



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΟΞΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

**Μεταπτυχιακή
Διατριβή**

**ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΠΗΓΩΝ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΣΤΟΝ ΚΟΛΠΟ ΣΟΥΔΑΣ
ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ GNOME ΚΑΙ ADIOS**

Ιωάννης Αργυρίου



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ & ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ ΓΙΔΑΡΑΚΟΣ (ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ)

ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΞΕΚΟΥΚΟΥΛΩΤΑΚΗΣ

ΜΑΡΙΑ ΑΪΒΑΛΙΩΤΗ

ΧΑΝΙΑ , ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2017

Ευχαριστίες

Η συγγραφή μίας διπλωματικής εργασίας σημαίνει το τέλος μιας δύσκολης αλλά και συνάμα εποικοδομητικής περιόδου μέσα στην οποία πραγματοποιήθηκε με επιτυχία η παρακολούθηση των μεταπτυχιακών μου σπουδών στο Πολυτεχνείο Κρήτης. Πρόκειται για μία εργασία, η οποία για να φθάσει στο πέρας της ήταν απαραίτητη η συνδρομή κάποιων ανθρώπων που παρείχαν είτε ψυχολογική υποστήριξη, είτε συνέδραμαν με τις γνώσεις τους και το ερευνητικό τους έργο στην ολοκλήρωση της.

Αρχικά θα ήθελα να απευθύνω τις θερμότερες ευχαριστίες στον επιβλέποντα καθηγητή μου κ.Ευάγγελο Γιδαράκο, για την καθοδήγηση, τις πολύτιμες συμβουλές και τις παρατηρήσεις επί της οργάνωσης, της δομής και του περιεχομένου της παρούσας διατριβής καθώς μέσα από την πολυδιάστατη επιστημονική του σκέψη και τις εξόχως επιστημονικές παρατηρήσεις εμπλούτισε τις γνώσεις μου πάνω στα θέματα της θαλάσσιας ρύπανσης. Οφείλω να τον ευχαριστήσω ιδιαιτέρως καθότι ήταν αυτός που με παρακίνησε να συμμετέχω σ' αυτό το μεταπτυχιακό πρόγραμμα δίνοντας μου την ευκαιρία να αποκτήσω καινούργιες γνώσεις, καινούργιες προοπτικές, καινούργια όνειρα.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω επίσης και στα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής τα οποία με τις επιστημονικές τους συμβουλές κατά τη διαδικασία της εκπόνησης της διπλωματικής μου διατριβής συνέβαλαν στο μέγιστο για την επιτυχή ολοκλήρωση της.

Εκ βάθους καρδιάς θα ήθελα να ευχαριστήσω την υπέροχη οικογένεια μου, τη σύζυγο και τα παιδιά μου, που σε όλο αυτό το χρονικό διάστημα των μεταπτυχιακών μου σπουδών με στήριξαν ανελλιπώς προσφέροντας δύναμη, κουράγιο και ενθάρρυνση προκειμένου να συνεχίσω τις σπουδές μου. Παρόλο που η παρακολούθηση ενός τέτοιου κύκλου σπουδών απαιτούσε αρκετές ώρες παρουσίας στον χώρο του Πολυτεχνείου και αρκετές ώρες μελέτης καθιστώντας την παρουσία μου πολύ δύσκολη στο οικογενειακό περιβάλλον, η στήριξη, η αγκαλιά και η αγάπη τους ήταν συνεπιβάτης μου σ' αυτήν την προσπάθεια.

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ, το οφείλω στους γονείς μου, οι οποίοι εδώ και πολύ καιρό δεν βρίσκονται στη ζωή, όμως οι αρχές, οι αξίες και οι γνώσεις που μου πρόσφεραν μέσα από τις θυσίες τους, συνετέλεσαν να πάρω όλα τα απαραίτητα εφόδια προκειμένου να πορευθώ στη ζωή μου και ελπίζω να τους έχω κάνει περήφανους.

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελεί μια συστηματική προσπάθεια ανάλυσης, ερμηνείας και κατανόησης του θέματος της θαλάσσιας ρύπανσης καθώς και των συναφών προβλημάτων στα πλαίσια του διεθνούς, ευρωπαϊκού και εθνικού προβληματισμού. Αρχικά αναφέρονται οι πηγές ρύπανσης και κατόπιν εξετάζεται η συμπεριφορά του πετρελαίου στο θαλάσσιο περιβάλλον. Ακολούθως γίνεται μια ποσοτική και ποιοτική παρουσίαση στοιχείων αναφορικά με τη θαλάσσια ρύπανση περιλαμβάνοντας και τις επιπτώσεις της. Στα πλαίσια αυτά δίνεται μια επιστημονική προσέγγιση του κινδύνου ενός περιστατικού θαλάσσιας ρύπανσης, κρίνεται απαραίτητη συμβάλλοντας στην ετοιμότητα και στην αποτελεσματικότητα των εμπλεκόμενων φορέων, ενώ σε περίπτωση πραγματικού περιστατικού, δύναται να αποτελέσει βασικό εφόδιο για τη λήψη μέτρων για την αντιμετώπιση του και τον μετριασμό των επιπτώσεων του.

Λαμβάνοντας υπόψη τα ανωτέρω επιλέχθηκε ως περιοχή μελέτης μας ο κόλπος της Σούδας καθώς συγκεντρώνει μεγάλη ναυτιλιακή κίνηση ενώ από την άλλη μεριά παρουσιάζει μεγάλη περιβαλλοντική και τουριστική αξία.

Κάνοντας χρήση των υπολογιστικών μοντέλων GNOME και ADIOS μελετήθηκε η κατεύθυνση, η ταχύτητα και η έκταση του πλουμίου καταλήγοντας σε συμπεράσματα για τον απαιτούμενο χρόνο αντίδρασης των αρμόδιων φορέων στη λήψη μέτρων για την προστασία των παράκτιων ακτών καθώς και στα μέσα περισυλλογής της πετρελαιοκηλίδας.

Abstract

The present dissertation aims at a thorough analysis and in-depth explanation and understanding of the issue of marine pollution as well as similar problems within the context of International, European and national considerations. In particular, it focuses on the sources of pollution in the marine environment. Moreover, it examines the behavior of the oil spill in the marine environment and it presents quantitative and qualitative data concerning the marine pollution and its effects. In the light of all the above, a scientific approach to the imminent danger of a sea pollution case is deemed necessary and conducive to the readiness and effectiveness of the involved parties. In the case of a real event, it can be a valuable source of information for measure-taking in handling the case and alleviating the effects.

Taking all of above under consideration, the bay of Souda was chosen as a study area on the grounds that it presents high sea traffic on the one hand and, on the other, great environmental and touristic value.

With the use and application of the GNOME and ADIOS models, the direction, speed and stretch area of the oil spill were studied and conclusion were reached as to the required response time for measure-taking by the authorities in charge, the protection of shores, as well as the collection mode of the oil spill.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Κεφάλαιο 1

| | | |
|-----|----------------------|---|
| 1.1 | Εισαγωγή..... | 1 |
| 1.2 | Στόχος εργασίας..... | 4 |

Κεφάλαιο 2

| | | |
|-----|---|----|
| 2.1 | Πηγές θαλάσσιας ρύπανσης..... | 5 |
| α. | Ρύπανση από χερσαίες πηγές..... | 5 |
| β. | Ρύπανση από εξόρυξη και εκμετάλλευση φυσικών πόρων..... | 6 |
| γ. | Ρύπανση από την ατμόσφαιρα..... | 6 |
| δ. | Ρύπανση από τα πλοία..... | 7 |
| 2.2 | Νομοθετικό πλαίσιο..... | 12 |
| α. | Διεθνές νομοθετικό πλαίσιο..... | 12 |
| β. | Εθνικό νομοθετικό πλαίσιο..... | 13 |

Κεφάλαιο 3

| | | |
|-----|--|----|
| 3.1 | Ρύπανση από πετρέλαιο..... | 15 |
| 3.2 | Αίτια ρυπάνσεων πετρελαίου που προέρχονται από πλοία..... | 18 |
| 3.3 | Στατιστικά στοιχεία ναυτικών ατυχημάτων..... | 21 |
| α. | Πετρελαιοκηλίδες μικρότερες από 7 τόνους..... | 21 |
| β. | Πετρελαιοκηλίδες από 7-700 τόνους..... | 23 |
| γ. | Πετρελαιοκηλίδες μεγαλύτερες από 700 τόνους..... | 25 |
| 3.4 | Στατιστικά στοιχεία ρυπάνσεων στον Ελλαδικό χώρο..... | 27 |
| 3.5 | Ιδιότητες πετρελαιοκηλίδων..... | 28 |
| 3.6 | Περιγραφή των διεργασιών που λαμβάνουν χώρα στην πετρελαιοκηλίδα κατά την παρουσία της στο υδάτινο περιβάλλον..... | 29 |
| 3.7 | Παράγοντες που επηρεάζουν την αντιμετώπιση μιας πετρελαιοκηλίδας..... | 33 |
| 3.8 | Επιπτώσεις της πετρελαιοκηλίδας..... | 35 |

Κεφάλαιο 4

| | | |
|-----|--|----|
| 4.1 | Κατηγορίες πλοίων –εγκαταστάσεων..... | 37 |
| 4.2 | Στατιστική ανάλυση ατυχημάτων κρουαζιερόπλοιων..... | 40 |
| 4.3 | Θαλάσσια ατυχήματα με πρόκληση θαλάσσιας ρύπανσης..... | 42 |

Κεφάλαιο 5

| | | |
|-----|------------------------------|----|
| 5.1 | Περιοχή μελέτης..... | 47 |
| 5.2 | Γεωμορφολογικά στοιχεία..... | 49 |
| 5.3 | Πληθυσμός..... | 52 |
| 5.4 | Απασχόληση..... | 52 |

| | | |
|------|--|----|
| 5.5 | Χρήσεις Γης..... | 55 |
| 5.6 | Κλίμα..... | 57 |
| 5.7 | Πηγές ρύπανσης..... | 68 |
| 5.8 | Στατιστικά στοιχεία κίνησης λιμένα Σούδας..... | 71 |
| 5.9 | Προστατευόμενες περιοχές..... | 72 |
| 5.10 | Προστατευόμενα είδη..... | 72 |

Κεφάλαιο 6

| | | |
|-----|--|----|
| 6.1 | Τρόποι καταπολέμησης πετρελαιοκηλίδας..... | 73 |
| 6.2 | Μέσα αντιρύπανσης-Τρόποι εφαρμογής..... | 73 |

Κεφάλαιο 7

| | | |
|-------|--|----|
| 7.1 | Ανάλυση σεναρίων..... | 82 |
| 7.2 | Περιγραφή σεναρίων..... | 87 |
| 7.2.1 | Σενάριο 1- Περιστατικό ρύπανσης από κρουαζιερόπλοιο..... | 87 |
| 7.2.2 | Σενάριο 2-Περιστατικό ρύπανσης από πετρελαιοφόρο..... | 89 |
| 7.2.3 | Σενάριο 3-Περιστατικό ρύπανσης από παράκτια εγκατάσταση..... | 91 |

Κεφάλαιο 8

| | | |
|-----|--|-----|
| 8.1 | Μοντελοποίηση..... | 93 |
| 8.2 | Τύποι υπολογιστικών προγραμμάτων (μοντέλων)..... | 94 |
| 8.3 | Δεδομένα..... | 95 |
| 8.4 | Περιγραφή υπολογιστικών προγραμμάτων εργασίας..... | 97 |
| 8.5 | Μοντελοποίηση σεναρίων..... | 112 |
| | Σενάριο 1..... | 112 |
| | Σενάριο 2..... | 129 |
| | Σενάριο 3..... | 138 |

Κεφάλαιο 9

| | | |
|-----|------------------------------|-----|
| 9.1 | Παραδοχές αποτελεσμάτων..... | 148 |
| 9.2 | Ανάλυση Αποτελεσμάτων..... | 149 |

Κεφάλαιο 10

| | | |
|--|-------------------|-----|
| | Συμπεράσματα..... | 155 |
| | Βιβλιογραφία..... | 157 |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το θαλάσσιο περιβάλλον είναι ένας τομέας για την ανάπτυξη αρκετών ανθρώπινων δραστηριοτήτων όπως ο τουρισμός, η αλιεία, η μεταφορά αγαθών διαδραματίζοντας έτσι σημαντικό ρόλο στην παγκόσμια οικονομία. Από τα πολύ παλιά χρόνια οι θαλάσσιες μεταφορές χρησιμοποιούνταν ως μέσο για τη μεταφορά αγαθών και έπαιζαν καθοριστικό παράγοντα για την ανάπτυξη μιας περιοχής. Σήμερα εξακολουθούν να έχουν καθοριστικό ρόλο καθώς αποτελούν το μεγαλύτερο τομέα για τη διακίνηση αγαθών. Ο υπερκαταναλωτισμός, η αύξηση του πληθυσμού, η παραγωγή νέων αγαθών συνέβαλαν στην απαίτηση περισσότερων πλοίων για τη μεταφορά τους. Η αύξηση των αριθμών των πλοίων συνετέλεσαν να έχουμε μεγαλύτερο αριθμό ατυχημάτων που σε πολλές περιπτώσεις ατυχημάτων είχαν ως αποτέλεσμα την πρόκληση ρύπανσης. Λαμβάνοντας υπόψη ότι τα παλιότερα χρόνια τα πλοία είχαν μικρότερο μέγεθος με αποτέλεσμα τόσο το φορτίο που μετέφεραν όσο και οι δεξαμενές καυσίμων τους να είναι μικρές, η ρύπανση την οποία προκαλούσαν σε περίπτωση ατυχήματος δεν ήταν ιδιαίτερα μεγάλη. Αντιθέτως στις μέρες μας παρατηρείται να έχουν κατασκευαστεί τεράστια δεξαμενόπλοια, κρουαζιερόπλοια καθώς και φορτηγά πλοία τα οποία σε περίπτωση ατυχήματος προκαλούν ανυπολόγιστη ζημιά στο θαλάσσιο οικοσύστημα.

Η ασφάλεια των πλοίων στη θάλασσα είναι μία από τις κύριες ανησυχίες όλων των μερών που εμπλέκονται καθώς οι ναυτιλιακές εταιρείες, οι σχεδιαστές πλοίων, τα ναυπηγεία και οι πλοιοκτήτες, θέλουν να αποφύγουν τυχόν σοβαρές συνέπειες ατυχημάτων πλοίων που μπορούν να προκαλέσουν ρύπανση καθώς αυτά επιφέρουν τεράστια χρηματικά πρόστιμα καθώς και ανυπολόγιστες βλάβες στο περιβάλλον. Η πιο προφανής πηγή ρύπανσης του θαλάσσιου περιβάλλοντος είναι η ρύπανση που προκαλείται από τα πλοία με την απόρριψη πετρελαίου είτε λόγω ατυχήματος είτε ηθελημένα. Ωστόσο δεν είναι και αμελητέα και η ρύπανση που προκαλείται από τις χερσαίες εγκαταστάσεις.

Το πετρέλαιο όταν βρεθεί στη θάλασσα υπόκειται σε διάφορες φυσικοχημικές μεταβολές. Οι μεταβολές θα επηρεάσουν σε μεγάλο βαθμό την επιλογή των μεθόδων που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για την περισυλλογή του. Ποσότητες πετρελαίου που διαρρέουν στο θαλάσσιο περιβάλλον, είτε αυτές προέρχονται εξαιτίας ανθρώπινης φύσης, είτε λόγω βασικών λειτουργιών του πλοίου, προκαλούν την καταστροφή της πανίδας και της χλωρίδας όπως π.χ. καταστροφή των θαλάσσιων γενετικών πόρων, κίνδυνος για την ανθρώπινη υγεία, μείωση των αλιευτικών αποθεμάτων, αλλοίωση της ποιότητας των υδάτων και τέλος υποβάθμιση της αναψυχής.

Έχει παρατηρηθεί ότι η μεγαλύτερη ρύπανση της θάλασσας παρατηρείται κατά μήκος των κύριων θαλάσσιων δρόμων που χρησιμοποιούν τα πλοία ανά τον κόσμο. Ωστόσο πολλά στοιχεία αναδεικνύουν ότι παρατηρείται σημαντική μείωση στις συγκεντρώσεις των πετρελαιοειδών στη θάλασσα. Σε αυτό σύμβαλε σε μεγάλο βαθμό η αυστηρότητα της υφιστάμενης νομοθεσίας καθώς και η εντατικοποίηση των διεθνών ελέγχων για την πρόληψη της ρύπανσης από τα πλοία.

Ένας γενικά αποδεκτός ορισμός της θαλάσσιας ρύπανσης είναι αυτός ο οποίος δόθηκε στην 3^η συνδιάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών για το Δίκαιο της Θάλασσας το 1982. Στο άρθ.1 παρ.4 αναφέρεται ότι ρύπανση του θαλάσσιου περιβάλλοντος σημαίνει «η απόθεση από τον άνθρωπο με άμεσο ή έμμεσο τρόπο, ουσιών ή ενεργειών στο θαλάσσιο περιβάλλον συμπεριλαμβανομένων και των εκβολών των ποταμών, που έχει ή ενδέχεται να έχει ως αποτέλεσμα την επέλευση των βλαβερών συνεπειών ή βλάβης στους βιολογικούς πόρους και τη θαλάσσια ζωή, κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία, παρακώληση των θαλάσσιων δραστηριοτήτων, συμπεριλαμβανομένων των αλιευτικών και άλλων νόμιμων χρήσεων της θάλασσας, πτώση της ποιότητας χρησιμοποίησης του θαλάσσιου ύδατος και υποβάθμιση αναψυχής».

Η Ελλάδα, μία από τις μεγαλύτερες παγκόσμιες δυνάμεις στην ναυτιλία, φιλοξενεί στις θάλασσές της εκατοντάδες πλοία σε καθημερινή βάση. Η Ελληνική οικονομία στηρίζεται σε μεγάλο βαθμό στην Ελληνική ναυτιλία καθώς είναι μία από τις μεγαλύτερες δυνάμεις παγκοσμίως. Η γεωγραφικής της θέση καθώς και η μεγάλη εμπορική της ανάπτυξη την καθιστούν ευάλωτη σε μία μεγάλη θαλάσσια ρύπανση,

γεγονός που θα προκαλούσε τεράστιες καταστροφές τόσο στο κοινωνικό όσο και στο οικονομικό τομέα της.

Η Ελλάδα ως χώρα με μεγάλο αριθμό νησιών αποτελεί πόλο έλξης για χιλιάδες κόσμο ετησίως, ιδιαιτέρως κατά την θερινή περίοδο. Ο τουρισμός δεν είναι ο μόνος επαγγελματικός κλάδος ο οποίος στηρίζεται στο θαλάσσιο περιβάλλον. Αρκετά επαγγέλματα επωφελούνται από τον φυσικό πλούτο της όπως η αλιεία, τα πλοία αναψυχής, οι καταδυτικές δραστηριότητες, κ.α.

Η πιθανότητα να συμβεί κάποιο ναυτικό ατύχημα στα εθνικά μας ύδατα είναι υπαρκτή. Για το λόγο αυτό είναι πολύ σημαντικό να υπάρχει ο ανάλογος μηχανισμός και οι οικονομικοί πόροι για την αντιμετώπιση ναυτικών ατυχημάτων τα οποία συνοδεύονται από απελευθέρωση πετρελαιοειδών στη θάλασσα.

Η μείωση των αρνητικών επιπτώσεων από την πιθανή εμφάνιση μελλοντικών πετρελαιοκηλίδων είναι αρκετά δαπανηρή αλλά ταυτόχρονα ωφέλιμη για την Ελλάδα και τους κατοίκους της. Ως εκ τούτου κρίνεται αναγκαία η ύπαρξη μιας μελέτης εκτίμησης επικινδυνότητας ενός ατυχήματος καθώς και η ύπαρξη ενός σχεδίου δράσης σε περίπτωση πραγματικού ατυχήματος. Το πρώτο σκέλος αφορά σε ενέργειες για την αναγνώριση και την αξιολόγηση του κινδύνου έχοντας προληπτική δράση έναντι ατυχήματος, ενώ το δεύτερο εστιάζει σε ενέργειες αντιμετώπισής του και επαναφοράς του περιβάλλοντος στην αρχική του κατάσταση σε περίπτωση πραγματικού ατυχήματος.

Στη διαδικασία της εκπόνησης μιας μελέτης επικινδυνότητας σημαντικό ρόλο έχει η μελέτη διάφορων σεναρίων τα οποία μπορούν να μελετηθούν με τη βοήθεια υπολογιστικών προγραμμάτων. Η διαδικασία της μοντελοποίησης παρέχει τη δυνατότητα να εξετασθεί η κατεύθυνση καθώς και η έκταση του πλουμίου σε συγκεκριμένες καιρικές συνθήκες και για συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα. Από τη μελέτη αυτή εξάγονται συμπεράσματα τα οποία συμβάλλουν στο σχεδιασμό μέτρων για αντιμετώπιση ενός πραγματικού περιστατικού.

Επομένως, απαραίτητη προϋπόθεση για την αποτελεσματική επέμβαση, είναι η γνώση της κατεύθυνσης, της ταχύτητας, της έκτασης του πλουμίου, οι καιρικές συνθήκες καθώς και οι περιοχές που πιθανόν να ρυπανθούν. Τα ανωτέρω στοιχεία

θα καθορίσουν τα βήματα που πρέπει να ακολουθηθούν καθώς και τα μέσα που θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν προκειμένου να καταπολεμηθεί η ρύπανση.

Επιπρόσθετα μια άλλη σημαντική πτυχή της μοντελοποίησης είναι ότι μας δίνει σημαντικές πληροφορίες για τις φυσικοχημικές ιδιότητες των πετρελαιοειδών όταν βρίσκονται σε θαλάσσιο περιβάλλον σε σχέση με το χρόνο. Μέσα από τα αποτελέσματα αυτά παίρνουμε σημαντικές πληροφορίες για το κατά πόσο άμεσα πρέπει να επέμβουμε για να περιορίσουμε τυχόν αρνητικές συνέπειες.

1.2 ΣΤΟΧΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο στόχος της παρούσας διπλωματικής διατριβής είναι να εξαχθούν συμπεράσματα που αφορούν

α) τον εντοπισμό των κύριων πηγών ρύπανσης

β) τον εντοπισμό των ευαίσθητων περιοχών καθώς και

γ) το χρονικό διάστημα που απαιτείται προκειμένου να δράσουν οι αρμόδιοι φορείς σε περιστατικό ρύπανσης ώστε να μετριάσουν τις επιπτώσεις.

Κατόπιν των ανωτέρω θα ληφθούν συμπεράσματα τα οποία θα οδηγήσουν σε προτάσεις για τη λήψη μέτρων της προστασίας του θαλάσσιου οικοσυστήματος στην περιοχής μελέτης.

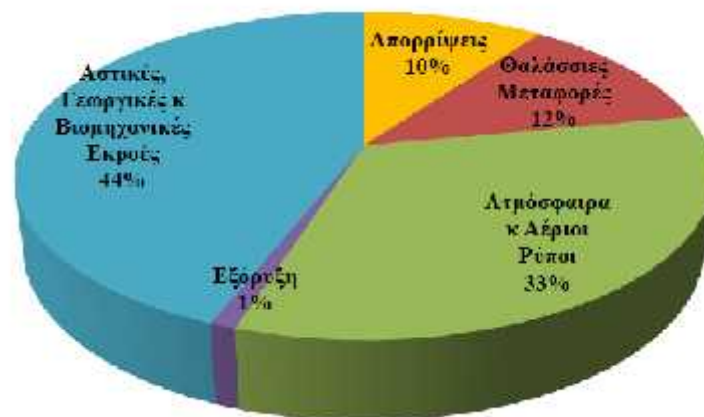
Έχοντας ως παράδειγμα τη βύθιση του κρουαζιερόπλοιου SEA DIAMOND στην Καλντέρα της Σαντορίνης δόθηκε το ερέθισμα για τη μελέτη περιστατικών ρύπανσης στον κόλπο της Σούδας. Μία περιοχή με αρκετά μεγάλη δραστηριότητα καθώς υπάρχει μεγάλος αριθμός εμπορικών/επιβατηγών πλοίων που διακινούνται σ' αυτήν καθώς και μεγάλος αριθμός στρατιωτικών πλοίων λόγω της Νατοϊκής βάσης και του Ναυστάθμου Κρήτης.

Η επιλογή του συγκεκριμένου θέματος έγινε με στόχο να μελετηθεί η ευαίσθητη περιοχή του κόλπου της Σούδας προκειμένου να παρθούν όλα τα αναγκαία μέτρα άμεσου περιορισμού της ρύπανσης είτε αυτή προέρχεται από πλοίο είτε από χερσαία εγκατάσταση ελαχιστοποιώντας τις αρνητικές συνέπειες οι οποίες μπορούν να παρουσιαστούν τόσο στον κοινωνικό όσο και στον οικονομικό τομέα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1 Πηγές της θαλάσσιας ρύπανσης

Στο παρακάτω διάγραμμα γίνεται μια ποσοστιαία ανάλυση των πηγών θαλάσσιας ρύπανσης.



Σχήμα 2.1 : Πηγές Θαλάσσιας Ρύπανσης (Πηγή: Α. Αλεξόπουλος (2009) Διεθνές Θαλάσσιο Περιβαλλοντικό Δίκαιο)

Παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό οφείλεται σε ρύπους που προέρχονται από χερσαίες πηγές και ακολουθούν οι ρύποι από την ατμόσφαιρα, τη ναυτιλιακή δραστηριότητα και από διάφορες απορρίψεις. Μια πιο αναλυτική προσέγγιση δίνεται παρακάτω:

α. Ρύπανση από χερσαίες πηγές

Προέρχεται από παράγοντες που έχουν λάβει χώρα στο χερσαίο τμήμα των κρατών. Η αστικοποίηση αποτελεί ένα σημαντικό παράγοντα της ρύπανσης της θάλασσας. Ο αυξητικός ρυθμός του πληθυσμού της Γης σε συνδυασμό με την αύξηση του πληθυσμού σε παραθαλάσσιες περιοχές δημιουργεί σημαντικούς μοχλούς πίεσης ρύπανσης στο θαλάσσιο περιβάλλον (Islam & Tanaka, 2004). Επιπρόσθετα στις μέρες μας βλέπουμε ολοένα οι ανθρώπινες παραθαλάσσιες δραστηριότητες να αυξάνονται με την κατασκευή μεγάλων ξενοδοχειακών μονάδων, βιοτεχνιών και εργοστασίων.

β. Ρύπανση από εξόρυξη και εκμετάλλευση φυσικών πόρων της θάλασσας

Η μεγάλη ζήτηση σε πετρέλαιο και φυσικό αέριο οδήγησε στη δημιουργία μεγάλων εγκαταστάσεων στη θάλασσα. Η αλματώδης αυτή ανάπτυξη οφείλεται στις αυξανόμενες ενεργειακές ανάγκες που δημιούργησε ένα καινούργιο ενεργειακό περιβάλλον. Η ρύπανση που προκαλείται από τέτοιες ενέργειες δεν οφείλεται συνήθως σε εσκεμμένες ενέργειες αλλά σε τυχόν διαρροές πετρελαίου ή φυσικού αερίου. Παράδειγμα τέτοιας ρύπανσης έλαβε χώρα στις 20 Απριλίου 2010, στην πλατφόρμα εξόρυξης πετρελαίου DeepWater Horizon στον κόλπο του Μεξικού, ιδιοκτησίας και εκμετάλλευσης της εταιρείας BP, η οποία έχει μείνει στην ιστορία ως η μεγαλύτερη οικολογική καταστροφή στην ιστορία της Αμερικής. (Tornero & Hanke, 2016)



Εικ.2.1 Θαλάσσια εγκατάσταση πετρελαίου

γ. Ρύπανση από την ατμόσφαιρα

Η ρύπανση του θαλάσσιου περιβάλλοντος προερχόμενη από την ατμόσφαιρα δημιουργείται συνήθως από τυχόν διαρροές καυσίμων ή από απορρίψεις κηροζίνης από αεροσκάφη. Αυτό το είδος ρύπανσης δεν έχει μελετηθεί επαρκώς καθώς δεν αντιμετωπίζεται επαρκώς από τη διεθνή νομοθεσία, ενώ αντίστοιχο κενό υπάρχει και σε εθνικό επίπεδο. Βασικός λόγος που δικαιολογεί την έλλειψη αυτή είναι ίσως επειδή μέχρι και τα τελευταία χρόνια δεν διαχωριζόταν από τη ρύπανση από χερσαίες πηγές. Η Σύμβαση για το Δίκαιο της Θάλασσας του 1982 περιέχει γενικούς κανονισμούς για την υιοθέτηση μέτρων με σκοπό την πρόληψη, τη μείωση και τον έλεγχο της ρύπανσης από την ατμόσφαιρα. (Kozarev N. et all, 2014)

δ. Ρύπανση από τα πλοία

Η κατηγορία αυτή διακρίνεται σε δύο υπό-κατηγορίες:

1. Στη λειτουργική ρύπανση

Η ρύπανση αυτή οφείλεται σε διαρροές κατά τη φόρτωση και την εκφόρτωση πετρελαιοειδών , διαρροές κατά τον ερματισμό, από απορρίψεις αποβλήτων καθώς και από τη ρύπανση από λύματα και απορρίμματα. (Prof & Cicek, 2014)



Εικ.2.2 Διαδικασίες φόρτωσης/εκφόρτωσης πετρελαίου

2. Στην ατυχηματική ρύπανση

Η ρύπανση αυτή προκαλείται από ατυχήματα όπως συγκρούσεις πλοίων, εκρήξεις, προσαράξεις κ.α. Στην κατηγορία αυτή η διεθνής κοινότητα έχει εκφράσει άμεσα το ενδιαφέρον της μέσα από μια σειρά διεθνών συμβάσεων και εθνικών νόμων. Ωστόσο η ρύπανση που προέρχεται από αυτή την κατηγορία έχει ελαττωθεί δραστικά τα τελευταία χρόνια. Τόσο οι εντατικοί έλεγχοι, όσο και τα αυστηρά πρόστιμα που επιβάλλονται έχουν επιφέρει σημαντικά αποτελέσματα ώστε οι αρμόδιοι φορείς (κατασκευαστικές εταιρείες πλοίων, πλοιοκτήτες, πλοίαρχοι) να λαμβάνουν τα κατάλληλα μέτρα προκειμένου να αποφύγουν τέτοια περιστατικά. (Fartoosi, 2013)

3. Ρύπανση από εσκεμμένη απόρριψη πετρελαιοειδών

Αυτή η πηγή ρύπανσης ονομάζεται διεθνώς «dumping». Δεν πρέπει να συγχέεται με τη ρύπανση από τα απορρίμματα (garbage) που ανήκει στην κατηγορία της λειτουργικής ρύπανσης των εμπορικών πλοίων. Σύμφωνα με τη Διεθνή Σύμβαση του Λονδίνου (1972) του Διεθνή Ναυτιλιακού Οργανισμού (International Maritime Organization IMO), ως «dumping» ορίζεται η εσκεμμένη απόρριψη ουσιών και υλικών απευθείας στη θάλασσα από πλοία και αεροπλάνα, εκτός εάν πρώτον η απόρριψη προκαλείται από τις συνήθεις λειτουργικές διαδικασίες των πλοίων και αεροπλάνων και δεύτερον η απόρριψη ουσιών στη θάλασσα διεξάγεται για άλλους σκοπούς και δεν έρχεται σε αντίθεση με τη διεθνή νομοθεσία. (Vikas & Dwarakish, 2015)



Εικ.2.3 Απεικόνιση πετρελαιοκηλίδας

Οι ουσίες αυτές μπορεί να είναι: α) πετρελαιοειδή κατάλοιπα που παράγονται στους χώρους του μηχανοστασίου λ.χ. καύσιμα που διαρρέουν από καμένες φλάντζες ή φθαρμένους σωλήνες, λιπαντικά, σκουριές, β) κατάλοιπα φορτίου κυρίως πετρελαιοειδή που προέρχονται από τους χώρους που τοποθετείται το φορτίο, γ) λύματα του πλοίου λ.χ. απόβλητα αποχετεύσεων, νιπτήρων και λουτρών, δ) χημικές ουσίες λ.χ. μαζούτ, κηροζίνη, βενζίνη, βαρέα μέταλλα, και ε) απορρίμματα του πλοίου λ.χ. υπολείμματα τροφών, πλαστικά, σακούλες.

Υπολογίζεται ότι αυτή η μορφή ρύπανσης αφορά το 10% της συνολικής θαλάσσιας ρύπανσης είτε προέρχεται από την ξηρά είτε από τη θάλασσα (Rempec,2004).

Εξίσου σημαντικό είναι να εξετάσουμε τα είδη ρύπων στο θαλάσσιο περιβάλλον, τη πηγή προέλευση τους καθώς και τις επιπτώσεις που θα επιφέρουν.

| ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΚΥΡΙΟΤΕΡΩΝ ΡΥΠΩΝ ΣΤΟ ΘΑΛΑΣΣΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ | | | |
|---|--|--|--|
| Είδη ρύπων | Προέλευση από φυσικές πηγές | Προέλευση από ανθρώπινες ενέργειες | Κύρια αποτελέσματα |
| Υδρογονάνθρακες πετρελαίου | Ποτάμια, νερά βροχής, ατμόσφαιρα | Πλοία, αγωγοί, παραγωγή εντομοκτόνων | Απώλειες θαλάσσιων ειδών, συγκέντρωση λίπους στις παραλίες |
| Θρεπτικά συστατικά | Ποτάμια, νερά βροχής, βιολογική ανακύκλωση | Δασικά λύματα, γεωργικά λιπάσματα | <u>Υπερανάπτυξη φυκών</u> , εμφάνιση κόκκινων παλιρροιών |
| Λιωρούμενα οωμειΐδια | Ποτάμια, ρεύματα, νεφελοειδείς ομβρώδες | Κτηνοτροφία, αλιεία, λιμενικοί χώροι | Διαταραχές οικοσυστημάτων |
| Βαρέα μέταλλα | Ηφαίστεια, ιζήματα, αποσύνθεση οργανισμών | Βιομηχανικά απόβλητα, αστικά απόβλητα | Προβλήματα φωτοσύνθεσης, κρούσματα επιδημιών |
| Ραδιενεργά υλικά | Ποτάμια, ατμόσφαιρα, μεταλλοφόρα κοπάσματα | Πυρηνικά εργοστάσια, πυρηνικές δοκιμές | Θερμά ραδιενεργά σημεία υψηλού κινδύνου |

Πίνακας 2.1 Πηγές θαλάσσιων ρύπων καθώς και αποτελεσμάτων τους

Παρακάτω θα περιγράψουμε αναλυτικά τα είδη των ρύπων:

α. Υδρογονάνθρακες

Το πετρέλαιο είναι η κύρια πηγή παραγωγής υδρογονανθράκων. Οι υδρογονάνθρακες πετρελαίου μπορούν να διαρρεύσουν στο θαλάσσιο περιβάλλον εξαιτίας διάφορων παραγόντων όπως τα ναυτικά ατυχήματα, τα εργοστασιακά απόβλητα, τα ναυάγια κ.λ.π. Η επιβάρυνση τους στο θαλάσσιο οικοσύστημα είναι πολύ μεγάλη και γι' αυτό αξίζει να σημειωθεί η ύπαρξη μεγάλου αριθμού διεθνών και εθνικών συμβάσεων προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν οι τυχόν επιπτώσεις τους. Αναφορικά με τις επιπτώσεις των πετρελαιοκηλίδων στα τοπικά

οικοσυστήματα, πρέπει να τονισθεί ότι η παρουσία τους στην επιφάνεια της θάλασσας μεταξύ άλλων εμποδίζει σε σημαντικό βαθμό την ανταλλαγή αερίων μεταξύ της ατμόσφαιρας και της επιφάνειας της θάλασσας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τον περιορισμό της ποσότητας του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό, προκαλώντας βλαβερές επιπτώσεις στους ζωντανούς οργανισμούς. Η ελάττωση αυτή με την ταυτόχρονη αύξηση της θερμοκρασίας της θάλασσας βοηθά στην περαιτέρω ανάπτυξη μικροοργανισμών, οι οποίοι καταναλώνουν το εναπομείναν οξυγόνο, επηρεάζοντας σημαντικά την ισορροπία του τοπικού οικοσυστήματος (IMO,1993).

β. Θρεπτικά συστατικά

Γνωρίζουμε πως ο υπερβολικός εμπλουτισμός του νερού της θάλασσας και των ωκεανών με θρεπτικά στοιχεία προκαλεί ευτροφισμό. Ο ευτροφισμός οδηγεί στην υποβάθμιση του θαλάσσιου οικοσυστήματος. Η κυριότερη πηγή των θρεπτικών συστατικών είναι οι χερσαίες ανθρωπογενείς δραστηριότητες όπως η συνεχιζόμενη αύξηση της χρήσης λιπασμάτων καθώς και η έκχυση αστικών και ζωικών αποβλήτων με αποτέλεσμα τη μεταφορά αρκετά μεγάλων ποσοτήτων αζώτου και φωσφόρου στο θαλάσσιο περιβάλλον. (Smith, Tilman, & Nekola, 1999).

γ. Ραδιενεργά υλικά

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μεγάλη ρύπανση της θάλασσας από την ύπαρξη ραδιενεργών υλικών. Κυρίως παρατηρείται σε περιοχές που διεξάγονται δοκιμές πυρηνικών όπλων καθώς οι ανοιχτές θάλασσες και οι ωκεανοί αποτελούν πεδίο πολλαπλών πυρηνικών δοκιμών με αποτέλεσμα την ολοκληρωτική καταστροφή των τοπικών οικοσυστημάτων. Εξίσου σημαντική ρύπανση από ραδιενεργά υλικά παρατηρείται και στις περιοχές που παρατηρείται απόρριψη (νόμιμη ή παράνομη) μεγάλων πυρηνικών καταλοίπων αλλά και άλλων βιομηχανικών ουσιών υψηλής τοξικότητας. Επίσης σοβαρά ατυχήματα σε πυρηνικά εργοστάσια και άλλες βιομηχανικές εγκαταστάσεις έχουν δημιουργήσει ρύπανση κατά το παρελθόν. (Shinde & Gawande, 2016).

δ. Βαρέα μέταλλα

Στα βαρέα μέταλλα ανήκουν το κάδμιο, ο μόλυβδος, ο υδράργυρος κ.α. όπου σε μικροποσότητες είναι απαραίτητα για την καλή υγεία και λειτουργία των οργανισμών. Σε μεγάλες όμως ποσότητες θεωρούνται από τους πιο επικίνδυνους ρύπους του περιβάλλοντος καθόσον δεν αποικοδομούνται με φυσικές διεργασίες και έτσι παραμένουν στο περιβάλλον για αρκετό χρονικό διάστημα. Στο θαλάσσιο περιβάλλον εισέρχονται από βιομηχανικές και εξορυκτικές δραστηριότητες, καθώς επίσης ως παραπροϊόντα καύσεων, ιδιαίτερα του γαιάνθρακα και των υγρών καυσίμων των μέσων μεταφοράς. Τα βαρέα μέταλλα, συγκεντρώνονται στους θαλάσσιους οργανισμούς με αποτέλεσμα να εισέρχονται στο ανθρώπινο οργανισμό μέσω της τροφικής αλυσίδας, τα οποία επηρεάζουν αρνητικά τα νεφρά, το ήπαρ και άλλα μέρη του σώματος. (Naser H., 2016)

ε. Αιωρούμενα σωματίδια

Η ατμόσφαιρα είναι πιθανώς ο σημαντικότερος δρόμος για την μεταφορά σωματιδιακής φύσης ρυπαντικού φορτίου στους ανοικτούς ωκεανούς. Τα αιωρούμενα σωματίδια μέσω των βροχοπτώσεων καταλήγουν στο θαλάσσιο περιβάλλον. Παρά τη σημασία της ατμοσφαιρικής μεταφοράς ρύπων στη θαλάσσια ρύπανση, δεν υπάρχουν αρκετά μεγάλος αριθμός μελετών που να εστιάζουν στην απευθείας μέτρηση των ατμοσφαιρικών εισροών στο θαλάσσιο περιβάλλον, κυρίως λόγω της δυσκολίας διεξαγωγής συστηματικών μετρήσεων.

2.2 Νομοθετικό Πλαίσιο

α. Διεθνές νομοθετικό πλαίσιο

Λόγω των μεγάλων περιβαλλοντικών επιπτώσεων υφίσταται ένας μεγάλος αριθμός διεθνών συμβάσεων και εθνικών νομοθετημάτων αλλά και διακρατικών συμφωνιών προκειμένου να διασφαλιστεί η πρόληψη, η αποτροπή καθώς και η αντιμετώπιση της θαλάσσιας ρύπανσης.

Μερικές από τις συνθήκες αυτές είναι οι εξής:

1. Διεθνής Συνθήκη Βαρκελώνης (1976) για την προστασία της Μεσογείου και η Διεθνής Συνθήκη (1972) του Λονδίνου για την «πρόληψη της ρύπανσης της θάλασσας από την απόρριψη καταλοίπων και άλλων υλών από πλοία και αεροσκάφη».

Έχουν κυρωθεί από τη χώρα μας με τους Ν.855/78 και Ν. 1147/81, αντίστοιχα. Η συνθήκη της Βαρκελώνης διευθέτησε τη ρύπανση που δημιουργείται από τις απορρίψεις (dumping), τη ρύπανση από πλοία, τις παράκτιες δραστηριότητες και τις εγχώριες πηγές. Ακόμα η συνθήκη έθεσε τις βάσεις για τη συνεργασία σε περιπτώσεις εκτάκτων αναγκών (ατυχήματα), τη συνεργασία σε επιστημονικό επίπεδο αλλά και τη παροχή ενός κοινού πλαισίου για την επίρριψη ευθυνών από ζημιές λόγω ρύπανσης. (Dagmar E, 2003)

2. Διεθνής Σύμβαση Marpol 73-78 για την πρόληψη της ρύπανσης από τα πλοία.

Η Marpol θεωρείται η πιο σημαντική απ' όλες τις συνθήκες καθώς εφαρμόζεται σε όλες τις θαλάσσιες περιοχές δίχως γεωγραφικούς περιορισμούς. Η Σύμβαση περιέχει κανονισμούς που στοχεύουν στην πρόληψη και ελαχιστοποίηση της ρύπανσης του θαλάσσιου περιβάλλοντος από πλοία που οφείλονται σε λειτουργικές ή ατυχηματικές αιτίες. Η Διεθνής Συνθήκη MARPOL 73/78 (με ενσωματωμένη τη Διεθνή Συνθήκη για την πρόληψη της θαλάσσιας ρύπανσης από τα σκάφη του 1973) τέθηκε σε ισχύ στις 2 Οκτωβρίου 1983 για τα Παραρτήματα Ι και ΙΙ που αφορούν αντίστοιχα το πετρέλαιο και τις χημικές ουσίες. Το παράρτημα

III που καλύπτει τις επιβλαβείς ουσίες που μεταφέρονται σε συσκευασμένη μορφή τέθηκε σε ισχύ την 1 Ιουλίου 1992, το παράρτημα IV που καλύπτει τα λύματα τέθηκε σε ισχύ στις 27 Σεπτεμβρίου 2003, το παράρτημα V που καλύπτει τα απορρίμματα στις 31 Δεκεμβρίου 1988 και το παράρτημα VI που καλύπτει την ατμοσφαιρική ρύπανση τέθηκε σε ισχύ το Σεπτέμβριο του 1997 (Fuchs E.,2015).

3. Διεθνής Σύμβαση για την Ετοιμότητα, Συνεργασία και Αντιμετώπιση Ρύπανσης της Θάλασσας από Πετρέλαιο, 1990 (OPRC 1990)

Η ανωτέρω Σύμβαση ρυθμίζει θέματα ετοιμότητας, συνεργασίας και αντιμετώπισης ρύπανσης από πετρέλαιο. Κυρώθηκε από την Ελλάδα με το Ν.2252/94. Σύμφωνα με τη Σύμβαση αυτή τα μέλη υποχρεώνονται να καθιερώσουν μέτρα για τον χειρισμό περιστατικών ρύπανσης, είτε εθνικά, είτε σε συνεργασία με άλλες χώρες καθώς επίσης απαιτείται να παρέχουν βοήθεια σε άλλες χώρες σε περίπτωση έκτακτου ανάγκης ρύπανσης. Επιπροσθέτως τα πλοία υποχρεώνονται να φέρουν σχέδιο έκτακτης ανάγκης αντιμετώπισης ρύπανσης από πετρέλαιο και να αναφέρουν περιστατικά στις παράκτιες αρχές.

4. Διεθνής Σύμβαση για την Επέμβαση στην Ανοικτή Θάλασσα σε Περιπτώσεις Ατυχημάτων Ρύπανσης από Πετρέλαιο, 1969

Η ανωτέρω Σύμβαση υιοθετήθηκε την 29 Νοεμβρίου 1969 και τέθηκε σε ισχύ την 6 Μαΐου 1975. Επιβεβαιώνει το δικαίωμα του παράκτιου κράτους να λάβει εκείνα τα μέτρα που μπορεί να είναι αναγκαία για να προληφθεί, μετριασθεί ή εξαλειφθεί ο κίνδυνος για τις ακτές του ή από απειλή ρύπανσης μετά από ναυτικό ατύχημα.

β. Θεσμικό πλαίσιο στην Ελλάδα

Σύμφωνα με το άρθ. 24 του Συντάγματος η προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος αποτελεί συνταγματική επιταγή. Προκειμένου να διασφαλιστεί η προστασία του, το κράτος έχει την υποχρέωση να λαμβάνει προληπτικά και κατασταλτικά μέτρα. Μερικά απ' αυτά είναι :

)] Η λήψη κατάλληλων νομοθετικών, διοικητικών και οργανωτικών μέτρων και η παρακολούθηση του έργου των Διεθνών Οργανισμών που ασχολούνται με τα θέματα αυτά.

