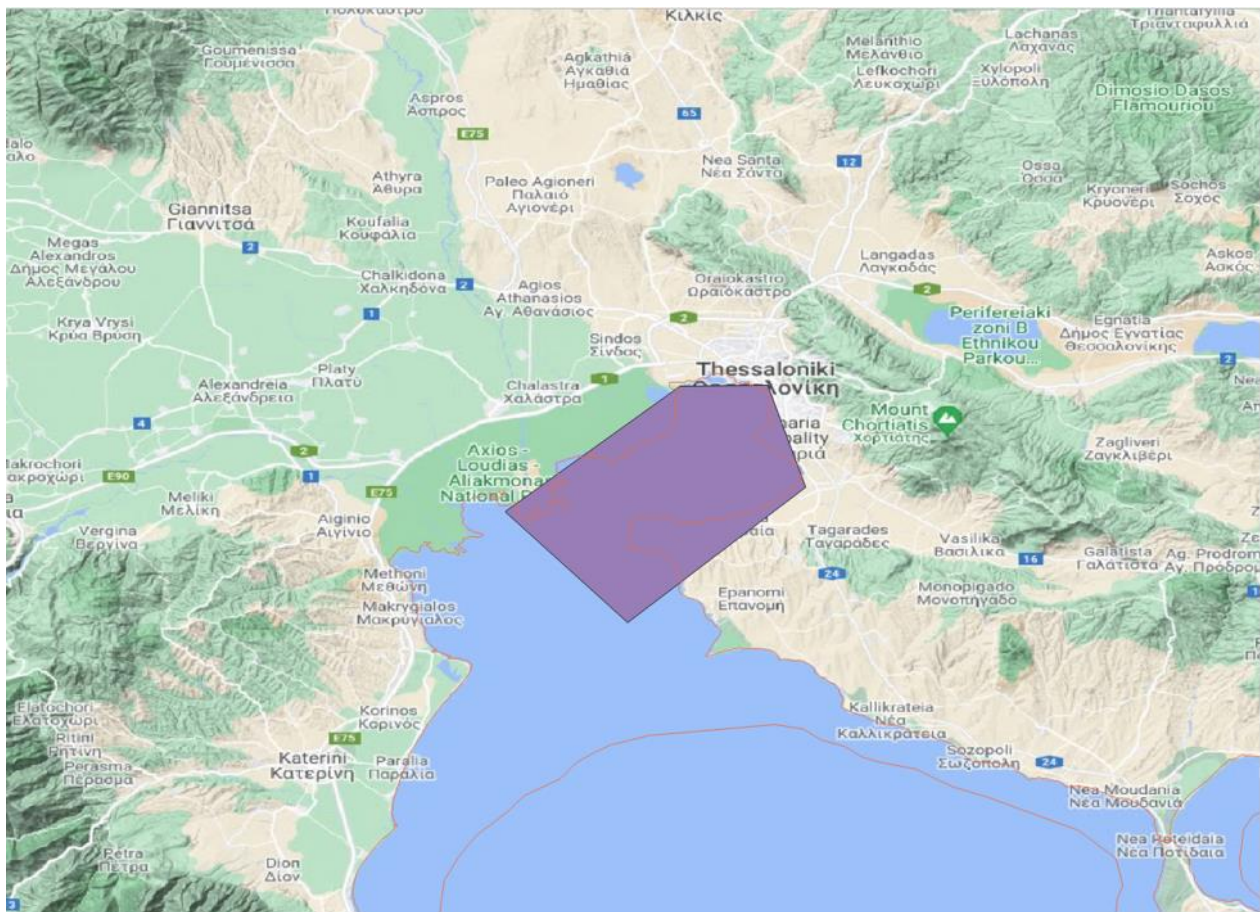
40.63262397, 22.86437560

40.63262397, 22.94706489

40.53506919, 22.98144134

40.40778343, 22.81234638

40.51370004, 22.69713883



ΒΔ της ν. Κω

Τα σημεία που περιγράφουν το συγκεκριμένο πολύγωνο είναι (WGS84):

36.92020003, 27.17745826

36.92438094, 27.28291033

36.90301180, 27.33958501

36.89325632, 27.34144320

36.88675267, 27.32936499

36.89650815, 27.29127217

36.91601911, 27.27965851

36.89604360, 27.23970750

36.89093359, 27.17560007



Νότια του Εθνικού Πάρκου Νέστου

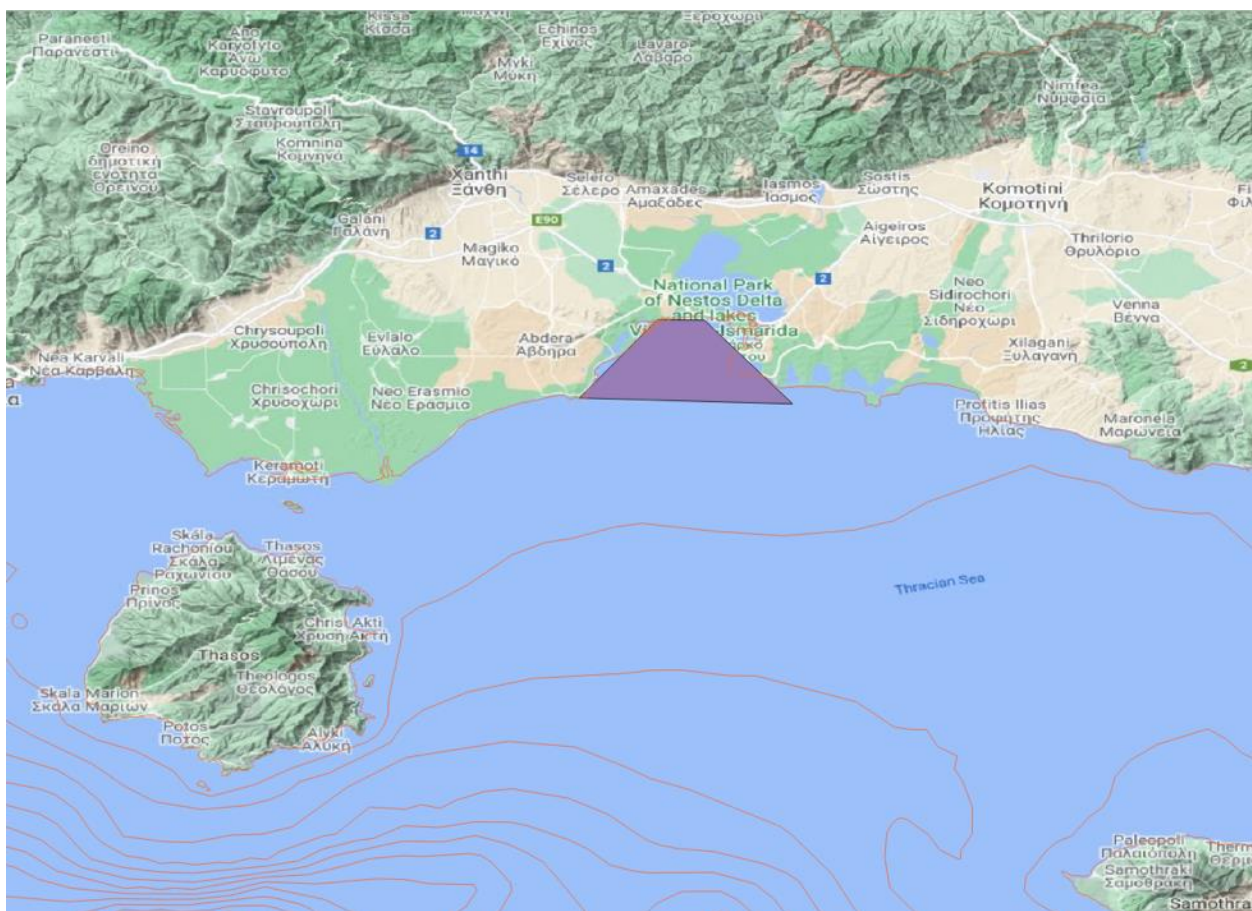
Τα σημεία που περιγράφουν το συγκεκριμένο πολύγωνο είναι (WGS84):