-)] Η επιτήρηση της θάλασσας, των ακτών και η εκπόνηση/ έγκριση και εφαρμογή σχεδίων έκτακτης ανάγκης για την πρόληψη και την καταπολέμηση της ρύπανσης.
-)] Η εφαρμογή της νομοθεσίας για την πρόληψη της ρύπανσης
-)] Η διερεύνηση κάθε περιστατικού ρύπανσης της θάλασσας, των ακτών από πλοία ή πηγές ξηράς.

Μερικά από τα εθνικά νομοθετήματα είναι τα εξής:

-)] Ν.1650/1986: Για την προστασία του περιβάλλοντος
-)] ΠΔ 55/1998: Προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος
-)] ΠΔ 11/2002: Εθνικό Σχέδιο Έκτακτης ανάγκης για την αντιμετώπιση περιστατικών ρύπανσης από πετρέλαιο και άλλες επιβλαβείς ουσίες
-)] ΚΥΑ 3418/07/2002: Μέτρα και όροι για τις λιμενικές εγκαταστάσεις αποβλήτων που παράγονται στα πλοία (οδηγία 2000/59/ΕΚ)
-)] ΥΑ 2411.1/07/03: Οδηγίες/ Διαδικασίες για την αντιμετώπιση περιστατικών που βρίσκονται σε κατάσταση ανάγκης/ κινδύνου σύμφωνα με τις απαιτήσεις του άρθρου 20 της οδηγίας 2002/59/ΕΚ.
-)] Ν. 3497/2006 (ΦΕΚ Α΄ 219/13.10.2006): Κύρωση του Πρωτοκόλλου περί συνεργασίας για την πρόληψη της ρύπανσης από πλοία και σε περιπτώσεις επείγουσας ανάγκης στην καταπολέμηση της ρύπανσης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1 Ρύπανση από πετρέλαιο

Ρύπανση από πετρέλαιο θεωρείται οποιοδήποτε συμβάν το οποίο μπορεί να οδηγήσει σε διαρροή πετρελαίου στο θαλάσσιο περιβάλλον. Τα περιστατικά αυτά είναι πολύ σημαντικά καθότι αποτελούν σημαντική απειλή τόσο για το φυσικό οικοσύστημα όσο και για την ανθρώπινη υγεία. (Moore, 2014)

Στη συνέχεια θα αναλυθούν μερικά στατιστικά στοιχεία που αφορούν ρυπάνσεις από πετρέλαιο τόσο παγκοσμίως όσο και στον Ελλαδικό χώρο. Μέσα από αυτά προκύπτουν σημαντικά συμπεράσματα τόσο για τα αίτια όσο και για τις περιοχές που συνήθως παρουσιάζονται.

Οι πετρελαιοκηλίδες παγκοσμίως διαχωρίζονται στις ακόλουθες κατηγορίες (Kontovas et al, 2010):

- i. Μικρότερες από 7 τόνους
- ii. Από 7 μέχρι 700 τόνους
- iii. Μεγαλύτερες από 700 τόνους



Εικ.3.1 Πετρελαιοκηλίδα

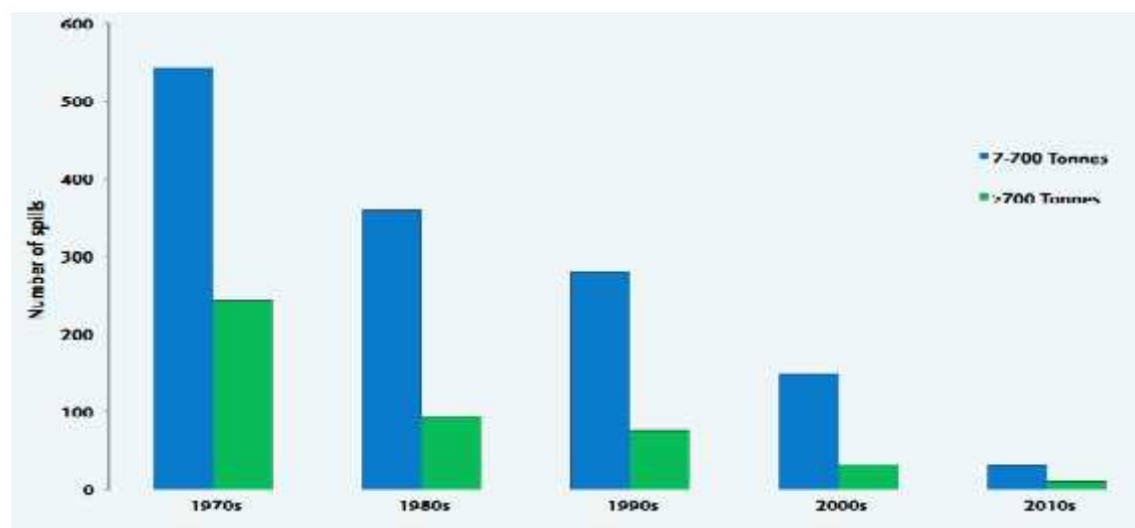
Στην εικόνα 3.2 παρουσιάζεται το ποσοστό των πετρελαιοκηλίδων σε σχέση με τη συνολική ποσότητα ανά δεκαετία.



Εικ. 3.2 Στατιστικά στοιχεία ποσότητας πετρελαίου που έχει διαρρεύσει στη θάλασσα ανά δεκαετία (Πηγή: ΙΤΟΡΡ Φεβρουάριος, 2016)

Όπως διαπιστώνεται τη δεκαετία του 1970 το ποσοστό της ποσότητας του πετρελαίου που είχε διαρρεύσει στη θάλασσα αντιστοιχεί στο 56 % του συνολικού ποσού που έχει διαρρεύσει μέχρι και σήμερα. Αντίστοιχα για τη δεκαετία του 1980 είναι 21 %, τη δεκαετία του 1990 είναι 29 % και τη δεκαετία του 2000 μόλις 3 %.

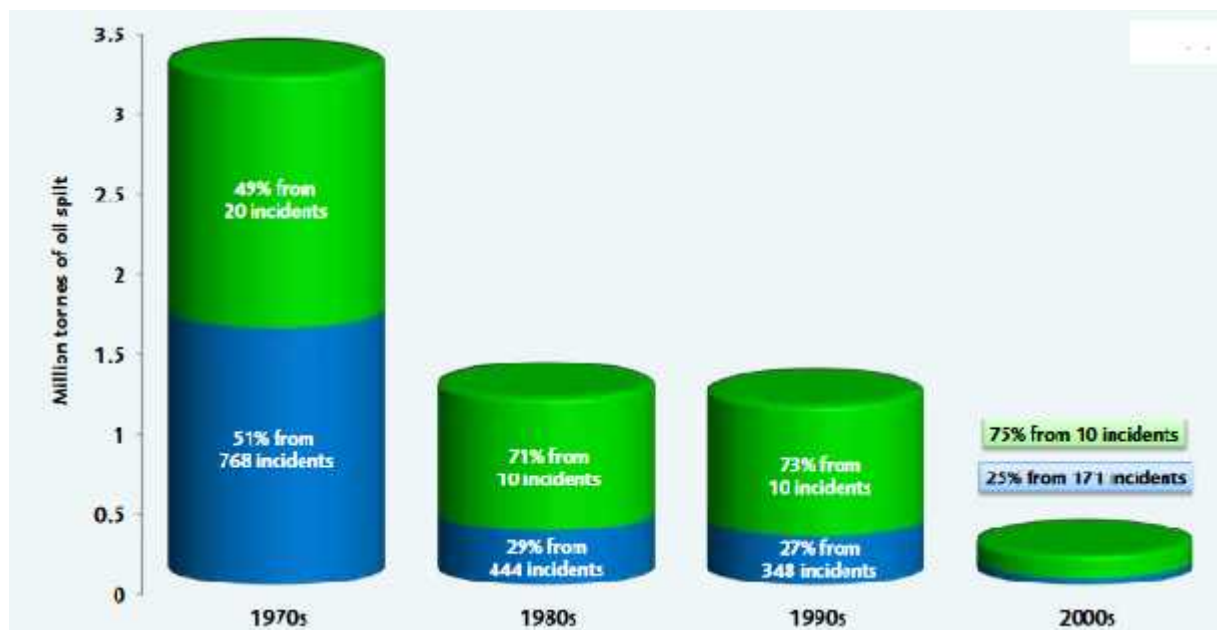
Εξίσου σημαντικό είναι ο αριθμός των πετρελαιοκηλίδων ανά δεκαετία. Έτσι στο παρακάτω γράφημα παρουσιάζεται ο αριθμός των πετρελαιοκηλίδων ανά δεκαετία, κατηγοριοποιώντας σε αυτές που ήταν μεταξύ 7-700 τόνους και σε αυτές που ήταν μεγαλύτερες από 700 τόνους. (ΙΤΟΡΡ, Φεβρουάριος 2016)



Εικ. 3.3 Στατιστικά στοιχεία αριθμών πετρελαιοκηλίδων στο θαλάσσιο περιβάλλον ανά δεκαετία (Πηγή: IMO-International Shipping Facts and Figures – Information Resources on Trade, Safety, Security, Environment, March 2012)

Παρατηρείται ότι δεκαετία με δεκαετία τα περιστατικά ρύπανσης μειώνονται δραστικά. Το αποτέλεσμα αυτό είναι απόρροια των αυστηρών νομοθετικών μέτρων που έχουν παρθεί προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος της θαλάσσιας ρύπανσης καθώς και των αυστηρών κυρώσεων που επιβάλλονται στους παραβάτες στην περίπτωση που διαπιστωθεί τυχόν υπαιτιότητά τους.

Ένας σημαντικός παράγοντας είναι επίσης η ποσότητα του πετρελαίου που έχει διαρρεύσει στο θαλάσσιο περιβάλλον σε σχέση με τον αριθμό των περιστατικών ρύπανσης.



Εικ. 3.4 Στατιστικά στοιχεία ποσότητας πετρελαίου που έχει διαρρεύσει στη θάλασσα ανά δεκαετία (Πηγή: ΙΤΟΡΦ Φεβρουάριος, 2016)

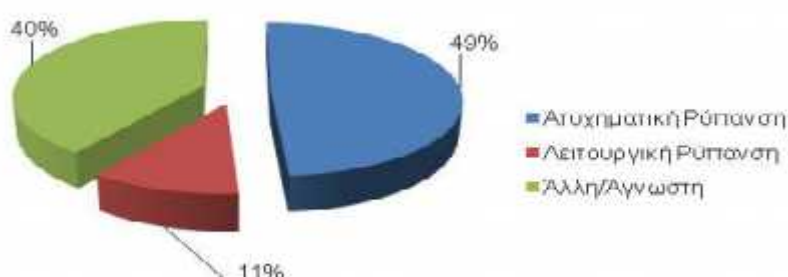
Από το παραπάνω σχεδιάγραμμα παρατηρείται ότι στη δεκαετία του 1970 υπήρχαν 788 περιστατικά ρύπανσης καθώς και 3.400.000 τόνοι πετρελαίου διέρρευσαν στο θαλάσσιο περιβάλλον. Μάλιστα παρατηρούμε ότι το 49 % της ποσότητας οφειλόταν μόλις σε 20 περιστατικά σε σχέση με το συνολικό αριθμό περιστατικών. Τη δεκαετία του 1980 παρατηρείται ότι υπήρχαν 454 περιστατικά και διέρρευσαν 1.250.000 τόνοι πετρελαίου. Στη δεκαετία του 1990 υπήρχαν 358 περιστατικά, με αποτέλεσμα 1.133.000 τόνοι πετρελαίου να έχουν διαρρεύσει στο θαλάσσιο περιβάλλον και το 73 % της ποσότητας να οφείλεται σε 10 περιστατικά. Στη δεκαετία του 2000 υπήρχαν 181 περιστατικά με 196.000 τόνους πετρελαίου να διαρρέουν στο θαλάσσιο περιβάλλον και το 75 % να προέρχεται από 10 περιστατικά. Η μεγάλη μείωση που παρατηρείται οφείλεται στις συνδυασμένες προσπάθειες των

ναυτιλιακών εταιρειών, των κυβερνήσεων καθώς και των διεθνών οργανισμών για την ασφάλεια και την πρόληψη από πετρέλαιο.

3.2 Αίτια ρυπάνσεων πετρελαίου που προέρχονται από πλοία

Στη σημερινή εποχή η θαλάσσια ρύπανση που προκαλείται από τα εμπορικά πλοία, ιδίως τα δεξαμενόπλοια, λόγω και του φορτίου που μεταφέρουν, είναι αυτή που απασχολεί στο μεγαλύτερο βαθμό τη διεθνή κοινότητα. Αυτό επιβεβαιώνεται και από ένα πλήθος νομοθετημάτων με αυτό το γνωστικό αντικείμενο, παρότι άλλες μορφές είναι πολύ πιο σημαντικές από την πλευρά των ποσοτήτων και των συνεπειών στο θαλάσσιο περιβάλλον, λ.χ. η ρύπανση που προέρχεται από τις χερσαίες πηγές.

Σύμφωνα με το επόμενο σχήμα οι διαρροές πετρελαιοκηλίδων στα Ευρωπαϊκά θαλάσσια ύδατα στις μισές περιπτώσεις προκλήθηκαν από ατυχήματα ενώ μία στις δέκα περιπτώσεις οφείλονται λειτουργικές απορρίψεις των πλοίων. (Ware K, 2009)



Σχήμα 3.1 Αιτίες διαρροής Πετρελαιοκηλίδων στην Ευρώπη (Πηγή: Πρωτογενή EU-MOP, 2005)

Ως λειτουργικά αίτια ορίζονται τα αίτια που προκαλούν ρύπανση, μη ατυχηματικής μορφής. Η λειτουργική ρύπανση δηλαδή είναι δυνατό να αναζητηθεί σε κάθε φάση του κύκλου ζωής ενός πλοίου, δηλαδή στην κατασκευή του, στη συντήρηση, στις επισκευές, στις φορτοεκφορτώσεις, μεταγγίσεις καυσίμων και στο τέλος, κατά τη διάλυση του πλοίου.

Από την άλλη μεριά για τον προσδιορισμό της ατυχηματικής ρύπανσης κρίνεται αναγκαία η μελέτη της έννοιας του ναυτικού ατυχήματος. Σύμφωνα με τα άρθρα 94 παρ. 7 και 221 της Σύμβασης για το Δίκαιο της Θάλασσας ως «ναυτικό ατύχημα

νοείται η σύγκρουση πλοίων, προσάραξη ή άλλο περιστατικό ναυσιπλοΐας, ή άλλο συμβάν πάνω στο πλοίο, ή έξω από αυτό, που έχει ως αποτέλεσμα υλική ζημιά ή επικείμενη απειλή υλικής ζημιάς σε πλοίο ή φορτίο καθώς και εκείνο το οποίο έχει ήδη προξενήσει απώλεια ζωής ή σοβαρά τραύματα σε ανθρώπους».

Τα ναυτικά ατυχήματα διακρίνονται σε:

- α. Τυχαία: που οφείλονται σε αίτια εκτός ανθρωπίνου παράγοντος
- β. Υπαίτια: που οφείλονται σε δόλο ή αμέλεια ενός ή περισσότερων προσώπων, και
- γ. Δόλια: που προκαλούνται εκ προθέσεως με πλήρη γνώση και επιδίωξη των οποιωνδήποτε συνεπειών.

Τα αίτια και οι συνθήκες που προκαλούνται οι πετρελαιοκηλίδες είναι ποικίλες. Παρακάτω θα δοθεί μια περιγραφή των αιτιών καθώς θα γίνει και μία ανάλυση η οποία θα διερευνά τα αίτια καθώς και την επιχειρησιακή κατάσταση των πλοίων κατά τη διάρκεια εκδήλωσης ενός περιστατικού ρύπανσης. Οι βασικότερες μορφές ναυτικών ατυχημάτων οι οποίες μπορούν να οδηγήσουν σε ρύπανση του θαλάσσιου περιβάλλοντος είναι οι εξής:

i. Σύγκρουση ή επαφή πλοίου (collision)

Ως σύγκρουση ορίζεται η επαφή μεταξύ δύο πλοίων, ανεξάρτητα εάν αυτά βρίσκονται εν πλω ή σε αγκυροβόλιο. (International Association of Oil & Gas Producers, 2010).

ii. Επαφή (contact)

Ως επαφή ορίζεται το συμβάν κατά το οποίο το πλοίο έρχεται σε επαφή με επιπλέοντα αντικείμενα ή σταθερές εγκαταστάσεις. (International Association of Oil & Gas Producers, 2010).

iii. Προσάραξη πλοίου (Grounding)

Ως προσάραξη ορίζεται το συμβάν, κατά το οποίο το πλοίο έρχεται σε επαφή με τον πυθμένα της θάλασσας ή με πλήρως βυθισμένα αντικείμενα (ύφαλοι κλπ). Συνήθως

προσαράξεις παρατηρούνται σε παράκτιες περιοχές με πυκνή κυκλοφορία εξαιτίας μηχανικής βλάβης, κακοκαιρίας ή λανθασμένης πλοήγησης. Επιπρόσθετα πολλά πλοία συχνά πέφτουν θύματα προσάραξης όταν βρίσκονται κοντά σε διεθνή στενά, κανάλια, κ.λ.π, επειδή υπάρχει ελάχιστος χώρος για ελιγμούς. (International Association of Oil & Gas Producers,2010).

iv. Πυρκαγιά

Ως πυρκαγιά ορίζεται η μεγάλης έκτασης φωτιά, από την οποία μπορεί να προέλθει θάνατος ή σωματική βλάβη στους επιβαίνοντες του πλοίου. Ως ατυχήματα πυρκαγιάς, ορίζονται συμβάντα στα οποία η φωτιά ήταν το πρωταρχικό γεγονός. (International Association of Oil & Gas Producers,2010).

v. Έκρηξη

Ως έκρηξη ορίζεται η ανάφλεξη με κρότο, από την οποία μπορεί να προέλθει θάνατος ή σωματική βλάβη στους επιβαίνοντες του πλοίου. Ως ατυχήματα έκρηξης ορίζονται συμβάντα στα οποία η έκρηξη ήταν το πρωταρχικό γεγονός. (International Association of Oil & Gas Producers,2010).

vi. Βύθιση πλοίου (Foundering or Sinking)

Η βύθιση πλοίου μπορεί να οφείλεται σε ποικίλες αιτίες όπως δυσμενείς καιρικές συνθήκες, μετατόπιση φορτίου ή λόγω ανθρώπινου λάθους. (International Association of Oil & Gas Producers,2010).

vii. Κατασκευαστική αστοχία (Hull Failure)

Στην περίπτωση αυτή, ανήκουν τα ατυχήματα στα οποία στο πλοίο παρατηρήθηκαν βλάβες στο εξωτερικό περίβλημά του.

viii. Κατασκευαστική ζημιά (Equipment failure)

Στην περίπτωση αυτή, ανήκουν τα ατυχήματα στα οποία στο πλοίο παρατηρήθηκαν βλάβες στην κύρια μηχανή, στο μηχανισμό του πεταλιού, στο σύστημα πλοήγησης κ.λ.π.

ix. **Ατυχήματα αγνώστων αιτιών (Unknown Reasons)**

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν όσα ατυχήματα δεν εντάσσονται στις παραπάνω κατηγορίες και για τα οποία οι πληροφορίες δεν επαρκούν για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων αναφορικά με τα αίτια-συνθήκες αυτών.

3.3 Στατιστικά στοιχεία ναυτικών ατυχημάτων

Ακολούθως θα γίνει μια περιγραφή/ ανάλυση των κύριων αιτιών των ατυχημάτων καθώς και της γεωγραφικής θέσης που έλαβε το συμβάν ανάλογα με την ποσότητα της πετρελαιοκηλίδας

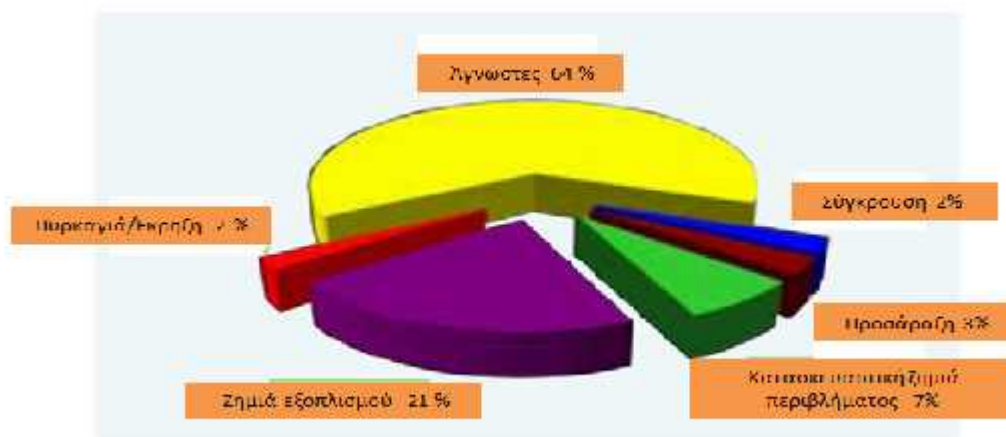
α. Πετρελαιοκηλίδες μικρότερες από 7 τόνους

Τα στοιχεία που παραθέτουμε αφορούν πετρελαιοκηλίδες για το χρονικό διάστημα 1970-2015.

| | Δραστηριότητες | | | | |
|--------------------------------------|----------------------|--------------------------|-------------------------|----------|----------|
| | Φόρτωση Εκφόρτωση | Ανεφοδιασμός καυσίμων | Άλλες Δραστηριότητες | Άγνωστες | Συνολικά |
| | 3.170 | 574 | 1.286 | 2.844 | 7.874 |
| Αιτίες | | | | | |
| Σύγκρουση | 3 | 2 | 15 | 168 | 188 |
| Προσάραξη | 2 | 0 | 15 | 223 | 240 |
| Κατασκευαστική ζημιά περιβλήματος | 325 | 10 | 47 | 195 | 577 |
| Ζημιά εξοπλισμού | 1130 | 108 | 251 | 203 | 1.692 |
| Φωτιά / Έκρηξη | 50 | 5 | 36 | 83 | 174 |
| Άλλα | 842 | 291 | 518 | 164 | 1.815 |
| Άγνωστες | 818 | 158 | 404 | 1.808 | 3.188 |
| Συνολικά | 3.170 | 574 | 1.286 | 2.844 | 7.874 |

Πίνακας 3.1 Αναλυτικά στοιχεία αιτιών που προκάλεσαν θαλάσσια ρύπανση (Πηγή: ΙΤΟΡΦ Φεβρουάριος 2016)

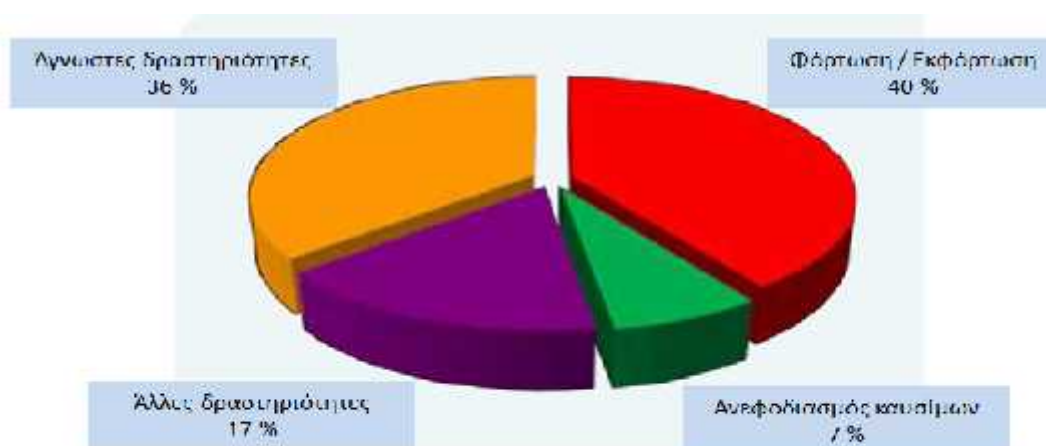
Στο γράφημα παρακάτω αναλύονται τα αίτια



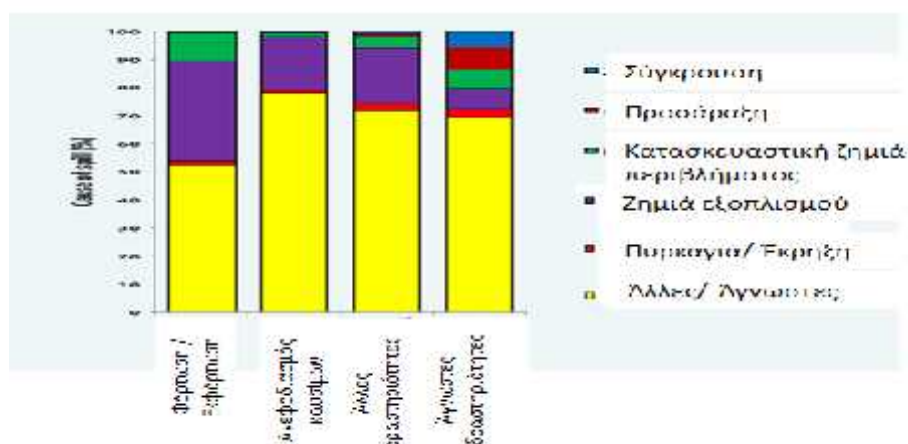
Σχήμα 3.2 Στατιστικά στοιχεία αιτιών που προκάλεσαν θαλάσσια ρύπανση (Πηγή: ΙΤΟΡΦ, Φεβρουάριος 2016)

Ένα μεγάλο ποσοστό καταλαμβάνουν οι άγνωστες αιτίες και ακολουθούν οι αστοχίες εξοπλισμού, τα περιστατικά επαφής, προσάραξης και πυρκαγιάς.

Από το σχήμα 3.3 προκύπτει η δραστηριότητα του πλοίου κατά τη διάρκεια του ατυχήματος: 40% των περιστατικών έλαβε χώρα κατά τη διάρκεια φόρτωσης/εκφόρτωσης, 36% από άγνωστες αιτίες, 17% σε διάφορες δραστηριότητες και 7% κατά τη διαδικασία ανεφοδιασμού καυσίμων.



Σχήμα 3.3 Στατιστικά στοιχεία που αφορούν τη δραστηριότητα του πλοίου κατά τη διάρκεια αιτιών που προκάλεσαν θαλάσσια ρύπανση Πηγή: ΙΤΟΡΦ, Φεβρουάριος 2016)



Σχήμα 3.4 Ποσοστό αιτών σε σχέση με τη δραστηριότητα των πλοίων (Πηγή: ΙΤΟΡΦ Φεβρουάριος 2016)

Στο παραπάνω σχήμα παρατηρείται το ποσοστό αιτίων των πετρελαιοκηλίδων σε σχέση με τη δραστηριότητα που είχε το πλοίο κατά την έναρξη της ρύπανσης

β. Πετρελαιοκηλίδες από 7- 700 τόνους

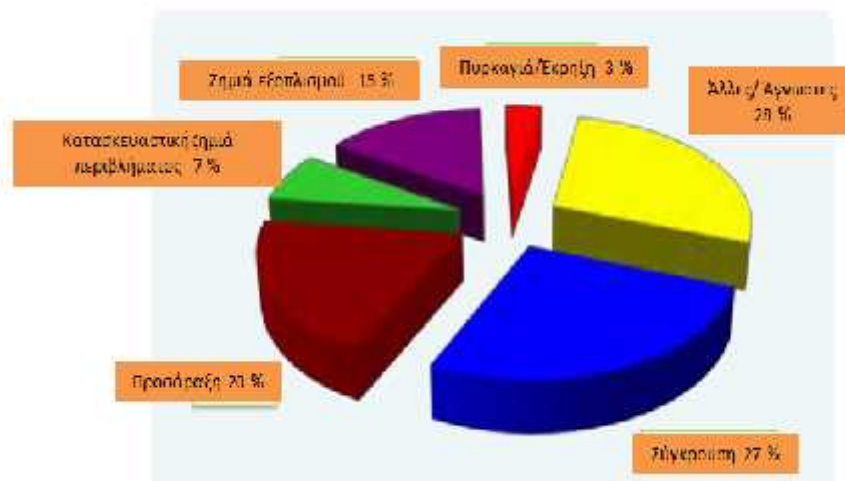
Παρακάτω θα αναλύσουμε στοιχεία για την εν θέματι κατηγορία

| | Δραστηριότητες | | | | |
|--------------------------------------|----------------------|--------------------------|-------------------------|----------|----------|
| | Φόρτωση Εκφόρτωση | Ανεφοδιασμός καυσίμων | Άλλες Δραστηριότητες | Άγνωστες | Συνολικά |
| | 393 | 32 | 178 | 761 | 1.364 |
| Αιτίες | | | | | |
| Σύγκρουση | 5 | 0 | 57 | 299 | 361 |
| Προσάραξη | 0 | 0 | 26 | 244 | 270 |
| Κατασκευαστική ζημιά περιβλήματος | 37 | 4 | 15 | 45 | 101 |
| Ζημιά εξοπλισμού | 145 | 6 | 17 | 39 | 207 |
| Φωτιά / Έκρηξη | 9 | 0 | 13 | 25 | 47 |
| Άλλα | 98 | 13 | 36 | 28 | 175 |
| Άγνωστα | 99 | 9 | 14 | 81 | 203 |
| Συνολικά | 393 | 32 | 178 | 761 | 1.364 |

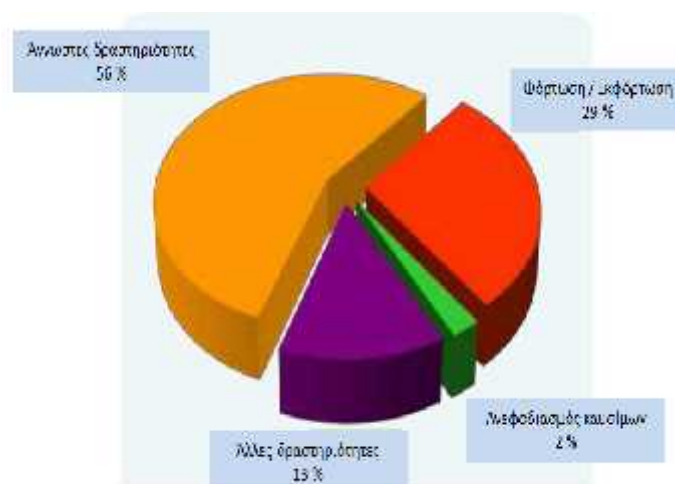
Πίνακας 3.2 Αναλυτικά στοιχεία αιτιών που προκάλεσαν θαλάσσια ρύπανση (Πηγή: ΙΤΟΡΦ Φεβρουάριος 2016)

Κατηγοριοποιώντας τα στοιχεία γι' αυτή την κατηγορία καταλήγουμε στα εξής συμπεράσματα όσο αφορά τα αίτια που έλαβαν χώρα. Παρατηρούμε ότι το

μεγαλύτερο ποσοστό οφείλεται σε άγνωστα αίτια και ακολουθούν περιστατικά που οφείλονται σε σύγκρουση, προσάραξη, κατασκευαστική αστοχία και σε έκρηξη ή πυρκαγιά .



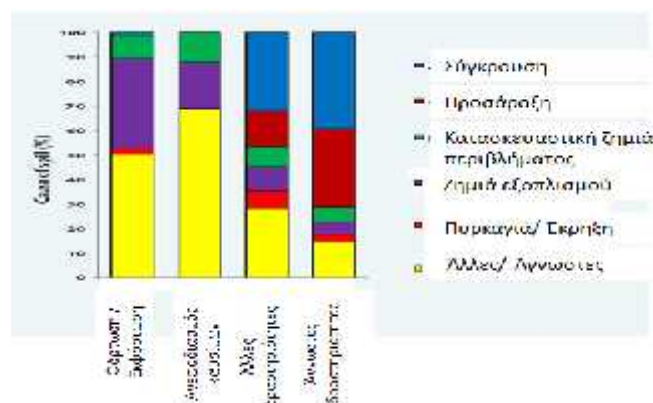
Σχήμα 3.5 Στατιστικά στοιχεία αιτιών που προκάλεσαν θαλάσσια ρύπανση (Πηγή: ΙΤΟΡΦ Φεβρουάριος 2016)



Σχήμα 3.6 Στατιστικά στοιχεία που αφορούν τη δραστηριότητα του πλοίου κατά τη διάρκεια αιτιών που προκάλεσαν θαλάσσια ρύπανση (Πηγή: ΙΤΟΡΦ Φεβρουάριος 2016)

Όσο αφορά την επιχειρησιακή δραστηριότητα κατά τη διάρκεια του ατυχήματος έχουμε τα εξής. Για το 56% των περιστατικών δεν έχουμε ακριβή στοιχεία, το 29% έγιναν κατά τη διάρκεια φόρτωσης/εκφόρτωσης, το 13% σε διάφορες διαδικασίες και το 2% κατά τη διάρκεια ανεφοδιασμού καυσίμων.

Επιπρόσθετα εξίσου σημαντικό είναι να δούμε και το ποσοστό των αιτιών πετρελαιοκηλίδων σε σχέση με τη δραστηριότητα που είχε το πλοίο κατά την έναρξη της ρύπανσης



Σχήμα 3.7 Ποσοστό αιτών σε σχέση με τη δραστηριότητα των πλοίων (Πηγή: ΙΤΟΡΦ Φεβρουάριος 2016)

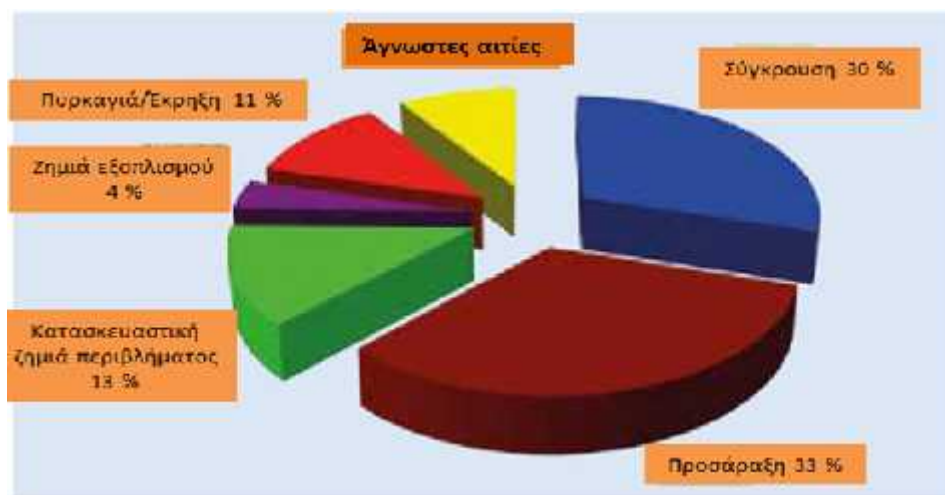
γ. Πετρελαιοκηλίδες μεγαλύτερες από 700 τόνους

Αρχικά θα δώσουμε αναλυτικά στοιχεία για την κατηγορία αυτή για τη χρονική περίοδο 1970-2015

| | Operations | | | | | | | Total |
|--------------------|--------------------------------|------------------------|-------------------------------|-----------------------|----------------------|-----------|---------------------------|-------|
| | At Anchor (Inland/ Restricted) | At Anchor (Open Water) | Underway (Inland/ Restricted) | Underway (Open Water) | Loading/ Discharging | Bunkering | Other Operations/ Unknown | |
| | 16 | 9 | 81 | 229 | 42 | 1 | 81 | 459 |
| Causes | | | | | | | | |
| Allision/Collision | 6 | 5 | 34 | 64 | 2 | 0 | 23 | 136 |
| Grounding | 5 | 1 | 46 | 68 | 2 | 0 | 28 | 150 |
| Hull Failure | 2 | 1 | 0 | 49 | 0 | 0 | 8 | 60 |
| Equipment Failure | 0 | 0 | 0 | 6 | 11 | 0 | 1 | 18 |
| Fire/Explosion | 2 | 2 | 1 | 20 | 10 | 1 | 8 | 52 |
| Other | 1 | 0 | 0 | 14 | 8 | 0 | 7 | 30 |
| Unknown | 0 | 0 | 0 | 1 | 6 | 0 | 6 | 13 |
| Total | 16 | 9 | 81 | 229 | 42 | 1 | 81 | 459 |

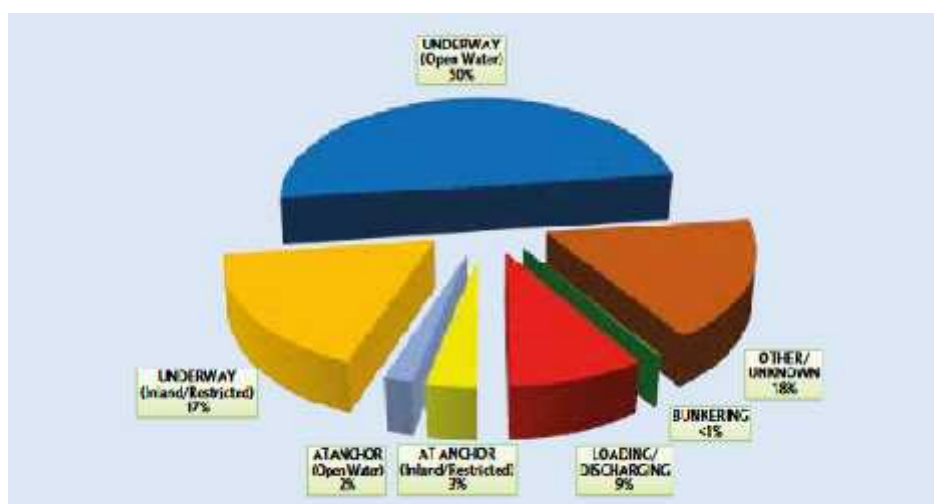
Πίνακας 3.3 Αναλυτικά στοιχεία αιτών που προκάλεσαν θαλάσσια ρύπανση (Πηγή: ΙΤΟΡΦ Φεβρουάριος 2016)

Μελετώντας τα παραπάνω στοιχεία παρατηρούμε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό (33%) οφείλεται σε προσαράξεις και ακολουθούν περιστατικά που οφείλονται σε συγκρούσεις (30%), σε κατασκευαστική αστοχία (13%), σε έκρηξη ή πυρκαγιά (11%) και τέλος σε άγνωστες αιτίες (9%). Τα παραπάνω στοιχεία αντικατοπτρίζονται στο παρακάτω γράφημα.



Σχήμα 3.8 Στατιστικά στοιχεία αιτιών που προκάλεσαν θαλάσσια ρύπανση (Πηγή: ΙΤΟΡΦ Φεβρουάριος 2016)

Ένας άλλος παράγοντας που πρέπει να εξετασθεί είναι η δραστηριότητα που είχαν τα πλοία τη στιγμή που εκδηλώθηκε η θαλάσσια ρύπανση. Στο παρακάτω γράφημα γίνεται μια στατιστική ανάλυση των δραστηριοτήτων όπου είχαμε ρύπανση από πετρελαιοειδή σε ποσότητες μεγαλύτερες από 700 τόνους για το χρονικό διάστημα 1970-2015.

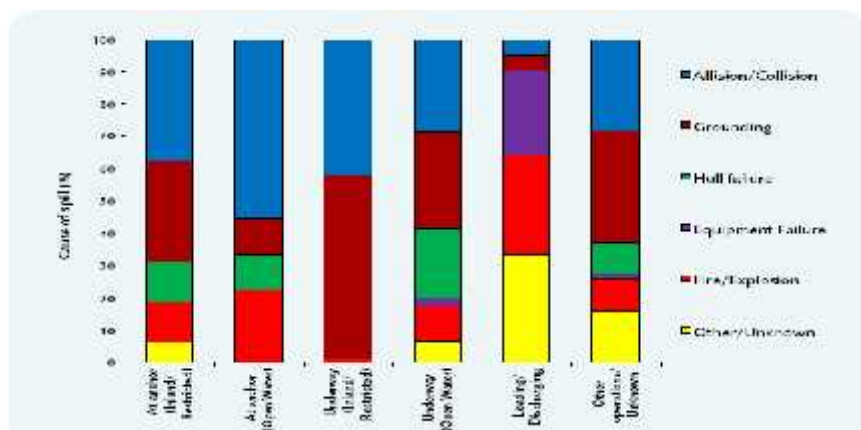


Σχήμα 3.9 Στατιστικά στοιχεία που αφορούν τη δραστηριότητα του πλοίου κατά τη διάρκεια αιτιών που προκάλεσαν θαλάσσια ρύπανση (Πηγή: ΙΤΟΡΦ Φεβρουάριος 2016)

Όπως μπορούμε να δούμε, το 50% των μεγαλύτερων διαρροών εμφανίστηκαν ενώ το πλοίο ήταν στην ανοικτή θάλασσα, 17%, ενώ βρισκόταν στα εσωτερικά ύδατα και το υπόλοιπο ποσοστό ενώ βρισκόταν σε αγκυροβόλιο ή σε λιμένα. Αυτά τα στοιχεία σε συνδυασμό με τα στοιχεία που θα δοθούν παρακάτω για τα αίτια των περιστατικών αυτών μας δίνουν μία κύρια εικόνα μελέτης της θαλάσσιας ρύπανσης

τα οποία οφείλουμε να τα αξιολογήσουμε προκειμένου να ελαττώσουμε τέτοιου είδους περιστατικά.

Επίσης έχει ενδιαφέρον να μελετήσουμε και το ποσοστό των αιτίων των πετρελαιοκηλίδων σε σχέση με τη δραστηριότητα που λαμβάνει χώρα.



Σχήμα 3.10 Ποσοστό αιτών σε σχέση με τη δραστηριότητα των πλοίων (Πηγή: ΙΤΟΡΡ Φεβρουάριος 2016)

3.4 Στατιστικά στοιχεία ρυπάνσεων στον Ελλαδικό χώρο

Η εξαιρετικά σημαντική γεωγραφική θέση της Ελλάδας με τα πολλά νησιά που είναι διασπαρμένα στα πελάγη της και το μεγάλο μήκος των ακτών της καθιστούν επιτακτική την ανάγκη για την υιοθέτηση μέτρων με σκοπό την προστασία του θαλασσίου περιβάλλοντος της. Γεωγραφικά τοποθετημένη στο ανατολικό τμήμα της Μεσογείου, η Ελλάδα είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με τη θάλασσα. Είναι μια κατεχοχήν νησιωτική χώρα που από το παρελθόν είχε στενή σχέση με το θαλάσσιο περιβάλλον. Το μήκος των ελληνικών ακτογραμμών υπερβαίνει τα 15000 km, αντιπροσωπεύοντας περίπου το 8% του συνολικού μήκους των ευρωπαϊκών ακτογραμμών, περιλαμβανομένων 6000 περίπου νησιών και νησίδων που αποτελούν περίπου τη μισή έκταση της ακτογραμμής της χώρας. Η ελληνική επικράτεια διαθέτει περίπου 113.000 km² χωρικών υδάτων έναντι περίπου 132.000 km² χερσαίας έκτασης που την κάνει ευάλωτη σε περίπτωση θαλάσσιου ατυχήματος.

Παρακάτω θα αναλύσουμε κάποια στατιστικά στοιχεία για τα έτη 2012-2015 για ρυπάνσεις στο θαλάσσιο Ελλαδικό χώρο. Σύμφωνα με στοιχεία της Διεύθυνσης

Θαλάσσιας Προστασίας του Λιμενικού Σώματος όσο αφορά των αριθμό των περιστατικών ρύπανσης που έλαβαν χώρα στο εν θέματι χρονικό διάστημα κατηγοριοποιούνται ως εξής:

| | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
|---------------|------|------|------|------|
| Πλοία | 77 | 52 | 25 | 17 |
| Εγκαταστάσεις | 26 | 39 | 30 | 41 |
| Άλλες πηγές | 13 | 4 | 3 | 11 |

Πίνακας 3.4 Περιστατικά ρύπανσης στον Ελλαδικό χώρο (2012-2015)

Στο παρακάτω γράφημα γίνεται παρουσίαση των ανωτέρω στατιστικών όπου παρατηρούμε μία μείωση των περιστατικών ρύπανσης χρόνο με το χρόνο για ρυπάνσεις που οφείλονται σε πλοία. Από την άλλη μεριά υπάρχει μία αυξομείωση των αριθμών περιστατικών για ρυπάνσεις που οφείλονται σε εγκαταστάσεις.



Σχήμα 3.11 Ποσοστά ρύπανσης θάλασσας ανά τομέα για το χρονικό διάστημα από 2012-2015

3.5 Ιδιότητες των πετρελαιοκηλίδων

Τα διάφορα πετρελαιοειδή μπορούν να καταχτούν σε δυο βασικές κατηγορίες.

α) σε αυτά που δεν δημιουργούν επίμονες πετρελαιοκηλίδες στην θάλασσα και τείνουν να διασκορπιστούν και να εξαφανιστούν από την επιφάνεια της γρήγορα (Gasoline, Naphtha, Kerosene, Diesel)

β) σε αυτά που δημιουργούν επίμονες πετρελαιοκηλίδες στην επιφάνεια της θάλασσας, διαχέονται αργά και συνήθως απαιτούν άμεση επέμβαση για αντιμετώπιση και καθαρισμό (αργό πετρέλαιο, βαριά κλάσματα διύλισης).

Οι βασικές ιδιότητες ενός πετρελαιοειδούς που επηρεάζουν την συμπεριφορά της πετρελαιοκηλίδας στην επιφάνεια της θάλασσας είναι (McCain & Jr, 1990):

- Το ειδικό βάρος
- Τα χαρακτηριστικά απόσταξης
- Το ιξώδες

Ειδικό βάρος

Το ειδικό βάρος ενός πετρελαιοειδούς είναι η πυκνότητα του σε σχέση με αυτή του καθαρού ύδατος. Έτσι τα περισσότερα πετρελαιοειδή, όντας ελαφρότερα του ύδατος, έχουν ειδικό βάρος μικρότερο του (1) καθότι δεν είναι υδατοδιαλυτά και επιπλέουν στην επιφάνεια του νερού.

Χαρακτηριστικά απόσταξης

Δίνουν πληροφορίες σχετικά με την πτητικότητα των πετρελαιοειδών. Καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία του πετρελαίου διαφορετικά συστατικά του φτάνουν στο σημείο βρασμού τους το ένα μετά το άλλο και εξατμίζονται ένα ένα.

Ιξώδες

Το ιξώδες ενός πετρελαιοειδούς είναι το μέτρο αντίστασης του στη ροή. Υψηλού ιξώδους πετρελαιοειδή ρέουν με δυσκολία, ενώ χαμηλού ιξώδους έχουν υψηλή κινητικότητα. Το ιξώδες μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας και κατά συνέπεια η θερμοκρασία της επιφάνειας της θάλασσας και η ηλιακή ακτινοβολία είναι δύο παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη για την εκτίμηση του ιξώδους της πετρελαιοκηλίδας.

3.6 Περιγραφή των διεργασιών που λαμβάνουν χώρα στην πετρελαιοκηλίδα κατά την παρουσία της στο υδάτινο περιβάλλον

Η τύχη και η συμπεριφορά μιας ποσότητας πετρελαίου που έχει διαρρεύσει μπορεί να επηρεαστεί τις ακόλουθες φυσικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες:

-) εξάπλωση (spreading)
-) εξάτμιση (evaporation)
-) διάλυση (dissolution)
-) γαλακτωματοποίηση (emulsification)

-)] διασπορά (dispersion)
-)] οξείδωση (oxidation)
-)] βιοαποικοδόμηση (biodegradation)
-)] βύθιση/καθίζηση (ιζηματοποίηση) (sinking/sedimentation)

Οι φυσικοχημικές αλλαγές στις οποίες υφίσταται το πετρέλαιο ονομάζεται γήρανση. Μια πιο αναλυτική περιγραφή τους γίνεται παρακάτω.

α. Εξάπλωση

Μια από τις βασικές διεργασίες που εξελίσσονται στα πρώτα στάδια ρύπανσης είναι η εξάπλωση του πετρελαίου. Από παρατηρήσεις που έχουν γίνει έχει διαπιστωθεί ότι στα πρώτα στάδια το πετρέλαιο εξαπλώνεται ως συνεχή και συνεκτική μάζα. Ο ρυθμός εξάπλωσης εξαρτάται από το ιξώδες του. Πετρέλαια με χαμηλό ιξώδες τείνουν να εξαπλωθούν γρηγορότερα.

β. Εξάτμιση

Ως εξάτμιση ορίζεται η διαδικασία μεταφοράς της μάζας του πετρελαίου από την υγρή στην αέρια φάση. Η διαδικασία της εξάτμισης ξεκινάει λίγες ώρες μετά την εισροή πετρελαίου στη θάλασσα και ο ρυθμός και η ένταση της εξάτμισης προσδιορίζεται κυρίως από την πτητικότητα του πετρελαίου. Μια «παχιά» πετρελαιοκηλίδα παρουσιάζει πιο αργό ρυθμό εξάτμισης σε σχέση με μια μικρότερου πάχους. Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν το φαινόμενο της εξάτμισης είναι οι καιρικές συνθήκες. Εδώ θα πρέπει να τονίσουμε ότι παρόλο που ένα μέρος του πετρελαίου εξατμίζεται αυτό θα ξαναβρεθεί στο θαλάσσιο περιβάλλον λόγω βροχοπτώσεων. (ASCE, 1996)

γ. Διάλυση

Το πετρέλαιο είναι γενικά από ελάχιστα διαλυτό έως αδιάλυτο στο νερό. Μόνο ορισμένα ελαφρά κλάσματα παρουσιάζουν κάποια διαλυτότητα και αυτά τείνουν να εξατμίζονται με γρήγορους ρυθμούς. Η διάλυση είναι μια διεργασία που για τους ελαφρούς υδρογονάνθρακες «ανταγωνίζεται» την εξάτμιση. Τα αποτελέσματα της διάλυσης όμως είναι εντελώς διαφορετικά από εκείνα της εξάτμισης, διότι οι υδρογονάνθρακες πετρελαίου που εισέρχονται στην υδάτινη φάση, είναι δυνατό να

προσληφθούν από διάφορους θαλάσσιους οργανισμούς, σε αντίθεση με εκείνους που εξαιμίζονται με αποτέλεσμα να απομακρύνονται από το θαλάσσιο περιβάλλον. Η διαλυτότητα εξαρτάται επίσης από την αλατότητα και τη θερμοκρασία του νερού. Συγκεκριμένα, η διαλυτότητα είναι μεγαλύτερη σε νερό μεγαλύτερης θερμοκρασίας, ενώ όσο αλμυρότερη είναι η θάλασσα, τόσο ασθενέστερη είναι η διάλυση. Τέλος, αντίθετα με τα ελαφρά συστατικά του πετρελαίου, τα βαριά συστατικά είναι πρακτικά αδιάλυτα στο νερό. (Mishra & Kumar, 2015)

δ. Γαλακτωματοποίηση

Το πετρέλαιο που διαρρέει στην επιφάνεια της θάλασσας μπορεί υπό συνθήκες κυματισμού και μεγάλης ταχύτητας ανέμου να διασπαστεί σε σταγονίδια που παρασύρονται από τον άνεμο χωρίς να προσβληθεί η χημική του σύσταση. Η διαδικασία αυτή αποτελεί τη λεγόμενη γαλακτωματοποίηση του πετρελαίου στο νερό (oil-in-water emulsion), στην οποία το γαλάκτωμα που διαμορφώνεται είναι πολύ πιο επίμονο από το αρχικό πετρέλαιο. Ο σχηματισμός γαλακτώματος μειώνει δραστικά το ρυθμό άλλων διεργασιών της γήρανσης και είναι η κύρια αιτία για την παραμονή των ελαφρών και μετρίων αργών πετρελαίων στην επιφάνεια της θάλασσας. Τα γαλακτώματα πετρελαίου στο νερό, αποτελούνται από σωματίδια διαμέτρου από 5 μm έως μερικά χιλιοστά, τα οποία μεταφέρονται μέσω των κυμάτων, σε μεγάλες αποστάσεις στην επιφάνεια της θάλασσας και τελικά είτε διαλύονται στο νερό, είτε βιοδιασπώνται, είτε εναποτίθενται στα ιζήματα. (Xie, Yara, & Nakata, 2014).

ε) Διασπορά

Η διασπορά είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες κατά τη διάρκεια της πρώτης εβδομάδας γήρανσης της πετρελαιοκηλίδας. Λόγω των κυμάτων και των διαφόρων στροβιλισμών δημιουργούνται στην επιφάνεια της θάλασσας σταγονίδια πετρελαίου διαφόρων μεγεθών. Οι μεγάλες σταγόνες ενσωματώνονται με άλλες και ξαναδημιουργούν κηλίδες ενώ άλλες εξαπλώνονται δημιουργώντας λεπτό υμένιο. Οι μικρές σταγόνες από την άλλη αιωρούνται, αναμιγνύονται με το νερό και ξεκινά η βιοδιάσπαση και η καθίζηση.

στ. Οξειδωση

Οξειδωση είναι η διαδικασία κατά την οποία αντιδρά το οξυγόνο με τους υδρογονάνθρακες. Στην περίπτωση που έχουμε και παρουσία ηλιακής ακτινοβολίας

τότε γίνεται λόγος για το φαινόμενο της φωτοχημικής οξείδωσης. Παρότι η οξείδωση συνεχίζει καθ' όλη τη διάρκεια ύπαρξης μιας πετρελαιοκηλίδας, η συνεισφορά της είναι ελάχιστη σε σχέση με άλλες διεργασίες.

ζ) Βιοαποικοδόμηση

Άλλη μια χημική διεργασία του πετρελαίου είναι η βιοαποικοδόμηση κατά την οποία βακτήρια, μικρόβια και άλλοι μικροοργανισμοί που περιέχονται στο θαλασσινό νερό μετασχηματίζουν τη δομή του πετρελαίου υποβιβάζοντας το τελικά σε οξείδια του άνθρακα και νερό. (AL-DARBI et all, 2005)

Ο ρυθμός και η έκταση της βιοαποικοδόμησης εξαρτώνται από ένα πλήθος παραγόντων όπως:

- 1) τα χαρακτηριστικά του πετρελαίου
- 2) τη διαθεσιμότητα οξυγόνου και την παρουσία αιωρούμενων σωματιδίων
- 3) την παρουσία θρεπτικών συστατικών (κυρίως αζωτούχων και φωσφορικών ενώσεων)
- 4) την παρουσία οργανικών ενώσεων
- 5) τη θερμοκρασία

η) Ιζηματοποίηση

Η βύθιση και καταβύθιση πετρελαιοειδών είναι σχετικά σπάνια γιατί το ειδικό βάρος του πετρελαίου δύσκολα πλησιάζει εκείνο του θαλασσινού νερού. Την καταβύθιση πετρελαίου μπορεί να προκαλέσει η ενσωμάτωση σε αυτό σωματιδίων ιζημάτων από το βυθό που αυξάνουν το ειδικό του βάρος. Σε κάθε περίπτωση η βύθιση πετρελαίου δυσκολεύει ή καθιστά αδύνατη την περισυλλογή του. (Achugasim & Ekpo, 2015)

3.7 Παράγοντες που επηρεάζουν την αντιμετώπιση μιας πετρελαιοκηλίδας

Η στρατηγική που θα ακολουθηθεί για την αντιμετώπιση μιας πετρελαιοκηλίδας είναι μια παράμετρος ικανή για να εξασφαλισθεί πιο αποτελεσματικά και άμεσα η καταπολέμηση της. Προκειμένου να εφαρμοστούν μέτρα για την αντιμετώπιση μιας πετρελαιοκηλίδας θα πρέπει να ληφθούν υπόψη οι παράγοντες που επηρεάζουν την αντιμετώπιση μιας πετρελαιοκηλίδας οι οποίοι αναλύονται παρακάτω.

α. Είδος ρυπογόνου ουσίας (oil type spilled)

Το είδος των πετρελαιοειδών που μεταφέρονται από τα πλοία είναι διαφορετικό. Τα πετρέλαιο είναι ένα μείγμα που αποτελείται από πολλά συστατικά με διαφορετικές ιδιότητες. Στην περίπτωση που έχουμε μια ρύπανση με ελαφρά παράγωγα πετρελαίου (gasoline, diesel) τότε παρατηρείται έντονα το φαινόμενο της εξάτμισης. Από την άλλη μεριά εάν έχουμε βαρέα καύσιμα (heavy crudes, heavy fuel oils) τότε παρατηρούμε να κινούνται τα συστατικά του πετρελαίου σε μεγάλες αποστάσεις λόγω της συνεκτικότητας και του μεγάλου ιξώδους που τα χαρακτηρίζει. (Zitierweise, 2003)

β. Μέγεθος της πετρελαιοκηλίδας (Spill size)

Η ποσότητα του πετρελαίου που διαρρέει στη θάλασσα παίζει σημαντικό ρόλο όσο αφορά την αντιμετώπιση της. Όσο μεγαλύτερη είναι η πετρελαιοκηλίδα τόσο περισσότερα μέσα χρειάζονται για την αντιμετώπιση της. Επιπρόσθετα περισσότερος χρόνος απαιτείται για την αντιμετώπιση της.

γ. Ρυθμός διαρροής της ρυπογόνου ουσίας στη θάλασσα (rate of spillage)

Σημαντικός παράγοντας είναι ο ρυθμός διαρροής του πετρελαίου στη θάλασσα. Είναι τελείως διαφορετικό να υπάρχει μια πηγή ρύπανσης που έχει σταματήσει πλέον να ρυπαίνει από μία που συνεχίζει να ρυπαίνει. Άρα πρωταρχικώς στόχος είναι να σταματήσει ή να ελαττωθεί ο ρυθμός διαρροής. (Robertson et all, 2013).

δ. Γεωγραφική τοποθεσία (location)

Η τοποθεσία του συμβάντος είναι επίσης καθοριστικός παράγοντας για την αντιμετώπιση της πετρελαιοκηλίδας. Μεγάλη σημασία λαμβάνει η γεωγραφική

θέση όταν πλησίον της πηγής ρύπανσης υπάρχουν ευαίσθητες περιοχές. Επιπρόσθετα μερικά από τα χαρακτηριστικά της γεωγραφικής τοποθεσίας που επηρεάζουν την καταπολέμηση μιας πετρελαιοκηλίδας είναι το βάθος της θάλασσας, τα θαλάσσια ρεύματα, οι άνεμοι και τα καιρικά φαινόμενα γενικά. Η γεωγραφική θέση επίσης καθορίζει το πόσο άμεσα θα πρέπει να γίνει η επιχείρηση καθαρισμού ώστε να μην υπάρχει πρόβλημα να ρυπανθούν και άλλες περιοχές.

ε. Κλιματολογικές συνθήκες

Οι καιρικές συνθήκες και η εποχή που πραγματοποιείται η ρύπανση επηρεάζουν τις φυσικοχημικές ιδιότητες του πετρελαίου. Για παράδειγμα οι υψηλές θερμοκρασίες αυξάνουν την εξάτμιση που σημαίνει μείωση της τοξικότητας του πετρελαίου που παραμένει στο νερό. Επίσης οι κυματικές συνθήκες επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό τα μέσα που χρησιμοποιούνται για την καταπολέμηση της.

ζ. Χρόνος αντίδρασης (response of clean –up operations)

Το χρονικό διάστημα που απαιτείται προκειμένου να ξεκινήσει η αντιμετώπιση καταπολέμησης μιας πετρελαιοκηλίδας έχει μεγάλη σημασία. Τυχόν καθυστερήσεις που μπορεί να υπάρξουν είναι ικανές να επιφέρουν δυσκολίες στην αντιμετώπιση αυτής από τυχόν εξάπλωσης της. (Wilhelm & Srinivasa, 1997)

3.8 Επιπτώσεις της πετρελαιοκηλίδας

Οι θάλασσες καλύπτουν το 71% της επιφάνειας της Γης και φιλοξενούν πάνω από το 90% της συνολικής μάζας των ζωντανών οργανισμών. Έτσι μπορούμε να πούμε ότι μέσα στο θαλάσσιο οικοσύστημα περιλαμβάνεται μια μεγάλη βιοποικιλότητα η οποία διαδραματίζει καίριο ρόλο στη διατήρηση της ζωής στον πλανήτη προσφέροντας πλούσια αγαθά και πόρους.

Σε περιπτώσεις ρυπάνσεων οι συνέπειες για το θαλάσσιο περιβάλλον είναι ανυπολόγιστες. Οι δυσάρεστες αυτές συνέπειες που προκαλούνται από τη θαλάσσια ρύπανση τόσο στο επίπεδο της παγκόσμιας οικονομίας όσο και στο επίπεδο της ανθρώπινης ζωής καθιστούν το θέμα της ασφάλειας των θαλάσσιων μεταφορών ως θέμα υψίστης ασφαλείας. Οι συνέπειες αυτές κορυφώνονται εφόσον η πετρελαιοκηλίδα καταλήξει στις ακτές όπου όχι μόνο καταστρέφει τη χλωρίδα και την πανίδα των περιοχών αυτών αλλά πλήττει και ανθρώπινες δραστηριότητες όπως η αλιεία και ο τουρισμός. (Chang, et all 2014)

Παρακάτω θα δούμε μερικές από τις επιπτώσεις των πετρελαιοκηλίδων.

α. Καταστροφή της πανίδας και της χλωρίδας

Η παρουσία του πετρελαίου στην επιφάνεια της θάλασσας λειτουργεί ως μια τεράστια μεμβράνη εμποδίζοντας τη φυσική εναλλαγή αέρος-θάλασσας που είναι απαραίτητη για τους θαλάσσιους βιολογικούς κύκλους. Η καταστροφή φυκιών, ο θάνατος ψαριών και πουλιών οδηγεί στην καταστροφή της βιοποικιλότητας. Η μεγάλη ποικιλία γονιδίων, ψαριών, βακτηρίων, γενετικών πόρων μας εξασφαλίζει τροφή, φάρμακα, πρώτες ύλες, αποδίδοντας σημαντικά κεφάλαια στην παγκόσμια οικονομία και ως εκ τούτου πιθανή καταστροφή αυτών θα είχε ανυπολόγιστες αρνητικές επιπτώσεις (Blackburn M,2014).

β. Δημιουργία επικίνδυνων συνθηκών για τη δημόσια υγεία.

Ακόμα και σε μικρές ποσότητες τα πετρελαιοειδή μπορούν να επηρεάσουν ολόκληρη τη βιολογία και την τροφική αλυσίδα. Μικροβιακές ασθένειες καθώς και άλλου είδους αρρώστιες είναι πιθανόν να αναπτυχθούν βάζοντας σε κίνδυνο τη δημόσια υγεία. Επίσης επικίνδυνες τοξικές ουσίες μπορούν να εισαχθούν στον

ανθρώπινο οργανισμό είτε μέσω της εισπνοής είτε μέσω του δέρματος. (Chang et al., 2014)

γ. Περιορισμό των θαλάσσιων δραστηριοτήτων όπως αυτές της αλιείας, της ψυχαγωγίας και του τουρισμού.

Η αισθητική υποβάθμιση των παράκτιων περιοχών που αποτελούν χώρους αναψυχής και η ελάττωση της επισκεψιμότητας των παραλιών εξαιτίας της προσβολής τους από μια πετρελαιοκηλίδα, μπορούν να έχουν σοβαρό αντίκτυπο στην τουριστική βιομηχανία και γενικότερα στην οικονομία μιας περιοχής. Ο τουρισμός που είναι ένας από τους κυριότερους κλάδους της οικονομίας θα δεχθεί μεγάλο πλήγμα εφόσον οι ποσότητες πετρελαίου φθάσουν στην ακτή. Επιπρόσθετα και άλλες δραστηριότητες που σχετίζονται με τη θάλασσα όπως η αλιεία, ο καταδυτικός τουρισμός και η διενέργεια θαλασσίων μέσων αναψυχής θα πληγούν από τυχόν περιστατικά ρύπανσης. (Chang et al., 2014)

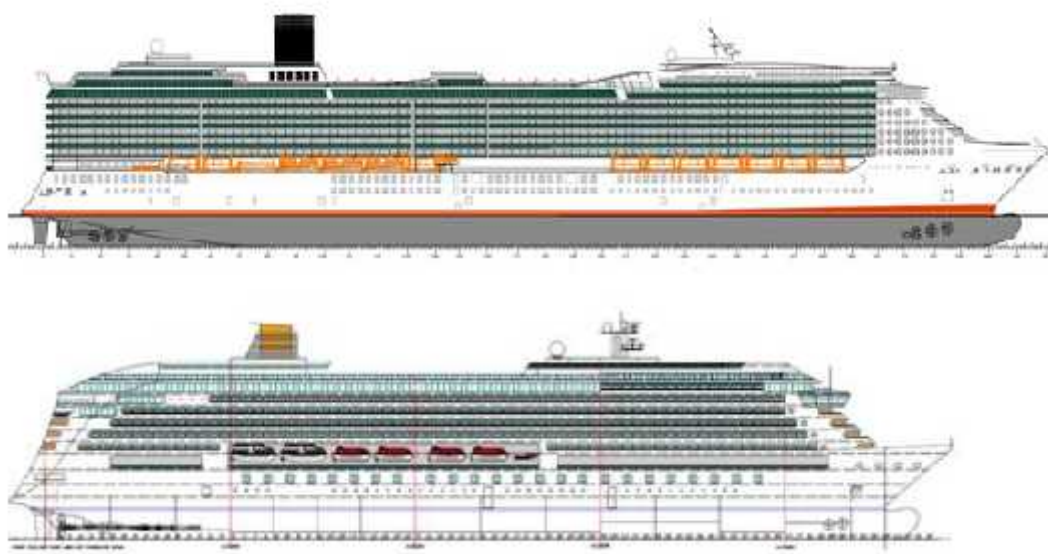
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4.1 Κατηγορίες πλοίων-εγκαταστάσεων

Υπάρχουν πολλές κατηγορίες πλοίων (π.χ επιβατηγά οχηματαγωγά, κρουαζιερόπλοια, δεξαμενόπλοια κ.α.) καθώς και εγκαταστάσεις (π.χ αποθήκες καυσίμων, πλατφόρμες, βιομηχανίες κ.α.) οι οποίες παίζουν ενεργό ρόλο στη ρύπανση του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Στην εργασία αυτή όμως θα επικεντρωθούμε στις ακόλουθες κατηγορίες:

α. Κρουαζιερόπλοια

Γενικά τα κρουαζιερόπλοια χρησιμοποιούνται ως μέσα αναψυχής προκειμένου να προσφέρουν ιδιαίτερες ανέσεις (απαιτήσεις) ως προς τους χώρους ενδιαίτησης στους επιβάτες τους. Επίσης προσφέρουν ανέσεις που περιλαμβάνουν ξενοδοχειακές υπηρεσίες υψηλού επιπέδου, κέντρα ψυχαγωγίας, (τηλεόραση, κινηματογράφο, θέατρο, κλαμπ, βιβλιοθήκη, καζίνο κ.λπ.) καθώς και χώρους άθλησης (γυμναστήρια, μικρά γήπεδα, κολυμβητήρια), εστιατόρια μέχρι και παροχή ιατρικής βοήθειας με διάθεση ελικοδρομίου.



Εικ.4.1 Σχηματική απεικόνιση κρουαζιερόπλοιου

β. Δεξαμενόπλοια

Τα δεξαμενόπλοια (Tanker) είναι πλοία σχεδιασμένα να μεταφέρουν υγρά φορτία χύδην (χύμα). Τα δεξαμενόπλοια αυτά ποικίλλουν σε μέγεθος. Η χωρητικότητα τους ξεκινά από μερικές εκατοντάδες τόνους, τα οποία εξυπηρετούν μικρά λιμάνια, ως βοηθητικά λιμένας ή ναυστάθμου και φτάνουν μέχρι μερικές εκατοντάδες χιλιάδες τόνους, τα οποία χρησιμοποιούνται για μεταφορές μεγάλων ποσοτήτων σε μεγάλες αποστάσεις.

Με τα δεξαμενόπλοια μεταφέρεται μεγάλη ποικιλία υγρών φορτίων, όπως:

-) Προϊόντα υδρογονανθράκων, π.χ. ακατέργαστο πετρέλαιο, βενζίνες, πετρέλαια καύσης, όπου στη προκειμένη περίπτωση τα δεξαμενόπλοια χαρακτηρίζονται γενικά πετρελαιοφόρα,
-) Υγροποιημένο φυσικό αέριο όπου τότε χαρακτηρίζονται υγραεριοφόρα.



Εικ. 4.2. Πετρελαιοφόρο πλοίο



Εικ.4.3 Υγραεροφόρο πλοίο

γ. Παράκτιες Εγκαταστάσεις

Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, τα εμπορικά πλοία συμβάλλουν σε πολύ μεγάλο βαθμό στη μόλυνση του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Αυτό γίνεται είτε λόγω ναυτικών ατυχημάτων είτε μέσα από διάφορες λειτουργικές διαδικασίες. Τα εμπορικά πλοία μπορεί να ευθύνονται για το μεγαλύτερο ποσοστό της μόλυνσης της θάλασσας, δεν είναι όμως και ο μοναδικός παράγοντας ρύπανσης. Οι εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούνται για την άντληση ή την αποθήκευση του πετρελαίου μπορούν να προκαλέσουν εξίσου μεγάλη καταστροφή στο θαλάσσιο οικοσύστημα. Στις εγκαταστάσεις αυτές περιλαμβάνονται πηγές όπως τα παράκτια ναυπηγεία, τα διυλιστήρια, οι εγκαταστάσεις υποδοχής αποβλήτων πλοίων, οι θαλάσσιοι τερματικοί σταθμοί, οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις και οι πλωτές εξέδρες εξόρυξης πετρελαίου. (Aryee, 2013)

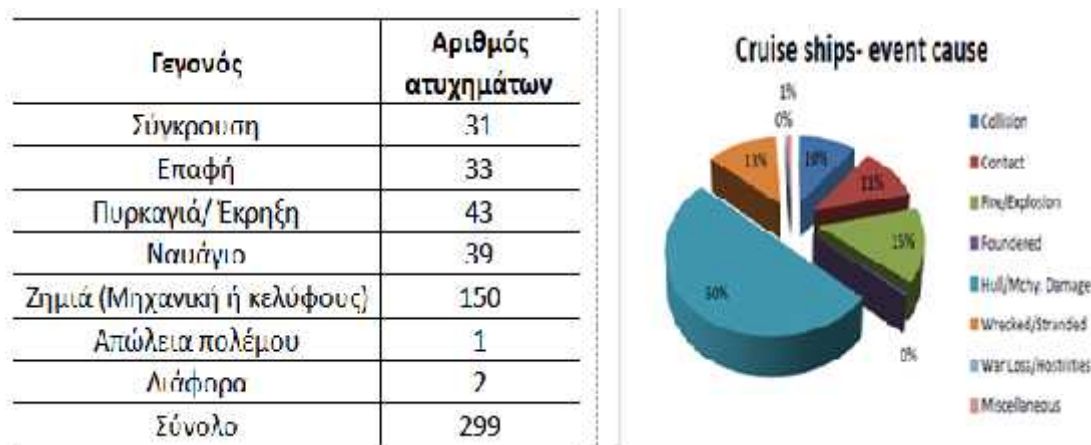


Εικ.4.4 Παράκτιες εγκαταστάσεις τόσο στην ανοικτή θάλασσα όσο και στα εσωτερικά ύδατα

4.2 Στατιστική ανάλυση ατυχημάτων κρουαζιερόπλοιων

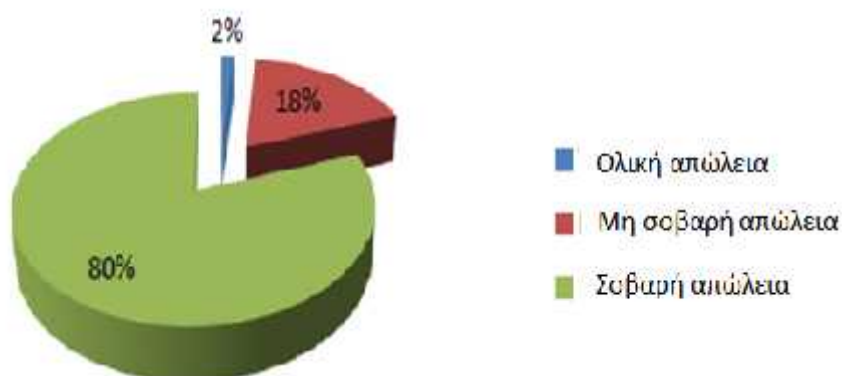
Παρακάτω θα προχωρήσουμε σε μια στατιστική ανάλυση ατυχημάτων που αφορούν τα κρουαζιερόπλοια.

Κατά τη χρονική διάρκεια από 1990 έως 2012 έχουν καταγραφεί συνολικά 299 ατυχήματα σε κρουαζιερόπλοια εκ των οποίων τα τέσσερα (04) απ' αυτά οδηγήθηκαν σε απώλεια πλοίου. Οι αιτίες των ατυχημάτων των κρουαζιερόπλοιων είναι πολυδιάσπατες. Τα περισσότερα απ' αυτά οφείλονταν σε ρήξη του περιβλήματος της γάστρας και απώλεια της υδατοστεγανότητας ή βλάβη της μηχανής με δεύτερη κυριότερη αιτία τη φωτιά/έκρηξη σε χώρους του πλοίου.



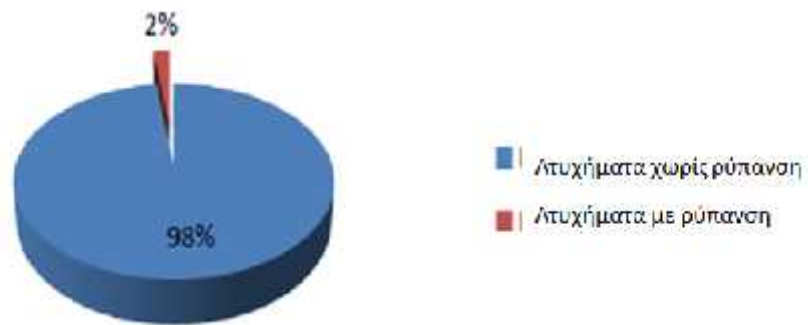
Σχημ.4.1 Στατιστική ανάλυση ατυχημάτων κρουαζιερόπλοιων

Από τα ανωτέρω περιστατικά τα 241 χαρακτηρίστηκαν ως σοβαρά ατυχήματα και σε 4 απ' αυτά είχαμε ολική απώλεια. (Μπίθα Κ, 2014)



Σχημ. 4.2 Ποσοστιαία απεικόνιση ατυχημάτων

Τα ατυχήματα των κρουαζιερόπλοιων που συνοδεύτηκαν από διαρροή πετρελαίου στη θάλασσα ήταν συνολικά 6 από τα 299. Από την ανάλυση που έγινε μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι ο αριθμός των ρυπάνσεων που οφείλονται στα κρουαζιερόπλοια είναι πολύ μικρός. Παρ' όλα αυτά δεν είναι αμελητέα η ζημιά που προκαλείται στο οικοσύστημα σε περίπτωση τέτοιου ατυχήματος καθότι στις δεξαμενές τους υπάρχει μεγάλη ποσότητα πετρελαιοειδών. (Μπίθα Κ, 2014)



Σχήμ.4.3 Ποσοστιαία απεικόνιση ατυχημάτων κρουαζιερόπλοιων με ρύπανση της θάλασσας

Οι περιοχές όπου εμφανίζονται τα περισσότερα περιστατικά ρύπανσης από πετρέλαιο είναι οι περιοχές της Δυτικής Μεσογείου, οι ανατολικές ακτές των ΗΠΑ και οι Δυτικές Ινδίες (ITOPF, 2016).

β. Prestige

Στις 13 Νοεμβρίου 2002, το πετρελαιοφόρο Prestige βούλιαξε 30 ναυτικά μίλια έξω από τις ακτές της Γαλικίας στη Βορειοδυτική Ισπανία. Μετέφερε 77.000 τόνους πετρέλαιο από τους οποίους 20.000 τόνοι απελευθερώθηκαν απευθείας στη θάλασσα σχηματίζοντας μια πετρελαιοκηλίδα αρχικού μήκους 200 χιλιομέτρων. Το πλοίο κόπηκε στη μέση και υπήρχε μια διαρροή πετρελαίου με ρυθμό 125 τόνους/ημέρα.



Εικ. 4.6 Απεικόνιση ναυαγίου του Δ/Ξ Prestige

Η πετρελαιοκηλίδα κατά κύριο λόγο μόλυνε περίπου 1.000 χλμ Ισπανικών ακτών καθώς και μέρη των Γαλλικών και Πορτογαλικών ακτών. Κατέστρεψε μεγάλο τμήμα του οικοσυστήματος των ακτών και είχε πολύ μεγάλη επίδραση στην αλιεία. Πάνω από 22.000 πουλιά μόνο βρέθηκαν νεκρά. Το νούμερο αυτό ήταν αμέσως μετά την καταστροφή, το πραγματικό νούμερο θεωρείτε ότι είναι σημαντικά μεγαλύτερο. Οι πληγείσες παράκτιες ζώνες θεωρούνται από τις σημαντικές οικολογικές περιοχές της Ισπανίας, όχι μόνο γιατί είναι μια ενδιάμεση στάση για τα μεταναστευτικά πουλιά, αλλά και για τον πλούτο και την αφθονία της θαλάσσιας χλωρίδας και πανίδας. Επιπροσθέτως, αυτή η περιοχή είναι ο κύριος προμηθευτής οστρακοειδών για την υπόλοιπη της Ευρώπης. Επομένως μπορούμε να καταλάβουμε πως τόσο οι οικονομικές όσο και οικολογικές συνέπειες ήταν ανυπολόγιστες. (Loureiro, Ojea, & Ribas, 2016)

γ. Sea Diamond

Το Sea Diamond είναι ένα κρουαζιερόπλοιο το οποίο βούλιαξε ανοιχτά των ακτών της Σαντορίνης στην Ελλάδα την 07 Απριλίου 2007 σε απόσταση 130 μέτρα από την ακτή. Το πλοίο μετέφερε 1.195 επιβάτες και 352 άτομα πλήρωμα όταν προσέκρουσε σε βράχια. Σαν άμεση συνέπεια του δυστυχήματος αποτέλεσε η σταδιακή διαρροή στο θαλάσσιο περιβάλλον ενός μέρους από τη συνολική ποσότητα καυσίμων τα οποία υπολογίζονται στους 500 περίπου τόνους πετρελαίου μαζούτ, ενώ πλήθος ρυπογόνων και επικίνδυνων ουσιών περιβάλλονται στο κουφάρι του πλοίου. Οι υπολειπόμενες ποσότητες πετρελαίου επί τους σκάφους έρρεαν συνέχεια μετά το ατύχημα, με αποτέλεσμα να συνεχίζεται να πλήττεται το θαλάσσιο περιβάλλον.



Εικ.4.7 Απεικόνιση ναυαγίου του κρουαζιερόπλοιου Sea Diamond

Οι διαδικασίες της απορρύπανσης συνεχίζονται μέχρι και σήμερα, με την παρουσία φραγμάτων και άλλων αντιρρυπαντικών μέσων χωρίς όμως να αποτελεί κάποια ουσιαστική λύση στο πρόβλημα της θαλάσσιας ρύπανσης και μόλυνσης του θαλάσσιου οικοσυστήματος. (Simboura et all)

δ. Costa Concordia

Το Ιταλικό κρουαζιερόπλοιο Costa Concordia προσάραξε την 13^η Ιανουαρίου του 2012 σε βράχους που προεξείχαν κοντά στο Νησί Γκίγκλιο. Στο πλοίο επέβαιναν 4.234 επιβάτες. Από τη σύγκρουση καταστράφηκε το τοίχωμα του εξωτερικού κύτους οδηγώντας σε εισροή υδάτων και αναγκάζοντας το σκάφος να μισοβυθιστεί. Στο συμβάν αυτό 25 άτομα έχασαν τη ζωή τους.



Εικ.4.8 Απεικόνιση ναυαγίου του κρουαζιερόπλοιου Costa Concordia

Το περιστατικό έγινε σε μία από τις μεγαλύτερες προστατευόμενες θαλάσσιες περιοχές της Ιταλίας με μεγάλη βιοποικιλότητα καθώς αποτελεί μια σημαντική κατά καιρούς κατοικία της Μεσογειακής φώκιας. Στην περίπτωση αυτή διέρρευσαν 2.400 τόνοι πετρελαίου. Αυτή η ποσότητα μπορεί να μη χαρακτηριστεί πολύ μεγάλη όμως προκάλεσε σημαντικές αρνητικές επιπτώσεις στην παράκτια οικονομία, στον πληθυσμό των ζώων και στην υγεία των κατοίκων (Fabi,2012).



Εικ.4.9 Απεικόνιση ναυαγίου του κρουαζιερόπλοιου Costa Concordia

ε. Κόλπος Μεξικού

Η έκρηξη της πλατφόρμας εξορύξεων Deepwater Horizon στις 20 Απριλίου 2010 μπορεί να χαρακτηριστεί μία από τις χειρότερες οικολογικές καταστροφές στην ιστορία των ΗΠΑ. 750 εκατομμύρια λίτρα αργού πετρελαίου διέρρευσαν καλύπτοντας μια θαλάσσια έκταση 176.000 στρεμμάτων. (Scientist, 2012)



Εικ.4.10 Απεικόνιση έκρηξης πλατφόρμας

Η περιοχή φιλοξενούσε περίπου το 40 % του συνόλου των υγροτόπων των Ηνωμένων Πολιτειών με αποτέλεσμα να απειληθούν πολύ σημαντικά είδη που βρίσκονταν υπό εξαφάνιση όπως ο ερυθρός τόνος. Εξίσου σημαντικό ήταν και η χρονική στιγμή που έλαβε χώρα καθότι ήταν περίοδος αναπαραγωγής για εκατοντάδες είδη πουλιών, ψαριών και χελωνών.

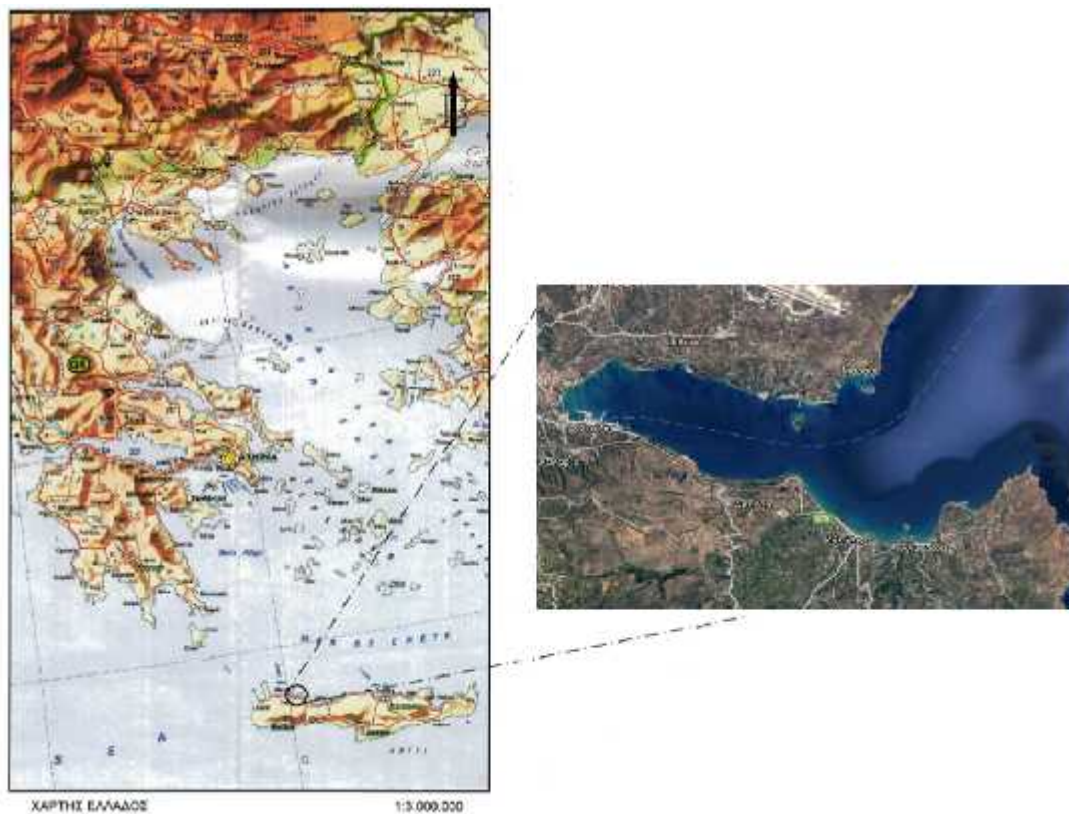


Εικ.4.11 Επιπτώσεις πετρελαιοκηλίδας σε πουλιά

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5.1 Περιοχή μελέτης

Ο κόλπος της Σούδας βρίσκεται στα βόρεια παράλια του νομού Χανίων και περικλείεται από το ακρωτήριο Μελέχα ή Ακρωτήριο και τον κυρίως κορμό της Κρήτης. Η γεωφυσική του διαμόρφωση, ο προσανατολισμός του, σε συνδυασμό με τις διαστάσεις του καθώς και τα μεγάλα βυθίσματα τον καθιστούν ένα από τα ασφαλέστερα λιμάνια καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου.



Εικ.5.1 Γεωγραφική θέση λιμένα Σούδας στον Ελλαδικό χώρο

Ο κόλπος της Σούδας καταλαμβάνει θαλάσσια έκταση είκοσι ενός (21) περίπου τετραγωνικών χιλιομέτρων και έχει μήκος ακτών περίπου 13 ναυτικά μίλια. Ο μυχός του απέχει από την είσοδο 4,6 ναυτικά μίλια και το πλάτος του κυμαίνεται μεταξύ 1,1 και 1,8 ναυτικών μιλίων. Το σχετικά μικρό άνοιγμα της εισόδου του κλείνεται από τη νησίδα «Σούδα» και περιορίζεται στα 0,85 ν.μ.



Εικ. 5.2 Χάρτης λιμένα Σούδας

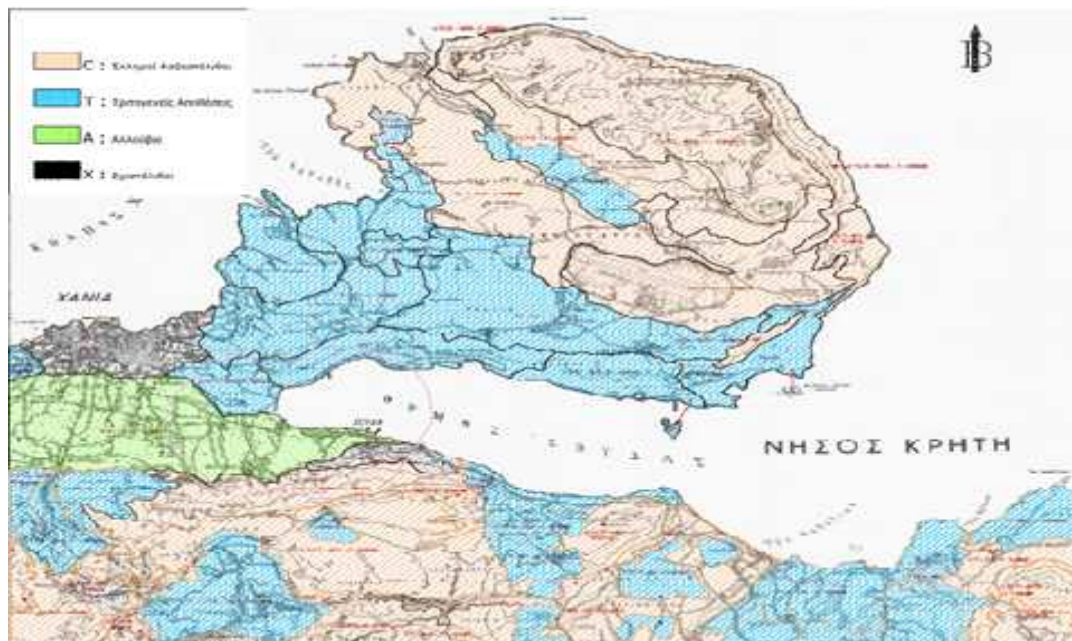
Το όνομα Σούδα ετυμολογείται από τη λατινική λέξη *suda* που σημαίνει χαράκωμα, στενή δίοδος. Η Σούδα μπορεί να χαρακτηριστεί στις μέρες μας μια ανεπτυγμένη περιοχή καθώς το λιμάνι της σημειώνει αυξημένη κίνηση και είναι σταυροδρόμι διεθνούς ναυτιλιακής κίνησης στην Μεσόγειο. Εκτός από το επιβατικό και εμπορικό λιμάνι στο κόλπο της Σούδας υπάρχουν λιμενικές εγκαταστάσεις που εξυπηρετούν ελληνικά και ξένα στρατιωτικά πλοία.

Η γεωγραφική θέση της Σούδας την κάνει ένα πολύ σημαντικό κυκλοφοριακό κόμβο καθώς αποτελεί κύρια πύλη εισόδου/εξόδου για το Δήμο Χανίων. Μέσω της Σούδας πραγματοποιείται η σύνδεση με το Βόρειο Οδικό Άξονα Κρήτης (ΒΟΑΚ) με το Λιμάνι της Σούδας το οποίο είναι η κύρια πύλη εισόδου στο νομό από θαλάσσης, καθώς επίσης και με το αεροδρόμιο «Ιωάννης Δασκαλογιάννης» το οποίο αποτελεί την βασική πύλη εισόδου στο νομό από αέρος. Το λιμάνι της Σούδας ως το μεγαλύτερο και ασφαλέστερο φυσικό λιμάνι της Μεσογείου αξίζει να επισημανθεί ότι τα τελευταία χρόνια αναπτύσσεται διαρκώς αποτελώντας σταυροδρόμι των σημαντικότερων θαλάσσιων οδών, και συμβάλλοντας καθοριστικά στην εμπορική, τουριστική και οικονομική ανάπτυξη του Δήμου αλλά και του Νομού Χανίων. Καθημερινά μέσω αυτού διακινούνται χιλιάδες επιβάτες, οχήματα, καθώς και πάσης φύσεως εμπορεύματα (αγροτικά, κτηνοτροφικά, κ.α.).

Την τελευταία πενταετία το λιμάνι της Σούδας δέχεται μεγάλο αριθμό κρουαζιερόπλοιων γεγονός που κάνει τη περιοχή του νομού Χανίων έναν από τους πιο ελκυστικούς προορισμούς στην Ελλάδα. Επιπροσθέτως λόγω των στρατιωτικών λιμενικών εγκαταστάσεων (Ναύσταθμος Κρήτης, ναυτική βάση του ΝΑΤΟ) η Σούδα χαρακτηρίζεται μια περιοχή με ιδιαίτερη στρατηγική σημασία.