41.00449350, 25.05842907

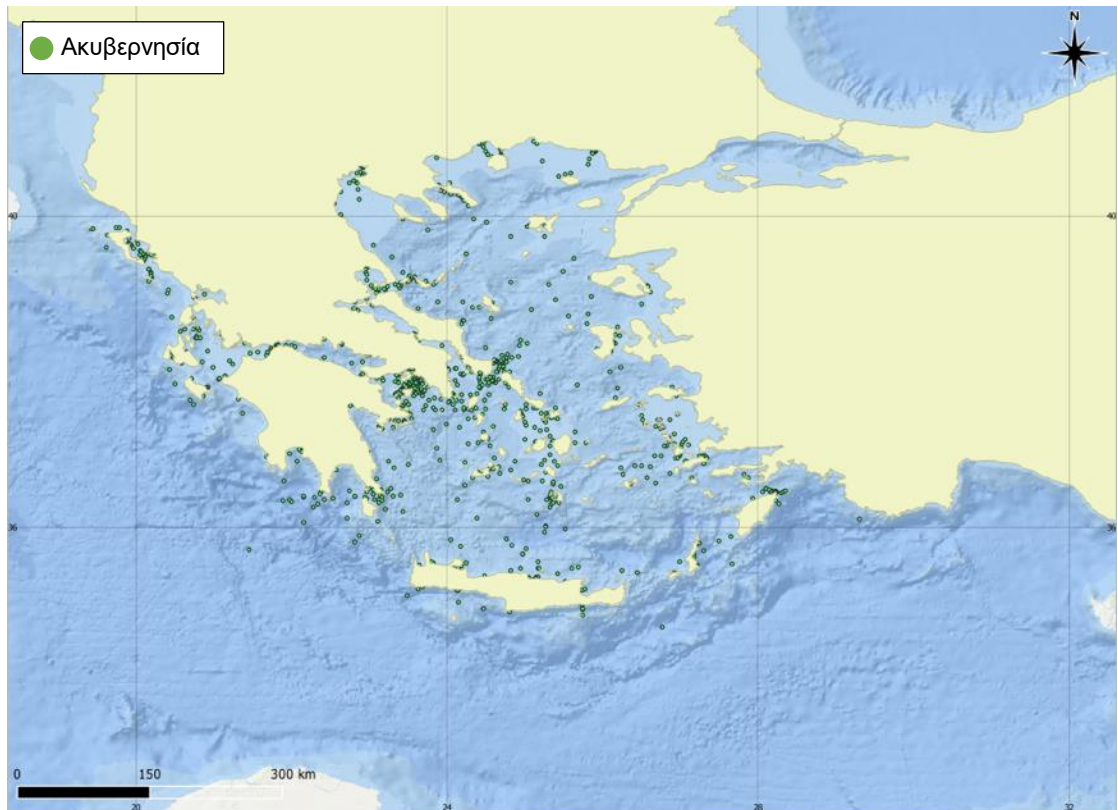
41.00309986, 25.10302554

40.92319785, 25.18710847

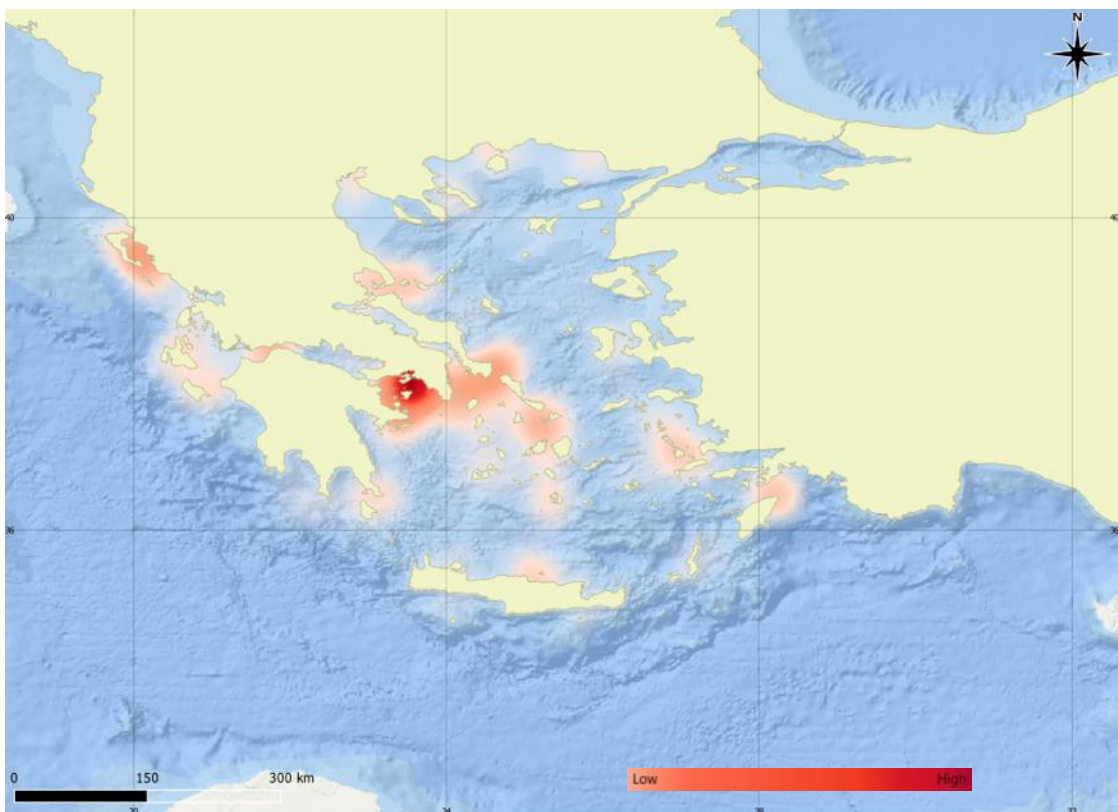
40.92877241, 24.98410161



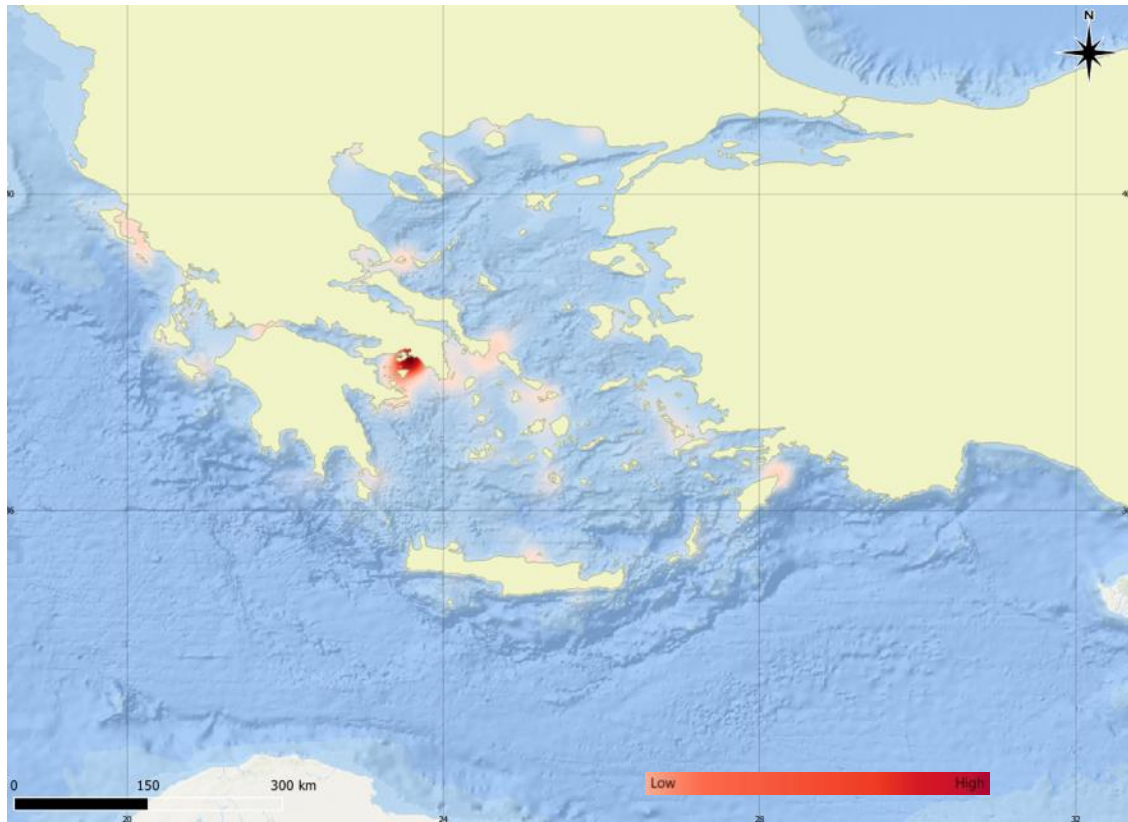