5.2 Γεωμορφολογικά στοιχεία

Η γεωλογική σύνθεση της περιοχής του όρμου Σούδας αποτελείται, σε γενικές γραμμές, από Αλλουβιακές προσχώσεις του Καινοζωϊκού Αιώνας της τεταρτογενούς περιόδου και της υποπεριόδου του ολοκαίνου, αποτελούμενες από πηλούς, αργίλους, άμμους και χάλικες. (Ecos Μελετητική Α.Ε et all, 2014)



Εικ.5.3 Γεωμορφολογικός χάρτης περιοχής κόλπου Σούδας

Πιο αναλυτικά έχουμε:

α) Αλλουβιακές προσχώσεις του Καινοζωϊκού Αιώνας της τεταρτογενούς περιόδου και της υποπεριόδου του ολοκαίνου, αποτελούμενες από πηλούς, αργίλους, άμμους, χάλικες και σχετικά μικρού πάχους καλύπτουν την περιοχή μεταξύ Σούδας, Καλίκας, Χανίων, Αλικιανού, Μουρνιών, Μετοχιών και Τσικαλαριάς. Οι προσχώσεις αυτές βρίσκονται στην επιφάνεια και καλύπτουν την έκταση από το δυτικό τμήμα

του όρμου της Σούδας (συμπεριλαμβανομένου του λιμένα Σούδας) προς τα δυτικά, νότια των Χανίων.

β) Νοτιότερα της προηγούμενης περιοχής ανατολικά των Μετοχιών και της Τσικαλαριάς συναντώνται γεωλογικοί σχηματισμοί του τεταρτογενούς πλειστοκαίνου (Διλούβιο) αποτελούμενοι κυρίως από θαλάσσιες αναβαθμίδες και μη θαλάσσια κλαστικά υλικά (ποτάμια στρώματα και ριπίδια).

γ) Νοτιότερα των Μουρνιών συναντώνται γεωλογικοί σχηματισμοί του Μειόκανου: Μαργαϊκός ασβεστόλιθος συμπαγής, λευκοκίτρινος έως λευκότεφρος, με έγκλειστα θαλάσσια απολιθώματα. Ψαμμιτομαργαϊκό κροκαλοπαγές, συμπαγές με εγκλείστους κροκάλες κυρίως μεσοζωικών ασβεστόλιθων, πυριτόλιθων και κρυσταλλικών πετρωμάτων (σχιστολίθων, χαλαζιτών, κ.λ.π.). Μάργες κιτρινόφαιες έως λευκοκίτρινες, πολλάκις σε εναλλασσόμενα στρώματα με μαργαϊκούς ψαμμίτες και πλακώδεις μαργαϊκούς ασβεστόλιθους με απολιθώματα θαλασσίων μαλακίων.

δ) Ανατολικά της προηγούμενης περιοχής και νοτιότερα της Τσικαλαριάς συναντώνται γεωλογικοί σχηματισμοί του Κρητιδικού της Ζώνης Τριπόλεως, αποτελούμενοι από ασβεστόλιθους συμπαγείς, λευκοφαίους έως υποκυάνους, μικροκρυσταλλικούς έως στιφρούς, με θραύσματα ρουδιστών, κατά τόπους δολομιτιωμένους και ισχυρά αποκαροτιωμένους. Επίσης συναντώνται κερατόλιθοι ερυθροκαστανόχρωμοι, κρυσταλλικοί σχιστόλιθοι του αυτοχθόνου συστήματος της Νήσου Κρήτης, μαργαϊκός ασβεστόλιθος, μάργαι και περιορισμένες αλλουβιακές προσχώσεις.

ε) Η χερσόνησος του Ακρωτηρίου κατά το νότιο προς τη Σούδα τμήμα αυτής αποτελείται κυρίως εκ μαργαϊκού ασβεστόλιθου, συμπαγούς, λευκοκίτρινου έως λευκότεφρου, με θαλάσσια απολιθώματα και προσχωματικές αποθέσεις ερυθρογής εντός καρστικών εγκοίλων. Προς την περιοχή των Χανίων, σε περιορισμένη έκταση, συναντάται μαργαϊκός ψαμμίτης σαθρός, με έγκλειστα θαλάσσια απολιθώματα μαλακίων.

στ) Στο υπόλοιπο τμήμα της χερσονήσου του Ακρωτηρίου συναντώνται γεωλογικοί σχηματισμοί του Κρητιδικού, της Ζώνης Τριπόλεως, όμοια με την περιοχή νότια της

Τσικαλαριάς . Στην περιοχή Κουμάρες συναντώνται προσωματικές αποθέσεις ερυθρογής εντός καρστικών εγκοίλων, στο δε βόρειο άκρο αυτής, στην περιοχή «Στρογγυλό κεφάλι» ασβεστόλιθοι συμπαγείς, κρυσταλλικοί, λευκό έως λευκόφαιοι, κατά τόπους υπομέλανες, κυανόφαιοι, λεπτοπλακώδεις ή και δολομίτες του αυτοχθόνου συστήματος της Κρήτης.

ζ) Κάτω από τις αλλουβιακές προσχώσεις του Τεταρτογενούς όπου βρίσκεται ο λιμένας της Σούδας, βρίσκεται μεγάλου πάχους στρώση Κρυσταλλικών Σχιστολίθων του αυτόχθονου συστήματος της νήσου Κρήτης της Παλιοζωϊκής – Μεσοζωϊκής περιόδου. Περιλαμβάνει φυλλίτες, μαρμαρυγιακοί, γραφιτικοί, σερικιτικοί, χαλαζιτικοί, χλωριτικοί και λαμπυρίζοντες σχιστόλιθους, κατά τόπους εκγλείοντες πλακώδεις μαλανούς ασβεστόλιθους, υποπράσινους περιοδοτίτες και συμπαγούς υποπρασινίζων διαβάσεως. Το στρώμα αυτό βρίσκεται στην επιφάνεια σε μικρή έκταση ανατολικά της Σούδας.

η) Η μορφολογία του βυθού της ευρύτερης περιοχής του όρμου της Σούδας δεν είναι ομοιόμορφη. Τόσο τα βάθη όσο και η κλίση του πυθμένα μεταβάλλονται σημαντικά.

Οι απότομες ακτογραμμές που σχηματίζουν τα πετρώματα της επιφανείας τα οποία αποτελούνται κυρίως από ασβεστόλιθους και κρυσταλλικούς σχιστόλιθους, δημιουργούν έντονα τεκτονικά χαρακτηριστικά τα οποία συνεχίζουν και κάτω από την ίσαλο της θάλασσας. Έτσι τα βάθη αυξάνονται απότομα και έχουν σαν αποτέλεσμα προς το μέσο περίπου του ανατολικού μισού του κόλπου, να φτάνουν τα διακόσια δέκα μέτρα (210) μέτρα.

5.3 Πληθυσμός

Ο πληθυσμός της περιοχής μελέτης παρουσιάζεται στον ακόλουθο πίνακα. Συγκεκριμένα παρουσιάζεται η εξέλιξη του πληθυσμού στο σύνολο του νομού και στο Δήμο Σούδας και η μεταβολή του κατά το διάστημα 1991 – 2001, καθώς και η μεταβολή του πληθυσμού κατά τη δεκαετία 1991 – 2001 στο σύνολο της χώρας ως μέτρο σύγκρισης.

| Νομός/Δήμος | 1991 | 2001 | Μεταβολή (%) |
|--------------|------------|------------|--------------|
| Σύνολο Χώρας | 10.258.900 | 10.964.020 | 6,9 |
| Ν. Χανίων | 133.774 | 150.387 | 12,4 |
| Δ. Σούδας | 6.573 | 7.840 | 19,3 |

Πίνακας 5.1: Εξέλιξη Πληθυσμού της περιοχής μελέτης (Στοιχεία ΕΛ.ΣΤΑΤ)

Από τα παραπάνω στατιστικά στοιχεία παρατηρούμε μια μεγαλύτερη αύξηση στην εξέλιξη στο πληθυσμό στο Δήμο Σούδας σε σχέση με το συνολικό αριθμό στο νομό Χανίων και στο σύνολο της Χώρας. Η μεγάλη αύξηση στο Δήμο Σούδας οφείλεται σε μεγάλο βαθμό από την αξιοποίησή του επιβατικού και εμπορικού λιμένα της Δυτικής Κρήτης καθώς ο αριθμός κρουαζιερόπλοιων την τελευταία πενταετία έχει αυξηθεί ραγδαίως. Η περιοχή Σούδας, αν υπολογιστεί σύμφωνα με την έκταση του παλαιού Δήμου Σούδας έχει πυκνότητα πληθυσμού 356,25 κατοίκους/τ.χλμ. ενώ η μέση πυκνότητα του Καλλικρατικού Δήμου Χανίων στον οποίο περιλαμβάνεται σήμερα και η Σούδα είναι 273,4 κάτοικοι/τ.χλμ. (Ecos Μελετητική Α.Ε et al, 2014)

5.4. Απασχόληση

Η κατανομή της απασχόλησης στην περιοχή μελέτης ανά τομέα παραγωγής εμφανίζεται αναλυτικά στον ακόλουθο πίνακα. Αναλύονται οι μέσοι όροι ανά τομέα απασχόλησης σε ποσοστό επί του συνόλου του απασχολούμενου οικονομικά ενεργού πληθυσμού. Επιπροσθέτως, παρουσιάζεται το ποσοστό ανεργίας, επί του συνόλου του οικονομικά ενεργού πληθυσμού.

| Περιοχή | Σύνολο | Τομείς απασχόλησης | | | | | | Άνεργοι | |
|--------------|-----------|----------------------|-----|------------------------|-----|----------------------|-----|---------|-----|
| | | Πρωτογενής Τομέας | | Δευτερογενής Τομέας | | Τριτογενής Τομέας | | | |
| Σύνολο Χώρας | 4.614.499 | 591.669 | 15% | 892.187 | 23% | 2.401.168 | 62% | 512.410 | 11% |
| Ν. Χανίων | 63.008 | 11.069 | 21% | 9.658 | 18% | 32.945 | 51% | 6.679 | 11% |
| Δ. Σούδας | 2.468 | 111 | 6% | 372 | 19% | 1.504 | 76% | 300 | 12% |

Πίνακας 5.2: Κατανομή απασχόλησης πληθυσμού (Στοιχεία ΕΛ.ΣΤΑΤ, 2001)

Οι δραστηριότητες του Δήμου εστιάζονται στον δευτερογενή και τριτογενή τομέα, με περιορισμένη την ενασχόληση στον πρωτογενή τομέα.

- Κατηγορία Α (πρωτογενής τομέας): Γεωργία, Κτηνοτροφία, Αλιεία, Δάση, Θήρα,
- Κατηγορία Β (δευτερογενής τομέας): Βιομηχανία, Βιοτεχνία, Ηλεκτρισμός, Φωταέριο, Ατμός, Ύδρευση, Οικοδομήσεις και Δημόσια Έργα
- Κατηγορία Γ (τριτογενής τομέας): Εμπόριο, Εστιατόρια, Ξενοδοχεία, Μεταφορές, Αποθηκεύσεις, Επικοινωνίες, Τράπεζες, Ασφάλειες, Διεκπαιρώσεις υποθέσεων και Λοιπές Υπηρεσίες.

Αναλύοντας τα παραπάνω στατιστικά το μεγαλύτερο ποσοστό κατοίκων εργάζεται στον τριτογενή τομέα με ποσοστό 76% ενώ το ποσοστό ανεργίας διατηρείται περίπου σταθερό τόσο για το Νομό Χανίων όσο και για το Δήμο Σούδας (11% και 12% αντίστοιχα). Τα επίπεδα απασχόλησης στο δευτερογενή τομέα είναι περίπου ίδια με αυτά του συνόλου του νομού (19%).

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται στοιχεία ανά κλάδο οικονομικής δραστηριότητας στην περιοχή της Σούδας μαζί με τα αντίστοιχα του νομού και της χώρας (ΕΛ.ΣΤΑΤ., 2001).

| Κλάδος οικονομικής δραστηριότητας | Σύνολο Χώρας | | Νομός Χανίων | | Δήμος Σούδας | |
|-----------------------------------|--------------|--------|--------------|--------|--------------|--------|
| Μεταφορές | 267.844 | 6,53% | 3.084 | 5,47% | 169 | 7,80% |
| Χονδρικό και Λιανικό εμπόριο | 605.452 | 14,76% | 7.189 | 12,74% | 308 | 14,21% |
| Δημόσια Διοίκηση | 320.876 | 7,82% | 6.137 | 10,88% | 455 | 20,99% |
| Ξενοδοχεία-Εστιατόρια | 234.325 | 5,71% | 4.698 | 8,33% | 143 | 6,60% |
| Βιομηχανίες | 492.911 | 12,02% | 3.343 | 5,93% | 182 | 8,39% |

Πίνακας 5.3: Κατανομή απασχόλησης πληθυσμού περιοχής μελέτης (Στοιχεία ΕΛ.ΣΤΑΤ)

Παρακάτω αναλύονται οι κυριότεροι κλάδοι απασχόλησης του πληθυσμού της περιοχής μελέτης, που αποτελούν το 65% περίπου του συνόλου του ενεργού πληθυσμού.

➤ *Μεταφορές*

Λόγω της ύπαρξης του λιμανιού στην περιοχή μελέτης το ποσοστό του πληθυσμού της περιοχής μελέτης που απασχολείται στις μεταφορές και στην αποθήκευση είναι κοντά στο 8% ξεπερνώντας το μέσο όρο της χώρας (~6,5%) και του νομού (~5,5%).

➤ *Εμπόριο*

Στον κλάδο του εμπορίου το ποσοστό απασχόλησης ανέρχεται σε 14% ποσοστό παρόμοιο με αυτό της χώρας και αυξημένο από αυτό του νομού (12,7%). Το λιανικό εμπόριο διατηρείται υψηλό πιθανότατα λόγω του μεγάλου τουρισμού της περιοχής.

➤ *Δημόσια Διοίκηση – Άμυνα*

Ένα μεγάλο ποσοστό του πληθυσμού ασχολείται στη Δημόσια Διοίκηση και στην Άμυνα. Σ' αυτό, καθοριστικό ρόλο παίζουν οι στρατιωτικές εγκαταστάσεις και τα σχολικά συγκροτήματα που υπάρχουν.

➤ *Ξενοδοχεία/Εστιατόρια*

Ο τουρισμός είναι ο κύριος κλάδος απασχόλησης στο Νομό Χανίων. Αυτό αποτυπώνεται και στο τμήμα του πληθυσμού της περιοχής μελέτης αλλά και του νομού που ξεπερνούν το μέσο όρο της χώρας.

➤ *Μεταποιητικές Βιομηχανίες*

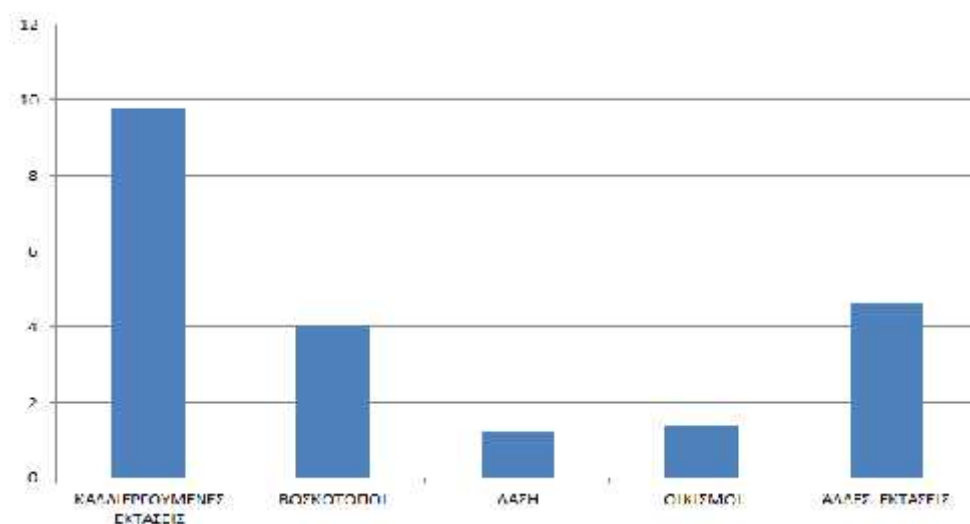
Δεν παρατηρείται μεγάλος αριθμός βιομηχανιών στην περιοχή μελέτης μας. Ο κυριότερος όγκος των βιομηχανιών της Κρήτης βρίσκεται στο νομό Ηράκλειου. Κυρίως η απασχόληση σε αυτό τον τομέα εστιάζεται στη βιομηχανία τροφίμων και ποτών, στις κατασκευές επίπλων και μεταλλικών προϊόντων.

5.5. Χρήσεις Γης

Η ευρύτερη περιοχή χαρακτηρίζεται από καλλιεργημένες εκτάσεις όπου κυριαρχεί η καλλιέργεια ελαιοδέντρων ενώ σε μικρότερη κλίμακα απαντώνται καλλιέργειες εσπεριδοειδών και κηπευτικών (κηπευτικά κυρίως τους θερινούς μήνες). Έντονη επίσης είναι η οικιστική ανάπτυξη. Στην περιοχή μελέτης απαντώνται τα συνήθη είδη ασπόνδυλων, αμφιβίων, ερπετών και μικρών θηλαστικών. Οι χρήσεις γης στην περιοχή μελέτης προέκυψαν από στοιχεία που συγκεντρώθηκαν από τα Γενικά Πολεοδομικά Σχέδια (ΓΠΣ) της πόλης της Σούδας για μία περιοχή ακτίνας περίπου 2.000 m γύρω από το Λιμένα Σούδας. Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνονται οι βασικές κατηγορίες χρήσεων γης στο δήμο Σούδας.

| Περιοχή | Σύνολο εκτάσεων | Καλλιέργειες | Βοσκότοποι | Δάση | Υδάτια | Οικισμοί | Άλλες εκτάσεις |
|-----------|-----------------|--------------|------------|------|--------|----------|----------------|
| Δ. Σούδας | 21,0 | 9,8 | 4,0 | 1,2 | 0,0 | 1,4 | 4,6 |

Πίνακας 5.4 : Χρήσεις Γης σε χιλιάδες στρέμματα (Στοιχεία ΕΛ.ΣΤΑΤ)



Σχήμα 5.1: Χρήσεις Γης

5.6 Κλίμα

Ένας σημαντικός παράγοντας που θα πρέπει να εξετάζουμε όταν θέλουμε να μελετήσουμε μια περιοχή είναι το κλίμα το οποίο παίζει καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξη και την επιβίωση κάθε μορφής ζωής πάνω στη Γη. Ο όρος κλίμα περιλαμβάνει παραμέτρους όπως η θερμοκρασία, ο άνεμος, η υγρασία, ο υετός, η διεύθυνση και η ένταση του ανέμου. Για τη μελέτη των παραπάνω παραμέτρων λήφθηκαν δεδομένα από το Μετεωρολογικό Σταθμό Σούδας, ο οποίος ανήκει στο δίκτυο της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (ΕΜΥ).

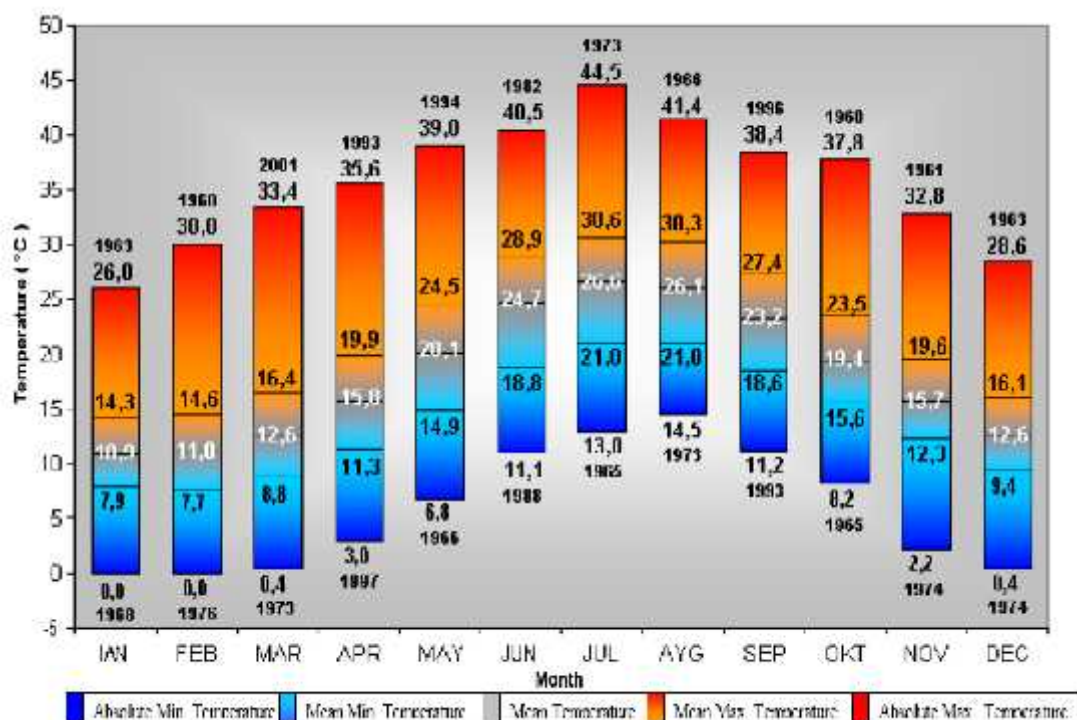


Εικ. 5.4 Χάρτης της Κρήτης επισημαίνοντας τη θέση του μετεωρολογικού σταθμού Σούδας

Μερικά από τα δεδομένα που θα αναλυθούν προκύπτουν από καταγραφή για τη χρονική περίοδο από το 1959-2004. Βάσει των στοιχείων των θερμοκρασιών, των ανεμολογικών και των βροχομετρικών, στην υπό μελέτη περιοχή, το κλίμα στην περιοχή χαρακτηρίζεται ως ξηρό μεσογειακό με ήπιο χειμώνα. Πιο αναλυτικά έχουμε:

α. Θερμοκρασία αέρα

Ένα από τα κυριότερα κλιματικά στοιχεία είναι η θερμοκρασία αέρα. Με τον όρο αυτό ορίζεται η θερμοκρασία «υπό σκιά» μέσα σε ειδικό στέγαστρο (μετεωρολογικό κλωβό) και σε ύψος 1,5-2 μ από το έδαφος. Βάση των δεδομένων που καταγράφηκαν σχεδιάστηκε ένα ραβδόγραμμα όπου με μπλε χρώμα εμφανίζονται οι ελάχιστες τιμές και με κόκκινο οι μέγιστες. Επιπρόσθετα στο γράφημα αναγράφηκαν οι τιμές της μέσης θερμοκρασίας, της μέσης ελάχιστης και της μέσης μέγιστης θερμοκρασίας καθώς και οι χρονολογίες που αυτές εμφανίστηκαν. Από το γράφημα συμπεραίνεται ότι ο Ιανουάριος παρουσιάζεται ως ο πιο ψυχρότερος μήνας ενώ αντίστοιχα ο Ιούλιος παρουσιάζεται ο πιο θερμός.



Εικ. 5.5 Θερμοραβδόγραμμα μετεωρολογικού σταθμού Σούδας (1959-2004)

Πιο αναλυτικά στοιχεία για κάθε μήνα μπορούμε να δούμε στα στοιχεία που αναγράφονται στον πίνακα 5.5. Παρουσιάζεται μια διακύμανση της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας μεταξύ 8 °C κατά τους ψυχρότερους χειμερινούς μήνες και μέχρι τους 30 °C κατά τους θερμούς καλοκαιρινούς, δηλαδή εντός των φυσιολογικών για τη χώρα μας θερμοκρασιών. Θερμότεροι είναι οι μήνες Ιούλιος και Αύγουστος, ενώ ψυχρότεροι είναι οι μήνες Ιανουάριος και Φεβρουάριος. (Ecos Μελετητική Α.Ε et al, 2014)

| 1° Εξάμηνο | ΙΑΝ | ΦΕΒ | ΜΑΡ | ΑΠΡ | ΜΑΙ | ΙΟΥΝ |
|----------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Ελάχιστη Μηνιαία Θερμοκρασία (C) | 9.2 | 9.2 | 10.1 | 12.2 | 15.2 | 18.9 |
| Μέση Μηνιαία Θερμοκρασία (C) | 11.6 | 11.8 | 13.2 | 16.3 | 20.1 | 24.5 |
| Μέγιστη Μηνιαία Θερμοκρασία (C) | 15.8 | 16.5 | 17.9 | 21.0 | 24.7 | 28.7 |
| 2° Εξάμηνο | ΙΟΥΛ | ΑΥΓ | ΣΕΠ | ΟΚΤ | ΝΟΕ | ΔΕΚ |
| Ελάχιστη Μηνιαία Θερμοκρασία (C) | 20.8 | 20.8 | 18.7 | 15.6 | 13.1 | 10.8 |
| Μέση Μηνιαία Θερμοκρασία (C) | 25.5 | 26.1 | 23.3 | 19.4 | 16.1 | 13.1 |
| Μέγιστη Μηνιαία Θερμοκρασία (C) | 30.3 | 30.0 | 27.7 | 23.7 | 20.9 | 17.8 |

Πίνακας 5.5. Ετήσια στοιχεία θερμοκρασίας αέρα

β. Υγρασία

Ένας άλλος παράγοντας που θα μελετηθεί είναι το ποσοστό υγρασίας. Το ποσοστό υγρασίας κυμαίνεται στα Χανιά από 55% τους μήνες Ιούνιο και Ιούλιο έως 72% τους μήνες Νοέμβριο και Δεκέμβριο. Το φθινόπωρο η υγρασία διατηρείται σε υψηλά σχετικά επίπεδα, ενώ από το Νοέμβριο και μετά, όπου η υγρασία παρουσιάζει τη μέγιστη τιμή της, παρατηρείται σταδιακή μείωση με ελάχιστο τον Ιούλιο. (Εcos Μελετητική Α.Ε et all, 2014)

| 1 ^ο Εξάμηνο | ΙΑΝ | ΦΕΒ | ΜΑΡ | ΑΠΡ | ΜΑΙ | ΙΟΥΝ |
|------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Μέση Μηνιαία Υγρασία | 71.7 | 69.3 | 68.4 | 65.4 | 62.2 | 55.8 |
| 2 ^ο Εξάμηνο | ΙΟΥΛ | ΑΥΓ | ΣΕΠ | ΟΚΤ | ΝΟΕ | ΔΕΚ |
| Μέση Μηνιαία Υγρασία | 55.3 | 57.7 | 63.9 | 70.4 | 72.2 | 72.1 |

Πίνακας 5.6. Ετήσια στοιχεία υγρασίας

γ. Άνεμος

Επίσης μια σημαντική παράμετρος που εξετάζεται για να περιγράψει το κλίμα είναι ο άνεμος. Είναι βασικό στοιχείο για τη μελέτη των περιοχών που εξετάζουμε. Κάποια χαρακτηριστικά του όπως η ένταση και η διεύθυνση του έχουν κυρίαρχο ρόλο σε διάφορες ανθρώπινες δραστηριότητες. Ισχυροί άνεμοι μπορεί να προκαλέσουν σοβαρά προβλήματα καθώς και να προκαλέσουν σοβαρές καταστροφές σε πολλές δραστηριότητες.

δ. Ανεμολογικά στοιχεία θαλάσσης

Στον πίνακα που ακολουθεί εμφανίζονται οι αθροιστικές συχνότητες εμφάνισης μεγίστων εντάσεων ανά διεύθυνση. Με βάση τα στοιχεία του πίνακα, παρατηρείται ότι άνεμοι έντασης έως και 4 είναι οι επικρατέστεροι. Όσο αφορά για τις διευθύνσεις του ανέμου προκύπτει ότι οι βόρειες, βορειοδυτικές και δυτικές είναι οι επικρατέστερες διευθύνσεις.

| Beaufort | B | BA | A | NA | N | NΔ | Δ | ΒΔ | Νηνεμία | Σύνολο |
|----------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|---------|---------|
| 0 | | | | | | | | | 27.133 | 27.133 |
| 1 | .361 | .142 | .416 | .142 | .099 | .044 | .394 | .296 | | 1.094 |
| 2 | 3.199 | 1.566 | 3.403 | 2.168 | .843 | .701 | 3.231 | 4.491 | | 19.672 |
| 3 | 4.371 | 2.804 | 4.130 | 1.490 | .402 | .635 | 5.028 | 6.485 | | 25.425 |
| 4 | 3.264 | 1.764 | 1.457 | .526 | .230 | .405 | 4.272 | 4.557 | | 16.475 |
| 5 | 1.139 | .471 | .285 | .230 | .142 | .164 | 2.027 | 1.479 | | 5.937 |
| 6 | .416 | .153 | .000 | .099 | .066 | .077 | .953 | .526 | | 2.370 |
| 7 | .120 | .044 | .022 | .066 | .033 | .022 | .307 | .163 | | .767 |
| 8 | .033 | .011 | .011 | .022 | .011 | .011 | .066 | .033 | | .190 |
| 9 | .011 | .011 | .000 | .011 | .011 | .011 | .011 | .011 | | .077 |
| 10 | .000 | .000 | .000 | .011 | .011 | .000 | .011 | .000 | | .033 |
| 11 | .011 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | | .011 |
| ΣΥΝΟΛΟ | 12.925 | 6.966 | 9.892 | 4.755 | 1.928 | 2.070 | 16.300 | 18.031 | 27.133 | 100.000 |

Πίνακας 5.7 Ετήσια εμφάνιση ανέμου στα Χανιά ανά κατεύθυνση και ένταση (Πηγή: Μελέτη ολοκλήρωσης χερσαίων έργων πολυχρηστικού τμήματος λιμένα Σούδας, 2014)

Επίσης σημαντικό είναι να μελετήσουμε τα στοιχεία του παρακάτω πίνακα που αφορούν τις επικρατούσες μηνιαίες διευθύνσεις και εντάσεις ανέμων στα Χανιά.

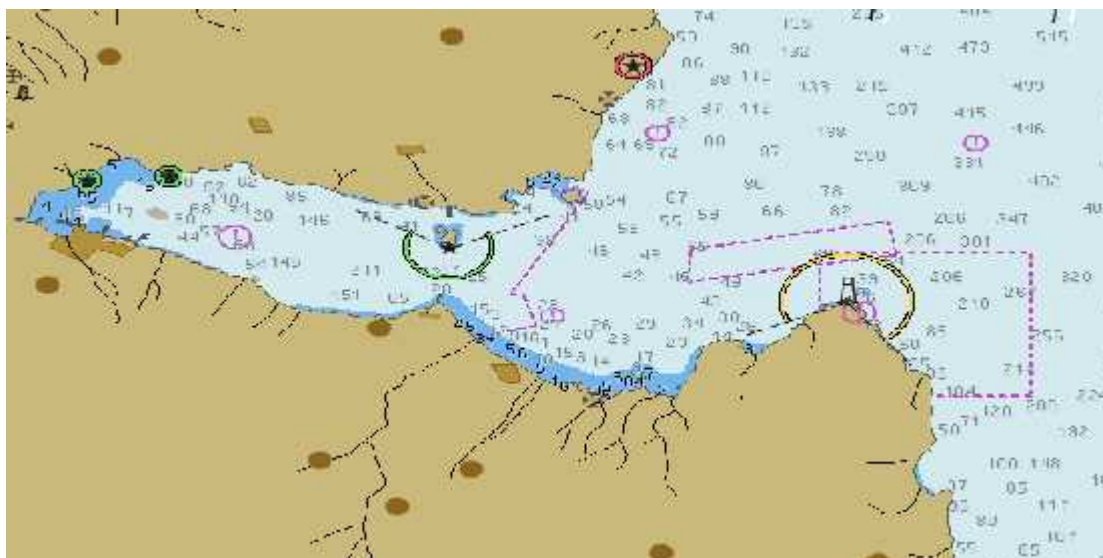
| | ΙΑΝ | ΦΕΒ | ΜΑΡ | ΑΠΡ | ΜΑΙ | ΙΟΥΝ | ΙΟΥΛ | ΑΥΓ | ΣΕΠ | ΟΚΤ | ΝΟΕ | ΔΕΚ |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Μέση Μηνιαία Διεύθυνση Ανέμων | N | N | ΒΔ | ΒΔ | ΒΔ | ΒΔ | ΒΔ | ΒΔ | ΒΔ | ΒΔ | N | N |
| Μέση Μηνιαία Ένταση Ανέμων (Kt) | 6,1 | 6,0 | 6,0 | 5,5 | 4,9 | 5,1 | 4,3 | 3,8 | 4,2 | 4,1 | 4,4 | 5,6 |

Πίνακας 5.8 Μέσες μηνιαίες διευθύνσεις και εντάσεις ανέμων (Πηγή: Μελέτη ολοκλήρωσης χερσαίων έργων πολυχρηστικού τμήματος λιμένα Σούδας, 2014)

Αναλύοντας τα παραπάνω στοιχεία συμπεραίνετε ότι οι επικρατέστεροι άνεμοι της περιοχής είναι οι βορειοδυτικοί με εντάσεις μικρότερες των 5 κόμβων από τα τέλη της άνοιξης έως τα μέσα φθινοπώρου ενώ κατά τους χειμερινούς μήνες επικρατούν οι νότιοι άνεμοι, μέσης έντασης 4,5-5 κόμβων με μέγιστη ένταση ανέμων 6 κόμβους με διεύθυνση νότια.

ε. Γεωμορφολογία θαλάσσιας περιοχής έργου

Η μορφολογία του βυθού της ευρύτερης περιοχής του όρμου της Σούδας δεν είναι ομοιόμορφη. Τόσο τα βάθη όσο και η κλίση του πυθμένα μεταβάλλονται σημαντικά. Οι λιμενικές εγκαταστάσεις Σούδας βρίσκονται κοντά στο μυχό του όρμου, με αποτέλεσμα η μορφολογία του πυθμένα να είναι ομαλή.

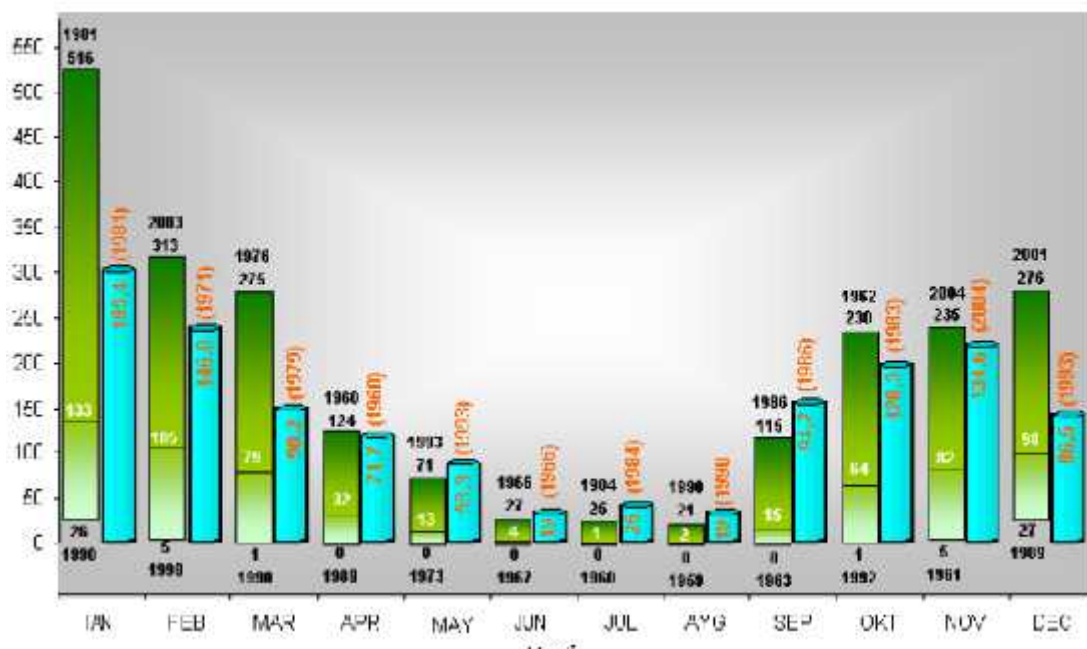


Εικ.5.6 Βυθομετρικός χάρτης κόλπου Σούδας

ζ. Υετός

Με τον όρο υετός εννοούμε όλα τα ατμοσφαιρικά κατακρηνίσματα, σε οποιαδήποτε μορφή νερού, υγρή (βροχή) ή στερεή (χιόνι, χαλάζι) τα οποία, πέφτουν στην επιφάνεια της Γης από κάποιο νέφος ή από ομάδα νεφών. Η μορφή που θα έχουν τα υδάτινα αυτά κατακρηνίσματα όταν φτάνουν στο έδαφος, εξαρτάται απ' την θερμοκρασία, την υγρασία και την ύπαρξη ρευμάτων στο έδαφος. Το ύψος του υετού σε μία χρονική περίοδο υπολογίζεται μέσω των βροχόμετρων και δηλώνεται από το ύψος του νερού (σε υγρή μορφή) που εναποτίθεται σε μία οριζόντια επιφάνεια εμβαδού ενός τετραγωνικού μέτρου. Η μονάδα μέτρησης του είναι τα mm ή τα cm.

Στο παρακάτω ραβδόγραμμα απεικονίζονται τα δεδομένα του υετού για τη χρονική περίοδο 1959-2004. Στο συγκεκριμένο υετοραβδόγραμμα μπορούμε να παρατηρήσουμε το μέσο μηνιαίο ύψος, το απόλυτο ελάχιστο ποσό καθώς και το απόλυτο μέγιστο ύψος υετού που σημειώθηκε μόλις σε ένα 24 ωρο, κατά τη διάρκεια του μήνα και σε ένα συγκεκριμένο έτος. Τα δεδομένα που αναλύουμε υπερβαίνουν τα τριάντα χρόνια και ως εκ τούτου οι εμφανιζόμενες τιμές μπορούν να θεωρηθούν ιδιαίτερα αντιπροσωπευτικές.



Εικ. 5.7 Υετοραβδόγραμμα μετεωρολογικού σταθμού Σούδας (1959-2004)

Το μέσο ετήσιο ύψος βροχής ανέρχεται στα 621,5 mm. Ο ξηρότερος μήνας είναι ο Ιούλιος με 0,5 mm μέσης βροχόπτωσης, ενώ ο υγρότερος ο Ιανουάριος με 122,9 mm μέσης βροχόπτωσης. Συνεπώς, η περιοχή των Χανίων παρουσιάζει αμιγώς μεσογειακό κλίμα, με ξηρά καλοκαίρια και υγρούς χειμώνες, ενώ ο μέσος αριθμός ημερών βροχής ανά μήνα είναι 7 μέρες. (Ecos Μελετητική Α.Ε et all, 2014)

| 1 ^ο Εξάμηνο | ΙΑΝ | ΦΕΒ | ΜΑΡ | ΑΠΡ | ΜΑΙ | ΙΟΥΝ |
|------------------------------|-------|-------|------|------|------|------|
| Μέση Μηνιαία Βροχόπτωση (mm) | 122.9 | 108.6 | 71.9 | 31.9 | 13.9 | 6.5 |
| Συνολικές Μέρες Βροχής | 15.0 | 13.7 | 11.0 | 6.7 | 3.5 | 1.2 |
| 2 ^ο Εξάμηνο | ΙΟΥΛ | ΑΥΓ | ΣΕΠ | ΟΚΤ | ΝΟΕ | ΔΕΚ |
| Μέση Μηνιαία Βροχόπτωση (mm) | 0.5 | 2.7 | 18.2 | 82.1 | 70.9 | 91.3 |
| Συνολικές Μέρες Βροχής | 0.2 | 0.3 | 2.3 | 8.0 | 9.5 | 13.5 |

Πίνακας 5.9 Στοιχεία βροχόπτωσης στο Νομό Χανίων

η. Παλίρροια

Τα στοιχεία παλίρροιας της Υδρογραφικής Υπηρεσίας όπως καταγράφηκαν από τον εγκαταστημένο παλιρροιογράφο του Λιμένα Σούδας , παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα. (Ecos Μελετητική Α.Ε et all, 2014)

Στοιχεία παλίρροιας Λιμένα Σούδας (τιμές σε μέτρα)

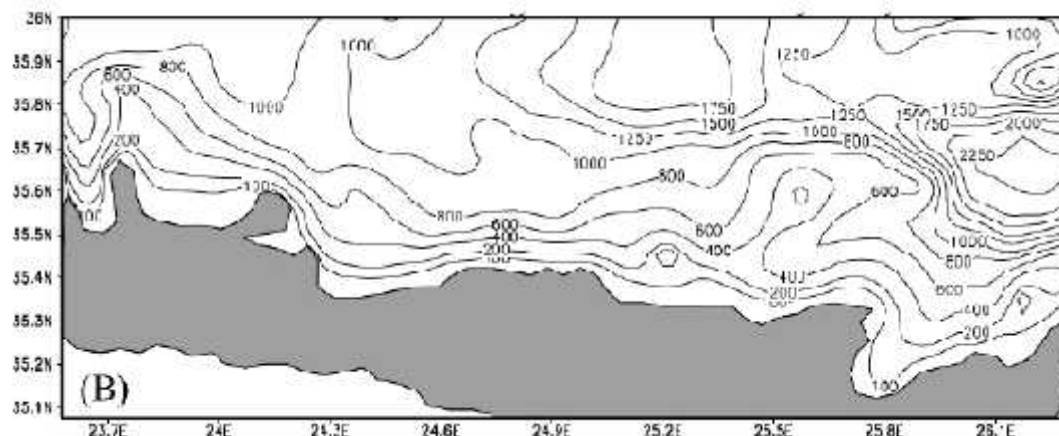
| Μέγεθος | Τιμή |
|---|-------------|
| Μέσο εύρος | 0,06 |
| Ελάχιστο εύρος | 0,01 |
| Μέγιστο εύρος | 0,25 |
| Επάλλαξη | 0,80 |
| Διαφορά μεταξύ μέσης στάθμης και κατώτατης ρηχίας | 0,44 |
| Διαφορά μεταξύ μέσης στάθμης και μέγιστης πλήμμης | 0,80 |

Πίνακας 5.10 Στοιχεία παλίρροιας

θ) Ρεύματα

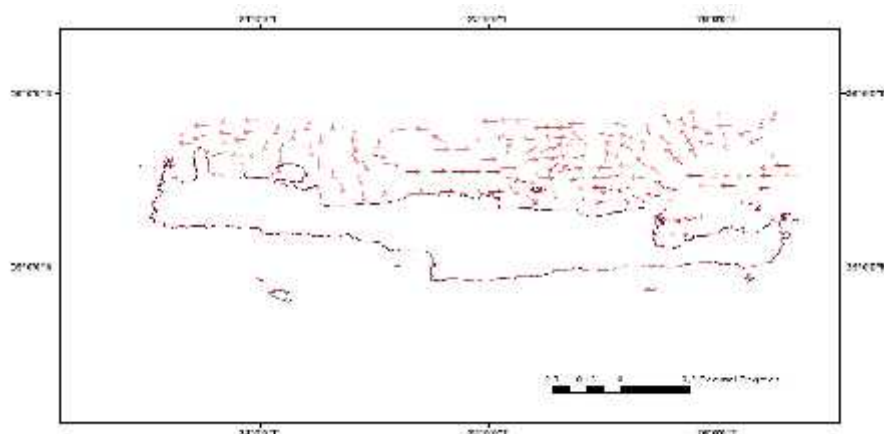
Τα θαλάσσια ρεύματα, είναι ουσιαστικά οι οριζόντιες κινήσεις των υδάτων σε θάλασσες και μετακινούν τεράστιες υδάτινες μάζες διαμορφώνοντας τις συνθήκες για τη ζωή τόσο στη θάλασσα όσο και στη ξηρά. Επίσης παίζουν τεράστιο ρόλο στην μελέτη της κίνησης των ρυπογόνων ουσιών στο θαλάσσιο περιβάλλον καθώς μεταφέρουν τους ρύπους μακριά από τον τόπο της αρχικής ρύπανσης. Επομένως είναι βασικός παράγοντας που θα πρέπει να είναι γνωστός στην μελέτη της κίνησης μιας πετρελαιοκηλίδας ώστε να παρθούν πιο τεκμηριωμένα αποτελέσματα. (Συνολάκης Κ.,2008)

Στην εργασία μας η περιοχή μελέτης μας βρίσκεται στο Κρητικό πέλαγος όπου αρκετές επιστημονικές μελέτες έχουν λάβει χώρα με σκοπό τη μελέτη και τη συλλογή δεδομένων σχετικά με το υδροδυναμικό της.



Εικ.5.8. Το Κρητικό πέλαγος (Πηγή: G. Triantafyllou, G. Korres, G. Petihakis, A. Pollani, and A. Lascaratos, 2002)

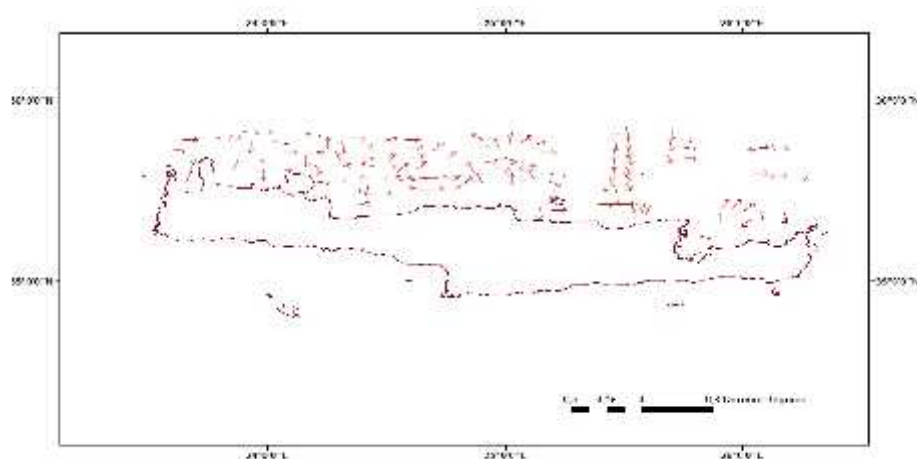
Σύμφωνα με την εργασία των G. Triantafyllou, G. Korres, G. Petihakis, A. Pollani, and A. Lascaratos, 2002 με τίτλο "Assessing the phenomenology of the Cretan Sea shelf area using coupling modelling techniques" η θαλάσσια κυκλοφορία των ρευμάτων για τους μήνες Σεπτέμβριο έως και Ιανουάριο για τη υποεπιφάνεια (30 m) αποδίδεται στο παρακάτω σχήμα.



Εικ.5.9 Μοντέλο Χειμώνα στα 30 μέτρα

Κατά τη διάρκεια του χειμώνα, παρατηρείται μια μεταβλητότητα όσο αφορά την κατεύθυνση των ρευμάτων ανάλογα την περιοχή μελέτης.

Στο παρακάτω σχήμα παρατηρείται η θαλάσσια κυκλοφορία των ρευμάτων για τους μήνες Φεβρουάριο έως και Αύγουστο για τη υποεπιφάνεια (30 m). Παρατηρείται ότι η κατεύθυνση των ρευμάτων ως επί των πλείστον έχει ανατολική κατεύθυνση. (Ντούζγος Δ.)



Εικ.5.10. Μοντέλο Καλοκαιριού στα 30 μέτρα

Στον όρμο της Σούδας, με ισχυρούς βόρειους ανέμους δημιουργείται ρεύμα κατά την φορά των δεικτών του ρολογιού. Με νότιους ανέμους και νοτιοανατολικούς έως ανατολικούς ισχυρούς, δημιουργείται επίσης θαλάσσιο ρεύμα, το οποίο κυκλοφορεί αντίθετα από την φορά των δεικτών του ρολογιού. Η μέση ταχύτητα του ρεύματος (διεύθυνση ρεύματος ανατολική) είναι 0,26 m/sec, ενώ ταχύτητες με τιμή μέχρι 0,46 m/sec εμφανίζονται με συχνότητα 6%.

ι. Κυματικές συνθήκες

Ο τομέας ανοιχτού πελάγους που προσβάλλει τον κόλπο της Σούδας είναι μόνο ο ανατολικός. Η περιοχή του λιμένα, πέρα από τους ανατολικούς κυματισμούς από τα ανοιχτά, πλήττεται και από κυματισμούς που αναπτύσσονται στο εσωτερικό του όρμου. Από αυτούς, οι βόρειοι και βορειοανατολικοί έχουν ικανό ανάπτυγμα. Τα δυσμενέστερα ως προς τη διαταραχή κυματικά χαρακτηριστικά παρουσιάζονται συνοπτικά στον ακόλουθο πίνακα.

| Κατεύθυνση | Ύψος κύματος | Περίοδος κορυφής | Μέση Κατεύθυνση Κυματισμού |
|------------|--------------|------------------|----------------------------|
| | Hs (m) | Tr (sec) | MWD |
| B | 0,55 | 2,20 | 357 |
| BA | 0,57 | 2,61 | 44 |
| A | 2,20 | 5,20 | 90 |

Πίνακας 5.11 Κυματικά στοιχεία στην περιοχή μελέτης

ια) Ποιότητα θαλάσσιου νερού

Ο όρμος της Σούδας είναι ανοικτός προς τα ανατολικά και χαρακτηρίζεται από βαθιά νερά και από ρεύματα μικρών ταχυτήτων. Η κυκλοφορία του νερού στον όρμο, γίνεται από το Ανατολικό τμήμα του, που είναι ανοικτό στο Κρητικό πέλαγος. Το 2008 ολοκληρώθηκε η έρευνα που είχε αναθέσει ο τέως Δήμος Σούδας στο Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών με τίτλο “Διερεύνηση υφιστάμενης περιβαλλοντικής κατάστασης του κόλπου Σούδας” τα συμπεράσματα της οποίας παρουσιάζονται παρακάτω.

Όσον αφορά τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά :

- Η θερμοκρασία των υδάτων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το βάθος του πυθμένα. Παρατηρείται ότι η βόρεια ακτή του κόλπου εμφανίζει κατά κανόνα υψηλότερες θερμοκρασίες, καθώς είναι περισσότερο ρηχή. Οι χαμηλότερες τιμές μετρήθηκαν στην εκβολή του ποταμού Μορώνη, λόγω της ροής γλυκού νερού.
- Η αλατότητα του κόλπου παρουσιάζει μεταβολές στις συγκεντρώσεις της παρουσιάζοντας υψηλότερες τιμές στο νότιο τμήμα. Οι μικρότερες παρουσιάζονται στο μύχο του κόλπου λόγω του ποταμού Μορώνη. Η επίδραση του ποταμού στην αλατότητα του κόλπου είναι μικρή. Τέλος, χαμηλή σχετικά αλατότητα προσδιορίστηκε ανοικτά από τις Καλύβες τη χειμερινή περίοδο πιθανά λόγω της μεγάλης ροής τοπικών χειμάρρων.

Όσον αφορά τα βαρέα μέταλλα:

- Οι συγκεντρώσεις του χαλκού παρουσιάζονται αυξημένες στη δυτική πλευρά του κόλπου, κοντά στο μυχό όπου εκβάλει ο ποταμός Μορώνη.
- Οι συγκεντρώσεις του μολύβδου παρουσιάζονται αυξημένες στις εκβολές του ποταμού Μορώνη, δεικνύοντας τη δράση του ποταμού να τροφοδοτεί τον κόλπο με πλούσια σε μόλυβδο σωματίδια.
- Οι συγκεντρώσεις του καδμίου εμφανίζονται αυξημένες κατά την καλοκαιρινή περίοδο. Το ανατολικό και δυτικό τμήμα του κόλπου παρουσιάζουν μεγαλύτερες συγκεντρώσεις καδμίου, ενώ το κεντρικό τμήμα παρουσιάζει τις μικρότερες συγκεντρώσεις σε κάδμιο.

- Οι συγκεντρώσεις του νικελίου παρατηρούνται να είναι αυξημένες στο νότιο τμήμα του κόλπου περισσότερο από το βόρειο. Επιπλέον, το εσωτερικό τμήμα του κόλπου παρουσιάζει τη μεγαλύτερη συσσώρευση φορτίου.
- Στο κεντρικό τμήμα του κόλπου παρουσιάζεται μεγαλύτερη συσσώρευση οργανικού άνθρακα σε αυτό, λόγω των αυξημένων περιβαλλοντικών πιέσεων και της κυκλοφορίας.

Όσον αφορά τα θρεπτικά συστατικά :

- Ο ποταμός Μορώνης μεταφέρει μεγάλες ποσότητες νιτρικών αλάτων και λειτουργεί ως σημειακή πηγή ρύπανσης για τον υπόλοιπο Κόλπο. Ως προς το άζωτο ο κόλπος είναι περισσότερο επιβαρυνμένος στο μυχό του αλλά και στο νότιο τμήμα του. Κυρίαρχη μορφή του αζώτου είναι η οργανική.
- Επιπλέον, οι εγκαταστάσεις των λιμένων αλλά και της ιχθυοκαλλιέργειας στο νότιο τμήμα του κόλπου προσθέτουν σημαντικές ποσότητες θρεπτικών συστατικών.
- Οι συγκεντρώσεις του φωσφόρου προσδιορίζονται υψηλότερες στο εσωτερικό του κόλπου κοντά στο μυχό αλλά και στο ανατολικό τμήμα, γεγονός που υποδεικνύει εισροές από τον ποταμό Μορώνη καθώς και λόγω του βιολογικού καθαρισμού που τοποθετείται στην περιοχή του Ακρωτηρίου αλλά και των αγροχημικών δραστηριοτήτων. Οι υψηλές συγκεντρώσεις που παρατηρούνται στο νότιο και εξωτερικό τμήμα του κόλπου πιθανά οφείλονται σε εισροές από το ποτάμι στην περιοχή Καλύβες αλλά και τη χρήση λιπασμάτων στις καλλιέργειες που βρίσκονται πλησίον της ακτής. Ο φώσφορος είναι περιοριστικός παράγοντας για την ανάπτυξη του φυτοπλαγκτού στον κόλπο.
- Συγκρίνοντας τα εύρη συγκεντρώσεων του κόλπου της Σούδας με εκείνα από άλλους ελληνικούς κόλπους που δέχονται έντονες περιβαλλοντικές πιέσεις (π.χ. Σαρωνικός κόλπος) παρατηρείται ότι οι συγκεντρώσεις είναι μικρότερες ενώ είναι υψηλότερες σε σχέση με άλλες περιοχές της Κρήτης που δέχονται μικρότερη ανθρωπογενή δραστηριότητα (π.χ. Κόλπος Χανίων, Κόλπος Ηρακλείου).

5.7 Πηγές ρύπανσης

Η περιοχή της Σούδας δέχεται σημαντικές περιβαλλοντικές πιέσεις από ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Με βάση την πηγή προέλευσης τους, κατατάσσονται στις παρακάτω κατηγορίες:

• Αστικά λύματα.

Τα αστικά λύματα από την πόλη της Σούδας καθώς και από το Ναύσταθμο, τον Εμπορικό Επιβατικό Λιμένα και την Ιχθυόσκαλα οδηγούνται μέσω αγωγών στο βιολογικό καθαρισμό των Χανίων. Το δίκτυο αγωγών από την πόλη της Σούδας καλύπτει το 80% της πόλης, ενώ στα επόμενα χρόνια προβλέπεται να καλυφθεί ολόκληρη η πόλη. Επιπλέον, στο βόρειο άκρο του όρμου, κοντά στην περιοχή Μαράθι λειτουργεί βιολογικός καθαρισμός ο οποίος καλύπτει αποκλειστικά πλοία που αγκυροβολούν εκεί. Επιπροσθέτως στην περιοχή της Σούδας λειτουργούν εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών λυμάτων στη μονάδα του Ψυχιατρείου, δυναμικότητας περίπου 500 ατόμων και στην Ακαδημία Εμπορικού Ναυτικού, δυναμικότητας περίπου 1000 ατόμων. Τα επεξεργασμένα απόβλητα χρησιμοποιούνται ως επί των πλείστον για τις ποτιστικές ανάγκες των εκτάσεων που τους ανήκουν. Όσον αφορά τα αστικά υγρά απόβλητα από τις στρατιωτικές δραστηριότητες, αυτά επεξεργάζονται σε μία μονάδα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων στην αμερικάνικη βάση, η οποία δεν έχει αδειοδοτηθεί από την νομαρχία και η οποία διοχετεύει τα επεξεργασμένα απόβλητα στον θαλάσσιο χώρο του κόλπου της Σούδας. Επιπροσθέτως τα υγρά απόβλητα τουριστικών μονάδων που δεν διαθέτουν βιολογικό καθαρισμό ρυπαίνουν κυρίως τους υδάτινους αποδέκτες (επιφανειακά θαλάσσια και γλυκά νερά καθώς και υπόγεια νερά) λόγω της ανεξέλεγκτης διάθεσής τους σε αυτούς. Η αυξανόμενη τάση του πληθυσμού της περιοχής σε συνδυασμό με την εποχιακή αύξηση της κίνησης στην περιοχή λόγω του έντονου τουριστικού χαρακτήρα του νομού, αποτελούν άλλο ένα βασικό παράγοντα πίεσης στο περιβάλλον. Άλλος ένας παράγοντας πίεσης στο περιβάλλον από αστικά απόβλητα αποτελεί η οικιστική ανάπτυξη η οποία είναι εντονότερη στις παραλιακές περιοχές κυρίως ως απόρροια των τουριστικών δραστηριοτήτων.

- **Αγροχημικές επιβαρύνσεις.**

Μέσα στη ευρύτερη λεκάνη απορροής του όρμου της Σούδας, οι καλλιέργειες στο νότιο και βόρειο τμήμα του αποτελούνται κυρίως από ελαιώνες σε ποσοστό μεγαλύτερο του 90%. Στα δυτικά του όρμου (περιοχή Ακρωτήρι) οι καλλιέργειες είναι κυρίως κηπευτικά προϊόντα. Λιπάσματα και φυτοφάρμακα που χρησιμοποιούνται καταλήγουν μέσω υπόγειων υδάτων στο θαλάσσιο περιβάλλον.

- **Βιομηχανικά απόβλητα.**

Βιομηχανική δραστηριότητα δεν υπάρχει έντονη στην περιοχή. Η μόνη βιομηχανική μονάδα της περιοχής είναι οι Κυλινδρόμυλοι Κρήτης, οι οποίοι δεν επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό τους ρύπους το θαλάσσιο περιβάλλον της Σούδας. Παρόλα αυτά οι βιοτεχνικές και αποθηκευτικές δραστηριότητες που εντοπίζονται κυρίως στην περιοχή του Βιοτεχνικού Πάρκου Χανίων κοντά στη θέση «Τσικαλαριά» συμβάλλουν στις συνολικές πιέσεις που δέχεται το περιβάλλον από τις ανθρώπινες δραστηριότητες.

Επιβατηγό-Εμπορικό λιμάνι (στο οποίο πραγματοποιείται διέλευση επιβατικών και φορτηγών πλοίων).

Από το επιβατηγό/εμπορικό λιμάνι προστίθενται ρύποι στο θαλάσσιο περιβάλλον λόγω των καυσίμων, των στερεών υλικών, των διαφόρων υπολειμμάτων, κ.λ.π. Όπως έχει ήδη αναφερθεί το λιμάνι της Σούδας παρουσιάζει μια μεγάλη αύξηση στον αριθμό των πλοίων που δέχεται τα τελευταία χρόνια και αυτό οφείλεται στη μεγάλη τουριστική προβολή του Ν.Χανίων.



Εικ. 5.11 Ελλιμενισμένα πλοία στο λιμένα Σούδας

) Ναυτικές βάσεις του Ελληνικού πολεμικού ναυτικού και του Ν.Α.Τ.Ο.

Ο κόλπος της Σούδας επιβαρύνεται με διάφορους ρύπους λόγω των ναυτικών εγκαταστάσεων, ιδιαίτερα όμως από τις διελεύσεις πλοίων. Επιπλέον, οι εργασίες που πραγματοποιούνται στις πλωτές και χερσαίες δεξαμενές αποτελούν περιβαλλοντική επιβάρυνση για τον κόλπο ενώ οι τυχόν διαρροές τους αποτελούν αναμφίβολα επιβάρυνση του θαλάσσιου περιβάλλοντος.



Εικ. 5.12 Ελλιμενισμένα πλοία στις ναυτικές λιμενικές εγκαταστάσεις

) Εργοστάσιο ΔΕΗ στην περιοχή των Μουρνιών

Στη θέση Ξυλοκαμάρα του Δήμου Ελευθερίου Βενιζέλου υπάρχουν οι εγκαταστάσεις του ατμοηλεκτρικού σταθμού Σούδας (ΑΗΣ) οι οποίες απέχουν 3,5 χιλιόμετρα από το κέντρο της πόλης καθώς και από το λιμάνι της Σούδας αντίστοιχα. Το κύριο καύσιμο που χρησιμοποιείται είναι πετρέλαιο κίνησης diesel και η ετήσια κατανάλωση ανέρχεται σε 250.000 τόνους. Το πετρέλαιο εκφορτώνεται από δεξαμενόπλοια στο λιμένα της Σούδας και διαμέσου ειδικά κατασκευασμένου υπόγειου αγωγού οδηγείται στις δεξαμενές αποθήκευσης του σταθμού που βρίσκονται στις εγκαταστάσεις του (3,5 χιλιόμετρα μακριά από τη θάλασσα). Υπάρχουν 3 δεξαμενές καυσίμων χωρητικότητας 10.000 m^3 η κάθε μια για την αποθήκευση των καυσίμων. Σε ενδεχόμενη περίπτωση διαρροής πετρελαίου στο περιβάλλον από τυχόν αστοχία υλικού ή υπερχειλίση από τις δεξαμενές καυσίμων υπάρχει βάνα φραγής πετρελαίου. Επιπροσθέτως όταν στο δίκτυο όμβριων υδάτων διαπιστωθεί ότι υπάρχει πετρέλαιο, τα επιμολυσμένα όμβρια ύδατα οδηγούνται στο σύστημα κατεργασίας υγρών βιομηχανικών αποβλήτων. Η εκφόρτωση

καυσίμων από το δεξαμενόπλοιο γίνεται μια φορά την εβδομάδα κατά τους χειμερινούς μήνες και 3 φορές την εβδομάδα κατά τους χειμερινούς μήνες. Καθ' όλη τη διάρκεια παραμονής του δεξαμενοπλοίου στο λιμένα υπάρχει ρυμουλκό επιφυλακής σε περίπτωση ατυχήματος. Η ωφέλιμη χωρητικότητα των δεξαμενοπλοίων είναι 1.000.000-3.500.000 lt. Το εργοστάσιο της ΔΕΗ απορρίπτει τα νερά ψύξης του στον ποταμό Μορώνη που εκβάλει στον μυχό του κόλπου με αποτέλεσμα τη ρύπανση του θαλάσσιου περιβάλλοντος στον κόλπο Σούδας.

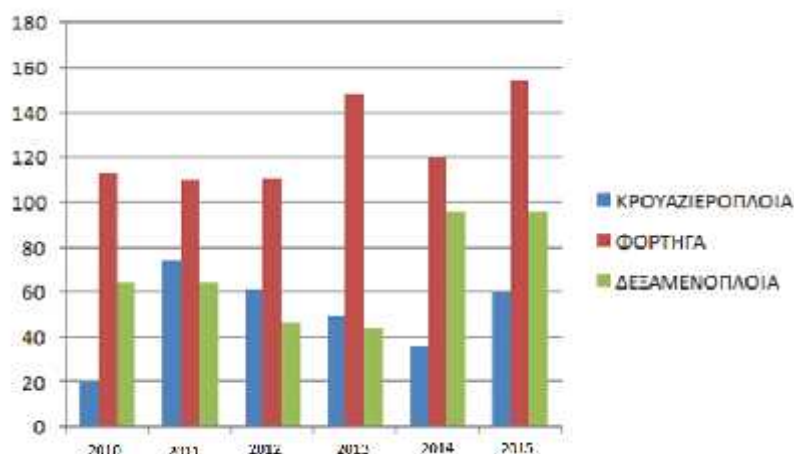
5.8 Στατιστικά στοιχεία κίνησης λιμένα Σούδας

Παρακάτω παρατίθενται στατιστικά στοιχεία αφιξο-αναχωρήσεων πλοίων για το λιμένα Σούδας.

| ΕΤΟΣ | ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΟΠΛΟΙΑ | ΦΟΡΤΗΓΑ | ΔΕΞΑΜΕΝΟΠΛΟΙΑ |
|------|-----------------|---------|---------------|
| 2010 | 20 | 113 | 64 |
| 2011 | 74 | 110 | 64 |
| 2012 | 61 | 111 | 46 |
| 2013 | 49 | 148 | 44 |
| 2014 | 36 | 120 | 96 |
| 2015 | 60 | 154 | 96 |

Πίνακας 5.12 Στατιστικά στοιχεία (Πηγή: Κεντρικό Λιμεναρχείο Χανίων, Οκτώβριος 2016)

Παρατηρείται μια μεγάλη αύξηση τόσο του αριθμού των κρουαζιερόπλοιων, όσο και του αριθμού των φορτηγών και των δεξαμενοπλοίων χρόνο με το χρόνο.



Πίνακας 5.13 Γραφική απεικόνιση στατιστικών στοιχείων

5.9 Προστατευόμενες περιοχές

Ανατολικά του λιμένα Σούδας υπάρχουν δύο περιοχές οι οποίες έχουν χαρακτηριστεί ως προστατευόμενες περιοχές και συμπεριλαμβάνονται στις περιοχές του δικτύου NATURA 2000. Οι ονομασίες καθώς και τα γεωγραφικά τους χαρακτηριστικά φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

| | | |
|----------------------------------|---|------------------------------------|
| Ονομασία περιοχής NATURA 2000 | Δράπανο-Παραλία Γεωργιούπολης-Λίμνη Κουρνά | Λίμνη Κουρνά και Εκβολή Αλμυρού |
| Γεωγραφική θέση | Φ 35° 28 Β Λ 024° 14 Α | Φ 35° 21 Β Λ 024° 16 Α |
| Έκταση | 4.511,13 στρ | 199,7 στρ |



Εικ. 5.13 Χάρτης που απεικονίζει της προστατευόμενες περιοχές

5.10 Προστατευόμενα είδη

Όσον αφορά στα προστατευόμενα είδη θαλασσίων ζώων στον κόλπο Σούδας, υπάρχουν εννέα προστατευόμενα είδη. Από αυτά, 5 είναι Μαλάκια (*Lithophaga lithophaga*, *Tonna galea*, *Erosaria spurca*, *Pinna nobilis*, *Charonia tritonis*), 3 Οστεϊχθύες (*Xyrichtys novacula*, *Sparisoma cretense*, *Hippocampus guttulatus*) και ένα Εχινόδερμο (*Ophidiaster ophidianus*). Τα είδη αυτά βρίσκονται υπό νομικό καθεστώς αυστηρής προστασίας. Επί πλέον, το εκβολικό σύστημα του ποταμού Μορώνη φιλοξενεί τουλάχιστον 12 είδη πουλιών μεταξύ των οποίων και απειλούμενων (π.χ. αργυροτσικνιάς). Από τα καταγεγραμμένα 12 είδη πουλιών, τα 6 προστατεύονται από την κείμενη νομοθεσία. Επίσης, στον βιότοπο του ποταμού Μορώνη συναντώνται όλα τα είδη των αμφιβίων της Κρήτης και τα περισσότερα από τα είδη των ερπετών της Κρήτης, όπως τα προστατευόμενα είδη *Lacerta trilineata* και *Hyla arborea kretensis*.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

6.1 Τρόποι καταπολέμησης πετρελαιοκηλίδας

Η προστασία των απειλούμενων ακτών είναι μέγιστης σημασίας σε περιπτώσεις ρύπανσης από πετρέλαιο. Σημαντικός παράγοντας για την εξάπλωση της πετρελαιοκηλίδας καθώς των τυχόν επιπτώσεων της αποτελεί ο χρόνος αντίδρασης. Κύριο μέλημα είναι η καταπολέμηση του κύριου μέρους της ρύπανσης στην ανοικτή θάλασσα καθώς και η παρεμπόδιση της εξάπλωσης της πετρελαιοκηλίδας.

Η στρατηγική που θα ακολουθηθεί για την αντιμετώπιση της πετρελαιοκηλίδας εξαρτάται από τους παρακάτω παράγοντες

- Μετεωρολογικές συνθήκες
- Φύση των ζωνών που απειλούνται
- Διαθεσιμότητα και αποδοτικότητα των μέσων
- Επιχειρησιακοί περιορισμοί που επιβάλλονται από τις περιβαλλοντικές συνθήκες.
- Γεωγραφική ιδιομορφία της περιοχής

Μέχρι σήμερα υπάρχουν δύο πιθανοί τρόποι εφαρμογής για την καταπολέμηση μιας πετρελαιοκηλίδας:

6.2 Μέσα αντιρύπανσης-Τρόποι εφαρμογής

Παρακάτω αναλύονται τα μέσα αντιρύπανσης που χρησιμοποιούνται για την καταπολέμηση μιας πετρελαιοκηλίδας καθώς και οι τυχόν περιορισμοί στις χρήσεις τους.

α) Πετρελαιοσυλλέκτες

Οι πετρελαιοσυλλέκτες είναι κάθε μηχανική συσκευή που έχει ειδικά κατασκευαστεί για να συλλέγει το πετρέλαιο (ή το μίγμα νερού/πετρελαίου) από την επιφάνεια της θάλασσας, χωρίς να αλλάξουν τα φυσικά ή και τα χημικά χαρακτηριστικά του.

Κατά τη διαδικασία αυτή γίνεται περισυλλογή της πετρελαιοκηλίδας. Υφίστανται όμως κάποιοι περιοριστικοί παράγοντες καθώς η διαδικασία αυτή μπορεί να γίνει μόνο υπό ορισμένες καιρικές συνθήκες, όπως π.χ. όχι πολύ ταραγμένη θάλασσα, ορισμένο πάχος κηλίδας (0,2mm) , το πετρέλαιο να μην έχει πολύ μεγάλο ιξώδες, να μην έχει παραμείνει εκτεθειμένο στις καιρικές συνθήκες για μεγάλο χρονικό διάστημα. Η μέθοδος αυτή απαιτεί υποστήριξη με μεταφορικά μέσα ανάλογα με το μέγεθος της ρύπανσης και την απόσταση από την ακτή.

β) Φράγματα

Επίσης, ένα άλλο μέσο που χρησιμοποιείται για την προφύλαξη των περιοχών αλλά και την περισυλλογή μιας πετρελαιοκηλίδας είναι η χρησιμοποίηση φραγμάτων για τον εγκλωβισμό ή την εκτροπή πετρελαιοειδών σε λιμάνια, προασπισμένους κόλπους ή κατά μήκος της ακτογραμμής.

Στην περίπτωση που το πετρέλαιο διαρρεύσει στην επιφάνεια της θάλασσας θα κινηθεί. Η βαρύτητα θα προκαλέσει το διασκορπισμό του και τα ρεύματα και οι άνεμοι την μετατόπισή του. Τα ανωτέρω φαινόμενα διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην καταπολέμηση της ρύπανσης και στον έλεγχο της πετρελαιοκηλίδας.



Εικ 6.1 Τοποθέτηση φράγματος

Σε πολλές περιπτώσεις χρησιμοποιούνται αυτοσχέδια φράγματα (π.χ. κούτσουρα, ξύλινοι δοκοί, πάσσαλοι, φράγματα από χώμα ή άμμο κλπ) τα οποία είναι δυνατόν να βοηθήσουν στην καταπολέμηση της ρύπανσης ωστόσο μόνο τα πλωτά φράγματα που έχουν κατασκευαστεί για το σκοπό αυτό (συνήθως καλούνται πλωτά φράγματα ή μόνο φράγματα) είναι κατάλληλα να επιφέρουν ένα σχετικά

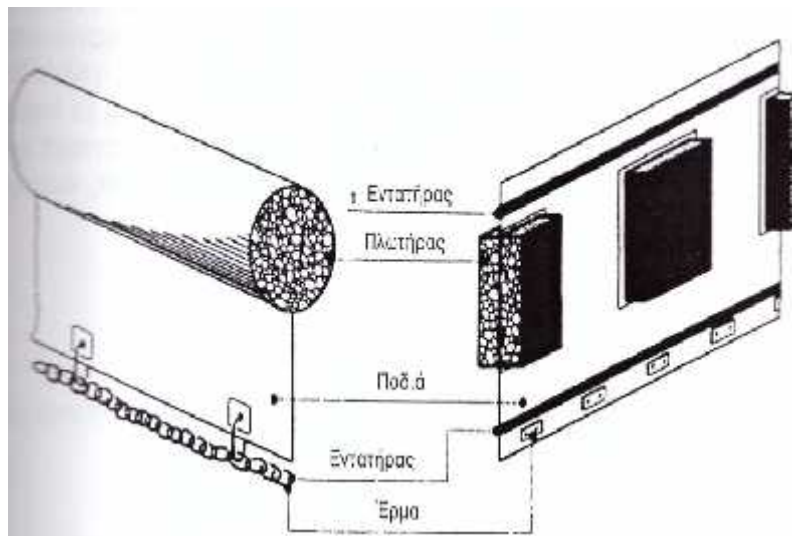
ικανοποιητικό βαθμό ελέγχου στην κίνηση της πετρελαιοκηλίδας. Τα φράγματα έχουν κατασκευαστεί για τον έλεγχο της κίνησης του πετρελαίου στην επιφάνεια της θάλασσας. (Ghaly & Dave, 2011)

Οι κυριότεροι αντικειμενικοί σκοποί για τους οποίους χρησιμοποιούνται τα φράγματα είναι:

- Η συγκέντρωση πετρελαίου για να διευκολυνθεί η περισυλλογή του
- η προστασία ορισμένων περιοχών της ακτής από πετρέλαιο που διέρρευσε

Τα φράγματα από μόνα τους δεν μπορούν να καταπολεμήσουν την ρύπανση αφού δεν είναι μέσο περισυλλογής. Όμως μπορούν σε συνδυασμό με τη χρήση μέσων περισυλλογής να συνεισφέρουν στην καταπολέμηση της ρύπανσης.

Παρακάτω θα δούμε μερικά από τα βασικά χαρακτηριστικά στοιχεία φράγματος (ITOPF,2015)



Εικ 6.2 Χαρακτηριστικά μέρη φράγματος

-**Το μέρος που επιπλέει** (πλωτήρας), εξασφαλίζει την πλευστότητα του όλου συστήματος (φράγματος), αλλά συχνά λειτουργεί σαν πρόσθετο μέσο για να μειωθεί η διαρροή πάνω από το φράγμα.

-**Ποδιά**, ενεργεί σαν φράγμα για να εμποδίσει την εξάπλωση του πετρελαίου κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας. Το ύψος της επηρεάζει **την απόδοση** του

φράγματος και σε μεγάλο βαθμό το συνολικό φορτίο που ασκείται σε όλο το σύστημα.

-**Έρμα**, το οποίο προσαρμόζεται στο κάτω μέρος της ποδιάς και τείνει να κρατά το φράγμα κάθετο προς την επιφάνεια της θάλασσας. Στις περισσότερες περιπτώσεις το έρμα είναι αλυσίδα ή από ειδικά κατασκευασμένα μεταλλικά βάρη.

-**Οι διαμήκεις εντατήρες**, παρέχουν επαρκή εφελκυστική αντοχή στο σύστημα και φέρουν το μέγιστο του φορτίου που δημιουργείται από ανέμους, κύματα και ρεύματα.

Ο τρόπος κατά τον οποίο θα χρησιμοποιηθεί ένα φράγμα και (σε ορισμένες περιπτώσεις) ο τύπος φράγματος που θα επιλεγεί εξαρτάται από αρκετούς παράγοντες όπως:

- θέση και μέγεθος πετρελαιοκηλίδας
- κίνηση της πετρελαιοκηλίδας
- μετεωρολογικές συνθήκες
- μορφολογία ξηράς και σχήμα υδάτινης μάζας
- προτεραιότητες όσον αφορά την προστασία

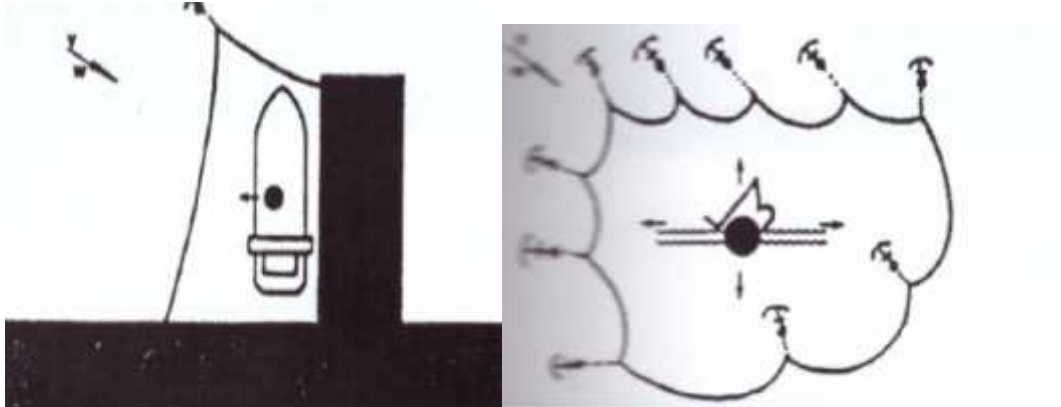
Τα φράγματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για εγκλωβισμό, απόκλιση, προστασία και περισυλλογή. Οι διαδικασίες αυτές αναλύονται περιληπτικά παρακάτω.

Εγκλωβισμός

Μία από της χρήσης των φραγμάτων είναι ο εγκλωβισμός της ρυπαντικής ουσίας κοντά στην πηγή ώστε να περιοριστούν οι επιπτώσεις από τη διαρροή. Ωστόσο πρέπει άμεσα να απομακρύνουμε το πετρέλαιο από την περιοχή που εγκλωβίστηκε καθότι το φράγμα είναι σε θέση να εμποδίσει την κίνηση και τη διαφυγή του πετρελαίου από την περιοχή την οποία εγκλωβίστηκε μόνο για ένα περιορισμένο χρονικό διάστημα. Η χρησιμοποίηση της μεθόδου του εγκλωβισμού βοηθά:

-Τον περιορισμό του πετρελαίου που διέρρευσε κοντά στην πηγή διαρροής

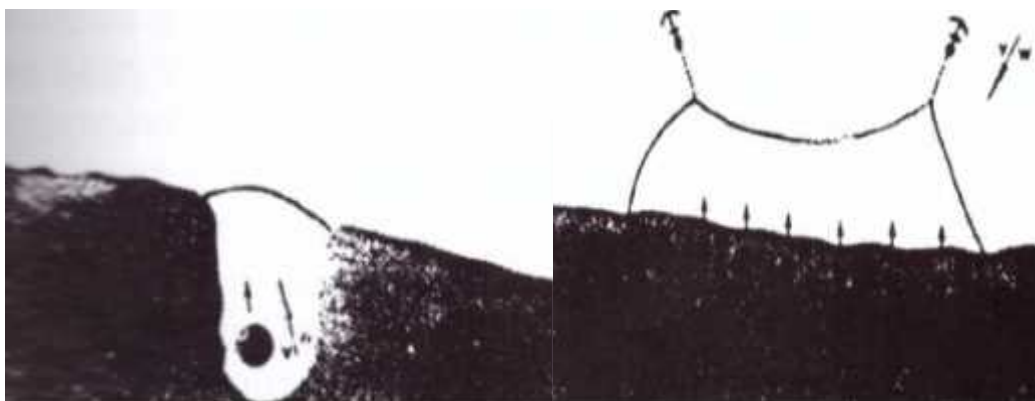
Στα παρακάτω σχήματα εξετάζετε πως ένα φράγμα εμποδίζει την εξάπλωση του πετρελαίου σε δύο διαφορετικές περιπτώσεις. Στην πρώτη περίπτωση εξετάζεται η διαρροή από ένα ελλιμενισμένο πλοίο και στη δεύτερη όταν βρίσκεται εν πλώ. Και στις δύο περιπτώσεις η χρήση των φραγμάτων εμποδίζει την εξάπλωση της πετρελαιοκηλίδας.



Εικ 6.3 Διαδικασία εγκλωβισμού πετρελαιοκηλίδας με τη χρήση φράγματος

-Την παρεμπόδιση της εκ νέου προσβολής της ακτής από πετρέλαιο το οποίο έχει εγκλωβιστεί σε παραλίες και σε μικρούς κόλπους

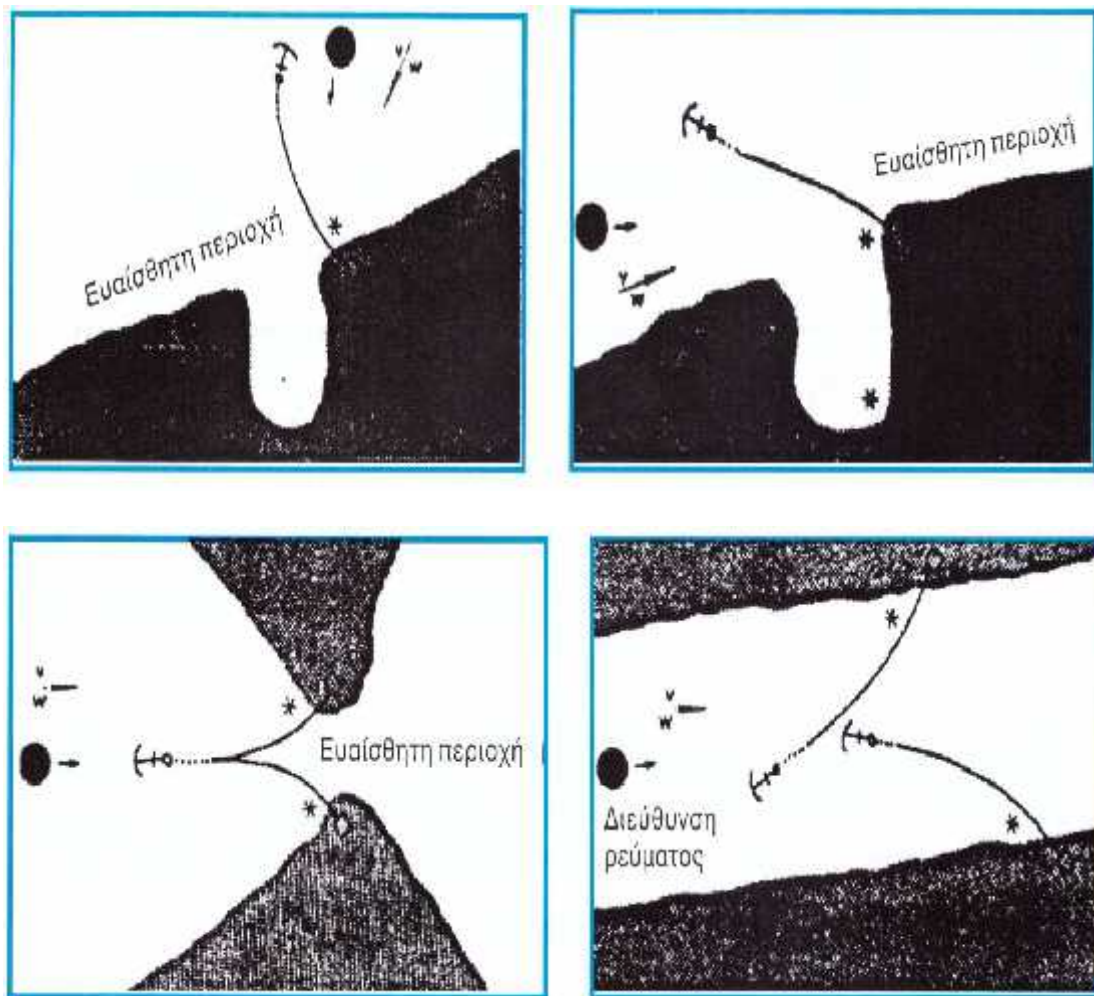
Στις περιπτώσεις αυτές παρατηρείται ότι με τη χρήση των φραγμάτων εμποδίζεται η εξάπλωση του πετρελαίου από κόλπους ή παραλίες παρέχοντας έτσι τη δυνατότητα να μην επηρεαστούν και άλλες ακτές πλησίον σ' αυτές.



Εικ 6.4 Διαδικασία εγκλωβισμού πετρελαιοκηλίδας με τη χρήση φράγματος

Εκτροπή

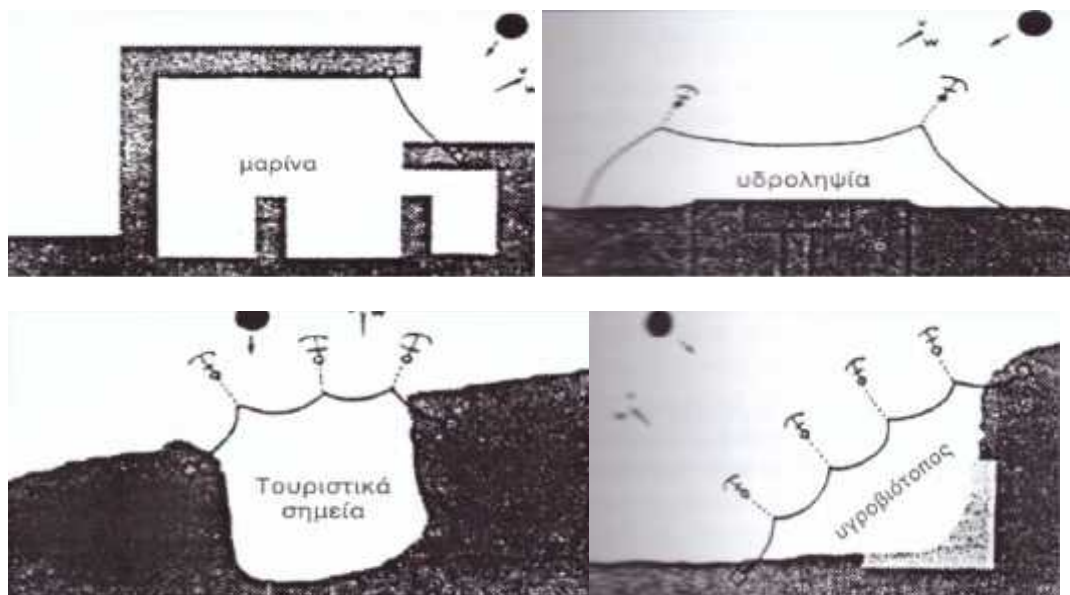
Η μέθοδος αυτή, που καλείται επίσης και «απόκλιση» εφαρμόζεται όταν πρέπει να γίνει εκτροπή της εξάπλωσης του πετρελαίου από μία ευαίσθητη περιοχή (κόλπος, είσοδος λιμανιού, μαρίνα κλπ) προς μια λιγότερο ευαίσθητη και πλέον κατάλληλη περιοχή (ρεύματα, μορφολογία ξηράς) για περισυλλογή (απομάκρυνση, ανάκτηση) του πετρελαίου.



Εικ 6.5 Διαδικασία εκτροπής πετρελαιοκηλίδας με τη χρήση φράγματος

Προστασία

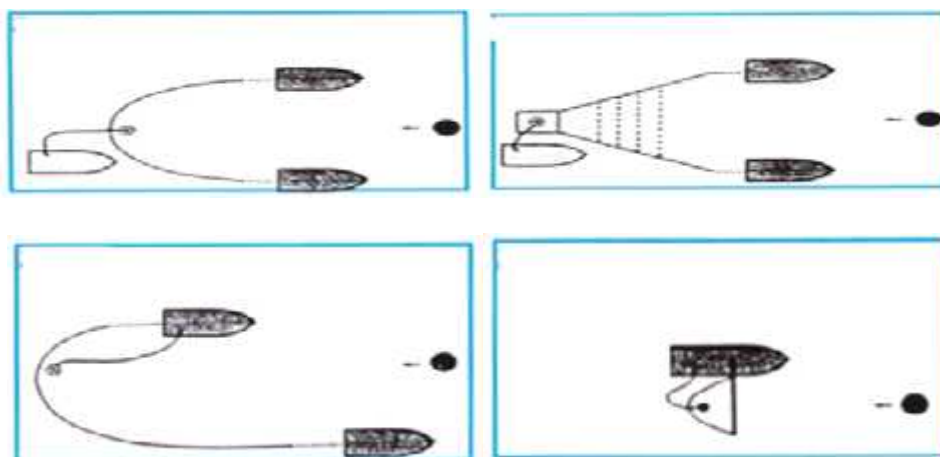
Όταν μια ιδιαίτερα ευαίσθητη περιοχή (περιβαλλοντικά, οικονομικά, τεχνολογικά) πρέπει να προστατευθεί από το πετρέλαιο, τότε εφαρμόζεται προστατευτική περίφραξη. Και σ' αυτήν την περίπτωση είναι αναγκαίο να συνδυαστεί η περίφραξη με την ανάκτηση του πετρελαίου προκειμένου να προστατευτεί αποτελεσματικά η περιοχή.



Εικ 6.6 Διαδικασία προστασίας ευαίσθητων περιοχών από πετρελαιοκηλίδα

Περισυλλογή

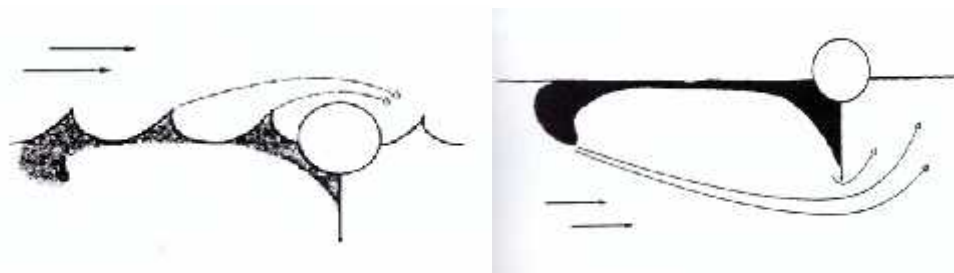
Άλλη μια χρήση των φραγμάτων είναι για την βοήθεια στην περισυλλογή της πετρελαιοκηλίδας που επιπλέει στην επιφάνεια της θάλασσας. Η μέθοδος αυτή απαιτεί τη χρήση δύο ή και περισσότερων σκαφών.



Εικ 6.7 Διαδικασία περισυλλογής πετρελαιοκηλίδας με τη χρήση φράγματος

Περιορισμοί στη χρήση φραγμάτων

Η απόδοση ενός φράγματος επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από ανέμους, κύματα και ρεύματα. Σε πολλές περιπτώσεις με δυσμενείς καιρικές συνθήκες το πετρέλαιο δεν συγκρατείται από τα φράγματα. Συνήθως οι άνεμοι και τα κύματα προκαλούν τη διαφυγή πετρελαίου πάνω από το φράγμα, ενώ τα ρεύματα προκαλούν τη διαφυγή του κάτω απ' αυτό.