Παράρτημα 2 – Χάρτες αναπαράστασης των αποτελεσμάτων με βάση τα συμβάντα ακυβερνησίας



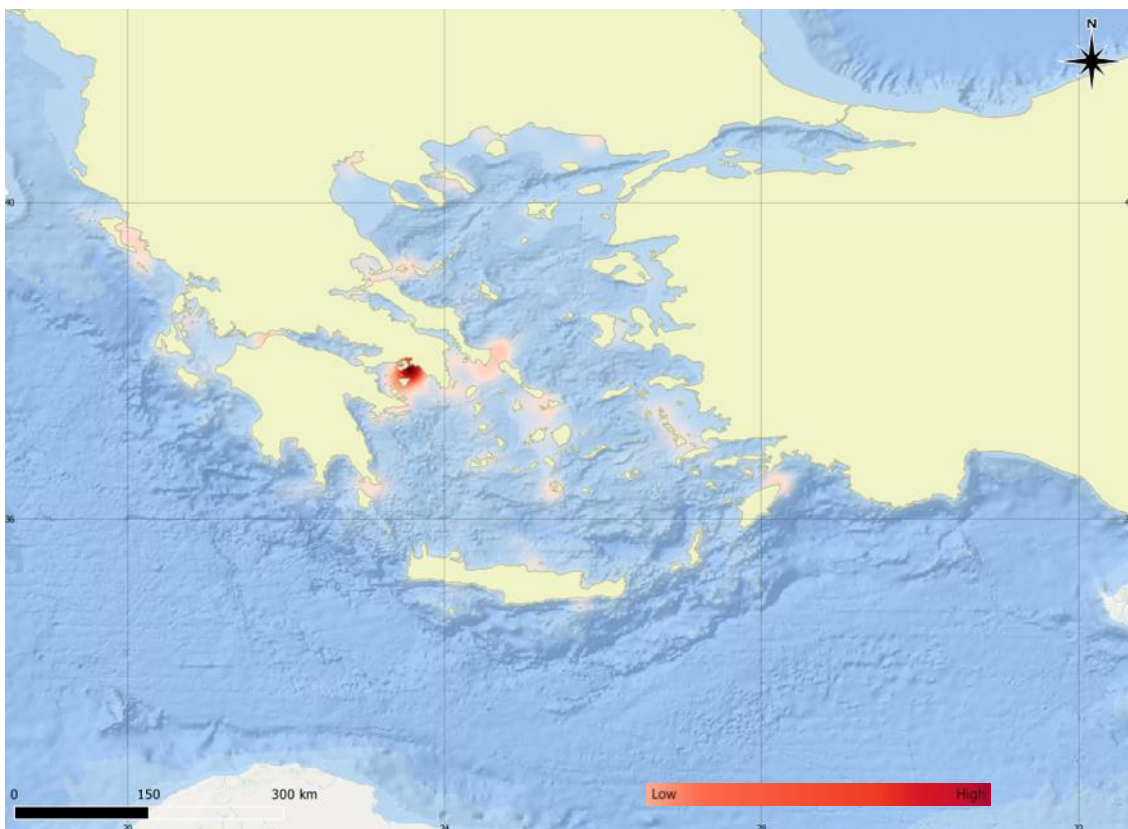
Χάρτης 16: Συμβάντα ακυβερνησίας στα ελληνικά χωρικά ύδατα



Χάρτης 17: Συγκέντρωση συμβάντων ακυβερνησίας στα ελληνικά χωρικά ύδατα

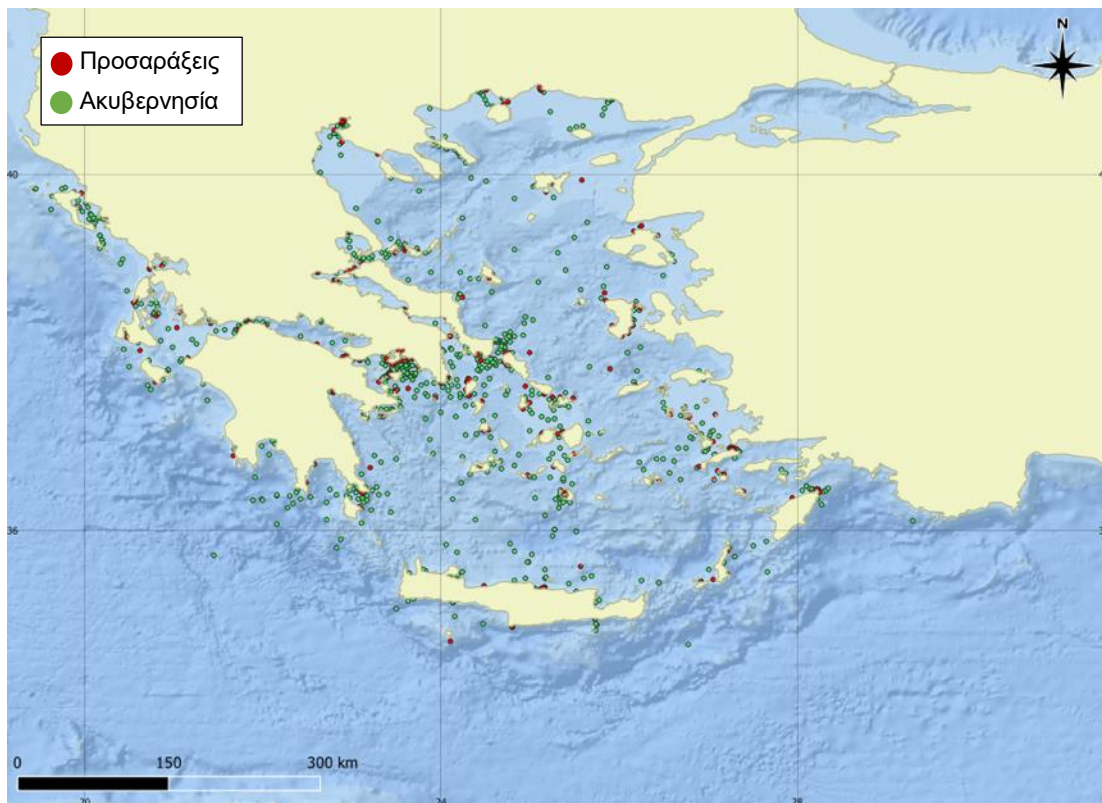


Χάρτης 18: Συχνότητα συμβάντων ακυβερνησίας στα ελληνικά χωρικά ύδατα

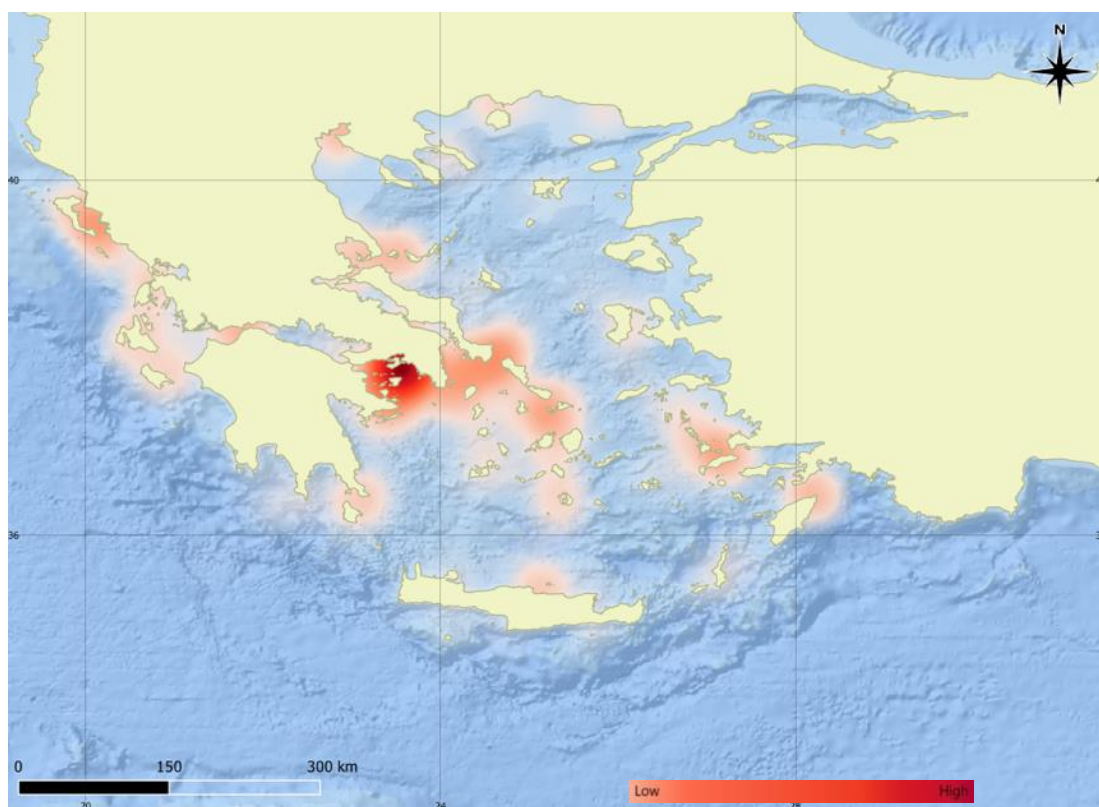


Χάρτης 19: Ρίσκο ακυβερνησίας στα ελληνικά χωρικά ύδατα

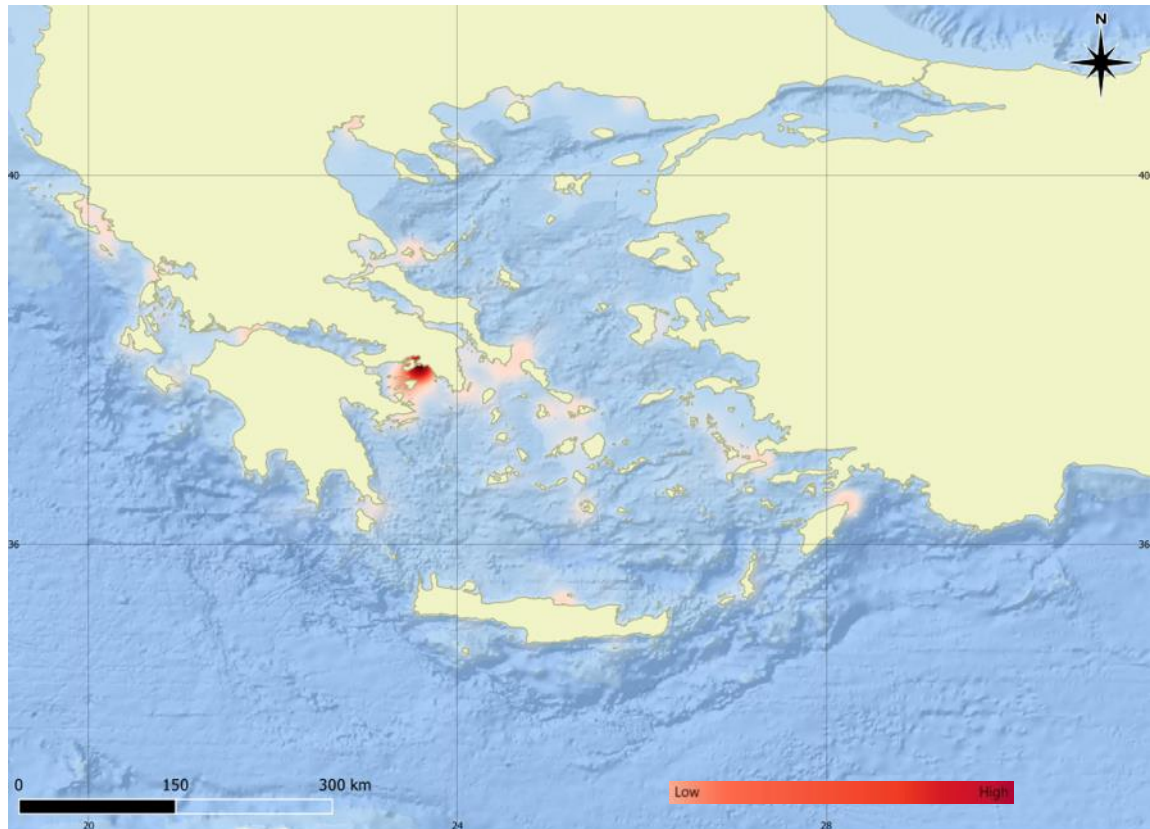
Παράρτημα 3 – Χάρτες αναπαράστασης των αποτελεσμάτων με βάση τα συμβάντα ακυβερνησίας σε συνδιασμό με τα ατυχήματα προσαράξεων