Εικ 6.8 Διαδικασίες διαφυγής πετρελαιοκηλίδας από φράγμα

γ.) Διασκορπίστηκες Ουσίες

Οι διασκορπιστικές ουσίες είναι μίγματα στα οποία περιλαμβάνονται επιφανειακά ενεργές ουσίες οι οποίες μειώνουν την επιφανειακή τάση μεταξύ νερού και πετρελαίου. Η δράση τους καθιστά δυνατή τη διάσπαση μιας πετρελαιοκηλίδας σε πολύ μικρά σταγονίδια που διασκορπίζονται γρήγορα στην υδάτινη στήλη λόγω της φυσικής κίνησης του νερού. Εμποδίζουν την επανένωση των σταγονιδίων και αυτό βοηθά στον καθορισμό του πετρελαίου από την επιφάνεια του νερού με αποτέλεσμα να μειώνει τις πιθανότητες η κηλίδα να φθάσει στην ακτή. (Charman, Purnell, Law, & Kirby, 2007)

Η χρησιμοποίησή τους είναι ευκολότερη, απαιτείται λιγότερος εξοπλισμός και είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί για κατάσταση θαλάσσης μέχρι 4 Beaufort. Στην περίπτωση χρήσης χημικών διασκορπιστικών ουσιών θα πρέπει να ληφθούν πολλοί παράγοντες υπόψη όπως η περιοχή του ατυχήματος και ο χρόνος διαρροής του πετρελαίου στη θάλασσα. (IPIECA, 2015)

Στη δεκαετία του 1960 έγινε η πρώτη χρήση χημικών διασκορπιστικών ουσιών. Όμως λόγω της μεγάλης τοξικότητάς τους, προκάλεσαν βλαβερές επιπτώσεις στο θαλάσσιο οικοσύστημα. Οι αρνητικές αυτές συνέπειες οδήγησαν στη θέσπιση

νομικού πλαισίου σύμφωνα με το οποίο αποκλείονταν η χρήση των χημικών διασκορπιστικών ουσιών σε ευαίσθητες περιοχές. Σήμερα οι χημικές διασκορπιστικές ουσίες δεν είναι τόσο τοξικές.

Υπάρχουν κάποιες προϋποθέσεις για τη χρήση τους όπως:

1. Η εφαρμογή τους θα πρέπει να γίνει σε σύντομο χρονικό διάστημα από τη στιγμή διαρροής πετρελαίου στη θάλασσα καθώς η δραστηριότητα τους μειώνεται σε σχέση με το χρόνο παραμονής του πετρελαίου στη θάλασσα.
2. Σε χαμηλές θερμοκρασίες κάτω από 50 °C καθώς και για παχύρευστα κλάσματα πετρελαίου με ιξώδες μεγαλύτερο από 2000 cSt καθίστανται η χρήση τους αδρανή.
3. η τοξικότητα του μίγματος πετρελαίου-διασκορπιστικών ουσιών πρέπει να είναι μικρότερη από την τοξικότητα του πετρελαίου στους θαλάσσιους οργανισμούς.

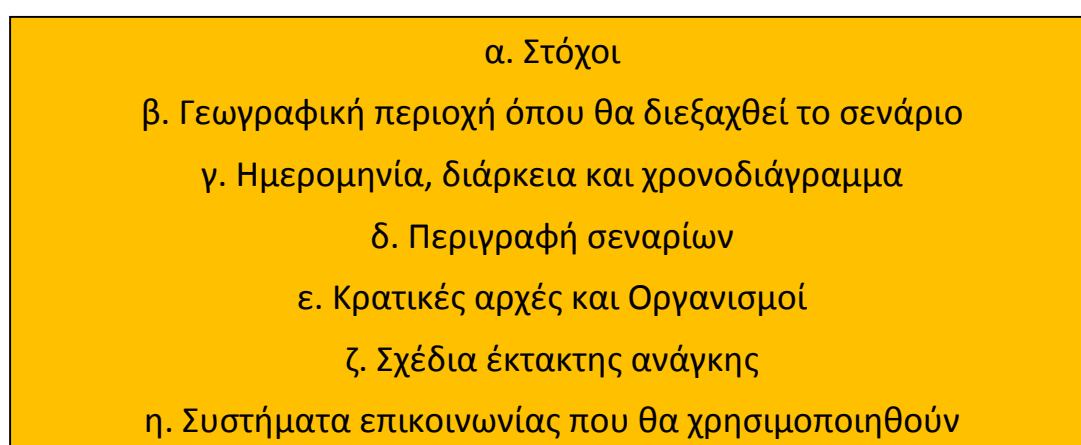
Η χρήση τους συστήνεται στην ανοικτή θάλασσα, αντιθέτως δε θεωρείται κατάλληλη σε παράκτιες περιοχές καθώς η τοξικότητα τους τα καθιστά επικίνδυνα για πολλούς θαλάσσιους οργανισμούς. Η χρήση τους παραμένει ένα αμφιλεγόμενο ζήτημα για πολλές χώρες παρόλο που η μέθοδος αυτή είναι αποτελεσματική σε πολλές περιπτώσεις. Στην Ελλάδα δύναται να χρησιμοποιηθεί εφόσον όμως έχουν εξαντληθεί όλες οι άλλες επιλογές.

Οι διασκορπιστικές ουσίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν από σκάφη, από αεροσκάφη και από φορητές συσκευές εκτόξευσης. Η αποτελεσματικότητα μιας χημικής διασκορπιστικής ουσίας καθορίζεται από τη σύνθεση του πετρελαίου καθώς και από τη μέθοδο και την ποσότητα της ουσίας που χρησιμοποιείται. Η αποτελεσματικότητα μιας χημικής διασκορπιστικής ουσίας επηρεάζεται επίσης από την αλατότητα, τη θερμοκρασία του νερού καθώς και από τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

7.1 Ανάλυση σεναρίων

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει η ανάλυση σεναρίων. Τα σενάρια που θα αναλυθούν περιλαμβάνουν τον τόπο συμβάντων, τις καιρικές συνθήκες (κατεύθυνση, ταχύτητα ανέμου), την ποσότητα πετρελαίου που διέρρευσε καθώς και το χρόνο διαρροής του. Στο παρακάτω σχήμα γίνεται περιληπτικά μια περιγραφή των παραγόντων οι οποίοι είναι απαραίτητοι στη σύνταξη/περιγραφή των σεναρίων.



α. Στόχοι

Τα σενάρια θα μελετηθούν προκειμένου να ελέγξουμε

- i. τις φυσικοχημικές ιδιότητες της πετρελαιοκηλίδας σε σχέση με το χρόνο
- ii. τη μετακίνηση του πλουμίου κάτω υπό συγκεκριμένες καιρικές συνθήκες
- iii. τα μέτρα που απαιτούνται για την προφύλαξη των ακτών
- iv. τα μέσα που θα απαιτηθούν για την αντιμετώπιση της
- v. τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των πετρελαϊκών ρύπων στο θαλάσσιο περιβάλλον

Αντικειμενικός στόχος είναι η θέσπιση και ορθολογική εφαρμογή διαδικασιών αποτελεσματικής επιχειρησιακής ετοιμότητας και ενεργοποίησης όλων των εμπλεκόμενων φορέων (φορέας διαχείρισης λιμένος, οικεία Λιμενική Αρχή, ευρύτερος δημόσιος και ιδιωτικός τομέας), προκειμένου να αντιμετωπίζονται τα περιστατικά ρύπανσης της θάλασσας ώστε να διασφαλίζεται η ανάληψη των

απαραίτητων ενεργειών για την εξουδετέρωση των δυσμενών επιπτώσεων άμεσα και πιο αποτελεσματικά.

β. Γεωγραφική περιοχή όπου θα διεξαχθεί το σενάριο

Σημαντικό ρόλο για τη μελέτη μιας περιοχής παίζουν τα γενικά χαρακτηριστικά που επικρατούν στην συγκεκριμένη τοποθεσία όπως το βάθος της θάλασσας, τα θαλάσσια ρεύματα καθώς και οι άνεμοι που πνέουν εκείνη την περίοδο. Επιπροσθέτως η γεωγραφική τοποθεσία της κηλίδας έχει επίδραση στις διαδικασίες μεταφοράς του απαραίτητου εξοπλισμού αντιμετώπισης της και των ειδικών συνεργείων που θα επισπεύσουν στον χώρο του συμβάντος. Ειδικότερα, η γεωγραφική θέση μπορεί να καθορίσει το πόσο επιθετική και άμεση θα πρέπει να είναι η επιχείρηση καθαρισμού ιδιαίτερα αν υπάρχει κίνδυνος να προσβληθούν γειτονικές ακτές, γεγονός που θα ήταν άκρως ανεπιθύμητο για οποιαδήποτε τοπική κοινωνία.

Στη συγκεκριμένη διατριβή η περιοχή μελέτης είναι ο κόλπος Σούδας όπου υπάρχουν πολλές λιμενικές εγκαταστάσεις και συγκεντρώνει πολλές δραστηριότητες. Είναι οικονομικό κέντρο και συγκοινωνιακός κόμβος όχι μόνο των θαλασσίων αλλά και των χερσαίων μεταφορών.

γ. Ημερομηνία, διάρκεια και χρονοδιάγραμμα

Προκειμένου να αναλυθούν κάποια σενάρια είναι αναγκαίο να μελετηθεί η μετατόπιση του πλουμίου αλλά και οι φυσικοχημικές ιδιότητες του πετρελαίου ανά τακτά χρονικά διαστήματα.

δ. Περιγραφή σεναρίων

Τα περισσότερα σενάρια εμπίπτουν σε κάποια από τις παρακάτω κατηγορίες :

- σύγκρουση δυο πλοίων ενώ κινούνται,
- εμβολισμός ενός αγκυροβολημένου πλοίου από άλλο που κινείται,
- σύγκρουση ενός πλοίου στην προβλήτα,
- προσάραξη ενός πλοίου στον βυθό,
- βύθιση ενός πλοίου λόγω διαρροής υδάτων
- πυρκαγιά/έκρηξη

Στη συγκεκριμένη εργασία αναπτύσσονται τα ακόλουθα σενάρια

- i. πρόσκρουση κρουαζιερόπλοιου σε βράχια,
- ii. πρόσκρουση δεξαμενόπλοιου σε προβλήτα και
- iii. διαρροή πετρελαίου από παράκτια εγκατάσταση.

ε. Κρατικές αρχές και φορείς που θα συμμετέχουν

Σε ένα περιστατικό θαλάσσιας ρύπανσης η γνώση των καθηκόντων των κρατικών αρχών/φορέων που θα πρέπει να εμπλακούν για την καταπολέμηση της αποτελεί κύριο παράγοντα. Οι Λιμενικές Αρχές είναι αρμόδιες για την αντιμετώπιση περιστατικού πετρελαϊκής ρύπανσης. Ωστόσο, η εκάστοτε Λιμενική Αρχή δεν δύναται να αντιμετωπίσει μόνη της την κατάσταση αλλά οφείλει να διαδραματίσει συντονιστικό ρόλο εφαρμόζοντας το τοπικό σχέδιο καταπολέμησης ρύπανσης με όλους τους εμπλεκόμενους φορείς. Για την περιοχή μελέτης οι κρατικές αρχές/φορείς που θα πρέπει να συμμετέχουν είναι οι ακόλουθες:

- i. Λιμενικό Σώμα
- ii. Τμήμα Πολιτικής Προστασίας
- iii. Πυροσβεστικό Σώμα
- iv. Αστυνομία
- v. Νοσοκομείο
- vi. Εθελοντικές οργανώσεις
- vii. Ιδιωτικές εταιρείες προστασίας θαλάσσιου περιβάλλοντος

ζ. Σχέδια έκτακτης ανάγκης

Οι τέσσερις θεματικές περιοχές που διέπουν την αποτελεσματική κατάρτιση και εφαρμογή ενός σχεδίου έκτακτης ανάγκης για την αντιμετώπιση μιας ρύπανσης είναι:

- i. Πρόληψη

Η πρόληψη αποτελεί σήμερα το πιο αποτελεσματικό στρατηγικό μέσο απόκρισης σε ατύχημα από επικίνδυνες ουσίες. Στόχος είναι η αποτελεσματική προετοιμασία των αρμόδιων φορέων σε ένα ατύχημα, μέσω του σχεδιασμού της πρόληψής του.

Ενδεικτικές δράσεις πρόληψης της ρύπανσης αποτελούν: η κατάλληλη ενημέρωση των πλοίων που προσεγγίζουν τον λιμένα, ο σύγχρονος εξοπλισμός και η υποδομή των εταιρειών που δραστηριοποιούνται εντός του λιμένα, κ.α.

ii. Ετοιμότητα

Ο αρμόδιοι φορείς πρέπει να παρέχουν ανά τακτά χρονικά διαστήματα εξειδικευμένη εκπαίδευση και ενημέρωση στο προσωπικό απόκρισης σε έκτακτη ανάγκη, ώστε να είναι ικανό να ανταποκριθεί με τρόπο επαρκή και αποτελεσματικό σε οποιοδήποτε περιστατικό ρύπανσης της θάλασσας.

iii. Έγκαιρη ανταπόκριση.

Το σχέδιο πρέπει να εξασφαλίζει την αποτελεσματική αντιμετώπιση των περιστατικών έκτακτης ανάγκης, σε αρμονική συνεργασία με όλους τους εμπλεκόμενους φορείς.

iv. Περιορισμός επιπτώσεων

Οι αρμόδιοι φορείς πρέπει να εξασφαλίζουν την ύπαρξη σύγχρονου τεχνολογικού εξοπλισμού για τον περιορισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Παρακάτω θα παραθέσουμε μερικές από τις πληροφορίες που θα πρέπει να έχουν τα σχέδια αντιμετώπισης θαλάσσιας ρύπανσης.

α) Γενικές πληροφορίες για την περιοχή μελέτης, καθώς και περιγραφή των βασικών μορφολογικών, οικονομικών, κοινωνικών και περιβαλλοντικών στοιχείων αυτής.

β) Αναγνώριση όλων των κατηγοριών/σεναρίων των συμβάντων που μπορούν να έχουν επείγοντα χαρακτήρα και ενδέχεται να εξελιχθούν σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης.

γ) Εκτίμηση της ποσοτικής και ποιοτικής επικινδυνότητας για το θαλάσσιο περιβάλλον, για κάθε κατηγορία ατυχήματος και για κάθε ουσία.

δ) Διαμόρφωση της οργανωτικής δομής του σχεδίου και του τρόπου ενεργοποίησής του, καθορισμός ρόλων και καθηκόντων όλου του εμπλεκόμενου προσωπικού και των αρμοδίων αρχών αρχών.

ε) Περιγραφή του εξοπλισμού και του τρόπου καταπολέμησης των περιστατικών ρύπανσης, τρόπος διάθεσης των συλλεχθέντων καταλοίπων και απορριμμάτων.

στ) Καθορισμός και περιγραφή των ασκήσεων ετοιμότητας για το εμπλεκόμενο προσωπικό.

η. Συστήματα επικοινωνίας που θα χρησιμοποιηθούν

Ένας βασικός παράγοντας για την σωστή οργάνωση και λειτουργία όλων των ομάδων που θα συμμετέχουν στην καταπολέμηση της πετρελαιοκηλίδας είναι τα συστήματα επικοινωνίας που θα χρησιμοποιηθούν. Απαραίτητη θεωρείται η χρήση φορητών VHF καθώς και η χρήση κινητών τηλεφώνων.

θ. Διατιθέμενα μέσα

Σαν διατιθέμενα μέσα θεωρούνται:

-Τα μέσα των δημόσιων υπηρεσιών που είναι διαθέσιμα αμέσως ή σε μικρό χρονικό διάστημα.

-Τα ιδιωτικά μέσα που είναι δυνατόν να ναυλωθούν ή να επιταχθούν

-Τα μέσα που διαθέτουν εξειδικευμένες εταιρείες παροχής υπηρεσιών αντιρύπανσης.

7.2 Περιγραφή Σεναρίων

7.2.1 Σενάριο 1- Περιστατικό ρύπανσης από κρουαζιερόπλοιο

Στην τελική επιλογή του κρουαζιερόπλοιου ως «case study» για την παρούσα εργασία δε συνέδραμε μόνο το επίκαιρο θέμα της ρύπανσης του θαλάσσιου ύδατος αλλά και το γεγονός ότι σ' αυτό επιβαίνουν αλλοδαποί τουρίστες, καθένας από τους οποίους συνιστά εν δυνάμει πρεσβευτή του ελληνικού τουρισμού στη χώρα του. Όπως έχουμε προαναφέρει ο αριθμός των κατάπλων των κρουαζιερόπλοιων στο λιμένα Σούδας έχει αυξηθεί τα τελευταία χρόνια και σ' αυτό συνετέλεσε η τουριστική προβολή της Κρήτης καθώς και η πολιτική αστάθεια των γειτονικών μας χωρών.

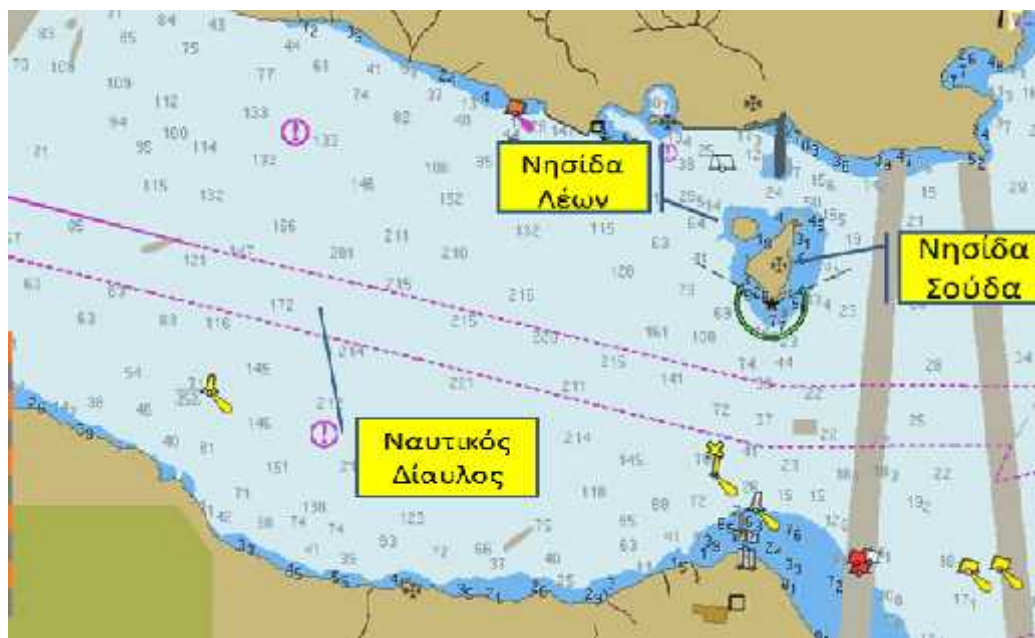


Εικ. 7.1 Φωτογραφία κρουαζιερόπλοιου

Παρακάτω θα αναλύσουμε ένα σενάριο ρύπανσης από ένα κρουαζιερόπλοιο.

Την 06 Απριλίου 2016 το κρουαζιερόπλοιο XXX χωρητικότητας μήκους 180 μέτρα είχε προγραμματισμένο δρομολόγιο από λιμένα Σαντορίνης προς λιμένα Σούδας και επέβαιναν σ' αυτό 500 επιβάτες διαφόρων εθνικοτήτων και 230 άτομα πλήρωμα. Το εν θέματι κρουαζιερόπλοιο απέπλευσε απογευματινές ώρες της 05 Απριλίου από λιμένα Σαντορίνης και αναμενόταν να καταπλεύσει την επόμενη ημέρα πρωινές ώρες (περί ώρα 07:00) στη Σούδα. Την 06 Απριλίου 2016 και περί ώρα 06:00 ενώ βρισκόταν σε απόσταση 4,5 ν.μ από το λιμένα Σούδας ο υποπλοίαρχος του πλοίου υπεύθυνος για την ασφαλή πλοήγηση του πλοίου παρέκλινε της πορείας του λόγω λάθους υπολογισμού και ενώ ήταν να πλέει μέσω του ναυτικού διαύλου που είναι

προκαθορισμένος σε όλους τους ναυτικούς χάρτες προς το λιμένα Σούδας αυτός βγήκε εκτός προγραμματισμένης πορείας με αποτέλεσμα να κινηθεί προς τις νησίδες Σούδα και Λέων με αποτέλεσμα να προσαράξει στη νησίδα Σούδα.



Εικ. 7.2 Απεικόνιση νησίδων Λέων και Σούδας καθώς και ναυτικού διαύλου

Από την προσάραξη αυτή προκλήθηκε ρήγμα στις δεξαμενές καυσίμων του πλοίου με αποτέλεσμα τη διαρροή του πετρελαίου. Στην εν θέματι περιοχή υπάρχουν λιμενικές εγκαταστάσεις για τα νατοϊκά πλοία καθώς πλησίον των νησίδων υπάρχουν και τουριστικές περιοχές με μεγάλο αριθμό τουριστών κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Άμεσα ενημερώθηκε η Λιμενική Αρχή Χανίων για το συμβάν. Από την πρόσκρουση του πλοίου δεν διαπιστώθηκε κίνδυνος για την ασφάλεια του πλοίου ούτε και τραυματισμός κάποιου επιβάτη. Στις δεξαμενές καυσίμων του υπήρχε αρκετά μεγάλη ποσότητα πετρελαίου diesel. Η διαρροή του πετρελαίου ήταν σε σύντομο χρονικό διάστημα (2 ώρες) και το σενάριο που θα εξετάσουμε θα αφορά ποσότητα διαρροής $6,1 \text{ m}^3$ (5 tn) για διαφορετικές εντάσεις ανέμου.

7.2.2 Σενάριο 2-Περιστατικό ρύπανσης από πετρελαιοφόρο

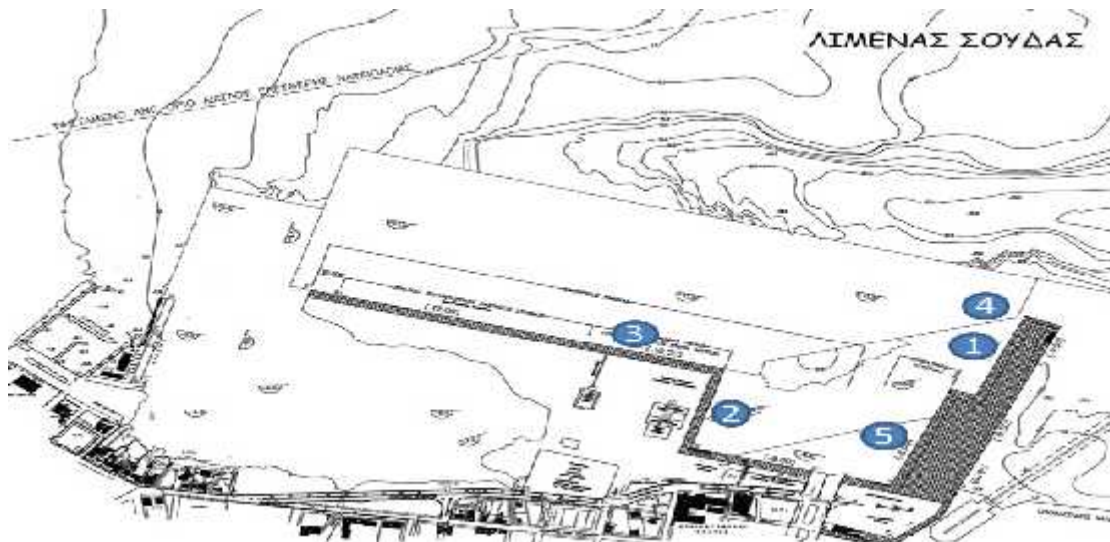
Το δεξαμενόπλοιο ΧΧΧ μήκος 80 μέτρων την περίοδο του ατυχήματος εκτελούσε εβδομαδιαία δρομολόγια μεταξύ των λιμένων Ελευσίνας και Σούδας. Το πρόγραμμα δρομολογίων ήταν ως εξής: κάθε Τρίτη αναχώρηση από Ελευσίνα την 18:00 και άφιξη στο λιμένα Σούδας την 06:00 της επόμενης ημέρας. Την 06 Απριλίου του έτους 2016 και περί ώρα 06:00 το πλοίο ευρισκόταν πλησίον λιμένα Σούδας. Η καθυστερημένη αύξηση του οφειλόταν στις δυσμενείς καιρικές συνθήκες.

Λόγω των δυσμενών καιρικών συνθηκών που επικρατούσαν είχε προηγηθεί ενημέρωση του πλοιάρχου προς τους αρμόδιους Αξιωματικούς (Υπαρχο-Υποπλοίαρχο) για τον τρόπο προσέγγισης και πρόσδεσης του πλοίου στο λιμένα. Επιπρόσθετα είχε ενημερωθεί το λιμεναρχείο Χανίων ότι λόγω των καιρικών συνθηκών θα χρησιμοποιηθούν ρυμουλκά για την ασφαλή πρόσδεση του. Στο λιμένα ελλιμενίζονταν και άλλα τρία πλοία, ένα επιβατηγό-οχηματαγωγό (Ε/Γ-Ο/Γ), ένα φορτηγό (Φ/Γ) πλοίο το οποίο μετέφερε χύδην φορτίο καθώς και ένα κρουαζιερόπλοιο (Κ/Ζ).



Εικ. 7.3 Απεικόνιση του λιμένα Σούδας

Στο παρακάτω σχήμα μπορούμε να δούμε τις θέσεις όπου βρίσκονταν ελλιμενισμένα τα τρία πλοία καθώς και το σημείο σύγκρουσης.



Εικ. 7.4 Λιμένας Σούδας

Στη θέση 1 ελλιμενίστηκε τελικώς το δεξαμενόπλοιο που συγκρούστηκε στην προβλήτα, στη θέση 2 ελλιμενίζονταν το Ε/Γ-Ο/Γ πλοίο, στη θέση 3 το κρουαζιερόπλοιο, στη θέση 4 είναι το σημείο που έγινε η πρόσκρουση και στη θέση 5 ελλιμενίζονταν το φορτηγό πλοίο.

Στο λιμένα της Σούδας επικρατούσαν ιδιαίτερα δυσμενείς καιρικές συνθήκες ειδικά κατά το χρονικό διάστημα του ατυχήματος με υψηλό κυματισμό και συνεχείς και έντονες ριπές ανέμου. Λόγω της μεγάλης επιφάνειας έκθεσης του πλοίου στους ισχυρούς ανέμους δημιουργήθηκαν μεγάλες ροπές στρέψης στο πλοίο. Κατά τη διαδικασία κινήσεων για την πρόσδεση του πλοίου υπήρχε ραγδαία επιδείνωση του καιρού με αποτέλεσμα το δεξαμενόπλοιο να χτυπήσει στην προβλήτα. Κατά τη σύγκρουση προκλήθηκε ρήγμα στις δεξαμενές πετρελαίου του δεξαμενόπλοιου με αποτέλεσμα τη διαρροή πετρελαίου. Στις δεξαμενές καυσίμων του δεξαμενοπλοίου υπήρχε μεγάλη ποσότητα πετρελαίου.

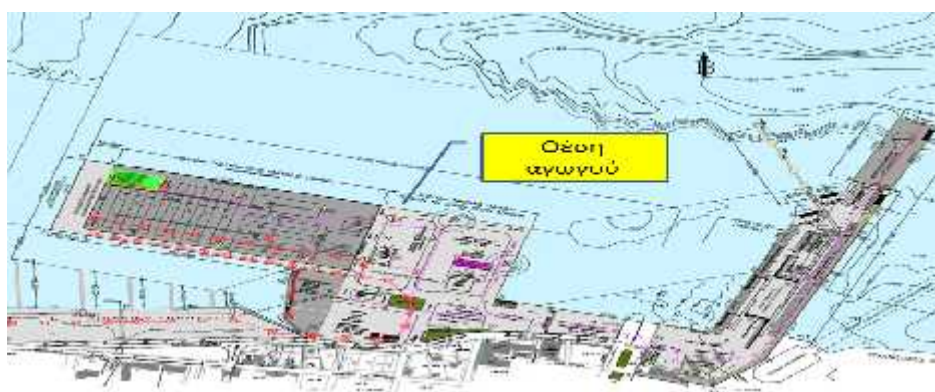
Το συμβάν έλαβε χώρα την 06:00 π.μ. και άμεσα οι υπεύθυνοι του πλοίου ενημέρωσαν τη Λιμενική αρχή όπου ενεργοποιήθηκε άμεσα το σχέδιο αντιμετώπισης περιστατικού θαλάσσιας ρύπανσης. Η ποσότητα διαρροής του πετρελαίου ήταν $6,1 \text{ m}^3$ (5 tn).

Μετά από επανειλημμένες προσπάθειες με τη βοήθεια των ρυμουλκών και καθώς η ένταση των ανέμων είχε ελαττωθεί το δεξαμενόπλοιο κατάφερε να ελλιμενιστεί περί ώρα 08:00 π.μ. Την ίδια ώρα δηλαδή 08:00 π.μ. το πλήρωμα του

δεξαμενοπλοίου κατάφερε να σταματήσει τη διαρροή. Λόγω της ιδιαιτερότητας της περιοχής μεγάλη προσοχή δόθηκε ώστε πέραν της προστασίας του περιβάλλοντος να μη διαταραχθεί και η ομαλή λειτουργία του λιμένα.

7.2.3 Σενάριο 3- Περιστατικό ρύπανσης από παράκτια εγκατάσταση

Παρακάτω θα μελετήσουμε ένα σενάριο ρύπανσης που προκαλείται από εγκαταστάσεις πετρελαιοειδών στο λιμένα Σούδας. Ο ατμοηλεκτρικός σταθμός Σούδας (Α.Η.Σ.) είναι ο ένας από τους τρεις θερμοηλεκτρικούς Σταθμούς της Κρήτης και βρίσκεται στην περιοχή Ξυλοκαμάρας του Δήμου Ελευθερίου Βενιζέλου. Όπως έχουμε προαναφέρει ο σταθμός απέχει 4 χλμ. από το κέντρο της πόλης των Χανίων. Οι εγκαταστάσεις παραγωγής του σταθμού καταλαμβάνουν έκταση 55 στρεμμάτων. Το πετρέλαιο μεταφέρεται με δεξαμενόπλοια και εκφορτώνεται στο λιμάνι της Σούδας.



Εικ 7.5 Θέση αγωγού στο λιμένα Σούδας

Παρακάτω θα δοθεί ένα παράδειγμα προκειμένου να μελετηθεί η ποσότητα που δύναται να διαρρεύσει στην περίπτωση θραύσης του υπόγειου αγωγού κατά τη διάρκεια εκφόρτωσης πετρελαίου από δεξαμενόπλοιο προς τις δεξαμενές καυσίμων. Θεωρούμε ότι η ρύπανση δε γίνεται άμεσα αντιληπτή και ότι περνάει χρόνος 10 λεπτών.



Εικ 7.6 Φρεάτια ελέγχου εντός λιμενικής εγκατάστασης

Στην περίπτωση αυτή θα πρέπει να λάβουμε υπόψη μας ότι θα εκκενωθεί όλο το περιεχόμενο του αγωγού. Ακολουθώντας μπορούμε να υπολογίσουμε την ποσότητα που θα διαρρεύσει λόγω της συνεχιζόμενης παροχής κατά την εκφόρτωση από το δεξαμενόπλοιο στο προαναφερόμενο χρονικό διάστημα των 10 λεπτών.

1. Απώλεια πετρελαίου Diesel λόγω εκκένωσης του αγωγού 10 ιντσών (10 ίντσες = 25,4 εκ = 0,0254 μ) και συνολικού μήκους 4.831,31 m:

$$\text{Όγκος αγωγού} = \text{μήκος} \times \text{επιφάνεια} = 4.831,31 \text{ m} \times [3,14 \times (0,0254)^2] = 244,68 \text{ m}^3$$

2. Μέγιστη απώλεια πετρελαίου Diesel λόγω της συνεχιζόμενης παροχής (max 180 m³/h) για χρονικό διάστημα τουλάχιστον 10 λεπτών:

$$180 \text{ m}^3/\text{h} \times 10 \text{ min} = 180 \text{ m}^3/60\text{min} \times 10 \text{ min} = 30 \text{ m}^3$$

Το συνολικό ποσό της διαρροής πετρελαίου που οφείλεται σε ρήξη σε υπόγειο τμήμα του αγωγού στο λιμένα Σούδας κατά τη διάρκεια 10 λεπτών θα είναι 274,68 m³.

Πλησίον του αγωγού βρίσκεται ο ποταμός Μορώνης στον οποίο υπάρχει μεγάλη βιοποικιλότητα καθώς και οι ναυταθλητικές εγκαταστάσεις του Α.Ο Σούδας όπου μεγάλος αριθμός παιδιών δραστηριοποιούνται με την κωπηλασία καθώς και με άλλα θαλάσσια αθλήματα.



Εικ 7.7 Απεικόνιση ποταμού Μορώνης, ναυταθλητικών εγκαταστάσεων σε σχέση με τον αγωγό της Δ.Ε.Η.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

8.1 Μοντελοποίηση

Προκειμένου να ληφθούν μέτρα για την προστασία των ακτών και των υδάτων από τυχόν ρύπανση που προέρχεται από πετρέλαιο είναι απαραίτητο να υπάρχει ένας σχεδιασμός πρόληψης και αντιμετώπισης των ατυχημάτων. Ο σχεδιασμός αυτός θα πρέπει να καταγράψει τις περιοχές επικινδυνότητας προκειμένου να διασφαλιστεί η ακεραιότητα τους σε περίπτωση ατυχήματος.

Για να γίνουν τα παραπάνω κρίνεται αναγκαίο να γνωρίζουμε την κατεύθυνση του πλουμίου καθώς και τη τύχη και συμπεριφορά του πετρελαίου εντός των θαλάσσιων υδάτων μετά από ένα ατύχημα διαρροής πετρελαίου.

Στα παλαιότερα χρόνια προκειμένου να μελετηθεί η κατεύθυνση μιας πετρελαιοκηλίδας καταγράφονταν σε χάρτες οι τρέχουσες συνθήκες, η ένταση και η φορά του ανέμου. Καθότι η τεχνολογία έχει εξελιχθεί σήμερα χρησιμοποιούνται λογισμικά μοντέλα με βάση αλγορίθμους προκειμένου να προβλεφθεί η πορεία, η τύχη και η συμπεριφορά της πετρελαιοκηλίδας.

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων χρόνων πολλά υπολογιστικά προγράμματα εκτίμησης τροχιάς πετρελαιοκηλίδας έχουν αναπτυχθεί. Οι δύο βασικές κατηγορίες υπολογιστικών προγραμμάτων για τη μελέτη μιας πετρελαιοκηλίδας διακρίνονται:

α. σ' αυτά που εκτιμούν- υπολογίζουν τις αλλαγές του πετρελαίου (φυσικοχημικές διεργασίες με την πάροδο του χρόνου) αλλά δεν προβλέπουν ενδεχόμενη κατεύθυνση του πλουμίου.

β. σ' αυτά που εκτός από την πρόβλεψη των φυσικοχημικών ιδιοτήτων της πετρελαιοκηλίδας υπολογίζουν την κατεύθυνση του πλουμίου με την πάροδο του χρόνου.

8.2 Τύποι υπολογιστικών προγραμμάτων (μοντέλων)

α. Μοντέλα oil weathering

Τα μοντέλα αυτά δίνουν αποτελέσματα τα οποία αφορούν τις φυσικοχημικές ιδιότητες του πετρελαίου (εξάτμιση, διασπορά, γαλακτωματοποίηση, κ.α) σε σχέση με το χρόνο. Στα μοντέλα αυτά απαιτείται η εισαγωγή δεδομένων όπως η θερμοκρασία του νερού, το ύψος κύματος, η αλατότητα, η συγκέντρωση ιζήματος εντός θάλασσας κ.α.

β. Στοχαστικά μοντέλα

Τα μοντέλα αυτά δίνουν αποτελέσματα που αφορούν το χρονικό διάστημα που απαιτείται προκειμένου το πλούμιο να κινηθεί σε συγκεκριμένη απόσταση ή να φτάσει στη στεριά. Στην κατηγορία αυτή των μοντέλων απαιτείται η εισαγωγή δεδομένων όπως η συχνότητα της ταχύτητας και της έντασης του ανέμου.

γ. Ντετερμινιστικά μοντέλα

Τα συγκεκριμένα μοντέλα έχουν τη δυνατότητα να προβλέπουν τη τροχιά μιας πετρελαιοκηλίδας καθώς και την έκταση της σε σχέση με το χρόνο κάτω από συγκεκριμένες υδροδυναμικές και μετεωρολογικές συνθήκες.

δ. Μοντέλα Hind-Cast

Με τα συγκεκριμένα μοντέλα μπορούμε να εκτιμήσουμε την προέλευση μιας διαρροής όταν το σημείο πηγής ή απελευθέρωσης είναι άγνωστο.

ε. Τριών διαστάσεων

Τα υπολογιστικά προγράμματα μελετούν το προφίλ του πετρελαίου σε 3 διαστάσεις, συμπεριλαμβανομένης της κατεύθυνσης του πλουμίου. Αυτά είναι πιο πολύπλοκα καθώς απαιτούν περισσότερα δεδομένα προκειμένου να παρέχουν μια αξιόπιστη εκτίμηση για την τροχιά της πετρελαιοκηλίδας.

Συμπερασματικά αναφέρεται ότι τα υπολογιστικά προγράμματα μπορεί να αποδειχθούν εξαιρετικά σημαντικά κατά τη διάρκεια επιχείρησης αντιμετώπισης διαρροής πετρελαίου.

Τα αποτελέσματα μοντελοποίησης μας δίνουν πολλές χρήσιμες πληροφορίες για την εξέλιξη μιας πετρελαιοκηλίδας καθώς και για την καθοδήγηση στη λήψη αποφάσεων σχετικά με τις περαιτέρω ενέργειες που απαιτούνται για την αντιμετώπιση της καθώς δύναται να προβλεφθεί η πορεία της κάτω από τις επικρατούσες συνθήκες.

Πολλές φορές χρησιμοποιούνται τα υπολογιστικά προγράμματα για την εκτίμηση επικινδυνότητας μιας πετρελαιοκηλίδας βασιζόμενα σε πιθανά σενάρια ρύπανσης. Με τον όρο επικινδυνότητα ορίζεται ο βαθμός απειλής ή ζημιάς στην περίπτωση ενός δυσμενούς γεγονότος. Η εκτίμηση της επικινδυνότητας μας βοηθάει στη λήψη ενεργειών προκειμένου να προλάβουμε τις δυσμενείς επιπτώσεις που θα επιφέρει στο φυσικό και ανθρώπινο περιβάλλον ένα ατύχημα.

Έτσι καταλήγοντας συμπεραίνεται ότι η μοντελοποίηση βοηθάει

- α. στο σχεδιασμό μέτρων / ενεργειών στην περίπτωση ενός ατυχήματος
- β. στο μετριασμό των επιπτώσεων ενός ατυχήματος
- γ. στην προετοιμασία των ενεργειών που οφείλουμε να λάβουμε για να παρεμποδίσουμε ένα ατύχημα
- δ. στις μεθόδους που θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε για την αντιμετώπιση μιας ρύπανσης
- ε. στην επαναφορά του φυσικού περιβάλλοντος

8.3 Δεδομένα

Προκειμένου να χρησιμοποιηθούν τα υπολογιστικά προγράμματα για να μελετηθεί η τροχιά και οι φυσικοχημικές διεργασίες μιας πετρελαιοκηλίδας απαιτούνται να καταχωρηθούν δεδομένα μερικά από τα οποία αναφέρονται παρακάτω.

1. Ημερομηνία και ώρα ατυχήματος
2. Ακριβές στίγμα
3. Θερμοκρασία αέρα στην επιφάνεια της θάλασσας
4. Θερμοκρασία νερού στην επιφάνεια της θάλασσας

5. Ανεμολογικά στοιχεία
6. Μέγεθος/ιδιότητες της ρύπανσης
 - α. Ποσότητα πετρελαίου που απορρίφθηκε
 - β. Αν η διαρροή έχει σταματήσει ή συνεχίζεται
 - γ. Χαρακτηριστικά απορριφθέντος πετρελαίου: πυκνότητα, ιξώδες, ρυθμός εξάτμισης και γαλακτοποίησης, τοξικότητα, ευαισθησία στις χημικές διασκορπιστικές ουσίες.
 - δ. Χαρακτηριστικά της κηλίδας: επιφάνεια που καλύπτει, πάχος, χρώμα.
7. Μέσα απορρύπανσης που χρησιμοποιούμε

8.4 Περιγραφή υπολογιστικών προγραμμάτων εργασίας

Παρακάτω θα αναλυθούν τα υπολογιστικά προγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν στην εργασία προκειμένου να εξαχθούν συμπεράσματα. Αρχικά θα γίνει μια περιγραφή της λειτουργίας των υπολογιστικών προγραμμάτων που χρησιμοποιήθηκαν καθώς και των στοιχείων που απαιτούνται να καταχωρηθούν από το χρήστη προκειμένου να ληφθούν αποτελέσματα και ακολούθως θα γίνει μια ανάλυση των αποτελεσμάτων. Τα μοντέλα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν το GNOME (General NOAA Oil Modeling Environment) και το ADIOS (Automated Data Inquiry for Oil Spills).

α. GNOME (General NOAA Oil Modeling Environment)

Γενικά

Το μοντέλο GNOME μας δίνει τη δυνατότητα να μοντελοποιήσουμε τα πιθανά σενάρια με σκοπό τον υπολογισμό ή καλύτερα την πρόβλεψη της κατεύθυνσης του πλουμίου. Αναπτύχθηκε από το Hydrologic Engineering Center (HEC) του US Army Corps of Engineers. (Krause B.,2001)

Το μοντέλο αυτό έχει τη δυνατότητα να παρουσιάσει την εξέλιξη της κατεύθυνσης του ρυπαντή σε σχέση με τις καιρικές συνθήκες. Προσομοιάζει την κατεύθυνση του πλουμίου παρουσιάζοντας την σε μορφή ταινίας δίνοντας τη δυνατότητα να παρουσιάσει με μαύρο χρώμα τη βέλτιστη λύση και με κόκκινο τη ελάχιστη αβεβαιότητα. Η βέλτιστη λύση υποτίθεται ότι είναι η σωστή ωστόσο πάντοτε όλα τα υπολογιστικά προγράμματα έχουν κάποιες αβεβαιότητες. Στην περίπτωση του υπολογιστικού προγράμματος GNOME υπάρχει η δυνατότητα να εξετασθεί η κατεύθυνση του πλουμίου με τις αβεβαιότητες και αυτό δίνει τη δυνατότητα να εξετάσουμε σενάρια με λιγότερες πιθανότητες να συμβούν όμως με μεγαλύτερη επικινδυνότητα. (GNOME, 2002)

Όπως έχει προαναφερθεί και σε προηγούμενο κεφάλαιο η κατεύθυνση του πλουμίου στο θαλάσσιο περιβάλλον εξαρτάται από ένα σύνολο φυσικών, χημικών και βιολογικών διεργασιών οι οποίες καθορίζονται σε μεγάλο βαθμό, τόσο από τις ιδιότητες του πετρελαίου που βρίσκεται στην υδάτινη επιφάνεια, όσο και από τις

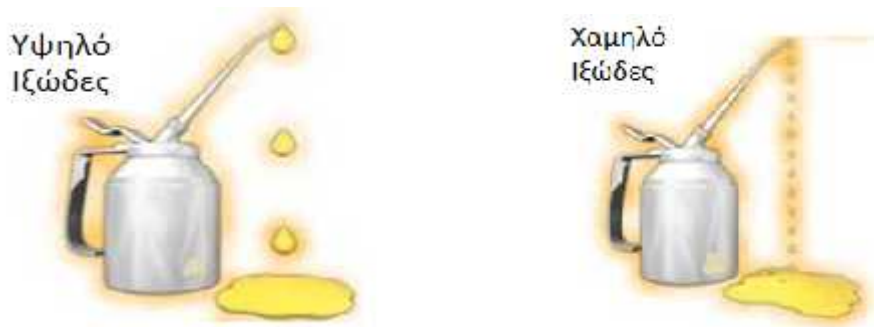
περιβαλλοντικές, μετεωρολογικές και υδροδυναμικές συνθήκες που επικρατούν στη δεδομένη περιοχή. Όταν το πετρέλαιο βρεθεί στο θαλάσσιο περιβάλλον σχηματίζεται ένα λεπτό υμένιο, η πετρελαιοκηλίδα. Κύριοι παράγοντες για την εξάπλωση της πετρελαιοκηλίδας είναι η κίνηση των αέριων μαζών στη θαλάσσια επιφάνεια καθώς και η κίνηση των υποθαλάσσιων ρευμάτων. Η κίνηση της πετρελαιοκηλίδας οφείλεται στην ισορροπία των δυνάμεων μεταξύ ιξώδους, επιφανειακής τάσης και βαρύτητας. Στο μοντέλο GNOME μελετάμε τις παρακάτω ιδιότητες του πετρελαίου:

α. Μετατόπιση (Advection)

Οι διεργασίες μετατόπισης διαχωρίζονται στις διεργασίες που οφείλονται στον άνεμο και στις διεργασίες που οφείλονται στα υπόγεια θαλάσσια ρεύματα. Η πρώτη κατηγορία είναι αποτέλεσμα επιφανειακών μετατοπίσεων ενώ η δεύτερη κατηγορία είναι αποτέλεσμα υπο-επιφανειακών μετατοπίσεων. Η εργασία θα επικεντρωθεί στην πρώτη κατηγορία η οποία οφείλεται στη διατμητική τάση του ανέμου που αναπτύσσεται στη διεπιφάνεια αέρα-θάλασσας και η οποία προκαλεί την κίνηση του θαλάσσιου τμήματος καθώς και τη δημιουργία κυμάτων τα οποία μετακινούν τις πετρελαιοκηλίδες.