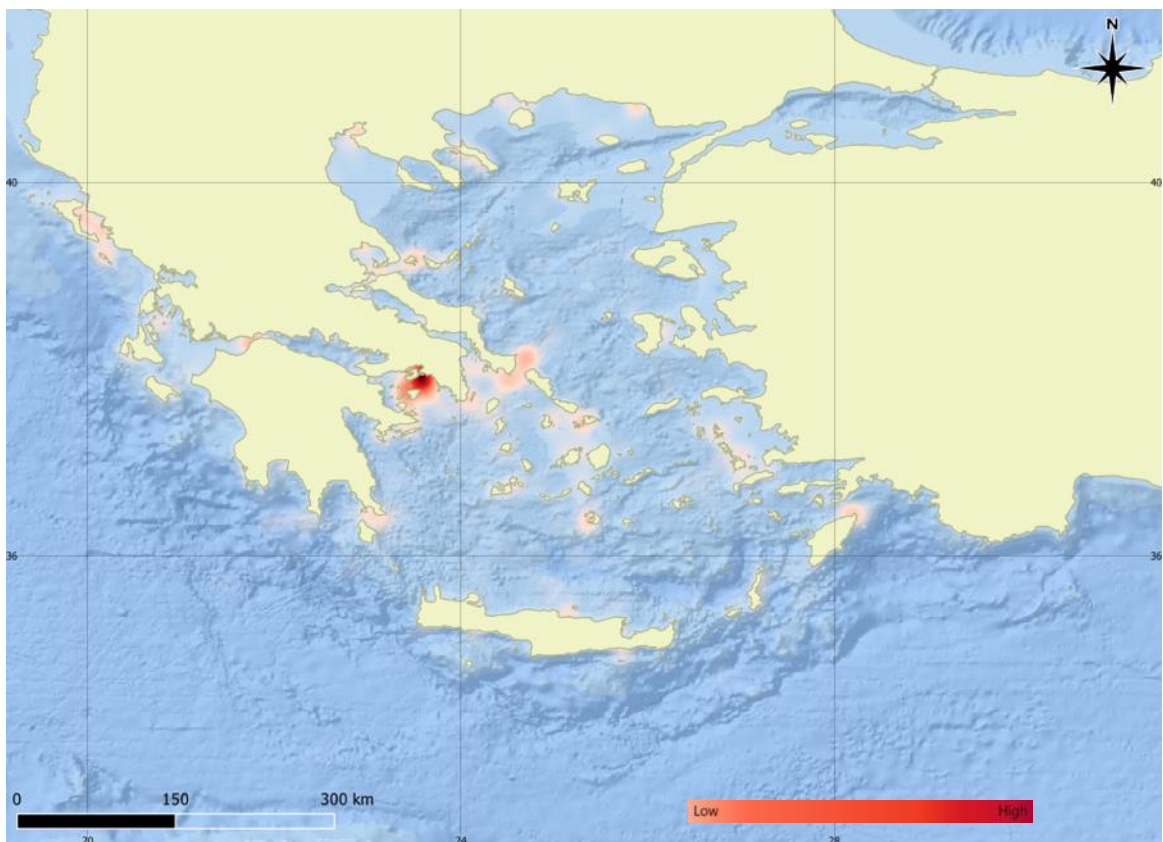
Χάρτης 20: Συμβάντα ακυβερνησίας και ατυχήματα προσάραξης στα ελληνικά χωρικά ύδατα



Χάρτης 21: Συγκέντρωση συμβάντων ακυβερνησίας και ατυχημάτων προσάραξης στα ελληνικά χωρικά ύδατα



Χάρτης 22: Συχνότητα συμβάντων ακυβερνησίας και ατυχημάτων προσάραξης στα ελληνικά χωρικά ύδατα



Χάρτης 23: Ρίσκο ακυβερνησίας και προσαράξεων στα ελληνικά χωρικά ύδατα

Παράρτημα 4 – Κώδικας SQL που χρησιμοποιήθηκε για την επεξεργασία της βάσης δεδομένων

```

ALTER TABLE "Groundings" DROP COLUMN ST_Transform;
ALTER TABLE "Groundings" ADD COLUMN ST_Transform geometry(point,3035);
update "Groundings" set ST_Transform = ST_Transform(geom, '3035');
CREATE INDEX "sidx_Groundings_ST_Transform" ON "Groundings" USING gist(ST_Transform);
ALTER TABLE "Loss" DROP COLUMN ST_Transform;
ALTER TABLE "Loss" ADD COLUMN ST_Transform geometry(point,3035);
update "Loss" set ST_Transform = ST_Transform(geom, '3035');
CREATE INDEX "sidx_Loss_ST_Transform" ON "Loss" USING gist(ST_Transform);
ALTER TABLE "Shoreline" DROP COLUMN ST_Transform;
ALTER TABLE "Shoreline" ADD COLUMN ST_Transform geometry(polygon,3035);
update "Shoreline" set ST_Transform = ST_Transform(geom, '3035');
CREATE INDEX "sidx_Shoreline_ST_Transform" ON "Shoreline" USING gist(ST_Transform);
ALTER TABLE "flags" DROP COLUMN ST_Transform;
ALTER TABLE "flags" ADD COLUMN ST_Transform geometry(point,3035);
update "flags" set ST_Transform = ST_Transform(geom, '3035');
CREATE INDEX "sidx_flags_ST_Transform" ON "flags" USING gist(ST_Transform);
ALTER TABLE "natura" DROP COLUMN ST_Transform;
ALTER TABLE "natura" ADD COLUMN ST_Transform geometry(Polygon,3035);
update "natura" set ST_Transform = ST_Transform(geom, '3035');
CREATE INDEX "sidx_natura_ST_Transform" ON "natura" USING gist(ST_Transform);
ALTER TABLE "Shoreline" DROP COLUMN ST_Buffer;
ALTER TABLE "Shoreline" ADD COLUMN ST_Buffer geometry(Polygon,3035);
update "Shoreline" set ST_Buffer = ST_Buffer(ST_Transform, 18580, 'join=mitre mitre_limit=5.0');
CREATE INDEX "sidx_Shoreline_ST_Buffer" ON "Shoreline" USING gist(ST_Buffer);
ALTER TABLE "flags" DROP COLUMN ST_Buffer;
ALTER TABLE "flags" ADD COLUMN ST_Buffer geometry(polygon,3035);
update "flags" set ST_Buffer = ST_Buffer(ST_Transform, 18580);
CREATE INDEX "sidx_flags_ST_Buffer" ON "flags" USING gist(ST_Buffer);
ALTER TABLE "natura" DROP COLUMN ST_Buffer;
ALTER TABLE "natura" ADD COLUMN ST_Buffer geometry(polygon,3035);
update "natura" set ST_Buffer = ST_Buffer(ST_Transform, 18580, 'join=mitre mitre_limit=5.0');
CREATE INDEX "sidx_natura_ST_Buffer" ON "natura" USING gist(ST_Buffer);
    
```

```

ALTER TABLE "natura" DROP COLUMN in_land;
ALTER TABLE "natura" ADD COLUMN in_land int;
update "natura" set in_land = 0;
update "natura" set in_land = 1 from "Shoreline" where ST_Within("natura".geom, "Shoreline".geom);
drop table if exists grid;
create table grid as
select id, x, y, traffic, ST_SetSRID(geom, 3035) as geom,
       ST_SetSRID(ST_MakeEnvelope(ST_X(geom)-500, ST_Y(geom)-500, ST_X(geom)+500,
       ST_Y(geom)+500), 3035) as geom_1,
       ST_SetSRID(ST_MakeEnvelope(ST_X(geom)-1500, ST_Y(geom)-1500, ST_X(geom)+1500,
       ST_Y(geom)+1500), 3035) as geom_3,
       ST_SetSRID(ST_MakeEnvelope(ST_X(geom)-2500, ST_Y(geom)-2500, ST_X(geom)+2500,
       ST_Y(geom)+2500), 3035) as geom_5
from   traffic;
CREATE INDEX "sidx_grid_geom" ON grid USING gist(geom);
CREATE INDEX "sidx_grid_geom_1" ON grid USING gist(geom_1);
CREATE INDEX "sidx_grid_geom_3" ON grid USING gist(geom_3);
CREATE INDEX "sidx_grid_geom_5" ON grid USING gist(geom_5);
ALTER TABLE grid ADD COLUMN No_of_Groundings_1 int;
ALTER TABLE grid ADD COLUMN No_of_Loss_1 int;
ALTER TABLE grid ADD COLUMN No_of_Groundings_3 int;
ALTER TABLE grid ADD COLUMN No_of_Loss_3 int;
ALTER TABLE grid ADD COLUMN No_of_Groundings_5 int;
ALTER TABLE grid ADD COLUMN No_of_Loss_5 int;
update grid set No_of_Groundings_1 = 0;
update grid set No_of_Loss_1 = 0;
update grid set No_of_Groundings_3 = 0;
update grid set No_of_Loss_3 = 0;
update grid set No_of_Groundings_5 = 0;
update grid set No_of_Loss_5 = 0;
with   A as (
        select      grid.id, count(*)
        from        grid, "Groundings"
        where       ST_Intersects(grid.geom_1, "Groundings".ST_Transform)
        group by    grid.id
    
```

```

    )
update grid set No_of_Groundings_1 = count from A where A.id = grid.id;
with   A as (
        select      grid.id, count(*)
        from        grid, "Loss"
        where       ST_Intersects(grid.geom_1, "Loss".ST_Transform)
        group by    grid.id
    )
update grid set No_of_Loss_1 = count from A where A.id = grid.id;
with   A as (
        select      grid.id, count(*)
        from        grid, "Groundings"
        where       ST_Intersects(grid.geom_3, "Groundings".ST_Transform)
        group by    grid.id
    )
update grid set No_of_Groundings_3 = count from A where A.id = grid.id;
with   A as (
        select      grid.id, count(*)
        from        grid, "Loss"
        where       ST_Intersects(grid.geom_3, "Loss".ST_Transform)
        group by    grid.id
    )
update grid set No_of_Loss_3 = count from A where A.id = grid.id;
with   A as (
        select      grid.id, count(*)
        from        grid, "Groundings"
        where       ST_Intersects(grid.geom_5, "Groundings".ST_Transform)
        group by    grid.id
    )
update grid set No_of_Groundings_5 = count from A where A.id = grid.id;
with   A as (
        select      grid.id, count(*)
        from        grid, "Loss"
        where       ST_Intersects(grid.geom_5, "Loss".ST_Transform)

```

```

        group by      grid.id
    )
update grid set No_of_Loss_5 = count from A where A.id = grid.id;
ALTER TABLE grid ADD COLUMN traffic_opt numeric(5,2);
with    min as      (
        select min(traffic)::numeric(5,2) from grid
    ),
    max as      (
        select max(traffic)::numeric(5,2) from grid
    )
update grid set traffic_opt = ((traffic::numeric(5,2) - min)/(max-min))*100.00 from min, max;
select distinct traffic, traffic_opt from grid;
select distinct traffic from traffic order by traffic;
ALTER TABLE grid ADD COLUMN Freq_Groundings_1 numeric(20,8);
ALTER TABLE grid ADD COLUMN Freq_Loss_1 numeric(20,8);
ALTER TABLE grid ADD COLUMN Freq_All_1 numeric(20,8);
ALTER TABLE grid ADD COLUMN Freq_Groundings_3 numeric(20,8);
ALTER TABLE grid ADD COLUMN Freq_Loss_3 numeric(20,8);
ALTER TABLE grid ADD COLUMN Freq_All_3 numeric(20,8);
ALTER TABLE grid ADD COLUMN Freq_Groundings_5 numeric(20,8);
ALTER TABLE grid ADD COLUMN Freq_Loss_5 numeric(20,8);
ALTER TABLE grid ADD COLUMN Freq_All_5 numeric(20,8);
update grid set Freq_Groundings_1 = 0;
update grid set Freq_Loss_1 = 0;
update grid set Freq_All_1 = 0;
update grid set Freq_Groundings_3 = 0;
update grid set Freq_Loss_3 = 0;
update grid set Freq_All_3 = 0;
update grid set Freq_Groundings_5 = 0;
update grid set Freq_Loss_5 = 0;
update grid set Freq_All_5 = 0;
update grid set Freq_Groundings_1 = No_of_Groundings_1/(traffic_opt*12*20) where traffic_opt != 0;
update grid set Freq_Loss_1 = No_of_Loss_1/(traffic_opt*12*20) where traffic_opt != 0;

```

```

update grid set Freq_All_1 = (No_of_Groundings_1+No_of_Loss_1)/(traffic_opt*12*20) where traffic_opt
!= 0;
update grid set Freq_Groundings_3 = No_of_Groundings_3/(traffic_opt*12*20) where traffic_opt != 0;
update grid set Freq_Loss_3 = No_of_Loss_3/(traffic_opt*12*20) where traffic_opt != 0;
update grid set Freq_All_3 = (No_of_Groundings_3+No_of_Loss_3)/(traffic_opt*12*20) where traffic_opt
!= 0;
update grid set Freq_Groundings_5 = No_of_Groundings_5/(traffic_opt*12*20) where traffic_opt != 0;
update grid set Freq_Loss_5 = No_of_Loss_5/(traffic_opt*12*20) where traffic_opt != 0;
update grid set Freq_All_5 = (No_of_Groundings_5+No_of_Loss_5)/(traffic_opt*12*20) where traffic_opt
!= 0;
ALTER TABLE grid ADD COLUMN isClose_Shoreline int;
update grid set isClose_Shoreline = 0;
with A as (
    select grid.id
    from "Shoreline", grid
    where ST_Intersects("Shoreline".ST_Buffer, grid.geom)
)
update grid set isClose_Shoreline = 1 where id in (select id from A);
CREATE INDEX "idx_grid_isClose_Shoreline" ON grid USING btree(isClose_Shoreline);
ALTER TABLE grid ADD COLUMN isClose_flags int;
update grid set isClose_flags = 0;
with A as (
    select grid.id
    from "flags", grid
    where ST_Intersects("flags".ST_Buffer, grid.geom)
)
update grid set isClose_flags = 1 where id in (select id from A);
CREATE INDEX "idx_grid_isClose_flags" ON grid USING btree(isClose_flags);
ALTER TABLE grid ADD COLUMN isClose_natura int;
update grid set isClose_natura = 0;
with A as (
    select grid.id
    from "natura", grid
    where ST_Intersects("natura".ST_Buffer, grid.geom)
)

```

```

update grid set isClose_natura = 1 where id in (select id from A);
CREATE INDEX "idx_grid_isClose_natura" ON grid USING btree(isClose_natura);
ALTER TABLE grid ADD COLUMN in_Shoreline int;
ALTER TABLE grid ADD COLUMN count_Shoreline int;
ALTER TABLE grid ADD COLUMN mind_Shoreline int;
ALTER TABLE grid ADD COLUMN maxd_Shoreline int;
ALTER TABLE grid ADD COLUMN aved_Shoreline int;
ALTER TABLE grid ADD COLUMN index_Shoreline double precision;
update grid set in_Shoreline = 0;
update grid set in_Shoreline = 1 from "Shoreline" where isClose_Shoreline = 1 and
ST_Intersects(grid.geom, "Shoreline".ST_Transform);
with A as (
    select      "Shoreline".id as Shoreline_id, grid.id as grid_id, ST_Distance(grid.geom,
"Shoreline".ST_Transform)
    from        "Shoreline", grid
    where       isClose_Shoreline = 1
               and in_Shoreline = 0
               and ST_Distance(grid.geom, "Shoreline".ST_Transform) <= 18580
),
B as (
    select      grid_id, count(*), min(ST_Distance), max(ST_Distance),
sum(ST_Distance)/count(*) as ave, sum(1/(ST_Distance^2)) as index
    from        A
    group by    grid_id
)
update grid set
    count_Shoreline = count,
    mind_Shoreline = min,
    maxd_Shoreline = max,
    aved_Shoreline = ave,
    index_Shoreline = index
from B where B.grid_id = grid.id;
ALTER TABLE grid ADD COLUMN count_flags int;
ALTER TABLE grid ADD COLUMN mind_flags int;
ALTER TABLE grid ADD COLUMN maxd_flags int;