β. Εξάπλωση (Spreading)

Η εξάπλωση αποτελεί μία από τις σπουδαιότερες διεργασίες στα πρώτα στάδια της διαρροής. Αρχικά το πετρέλαιο αφού ελευθερωθεί στην επιφάνεια της θάλασσας παρουσιάζει συνοχή. Μετέπειτα αρχίζει να εξαπλώνεται (λόγο της επίδρασης του ανέμου και των κυμάτων) δημιουργώντας ζώνες παράλληλες με την διεύθυνση το ανέμου. Βασικοί παράγοντες που αφορούν την εξάπλωση μιας πετρελαιοκηλίδας είναι το ιξώδες (όσο χαμηλότερο τόσο πιο γρήγορη εξάπλωση), το οποίο εξαρτάται από τη θερμοκρασία καθώς και από τις επικρατούσες καιρικές συνθήκες της περιοχής (ταχύτητα του αέρα, υδάτινα ρεύματα, ύψος κύματος, θερμοκρασία επιφάνειας θάλασσας). (Samuels, Amstutz, Bahadur, & Ziemniak, 2013) Παρατηρούμε ότι πετρέλαια με χαμηλό ιξώδες τείνουν να εξαπλωθούν γρηγορότερα.

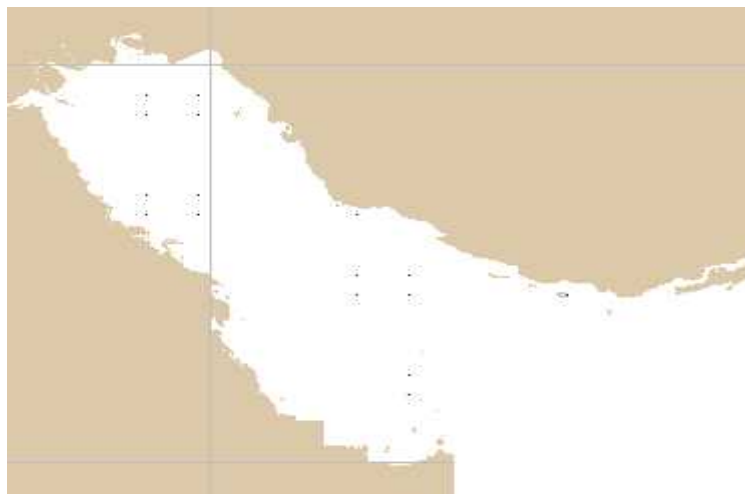


Εικ. 8.1 Απεικόνιση ιξώδες

Παρακάτω θα γίνει μια περιγραφή των βημάτων που απαιτούνται για να μελετηθεί η τροχιά της πετρελαιοκηλίδας κάνοντας σρήση του μοντέλου GNOME.

Βήμα 1

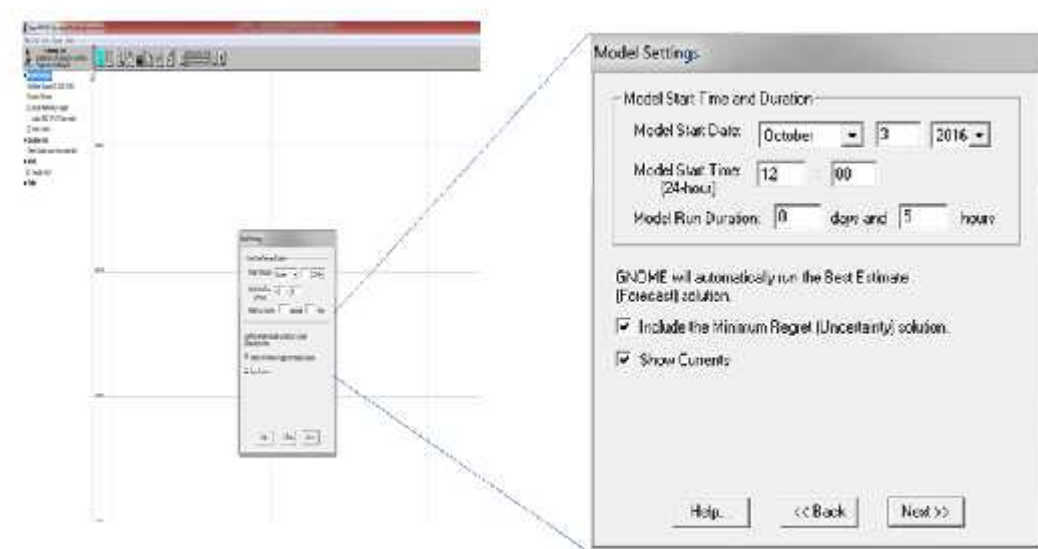
Ανοίγουμε το απαραίτητο αρχείο που αντιστοιχεί στο χάρτη της περιοχής μελέτης μας και στη συνέχεια εισάγουμε τα απαιτούμενα στοιχεία



Εικ. 8.2 Χάρτης περιοχής στο μοντέλο GNOME

Βήμα 2

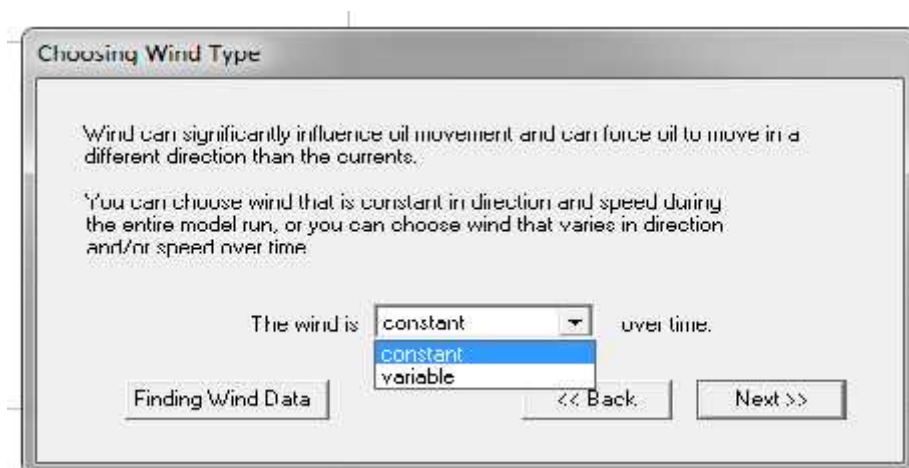
Αρχικά καταχωρούμε κάποια στοιχεία όπως ημερομηνία και ώρα έναρξης ρύπανσης. Επιπροσθέτως στη βάση δεδομένων αυτή εκτός από την ημερομηνία έναρξης της πετρελαιοκηλίδας καταχωρούμε επίσης και το χρονικό διάστημα που θα τρέξει το μοντέλο. Επιπρόσθετα έχουμε επιλογή να εμφανίζεται ταυτόχρονα και η λύση ελάχιστης αβεβαιότητας καθώς και τα ρεύματα.



Εικ. 8.3 Πεδίο εισαγωγής χρονικών δεδομένων πετρελαιοκηλίδας

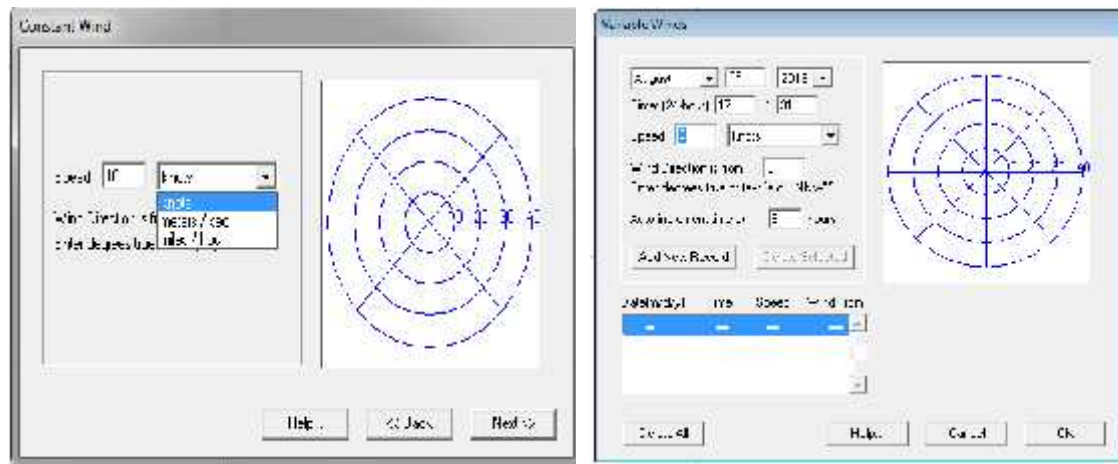
Βήμα 3

Ακολουθώντας καταχωρούμε την κατεύθυνση και την ένταση του ανέμου. Το μοντέλο έχει την επιλογή σταθερής ή μεταβαλλόμενης κατεύθυνσης και έντασης και επιλέγουμε αντίστοιχα ανάλογα με το σενάριο που μελετάμε.



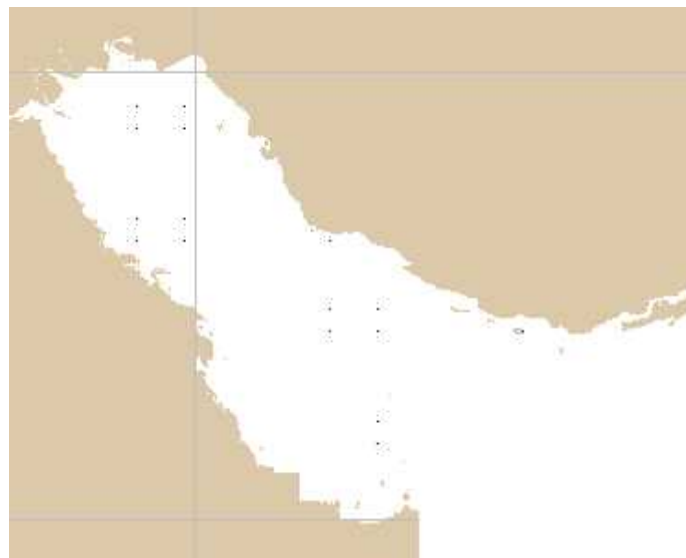
Εικ. 8.4 Πεδίο εισαγωγής είδους ανέμου

Στα σενάρια που θα μελετήσουμε θα θεωρήσουμε ότι έχουμε είτε σταθερή είτε μεταβαλλόμενη διεύθυνση και ένταση. Ακολουθώντας το επόμενο βήμα είναι η εισαγωγή των ανεμολογικών δεδομένων όπου καταχωρούμε την ένταση του ανέμου. Έχουμε την επιλογή καταχώρησης σε διάφορες μονάδες όπως knots, meters/sec ή miles/hour.




Εικ.8.5 Πεδίο εισαγωγής διεύθυνσης, έντασης και διάρκειας ανέμου

Αφού εισάγουμε τα παραπάνω στοιχεία εμφανίζεται αντίστοιχα στο μοντέλο μας ο παρακάτω χάρτης

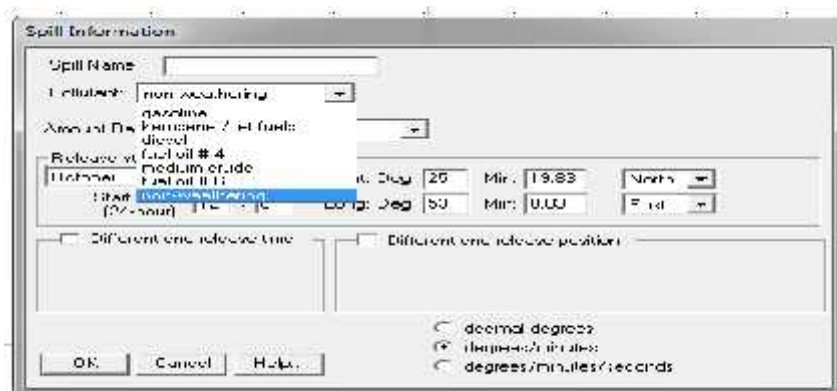


Εικ.8.6 Χάρτης περιοχής μελέτης στο μοντέλο GNOME

Το επόμενο βήμα είναι να καθορίσουμε σε ποιο σημείο του χάρτη είναι η πηγή ρύπανσης. Επιλέγοντας το εικονίδιο  που βρίσκεται στη γραμμή εργαλείων ορίζουμε το σημείο όπου είναι η πηγή της ρύπανσης μέσα στην περιοχή του νερού του χάρτη. Ακολούθως θα πρέπει να εισάγουμε δεδομένα για την πηγή του ρυπαντή.

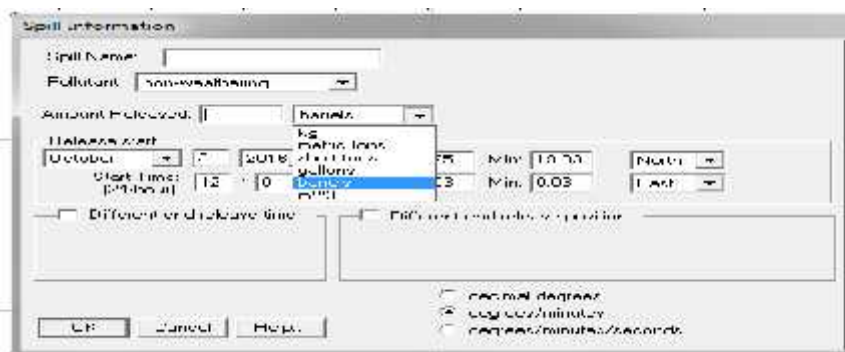
Τα στοιχεία που μας ζητάει το μοντέλο αρχικά είναι το είδος του ρυπαντή, έχοντας να επιλέξουμε από τις παρακάτω επιλογές

- ☐ Gasoline
- ☐ Kerosene
- ☐ Diesel
- ☐ Fuel oil
- ☐ Medium crude
- ☐ Fuel oil 6
- ☐ Non-weathering



Εικ.8.7 Πεδίο εισαγωγής είδους πετρελαίου

Επίσης μας ζητάει και την ποσότητα ρυπαντικής ουσίας που έχει διαρρεύσει όπου έχουμε την δυνατότητα καταγραφής της σε ποικίλες μονάδες.



Εικ.8.8 Πεδίο εισαγωγής ποσότητας πετρελαίου

Επιπροσθέτως πρέπει να καταχωρήσουμε το χρόνο έναρξης και τη διάρκεια διαρροής της πετρελαιοκηλίδας. Έχοντας ολοκληρώσει την καταχώρηση των δεδομένων στο πρόγραμμα πατάμε run και αρχίζει η προσομοίωση. Μετά την εκτέλεση της προσομοίωσης δύναται να δούμε την κατεύθυνση του πλουμίου σε μορφή ταινίας όπου μπορούμε να υπολογίσουμε την απόσταση που διένυσε το πλούμιο για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα και υπό συγκεκριμένες καιρικές συνθήκες. Τα συμπεράσματα στα οποία θα καταλήξουμε είναι σημαντικά καθότι

υπολογίζοντας την απόσταση που θα διανύσει το πλούμιο σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα υπό συγκεκριμένες καιρικές συνθήκες μπορούμε να υπολογίσουμε το χρόνο που απαιτείται προκειμένου να αντιδράσουμε πριν η πετρελαιοκηλίδα επιφέρει δυσμενείς επιπτώσεις σε κάποια ακτή ή λιμενική εγκατάσταση.

β. ADIOS (Automated Data Inquiry for Oil Spills)

Γενικά

Το μοντέλο ADIOS (Automated Data Inquiry for Oil Spills) είναι ένα πολύπλοκο μοντέλο τύπου oil weathering που αναπτύχθηκε από τη NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). Το μοντέλο περιέχει μια βάση δεδομένων με περισσότερα από 1000 είδη αργού πετρελαίου και παραγώγων του. Χρησιμοποιείται για να μελετήσουμε τις φυσικοχημικές ιδιότητες του πετρελαίου σε σχέση με το χρόνο. Επίσης έχει τη δυνατότητα να μελετήσουμε τις φυσικοχημικές ιδιότητες του πετρελαίου που βρίσκεται στη θάλασσα κάνοντας χρήση μέσων αντιμετώπισης πετρελαιοκηλίδας όπως χημικές διασκορπιστικές ουσίες, πετρελαιοσυλλέκτες ή και καύση του πετρελαίου. Τα στοιχεία που απαιτούνται προκειμένου να μας δώσει αποτελέσματα είναι η ταχύτητα και η διεύθυνση του ανέμου, η θερμοκρασία της θάλασσας, η στερεοπαροχή, η αλατότητα του νερού καθώς ο τύπος, η ποσότητα και ο ρυθμός διαρροής του πετρελαίου. Το συγκεκριμένο μοντέλο κάνει προβλέψεις για πέντε ημέρες με αποτέλεσμα ιδιότητες του πετρελαίου όπως βίο-αποικοδόμηση και φωτο-οξείδωση να μη παρατηρούνται με το συγκεκριμένο μοντέλο.

Παρακάτω θα αναλύσουμε μερικές από τις ιδιότητες του πετρελαίου για τις οποίες το μοντέλο ADIOS θα μας δώσει αποτελέσματα.

Πυκνότητα:

Η πυκνότητα για το αργό πετρέλαιο κυμαίνεται από 0,73 έως 1,04 gr/cm³ και αποτελεί δείκτη της κατάληξης της πορείας του πετρελαίου στο νερό. Η πυκνότητα είναι ένα μέγεθος που ορίζεται ως το πηλίκο της μάζας συγκεντρωμένου όγκου πετρελαίου προς τον όγκο πετρελαίου. Έχει τιμή συνήθως μικρότερη της μονάδας,

όμως μετά από αρκετό χρονικό διάστημα, η τιμή της πυκνότητας αυξάνεται με αποτέλεσμα την καταβύθιση του πετρελαίου. Η πυκνότητα του πετρελαίου, όταν αυτό βρεθεί στο θαλάσσιο χώρο, θα αυξηθεί εξαιτίας της εξάτμισης και της γαλακτωματοποίησης.

Ιξώδες:

Το ιξώδες είναι ένα μέγεθος το οποίο μας δείχνει την εσωτερική αντίστασή του πετρελαίου στη ροή. Δηλαδή όσο μικρότερο είναι το ιξώδες, τόσο ευκολότερα εκείνο ρέει. Είναι ένα μέγεθος που επηρεάζει το ρυθμό εξάπλωσης της πετρελαιοκηλίδας, τη δυνατότητα προσκόλλησης και διείσδυσης του πετρελαίου στο έδαφος και στα παράκτια υποστρώματα, καθώς και τη δυνατότητα άντλησης του σε περίπτωση καθαρισμού. Το ιξώδες του πετρελαίου θα αυξηθεί κατά τη διάρκεια της γήρανσης εξαιτίας κυρίως της εξάτμισης και της γαλακτωματοποίησης. Επιπροσθέτως, το ιξώδες εξαρτάται σημαντικά από τη θερμοκρασία της κηλίδας.

Σημείο Ροής:

Το σημείο ροής ενός πετρελαίου, είναι η χαμηλότερη θερμοκρασία, στην οποία το πετρέλαιο ρέει, όταν ψύχεται υπό τις συνθήκες που προβλέπει η μέθοδος μέτρησης. Συνήθως για τους τύπους αργών πετρελαίων, το σημείο ροής έχει τιμή κάτω από το μηδέν, υπάρχουν όμως και περιπτώσεις, στις οποίες το σημείο ροής είναι υψηλό. Το σημείο ροής παίζει καθοριστικό παράγοντα στη περισυλλογή της πετρελαιοκηλίδας. Μπορούμε να δούμε τη σημαντικότητα του μεγέθους αυτού μελετώντας το παρακάτω παράδειγμα. Πετρέλαιο με σημείο ροής υψηλότερο της περιοχής των $5 - 10^{\circ}\text{C}$, έχει διαπιστωθεί ότι στερεοποιείται γρήγορα με μέση θερμοκρασία θάλασσας γύρω στους 10°C , ενώ τα πετρελαιοειδή με σημείο ροής κάτω των 5°C , είναι γνωστό ότι έχουν την τάση να εξατμίζονται σε ποσοστό έως και 50% του όγκου τους. Στο μοντέλο ADIOS για κάθε είδος πετρελαίου υπάρχει μια συγκεκριμένη τιμή για το σημείο ροής.

Από τις παραπάνω με το μοντέλο ADIOS θα επικεντρωθούμε στην εξάτμιση και στη διασπορά.

α. Εξάτμιση (Evaporation)

Με τον όρο εξάτμιση, εννοούμε τη διαδικασία μεταφοράς μέρους της μάζας του πετρελαίου από την υγρή στην αέρια φάση. Η διαδικασία της εξάτμισης ξεκινά λίγες ώρες μετά την εισροή του πετρελαίου στη θάλασσα και ο ρυθμός της εξαρτάται από την χημική σύσταση του πετρελαίου, την ταχύτητα του ανέμου και την επιφανειακή θερμοκρασία. Οι κλιματολογικές συνθήκες επηρεάζουν σημαντικά το ρυθμό εξάτμισης π.χ. η ύπαρξη ισχυρών ανέμων αυξάνει τον ρυθμό εξάτμισης.

Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας ο οποίος επηρεάζει τη διαδικασία της εξάτμισης είναι ο κυματισμός. Όσο μεγαλύτερο κυματισμό έχουμε τόσο πιο γρήγορη εξάτμιση έχουμε καθώς διαχωρίζεται σε σταγόνες το διαρρέον πετρέλαιο και απομακρύνεται από τον κύριο όγκο της κηλίδας. Σε χρονικό διάστημα λιγότερο από 24 ώρες τα περισσότερα είδη πετρελαίου έχουν χάσει το 25-30% των ελαφρύτερων συστατικών τους καθώς το πάχος αυτής μειώνεται ενώ αντίθετα η επιφάνειά της αυξάνεται. Το χρονικό διάστημα που λαμβάνει χώρα μπορεί να' ναι και μια εβδομάδα. Η διαδικασία αυτή προκαλεί αύξηση της πυκνότητας και του ιξώδους της κηλίδας. Στη συνέχεια οδηγούμαστε στη διαδικασία της γαλακτωματοποίησης και της πήξης, που ελαττώνουν την επιφάνεια (εμβαδόν) της πετρελαιοκηλίδας, καθώς και το ρυθμό εξάτμισης αυτής.

β. Διασπορά (Dispersion)

Η διασπορά είναι ένα φαινόμενο το οποίο πραγματοποιείται μέσω του έντονου κυματισμού που επικρατεί στην επιφάνεια της θάλασσας, και ουσιαστικά αποτελεί τον διαχωρισμό της κηλίδας σε σταγονίδια διαφόρων μεγεθών. Το μέγεθος της διασποράς εξαρτάται από τις επικρατούσες συνθήκες, τη σύσταση και το ιξώδες. Ο ρυθμός της φυσικής διασποράς και ο ρυθμός εξάτμισης καθορίζουν το χρόνο ζωής μιας πετρελαιοκηλίδας.

Στα σενάρια που θα αναλυθούν παρακάτω θα μελετηθούν οι παραπάνω φυσικοχημικές ιδιότητες για κάθε μία ξεχωριστή περίπτωση. Προκειμένου να μελετηθούν οι μεταβολές των φυσικοχημικών ιδιοτήτων θα μεταβληθούν δεδομένα όπως η ένταση του ανέμου.

Για να τρέξουμε το μοντέλο θα πρέπει να ακολουθηθούν τα παρακάτω βήματα:

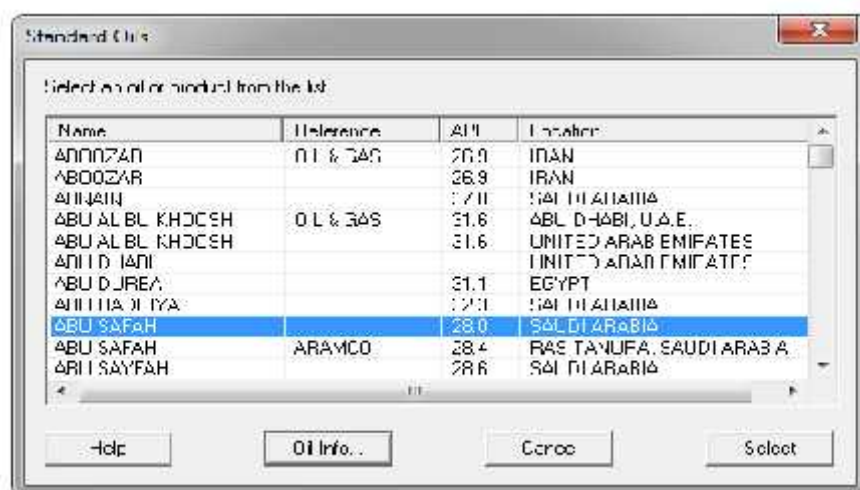
-) Γίνεται επιλογή του είδους του πετρελαίου που θέλουμε να μοντελοποιήσουμε.
-) Γίνεται εισαγωγή των δεδομένων για την κατεύθυνση και την ένταση του ανέμου
-) Γίνεται εισαγωγή των δεδομένων που αφορούν την κατεύθυνση και την ένταση του ανέμου
-) Γίνεται εισαγωγή στοιχείων της πετρελαιοκηλίδας όπως ποσότητα, χρόνος έναρξης, διάρκεια και

Παρακάτω θα κάνουμε μια περιγραφή των βημάτων

Βήμα 1

Η επιλογή του είδους του ρύπου

Θα πρέπει να επιλέξουμε ένα από τα είδη του πετρελαίου προκειμένου να τρέξει το μοντέλο. Από τη λίστα που υπάρχει κάθε ένα έχει τα δικά του χαρακτηριστικά



Εικ.8.9 Πεδίο εισαγωγής είδος πετρελαίου

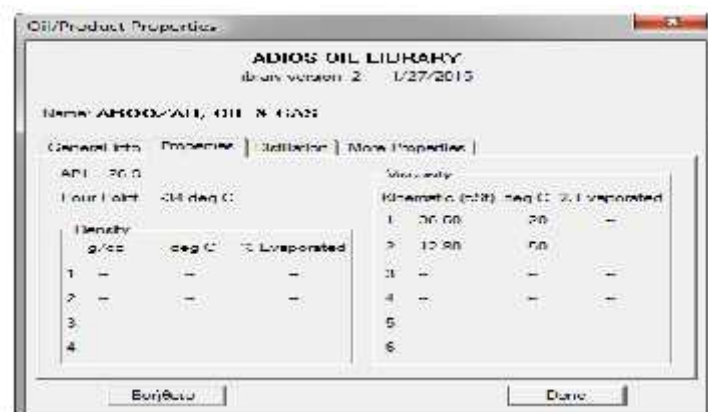
Ένα από τα χαρακτηριστικά του πετρελαίου είναι η API Gravity. Είναι μια παράμετρος που χρησιμοποιεί η βιομηχανία πετρελαίου και καθορίζεται από την ακόλουθη εξίσωση

API at 60°F = 141.5/πυκνότητα πετρελαίου -131.5.

Η παράμετρος αυτή παρέχει καλύτερη διάκριση ανάμεσα στα διαφορετικά είδη πετρελαίου και διαχωρίζεται στις ακόλουθες κατηγορίες.

- Ελαφρά Πετρελαιοειδή – API > 31.1
- Μεσαία Πετρελαιοειδή – API μεταξύ 22.3 και 31.1
- Βαριά Πετρελαιοειδή – API < 22.3
- Πολύ βαριά Πετρελαιοειδή – API < 10.0

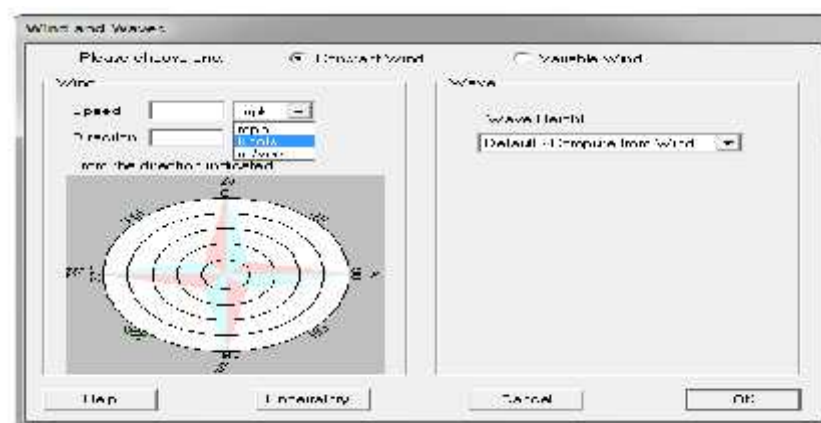
Μάλιστα χρησιμοποιώντας την εντολή *oil info* μπορούμε να ληφθούν περισσότερες πληροφορίες για τις ιδιότητες του πετρελαίου όπως προέλευση και τοσημείο ροής



Εικ.8.10 Πληροφορίες που παρέχει το μοντέλο σε σχέση με το είδος του πετρελαίου που θα επιλεγεί

Βήμα 2

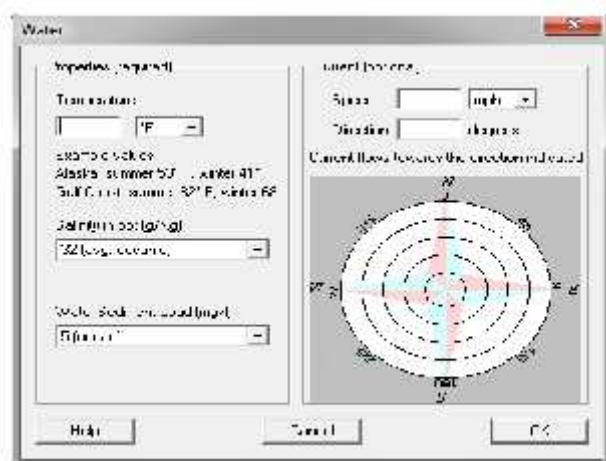
Το επόμενο βήμα για τη μοντελοποίηση είναι η εισαγωγή δεδομένων για την κατεύθυνση και την ένταση του ανέμου. Το μοντέλο δίνει τη δυνατότητα να επιλεγχθεί σταθερή ή μεταβαλλόμενη κατεύθυνση του ανέμου. Η ταχύτητα του ανέμου μπορεί να εισαχθεί στις ακόλουθες μονάδες μέτρησης mph, knots, m/sec.



Εικ.8.11 Πεδίο εισαγωγής ανεμολογικών-κυματικών δεδομένων

Βήμα 3

Το ακόλουθο βήμα είναι να γίνει εισαγωγή δεδομένων τα οποία αφορούν ιδιότητες του νερού όπως η θερμοκρασία, η αλατότητα καθώς και οι ιδιότητες των ρευμάτων όπως η ταχύτητα και η διεύθυνση των ρευμάτων.



Εικ.8.12 Πεδίο εισαγωγής δεδομένων θαλάσσης

Βήμα 4

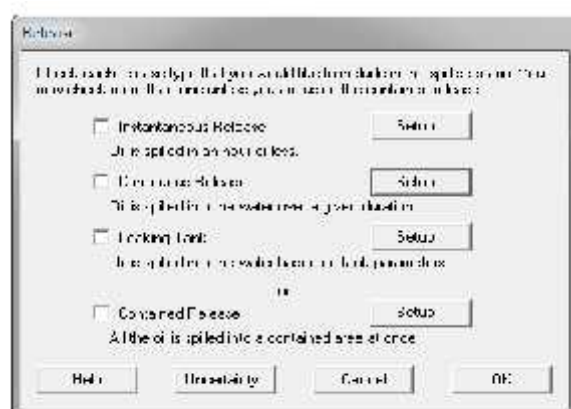
Στο επόμενο βήμα ορίζεται μία από τις ακόλουθες επιλογές

Instantaneous- (εφόσον η διαρροή γίνεται για χρονική διάρκεια λιγότερης της μίας ώρας)

Continuous- (εφόσον η διαρροή γίνεται για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα)

Leaking Tank- (εφόσον η διαρροή γίνεται από μία δεξαμενή)

Contained- (εφόσον η διαρροή γίνεται σε περιορισμένη περιοχή)



Εικ.8.13 Πεδίο εισαγωγής δεδομένων πετρελαιοκηλίδας

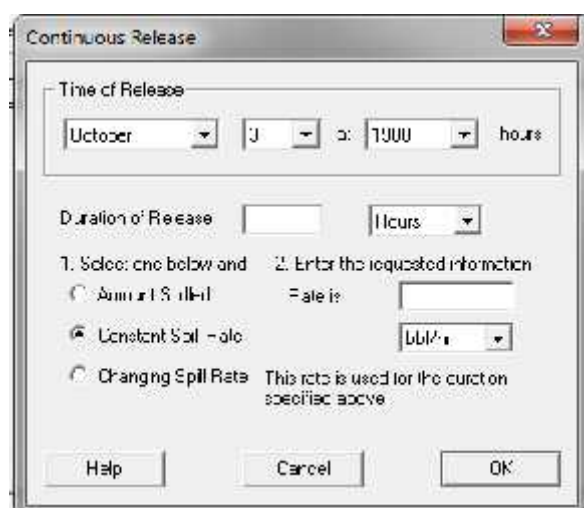
Βήμα 5

1. Εισάγουμε το μήνα, την ημέρα και την ώρα της διαρροής των ρύπων
2. Εισάγουμε τη διάρκεια της απελευθέρωσης (μέρες ή ώρες)
3. Εισάγουμε το ποσοστό διαρροής. Υπάρχουν τρεις διαφορετικοί τρόποι για να επισημάνουμε το ποσό διαρροής.

Amount spilled - όταν η ποσότητα πετρελαίου που διέρρευσε είναι γνωστή.

Constant Spill Rate- όταν ο ρυθμός πετρελαιοκηλίδας είναι γνωστή.

Change Spill Rate -όταν ο ρυθμός διαρροής αλλάζει.



Εικ.8.14 Πεδίο εισαγωγής δεδομένων πετρελαιοκηλίδας

Βήμα 6

Έχοντας ολοκληρώσει την είσοδο των δεδομένων στο πρόγραμμα, πατάμε την εντολή «solve» προκειμένου να τρέξουμε το πρόγραμμα.

Βήμα 7

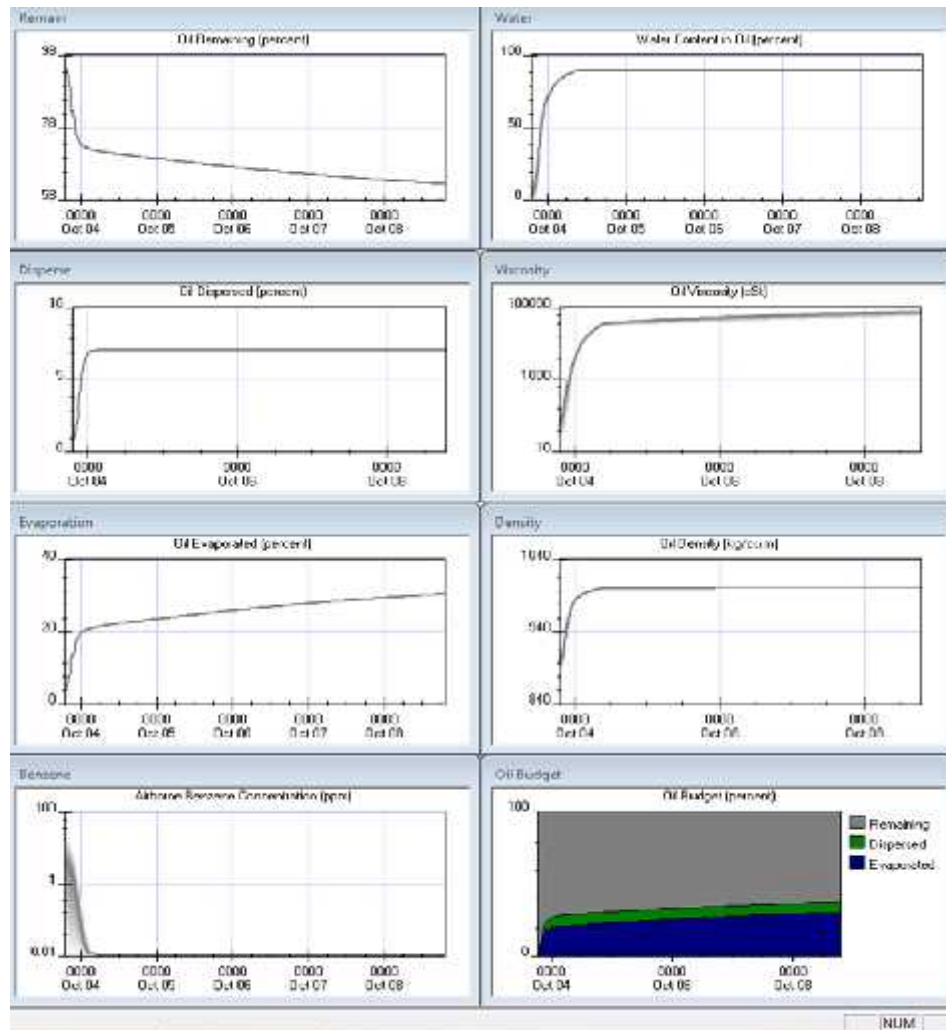
Χρησιμοποιώντας την εντολή output από τη μπάρα εργαλείων μπορούμε να πάρουμε αποτελέσματα που αφορούν:

- α. Density oil (πυκνότητα)
- β. Viscosity oil (ιξώδες)
- γ. Water content in oil (περιεκτικότητα νερού στο πετρέλαιο)
- δ. Evaporation (εξάτμιση)

ε. Dispersed (διασπορά)

ζ. Remain (απομείνουσα ποσότητα)

Τα ακόλουθα στοιχεία μπορούν να τα πάρουμε και σε μορφή γραφικής παράστασης όσο και με τη μορφή αναλυτικών στοιχείων.



Εικ.8.15 Αποτελέσματα μέσω μοντέλου ADIOS

Βήμα 8

Μια επιπλέον λειτουργία που έχει το μοντέλο είναι η χρήση μέσων αντιρύπανσης. Μπορούν να παρθούν αποτελέσματα έχοντας προσθέσει στο μοντέλο και τη χρήση μέσων αντιρύπανσης όπως διασκορπιστικές χημικές ουσίες, πετρελαιοσυλλέκτες ή καύση του πετρελαίου.

8.5 Μοντελοποίηση σεναρίων

Σενάριο 1

Περίπτωση 1

Στην περίπτωση αυτή θα εξετάσθει το σενάριο που αναλύσαμε στο κεφάλαιο 7 παρ.2.1. Στο σενάριο αυτό η κατεύθυνση του ανέμου θα μετακινεί την πετρελαιοκηλίδα προς τις παραλιακές ακτές των περιοχών Καλυβών και Αλμυρίδας. Η μοντελοποίηση θα εξετάσει μια ποσότητα διαρροής πετρελαίου 5 τόνων ($6,1 \text{ m}^3$). Αρχικώς θα χρησιμοποιηθεί το λογισμικό GNOME όπου θα γίνει εισαγωγή των δεδομένων σύμφωνα με τις οδηγίες που περιγράψαμε στο κεφάλαιο 7 παράγραφο 4α.

Χρήση μοντέλου GNOME

Στο λογισμικό καταχωρήθηκε μια τυχαία ημερομηνία 06 Απριλίου 2016 καθώς και μία τυχαία ώρα έναρξης διαρροής πετρελαιοκηλίδας 06:00 π.μ.

| | |
|--------------------------------------|--|
| Ημερομηνία & Ώρα εκδήλωσης συμβάντος | 06/04/2016 06.00 π.μ. |
| Θέση Συμβάντος | Κόλπος Σούδας |
| Τύπος ατυχήματος | Διαρροή ποσότητας πετρελαίου μετά από ρήγμα στις δεξαμενές πλοίου λόγω πρόσκρουσης του σε βράχια |
| Τύπος διαρρεύσαντος προϊόντος | Καύσιμα (diesel oil) |
| Ποσότητα διαρροής | $6,1 \text{ m}^3$ |
| Χρόνος Διαρροής | 2 ώρες |

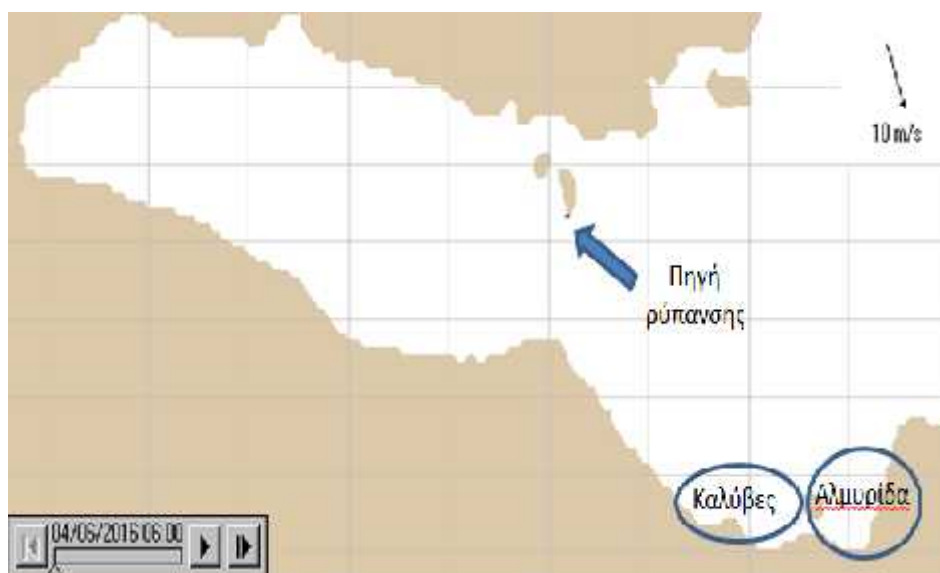
Πίνακας 8.1 Δεδομένα σεναρίου

Παρακάτω δίνονται οι καιρικές συνθήκες που θα εισαχθούν στο μοντέλο για τη μελέτη της τροχιάς της πετρελαιοκηλίδας σε σχέση με το χρόνο.

| ΗΜΕΡ/ΝΙΑ | 06/04/2016 | | | | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| ΩΡΑ | 0600 | 0700 | 0800 | 0900 | 1000 | 1100 | 1200 | 1300 | 1400 | 1500 | 1600 |
| ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ | | | | | | | | | | | |
| ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΑΝΕΜΟΥ | NNW | NNW | NW | NW | NW | WNW | WNW | NW | NW | NW | NW |
| ΕΝΤΑΣΗ ΑΝΕΜΟΥ (m/s) | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΘΑΛΑΣΣΑΣ | 17 ⁰ C | 17 ⁰ C | 17 ⁰ C | 17 ⁰ C | 17 ⁰ C | 17 ⁰ C | 17 ⁰ C | 17 ⁰ C | 17 ⁰ C | 17 ⁰ C | 17 ⁰ C |
| ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 |

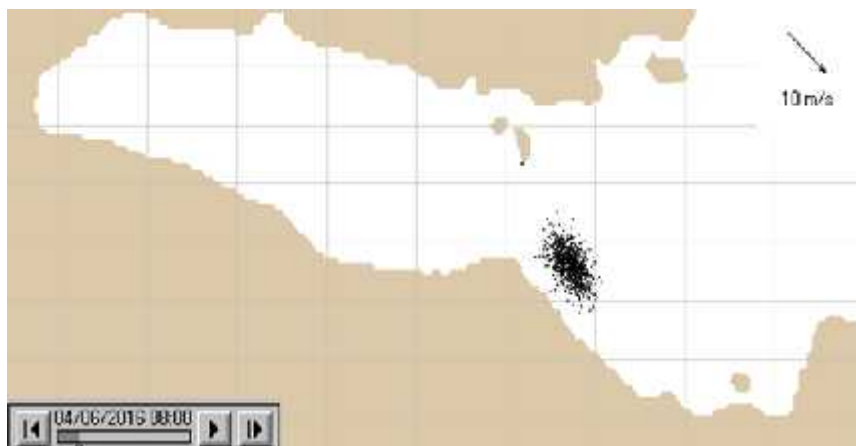
Πίνακας 8.2 Καιρικά δεδομένα σεναρίου

Αφού “φορτωθεί” το κατάλληλο αρχείο με τον κόλπο της Σούδας στο λογισμικό λαμβάνετε η παρακάτω εικόνα.



Εικ.8.17 Χάρτης περιοχής μελέτης με χρήση μοντέλου GNOME όπου απεικονίζεται η πηγή ρύπανσης καθώς και οι παραλίες Καλύβες και Αλμυρίδα.

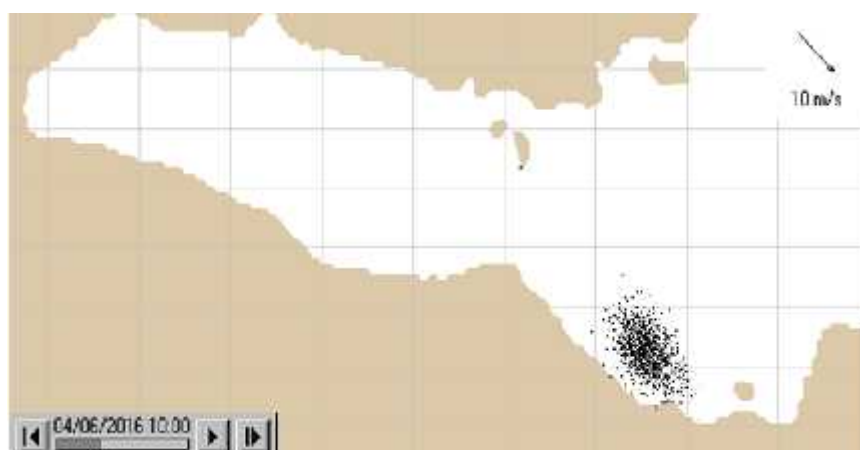
Καταχωρώντας τα παραπάνω δεδομένα τρέχουμε το πρόγραμμα και παρατηρείτε η κατεύθυνση του πλουμίου ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Συγκεκριμένα θα μελετηθεί η κατεύθυνση του ανά 2 ώρες έχοντας ληφθεί υπόψη ότι η έναρξη της διαρροής του πετρελαίου έγινε στις 06:00 π.μ. και ο χρόνος διαρροής είναι δύο (2) ώρες. Πάνω δεξιά απεικονίζεται η ένταση καθώς και η κατεύθυνση του ανέμου.