```

```

ALTER TABLE grid ADD COLUMN aved_flags int;
ALTER TABLE grid ADD COLUMN index_flags double precision;
with   A as (
        select      flags.id as flag_id,  grid.id as grid_id,  ST_Distance(grid.geom,
flags.ST_Transform)
        from        flags, grid
        where       isClose_flags = 1
                   and ST_Distance(grid.geom, flags.ST_Transform) <= 18580
      ),
      B as (
        select      grid_id,    count(*),    min(ST_Distance),    max(ST_Distance),
sum(ST_Distance)/count(*) as ave, sum(1/(ST_Distance^2)) as index
        from        A
        group by    grid_id
      )
update grid set
      count_flags = count,
      mind_flags = min,
      maxd_flags = max,
      aved_flags = ave,
      index_flags = index
from B where B.grid_id = grid.id;
ALTER TABLE grid ADD COLUMN in_natura int;
ALTER TABLE grid ADD COLUMN count_natura int;
ALTER TABLE grid ADD COLUMN mind_natura int;
ALTER TABLE grid ADD COLUMN maxd_natura int;
ALTER TABLE grid ADD COLUMN aved_natura int;
ALTER TABLE grid ADD COLUMN index_natura double precision;
update grid set in_natura = 0;
update grid set in_natura = 1 from natura where in_land = 0 and isClose_natura = 1 and
ST_Intersects(grid.geom, natura.ST_Transform);
with   A as (
        select      natura.id as natura_id,  grid.id as grid_id,  ST_Distance(grid.geom,
natura.ST_Transform)
        from        natura, grid

```

```

        where      isClose_natura = 1
                  and in_natura = 0
                  and in_land = 0
                  and ST_Distance(grid.geom, natura.ST_Transform) <= 18580
    ),
    B as (
        select      grid_id,      count(*),      min(ST_Distance),      max(ST_Distance),
sum(ST_Distance)/count(*) as ave, sum(1/(ST_Distance^2)) as index
        from        A
        group by    grid_id
    )
update grid set
    count_natura = count,
    mind_natura = min,
    maxd_natura = max,
    aved_natura = ave,
    index_natura = index
from B where B.grid_id = grid.id;
ALTER TABLE grid ADD COLUMN sev_shoreline int;
ALTER TABLE grid ADD COLUMN sev_flags int;
ALTER TABLE grid ADD COLUMN sev_natura int;
update grid set sev_shoreline = 1 where index_shoreline is null;
update grid set sev_shoreline = 10 where in_Shoreline = 1;
update grid set sev_shoreline = 2 where sev_shoreline is null and index_shoreline < 0.001727;
update grid set sev_shoreline = 3 where sev_shoreline is null and index_shoreline < 0.006017;
update grid set sev_shoreline = 4 where sev_shoreline is null and index_shoreline < 0.017036;
update grid set sev_shoreline = 5 where sev_shoreline is null and index_shoreline < 0.027775;
update grid set sev_shoreline = 6 where sev_shoreline is null and index_shoreline < 0.102701;
update grid set sev_shoreline = 7 where sev_shoreline is null and index_shoreline < 0.408643;
update grid set sev_shoreline = 8 where sev_shoreline is null and index_shoreline < 2.179471;
update grid set sev_shoreline = 9 where sev_shoreline is null and index_shoreline < 71.829811;
select * from grid where sev_shoreline is null;
update grid set sev_flags = 1 where index_flags is null;
update grid set sev_flags = 2 where sev_flags is null and index_flags < 0.0000002470;

```

```

update grid set sev_flags = 3 where sev_flags is null and index_flags < 0.0000010196;
update grid set sev_flags = 4 where sev_flags is null and index_flags < 0.0000026872;
update grid set sev_flags = 5 where sev_flags is null and index_flags < 0.0000063798;
update grid set sev_flags = 6 where sev_flags is null and index_flags < 0.0000139978;
update grid set sev_flags = 7 where sev_flags is null and index_flags < 0.0000204936;
update grid set sev_flags = 8 where sev_flags is null and index_flags < 0.0000335747;
update grid set sev_flags = 9 where sev_flags is null and index_flags < 0.0000617302;
update grid set sev_flags = 10 where sev_flags is null and index_flags < 0.0075620773;
select * from grid where sev_flags is null;
update grid set sev_natura = 1 where index_natura is null;
update grid set sev_natura = 10 where in_natura = 1;
update grid set sev_natura = 2 where sev_natura is null and index_natura < 0.00003534;
update grid set sev_natura = 3 where sev_natura is null and index_natura < 0.00018641;
update grid set sev_natura = 4 where sev_natura is null and index_natura < 0.00045858;
update grid set sev_natura = 5 where sev_natura is null and index_natura < 0.00080599;
update grid set sev_natura = 6 where sev_natura is null and index_natura < 0.00121019;
update grid set sev_natura = 7 where sev_natura is null and index_natura < 0.00181242;
update grid set sev_natura = 8 where sev_natura is null and index_natura < 0.00455633;
update grid set sev_natura = 9 where sev_natura is null and index_natura < 86.64336185;
select * from grid where sev_natura is null;
CREATE INDEX "idx_grid_sev_shoreline" ON grid USING btree(sev_shoreline);
CREATE INDEX "idx_grid_sev_flags" ON grid USING btree(sev_flags);
CREATE INDEX "idx_grid_sev_natura" ON grid USING btree(sev_natura);
-- Part 2
ALTER TABLE grid ADD COLUMN sev_index int;
update grid set sev_index = sev_shoreline + sev_flags + sev_natura;
ALTER TABLE grid ADD COLUMN Severity int;
update grid set Severity = 1 where Severity is null and sev_index <= 10;
update grid set Severity = 2 where Severity is null and sev_index <= 17;
update grid set Severity = 3 where Severity is null and sev_index <= 24;
update grid set Severity = 4 where Severity is null and sev_index <= 30;
ALTER TABLE grid ADD COLUMN f_ind_g_1 int;
ALTER TABLE grid ADD COLUMN f_ind_l_1 int;
ALTER TABLE grid ADD COLUMN f_ind_a_1 int;

```

```

ALTER TABLE grid ADD COLUMN f_ind_g_3 int;
ALTER TABLE grid ADD COLUMN f_ind_l_3 int;
ALTER TABLE grid ADD COLUMN f_ind_a_3 int;
ALTER TABLE grid ADD COLUMN f_ind_g_5 int;
ALTER TABLE grid ADD COLUMN f_ind_l_5 int;
ALTER TABLE grid ADD COLUMN f_ind_a_5 int;
update grid set f_ind_g_1 = 1 where f_ind_g_1 is null and freq_groundings_1 < 10^(-5);
update grid set f_ind_g_1 = 2 where f_ind_g_1 is null and freq_groundings_1 < 10^(-4);
update grid set f_ind_g_1 = 3 where f_ind_g_1 is null and freq_groundings_1 < 10^(-3);
update grid set f_ind_g_1 = 4 where f_ind_g_1 is null and freq_groundings_1 < 10^(-2);
update grid set f_ind_g_1 = 5 where f_ind_g_1 is null and freq_groundings_1 < 10^(-1);
update grid set f_ind_g_1 = 6 where f_ind_g_1 is null and freq_groundings_1 < 1;
update grid set f_ind_g_1 = 7 where f_ind_g_1 is null;
update grid set f_ind_l_1 = 1 where f_ind_l_1 is null and freq_loss_1 < 10^(-5);
update grid set f_ind_l_1 = 2 where f_ind_l_1 is null and freq_loss_1 < 10^(-4);
update grid set f_ind_l_1 = 3 where f_ind_l_1 is null and freq_loss_1 < 10^(-3);
update grid set f_ind_l_1 = 4 where f_ind_l_1 is null and freq_loss_1 < 10^(-2);
update grid set f_ind_l_1 = 5 where f_ind_l_1 is null and freq_loss_1 < 10^(-1);
update grid set f_ind_l_1 = 6 where f_ind_l_1 is null and freq_loss_1 < 1;
update grid set f_ind_l_1 = 7 where f_ind_l_1 is null;
update grid set f_ind_a_1 = 1 where f_ind_a_1 is null and freq_all_1 < 10^(-5);
update grid set f_ind_a_1 = 2 where f_ind_a_1 is null and freq_all_1 < 10^(-4);
update grid set f_ind_a_1 = 3 where f_ind_a_1 is null and freq_all_1 < 10^(-3);
update grid set f_ind_a_1 = 4 where f_ind_a_1 is null and freq_all_1 < 10^(-2);
update grid set f_ind_a_1 = 5 where f_ind_a_1 is null and freq_all_1 < 10^(-1);
update grid set f_ind_a_1 = 6 where f_ind_a_1 is null and freq_all_1 < 1;
update grid set f_ind_a_1 = 7 where f_ind_a_1 is null;
update grid set f_ind_g_3 = 1 where f_ind_g_3 is null and freq_groundings_3 < 10^(-5);
update grid set f_ind_g_3 = 2 where f_ind_g_3 is null and freq_groundings_3 < 10^(-4);
update grid set f_ind_g_3 = 3 where f_ind_g_3 is null and freq_groundings_3 < 10^(-3);
update grid set f_ind_g_3 = 4 where f_ind_g_3 is null and freq_groundings_3 < 10^(-2);
update grid set f_ind_g_3 = 5 where f_ind_g_3 is null and freq_groundings_3 < 10^(-1);
update grid set f_ind_g_3 = 6 where f_ind_g_3 is null and freq_groundings_3 < 1;
update grid set f_ind_g_3 = 7 where f_ind_g_3 is null;

```

update grid set f_ind_l_3 = 1 where f_ind_l_3 is null and freq_loss_3 < 10[^](-5);
 update grid set f_ind_l_3 = 2 where f_ind_l_3 is null and freq_loss_3 < 10[^](-4);
 update grid set f_ind_l_3 = 3 where f_ind_l_3 is null and freq_loss_3 < 10[^](-3);
 update grid set f_ind_l_3 = 4 where f_ind_l_3 is null and freq_loss_3 < 10[^](-2);
 update grid set f_ind_l_3 = 5 where f_ind_l_3 is null and freq_loss_3 < 10[^](-1);
 update grid set f_ind_l_3 = 6 where f_ind_l_3 is null and freq_loss_3 < 1;
 update grid set f_ind_l_3 = 7 where f_ind_l_3 is null;
 update grid set f_ind_a_3 = 1 where f_ind_a_3 is null and freq_all_3 < 10[^](-5);
 update grid set f_ind_a_3 = 2 where f_ind_a_3 is null and freq_all_3 < 10[^](-4);
 update grid set f_ind_a_3 = 3 where f_ind_a_3 is null and freq_all_3 < 10[^](-3);
 update grid set f_ind_a_3 = 4 where f_ind_a_3 is null and freq_all_3 < 10[^](-2);
 update grid set f_ind_a_3 = 5 where f_ind_a_3 is null and freq_all_3 < 10[^](-1);
 update grid set f_ind_a_3 = 6 where f_ind_a_3 is null and freq_all_3 < 1;
 update grid set f_ind_a_3 = 7 where f_ind_a_3 is null;
 update grid set f_ind_g_5 = 1 where f_ind_g_5 is null and freq_groundings_5 < 10[^](-5);
 update grid set f_ind_g_5 = 2 where f_ind_g_5 is null and freq_groundings_5 < 10[^](-4);
 update grid set f_ind_g_5 = 3 where f_ind_g_5 is null and freq_groundings_5 < 10[^](-3);
 update grid set f_ind_g_5 = 4 where f_ind_g_5 is null and freq_groundings_5 < 10[^](-2);
 update grid set f_ind_g_5 = 5 where f_ind_g_5 is null and freq_groundings_5 < 10[^](-1);
 update grid set f_ind_g_5 = 6 where f_ind_g_5 is null and freq_groundings_5 < 1;
 update grid set f_ind_g_5 = 7 where f_ind_g_5 is null;
 update grid set f_ind_l_5 = 1 where f_ind_l_5 is null and freq_loss_5 < 10[^](-5);
 update grid set f_ind_l_5 = 2 where f_ind_l_5 is null and freq_loss_5 < 10[^](-4);
 update grid set f_ind_l_5 = 3 where f_ind_l_5 is null and freq_loss_5 < 10[^](-3);
 update grid set f_ind_l_5 = 4 where f_ind_l_5 is null and freq_loss_5 < 10[^](-2);
 update grid set f_ind_l_5 = 5 where f_ind_l_5 is null and freq_loss_5 < 10[^](-1);
 update grid set f_ind_l_5 = 6 where f_ind_l_5 is null and freq_loss_5 < 1;
 update grid set f_ind_l_5 = 7 where f_ind_l_5 is null;
 update grid set f_ind_a_5 = 1 where f_ind_a_5 is null and freq_all_5 < 10[^](-5);
 update grid set f_ind_a_5 = 2 where f_ind_a_5 is null and freq_all_5 < 10[^](-4);
 update grid set f_ind_a_5 = 3 where f_ind_a_5 is null and freq_all_5 < 10[^](-3);
 update grid set f_ind_a_5 = 4 where f_ind_a_5 is null and freq_all_5 < 10[^](-2);
 update grid set f_ind_a_5 = 5 where f_ind_a_5 is null and freq_all_5 < 10[^](-1);
 update grid set f_ind_a_5 = 6 where f_ind_a_5 is null and freq_all_5 < 1;

```

update grid set f_ind_a_5 = 7 where f_ind_a_5 is null;
ALTER TABLE grid ADD COLUMN risk_g_1 int;
ALTER TABLE grid ADD COLUMN risk_l_1 int;
ALTER TABLE grid ADD COLUMN risk_a_1 int;
ALTER TABLE grid ADD COLUMN risk_g_3 int;
ALTER TABLE grid ADD COLUMN risk_l_3 int;
ALTER TABLE grid ADD COLUMN risk_a_3 int;
ALTER TABLE grid ADD COLUMN risk_g_5 int;
ALTER TABLE grid ADD COLUMN risk_l_5 int;
ALTER TABLE grid ADD COLUMN risk_a_5 int;
update grid set risk_g_1 = f_ind_g_1 + Severity;
update grid set risk_l_1 = f_ind_l_1 + Severity;
update grid set risk_a_1 = f_ind_a_1 + Severity;
update grid set risk_g_3 = f_ind_g_3 + Severity;
update grid set risk_l_3 = f_ind_l_3 + Severity;
update grid set risk_a_3 = f_ind_a_3 + Severity;
update grid set risk_g_5 = f_ind_g_5 + Severity;
update grid set risk_l_5 = f_ind_l_5 + Severity;
update grid set risk_a_5 = f_ind_a_5 + Severity;
update grid set risk_g_1 = 0 where no_of_groundings_1 = 0;
update grid set risk_l_1 = 0 where no_of_loss_1 = 0;
update grid set risk_a_1 = 0 where no_of_groundings_1 + no_of_loss_1 = 0;
update grid set risk_g_3 = 0 where no_of_groundings_3 = 0;
update grid set risk_l_3 = 0 where no_of_loss_3 = 0;
update grid set risk_a_3 = 0 where no_of_groundings_3 + no_of_loss_3 = 0;
update grid set risk_g_5 = 0 where no_of_groundings_5 = 0;
update grid set risk_l_5 = 0 where no_of_loss_5 = 0;
update grid set risk_a_5 = 0 where no_of_groundings_5 + no_of_loss_5 = 0;

```