Εικ.8.18 Απεικόνιση πλουμίου (Ώρα: 08:00 π.μ.-Διεύθυνση/Ένταση ανέμου NW 10)

Η απόσταση που έχει διανύσει το πλούμιο σε χρονικό διάστημα 2 ωρών και με τις καιρικές συνθήκες που έχουν προαναφερθεί είναι περίπου 1 ναυτικό μίλι. Αυτό σημαίνει ότι το πλούμιο κινείται με μία ταχύτητα περίπου 0,926 km/h. Επίσης η έκταση που καταλαμβάνει ανέρχεται περίπου σε 0,83 km². Η έκταση καθώς και η απόσταση που διένυσε το πλούμιο υπολογίζεται μέσω του υπολογιστικού προγράμματος GNOME.

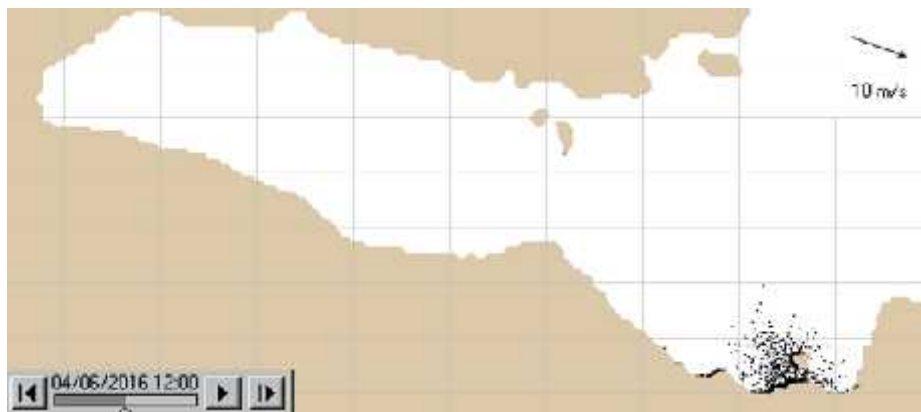
Παρακάτω θα μελετηθεί η κατεύθυνση του πλουμίου για τις επόμενες δύο ώρες δηλαδή στις 10:00 π.μ.



Εικ. 8.19 Απεικόνιση πλουμίου (Ώρα: 10:00 π.μ.-Διεύθυνση/Ένταση ανέμου NW 10)

Η απόσταση που έχει διανύσει το πλούμιο σε χρονικό διάστημα 4 ωρών από τη στιγμή της διαρροής και με τις καιρικές συνθήκες που έχουν προαναφερθεί είναι περίπου 2 ναυτικά μίλια. Παρατηρείται η πετρελαιοκηλίδα έχει αρχίσει να βρίσκεται στις ακτές. Καθότι η ένταση του ανέμου δεν μεταβάλλεται η ταχύτητα μετακίνησης του πλουμίου παραμένει περίπου η ίδια 0,926 km/h. Επίσης η έκταση που καταλαμβάνει το πλούμιο μετά από 4 ώρες από τη διαρροή ανέρχεται περίπου σε 1,67 km².

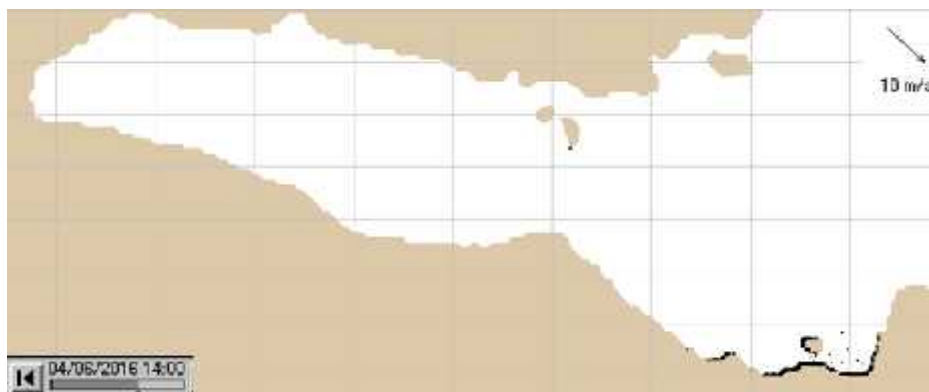
Στην παρακάτω εικόνα παρατηρείται η εξέλιξη της κατεύθυνσης του πλουμίου στο επόμενο δίωρο δηλαδή στις 12:00 π.μ. (έξι ώρες μετά τη διαρροή).



Εικ.8.20 Απεικόνιση πλουμίου (Ωρα: 12:00 π.μ.-Διεύθυνση/Ένταση ανέμου WNW 10)

Διαπιστώνεται ότι ένα μεγάλο μέρος της πετρελαιοκηλίδας βρίσκεται στις ακτές των περιοχών Καλυβών κα Αλμυρίδας. Η πετρελαιοκηλίδα έχει καλύψει σχεδόν 2 χλμ των ακτών.

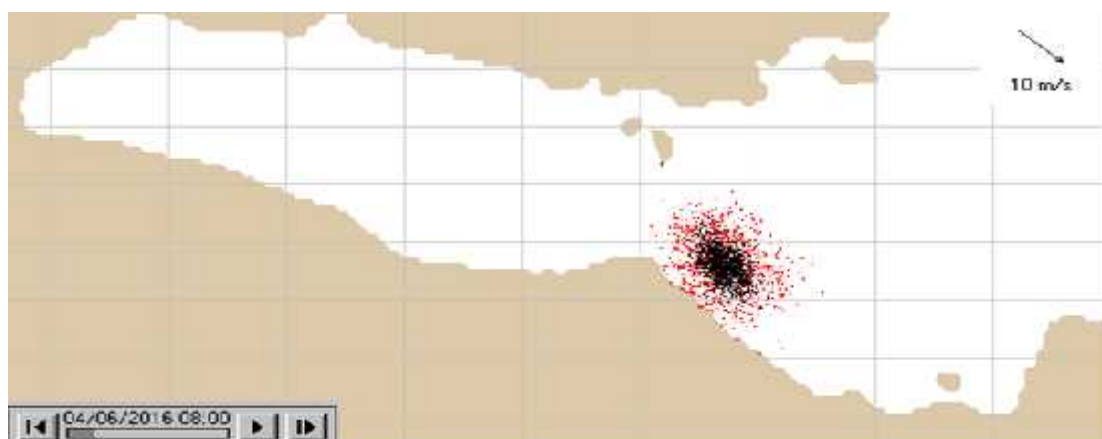
Στην παρακάτω εικόνα απεικονίζεται η εξάπλωση της πετρελαιοκηλίδας στις 14:00 (8 ώρες από την στιγμή που ξεκίνησε η διαρροή). Σχεδόν όλη η ποσότητα του πετρελαίου έχει φτάσει στις ακτές.



Εικ.8.21 Απεικόνιση πλουμίου (Ωρα: 14:00-Διεύθυνση/Ένταση ανέμου NW 10)

Επιπρόσθετα παρατηρείται ότι η πετρελαιοκηλίδα έχει απλωθεί σε μεγάλο τμήμα της ακτογραμμής επηρεάζοντας τόσο τις λιμενικές εγκαταστάσεις που βρίσκονται εκεί όσο και τις παραλίες που βρίσκονται εκεί έχοντας καλύψει σχεδόν 2,5 χλμ των ακτών.

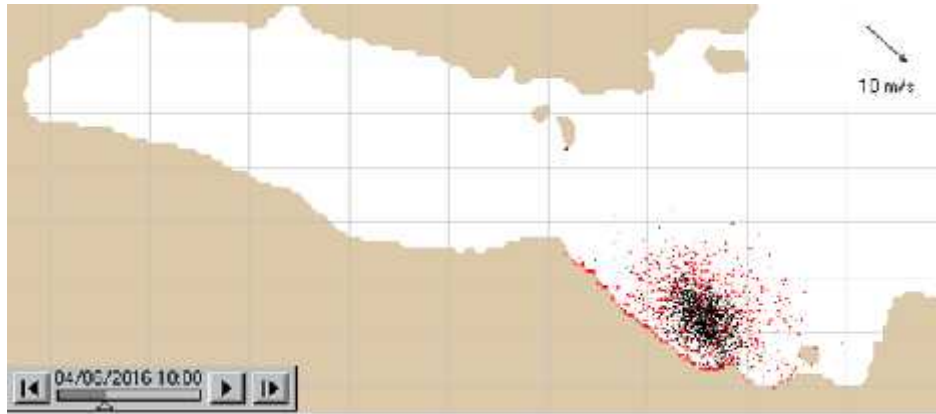
Όπως έχει προαναφέρει το υπολογιστικό πρόγραμμα GNOME έχει τη δυνατότητα να προσομοιάζει την κατεύθυνση του πλουμίου εξετάζοντας και τη ελάχιστη αβεβαιότητα. Στις παρακάτω απεικονίσεις φαίνεται η εξέλιξη της κατεύθυνσης του πλουμίου εξετάζοντας την ελάχιστη αβεβαιότητα ανά δύο ώρες έχοντας κάνει τη μοντελοποίηση με τα ίδια δεδομένα που χρησιμοποιήσαμε και πριν. Έχοντας καταχωρηθεί τα παραπάνω δεδομένα τρέχουμε το πρόγραμμα και παρατηρείτε η κατεύθυνση του πλουμίου ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Συγκεκριμένα θα μελετηθεί η μετακίνηση της ανά 2 ώρες έχοντας λάβει υπόψη ότι η έναρξη της διαρροής του πετρελαίου έγινε στις 06:00 π.μ. Πάνω δεξιά απεικονίζεται η ένταση καθώς και η κατεύθυνση του ανέμου.



Εικ.8.22 Απεικόνιση πλουμίου (Ώρα: 08:00 π.μ.-Διεύθυνση/ Ένταση ανέμου NNW 10)

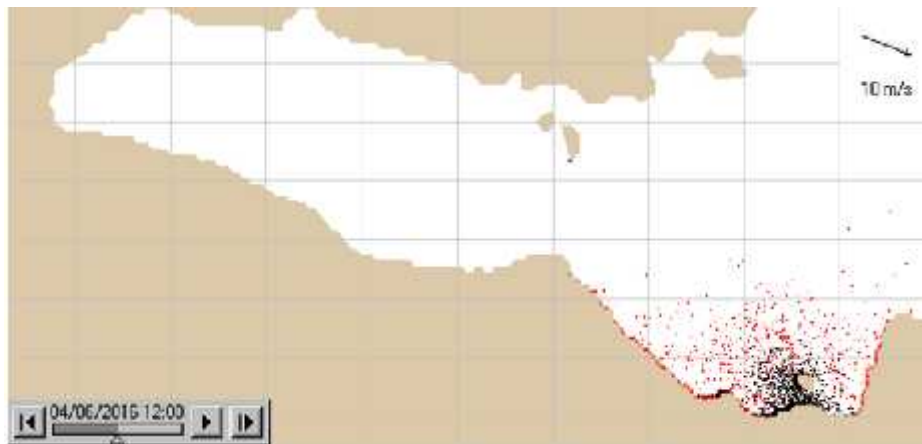
Στην περίπτωση αυτή η έκταση που καλύπτει το πλούμιο ανέρχεται σε 2,88 χλμ².

Στο παρακάτω σχήμα παρατηρείται η εξέλιξη της κατεύθυνσης του πλουμίου για τις επόμενες 2 ώρες (δηλαδή στις 10:00 π.μ). Παρατηρείται ότι η πετρελαιοκηλίδα έχει ήδη φθάσει στις ακτές. Μάλιστα παρατηρείται ότι έχει καλύψει περίπου 3 χλμ ακτογραμμής. Επίσης η έκταση που καταλαμβάνει το πλούμιο στο θαλάσσιο χώρο είναι περίπου 4,5 χλμ².



Εικ.8.23 Απεικόνιση πλουμίου (Ωρα: 10:00 π.μ.-Διεύθυνση/Ένταση ανέμου NW 10)

Στο παρακάτω σχήμα παρατηρείται η εξέλιξη η κατεύθυνση του πλουμίου μετά από 6 ώρες από τη διαρροή. Η πετρελαιοκηλίδα καλύπτει περίπου 5,5 χλμ ακτογραμμής.



Εικ.8.24 Απεικόνιση πλουμίου (Ωρα: 12:00 π.μ.-Διεύθυνση/Ένταση ανέμου WNW 10)

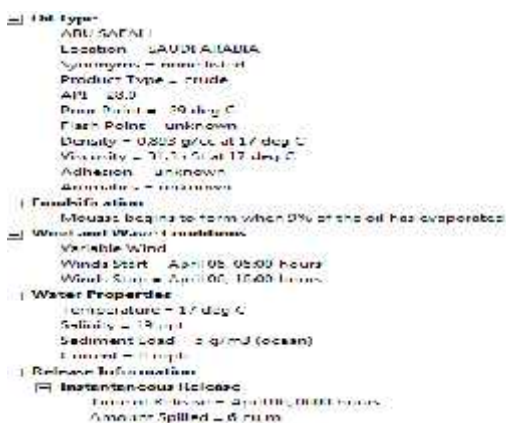
Στο παρακάτω σχήμα βλέπουμε την τελική εξέλιξη της πετρελαιοκηλιδας. Διαπιστώνεται ότι μετά από οκτώ ώρες όλη η ποσότητα Του πετρελαίου έχει φθάσει στην ακτή και καλύπτει σχεδόν 5,5 χλμ ακτογραμμής.



Εικ.8.25 Απεικόνιση πετρελαιοκηλίδας (Ωρα: 14:00 π.μ.-Διεύθυνση/Ένταση ανέμου NW 10)

Χρήση μοντέλου ADIOS

Ακολουθώντας θα εξετάσουμε τις φυσικοχημικές ιδιότητες της πετρελαιοκηλίδας σε σχέση με το χρόνο χρησιμοποιώντας το μοντέλο ADIOS. Έχοντας καταχωρήσει τα δεδομένα του σεναρίου σύμφωνα με το κεφ.7 παρ.4β. τρέχουμε το πρόγραμμα και κατάλλήγουμε να πάρουμε τα ακόλουθα αποτελέσματα.



Πίνακας 8.3 Χαρακτηριστικά Πετρελαίου καθώς και στοιχεία σεναρίου που έχουν καταχωρηθεί στο υπολογιστικό πρόγραμμα

Πιο αναλυτικά στον παρακάτω πίνακα γίνεται καταγραφή αναλυτικών αποτελεσμάτων σχετικά με την ποσότητα καθώς και το ποσοστό του πετρελαίου που παρέμεινε, διασπάρθηκε και εξατμίστηκε.

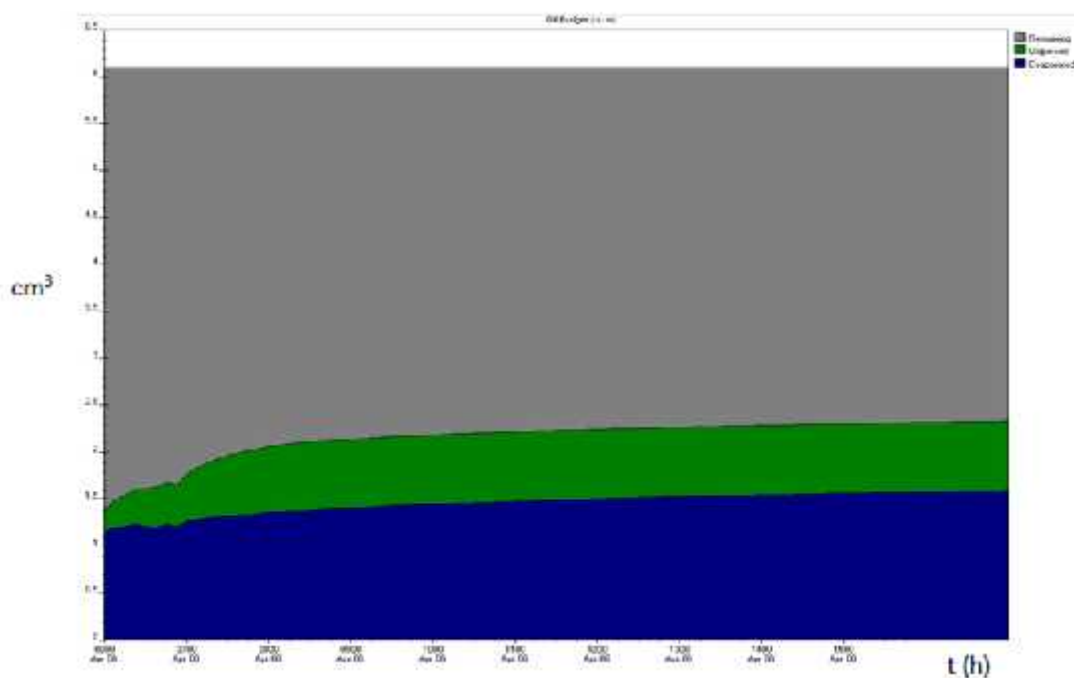
| Χρόνος μετά τη διαρροή (h) | Ποσότητα διαρροής (m3) | Ποσοστό ποσότητας που εξατμίστηκε | Ποσοστό ποσότητας που διασπάρθηκε | Ποσοστό ποσότητας που παρέμεινε |
|----------------------------|------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| 2 | 6.10 | 22 | 11 | 57 |
| 3 | 6.10 | 23 | 12 | 55 |
| 4 | 6.10 | 24 | 12 | 54 |
| 5 | 6.10 | 24 | 12 | 54 |
| 6 | 6.10 | 25 | 12 | 53 |
| 7 | 6.10 | 25 | 12 | 53 |
| 8 | 6.10 | 25 | 12 | 53 |
| 9 | 6.10 | 26 | 12 | 52 |
| 10 | 6.10 | 26 | 12 | 52 |
| 11 | 6.10 | 26 | 12 | 52 |

Πίνακας 8.4 Αποτελέσματα φυσικοχημικών ιδιοτήτων πετρελαιοκηλίδας σε σχέση με το χρόνο επί της %

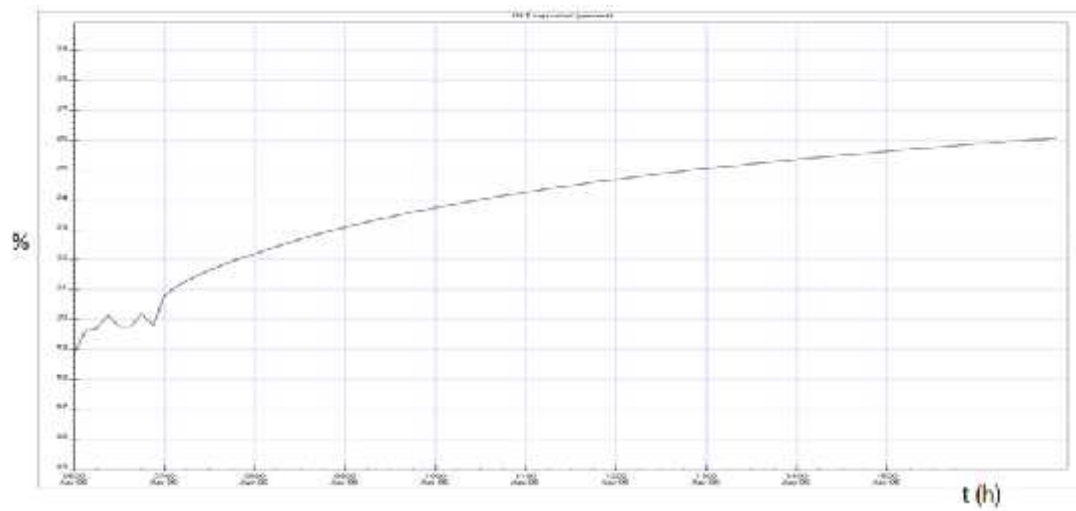
| Χρόνος μετά τη διαρροή (h) | Ποσότητα διαρροής (m ³) | Ποσότητα που εξατμίστηκε (m ³) | Ποσότητα που διασπάρθηκε (m ³) | Ποσότητα που παρέμεινε (m ³) |
|----------------------------|-------------------------------------|--|--|--|
| 2 | 5.10 | 1.35 | 0.69 | 4.06 |
| 3 | 5.10 | 1.40 | 0.73 | 3.96 |
| 4 | 5.10 | 1.44 | 0.74 | 3.92 |
| 5 | 5.10 | 1.48 | 0.74 | 3.88 |
| 6 | 5.10 | 1.50 | 0.74 | 3.86 |
| 7 | 5.10 | 1.53 | 0.74 | 3.83 |
| 8 | 5.10 | 1.54 | 0.74 | 3.81 |
| 9 | 5.10 | 1.56 | 0.74 | 3.80 |
| 10 | 5.10 | 1.58 | 0.74 | 3.78 |
| 11 | 5.10 | 1.59 | 0.74 | 3.77 |

Πίνακας 8.5 Αποτελέσματα φυσικοχημικών ιδιοτήτων πετρελαιοκηλίδας σε σχέση με το χρόνο σε ποσότητα m³

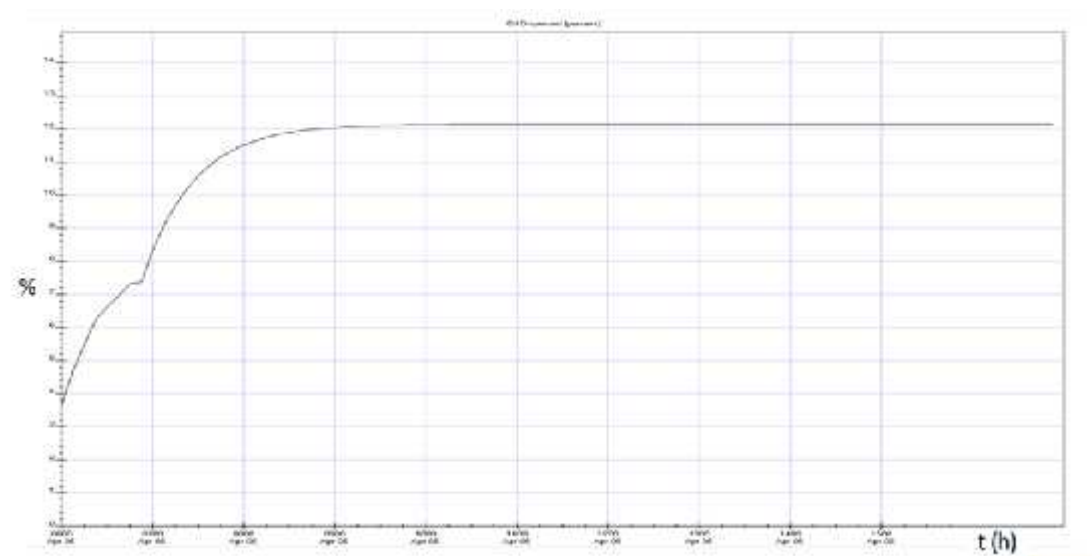
Παρακάτω θα μελετηθούν πιο αναλυτικά μέσω γραφικών παραστάσεων τα φαινόμενα της εξατμικής, της διασποράς, της ποσότητας πετρελαίου που παραμένει σε σχέση με το χρόνο καθώς και η μεταβολή της πυκνότητας, του ιξώδους και της περιεκτικότητας του νερού στο πετρέλαιο.



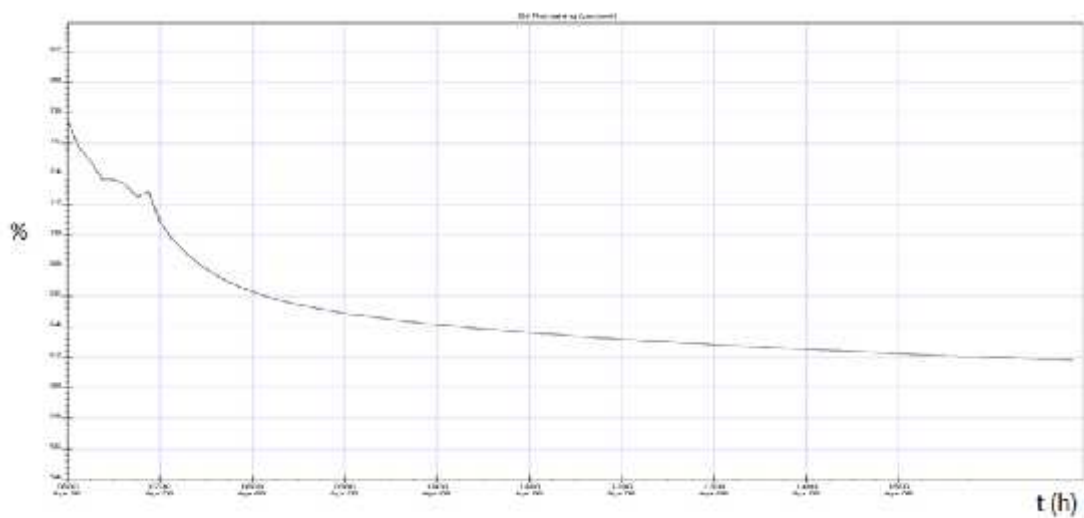
Εικ. 8.26 Γραφική απεικόνιση σε ποσοστά των φυσικοχημικών ιδιοτήτων του πετρελαίου



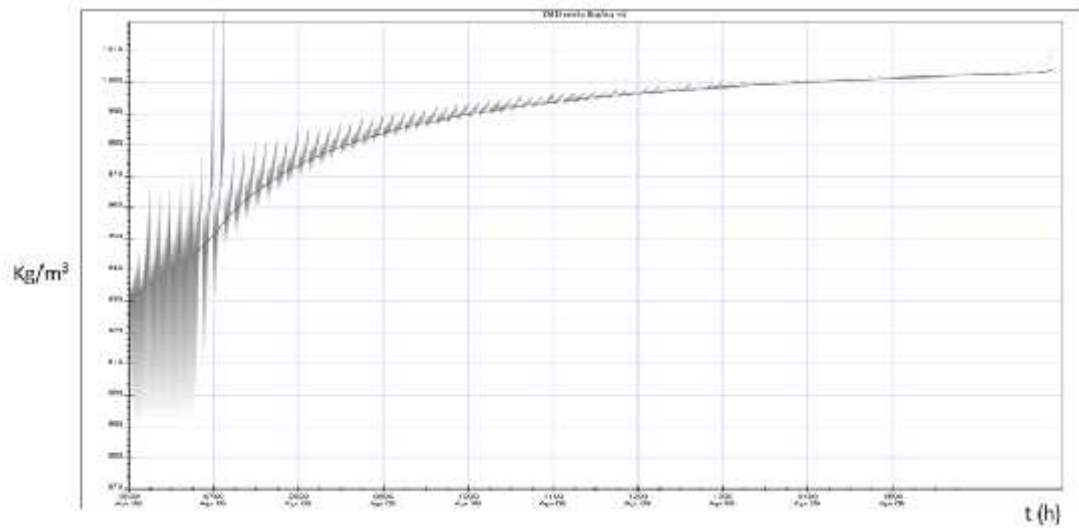
Εικ.8.27 Γραφική απεικόνιση φαινομένου εξάτμισης



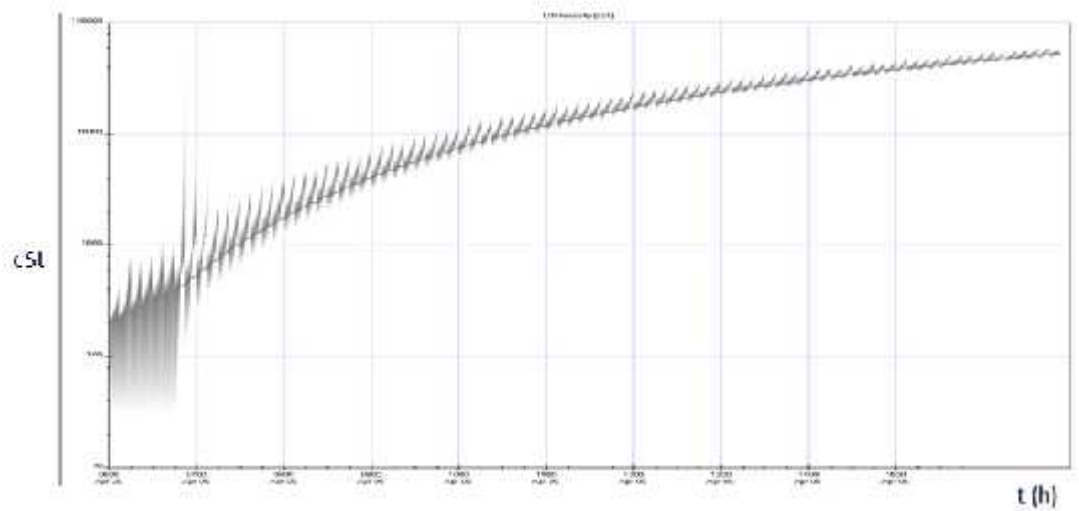
Εικ.8.28 Γραφική απεικόνιση φαινομένου διασποράς



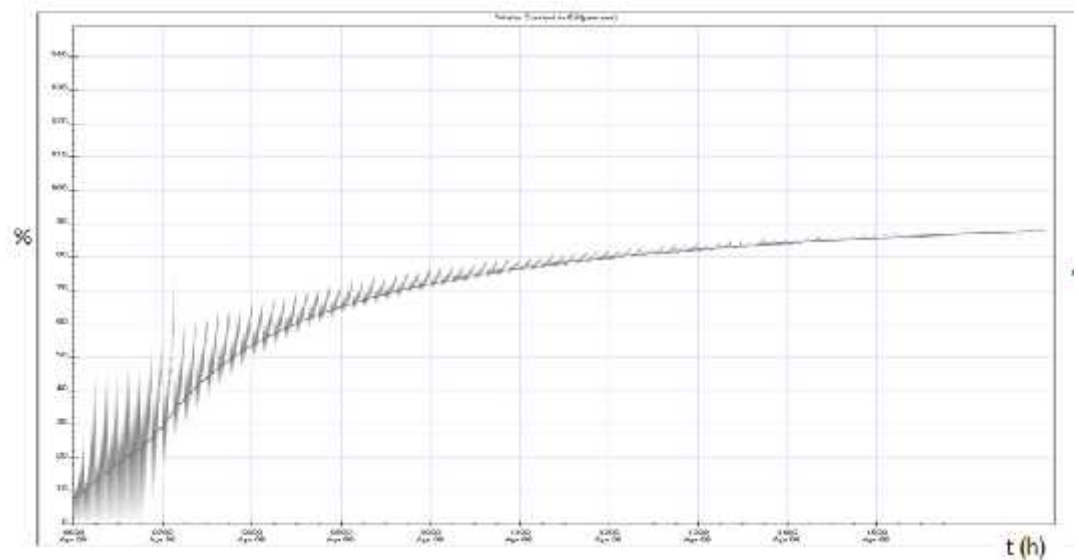
Εικ.8.29 Γραφική απεικόνιση παραμείναντος ποσότητας πετρελαίου.



Εικ 8.30 Γραφική απεικόνιση πυκνότητας πετρελαίου



Εικ. 8.31 Γραφική απεικόνιση ιξώδες πετρελαίου



Εικ. 8.32 Γραφική απεικόνιση περιεκτικότητας του νερού στο πετρέλαιο

ΣΕΝΑΡΙΟ 1












Περίπτωση 2

Στην περίπτωση αυτή θα εξετάσουμε το σενάριο όπου η κατεύθυνση του ανέμου θα μετακινεί την πετρελαιοκηλίδα προς τις παραλιακές ακτές των περιοχών Καλυβών και Αλμυρίδας. Η μοντελοποίηση θα εξετάσει την ίδια ποσότητα με το προηγούμενο σενάριο μεταβάλλοντας όμως την ένταση του ανέμου.

| | |
|---|--|
| Ημερομηνία & Ώρα εκδήλωσης συμβάντος | 06/04/2016 06.00 π.μ. |
| Θέση Συμβάντος | Κόλπος Σούδας |
| Τύπος ατυχήματος | Διαρροή ποσότητας πετρελαίου μετά από ρήγμα στις δεξαμενές πλοίου λόγω πρόσκρουσης του σε βράχια |
| Τύπος διαρρεύσαντος προϊόντος | Καύσιμα (diesel oil) |
| Ποσότητα διαρροής | 6,1 m ³ |
| Χρόνος διαρροής | 2 ώρες |

Πίνακας 8.6 Δεδομένα σεναρίου

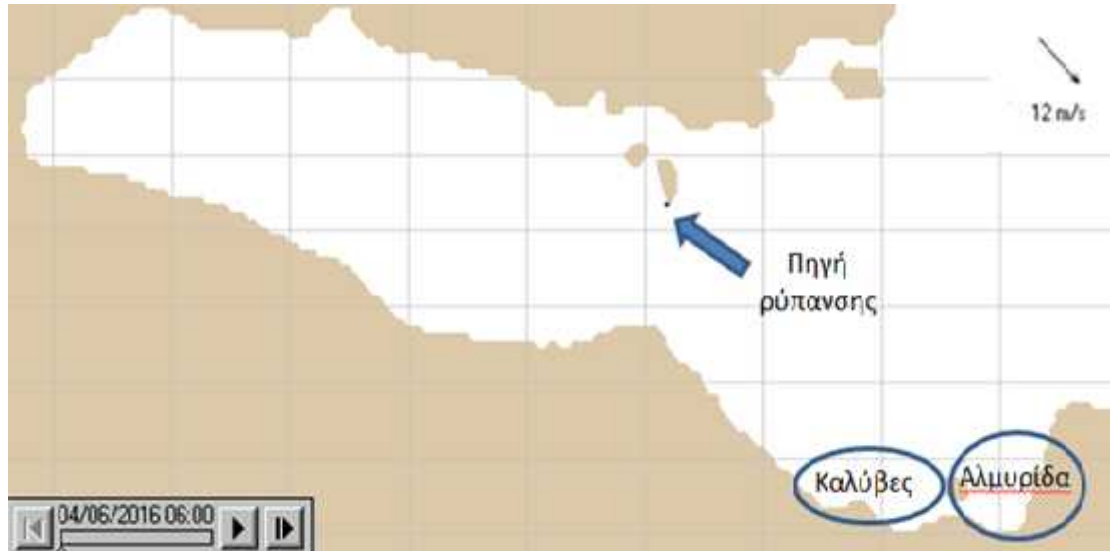
Παρακάτω δίνονται οι καιρικές συνθήκες που θα εισαχθούν στο μοντέλο για τη μελέτη της τροχιάς της πετρελαιοκηλίδας σε σχέση με το χρόνο.

| ΗΜΕΡ/ΝΙΑ | 06/04/2016 | | | | | | | | | | |
|--------------------------|---|---|---|---|---|---|--|---|---|---|---|
| ΩΡΑ | 0600 | 0700 | 0800 | 0900 | 1000 | 1100 | 1200 | 1300 | 1400 | 1500 | 1600 |
| ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΑΝΕΜΟΥ | NNW | NNW | NW | NW | NW | WNW | WNW | NW | NW | NW | NW |
| ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ΕΝΤΑΣΗ ΑΝΕΜΟΥ (m/s) | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΘΑΛΑΣΣΑΣ | 17 ⁰ C | 17 ⁰ C | 17 ⁰ C | 17 ⁰ C | 17 ⁰ C | 17 ⁰ C | 17 ⁰ C | 17 ⁰ C | 17 ⁰ C | 17 ⁰ C | 17 ⁰ C |
| ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 |

Πίνακας 8.7 Καιρικά δεδομένα σεναρίου

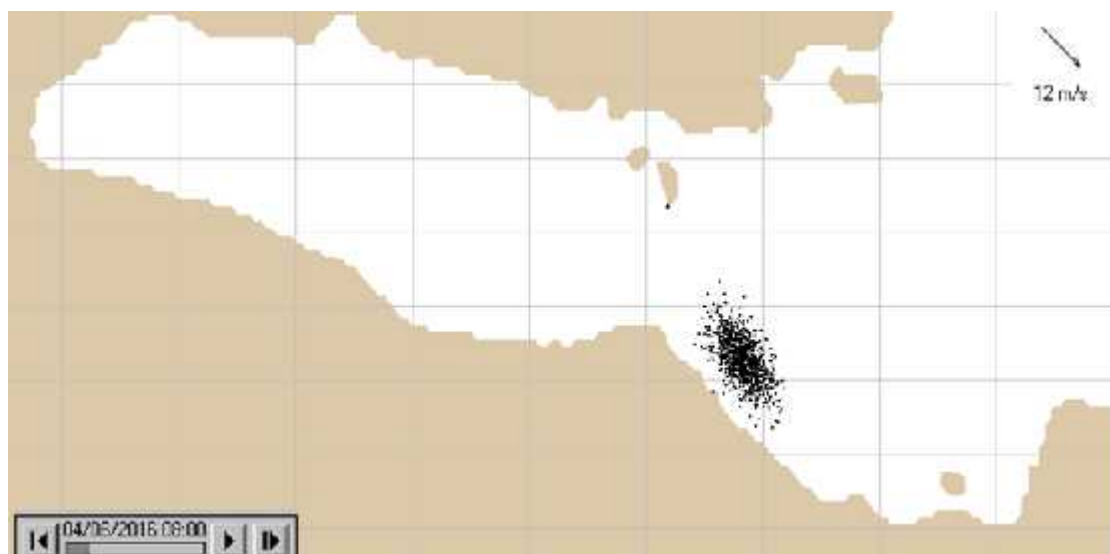
Χρήση μοντέλου GNOME

Αφού φορτώθει το κατάλληλο αρχείο με τον κόλπο της Σούδας στο λογισμικό λαμβάνουμε την παρακάτω εικόνα.



Εικ.8.33 Χάρτης περιοχής μελέτης με χρήση μοντέλου GNOME όπου απεικονίζεται η πηγή ρύπανσης καθώς και οι παραλίες Καλύβες και Αλμυρίδα.

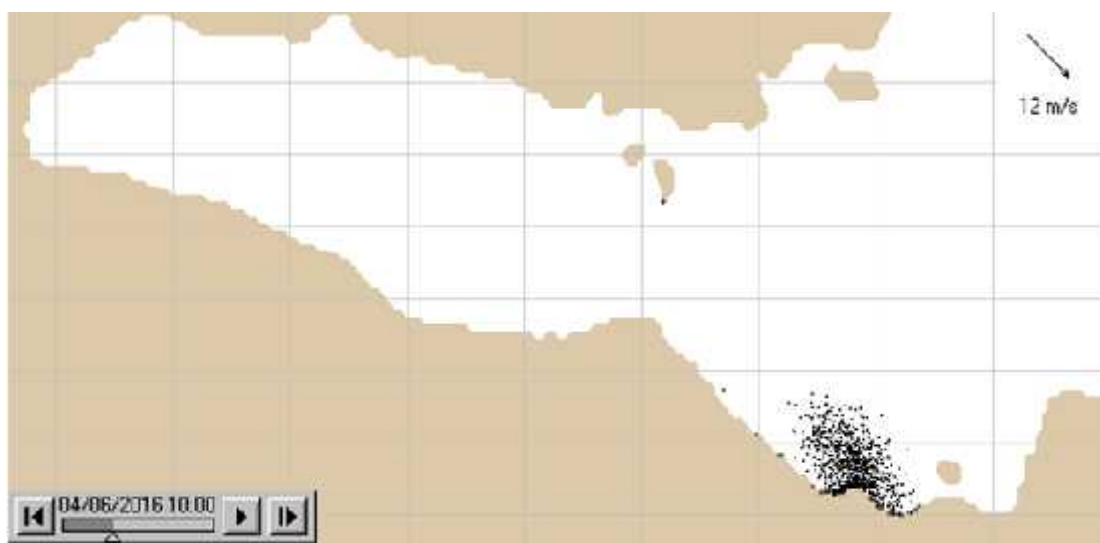
Καταχωρώντας τα παραπάνω δεδομένα τρέχουμε το πρόγραμμα και παρατηρείτε η κατεύθυνση του πλουμίου ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Συγκεκριμένα θα μελετηθεί η μετακίνηση του ανά 2 ώρες έχοντας λάβει υπόψη ότι η έναρξη της διαρροής του πετρελαίου έγινε στις 06:00 π.μ. και διήρκεσε δύο ώρες. Πάνω δεξιά απεικονίζεται η ένταση καθώς και η κατεύθυνση του ανέμου.



Εικ.8.34 Απεικόνιση πλουμίου (Ωρα: 08:00 π.μ.-Διεύθυνση/Ένταση ανέμου NW 12)

Η απόσταση που έχει διανύσει το πλούμιο σε χρονικό διάστημα 2 ωρών και με τις καιρικές συνθήκες που έχουν προαναφερθεί είναι περίπου 1,2 ναυτικά μίλια. Αυτό σημαίνει ότι η πετρελαιοκηλίδα κινείται με μία ταχύτητα περίπου 1,11 km/h. Επίσης η έκταση που καταλαμβάνει η κηλίδα ανέρχεται περίπου σε 1 km². Η έκταση καθώς και η απόσταση που διένυσε η πετρελαιοκηλίδα υπολογίζεται μέσω του υπολογιστικού μοντέλου GNOME.

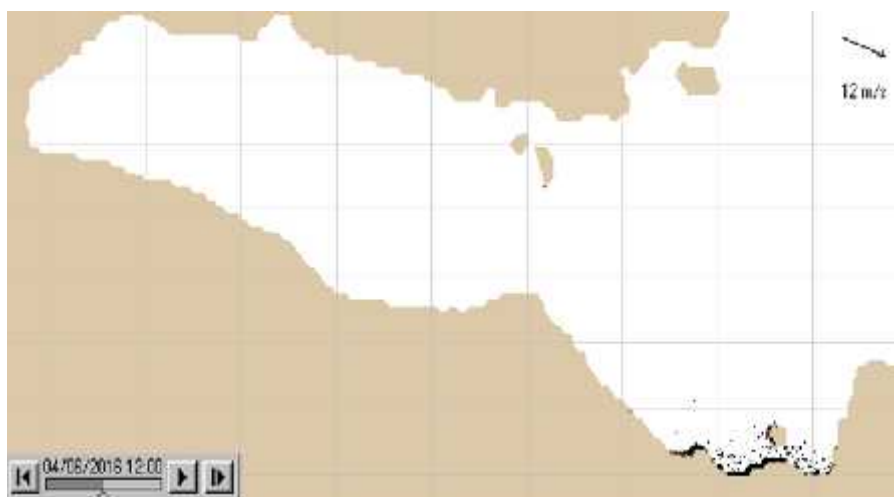
Παρακάτω θα μελετηθεί η εξέλιξη της τροχιάς του πλουμίου για τις επόμενες δύο ώρες δηλαδή στις 10:00 π.μ.



Εικ. 8.35 Απεικόνιση πλουμίου (Ώρα: 10:00 π.μ.-Διεύθυνση/Ένταση ανέμου NW 12)

Η απόσταση που έχει διανύσει το πλούμιο σε χρονικό διάστημα 4 ωρών από τη στιγμή της διαρροής και με τις καιρικές συνθήκες που έχουν προαναφερθεί είναι περίπου 2,4 ναυτικά μίλια. Παρατηρείτε ότι μέρος της πετρελαιοκηλίδας έχει αρχίσει να βρίσκεται στις ακτές. Καθότι η ένταση του ανέμου δεν μεταβάλλεται η ταχύτητα μετακίνησης της κηλίδας παραμένει περίπου η ίδια 1,11 km/h. Επίσης η έκταση στο θαλάσσιο περιβάλλον που καταλαμβάνει η κηλίδα μετά από 4 ώρες από τη διαρροή ανέρχεται περίπου σε 1,2 km². Εδώ θα πρέπει να τονιστεί ότι ένα μέρος της πετρελαιοκηλίδας ήδη βρίσκεται στη ακτή.

Στην παρακάτω εικόνα παρατηρείται η εξέλιξη της κατεύθυνσης του πλουμίου στο επόμενο δίωρο δηλαδή στις 12:00 π.μ. όπου παρατηρείται να έχει αρχίσει να βρίσκεται στις ακτές.

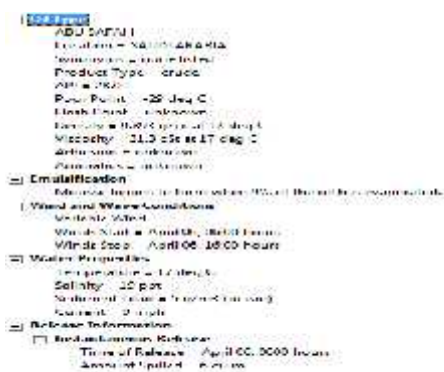


Εικ.8.36 Απεικόνιση πλουμίου (Ωρα: 12:00 π.μ.-Διεύθυνση/Ένταση ανέμου WMW 12)

Μπορεί εύκολα να διαπιστωθεί ότι σχεδόν όλη η ποσότητα του πετρελαίου έχει φτάσει στις ακτές. Η ποσότητα του πετρελαίου έχει καλύψει σχεδόν 2,5 χλμ των ακτών επηρεάζοντας τις λιμενικές υποδομές που υπάρχουν εκεί.

Χρήση μοντέλου ADIOS

Ακολούθως θα εξετάσουμε τις φυσικοχημικές ιδιότητες της πετρεαλιοκηλιδας σε σχέση με το χρόνο χρησιμοποιώντας το μοντέλο ADIOS. Έχοντας καταταχωρήσει τα δεδομένα του σεναρίου σύμφωνα με το κεφ.7 παρ.4β. τρέχουμε το πρόγραμμα και κατάλήγουμε να πάρουμε τα ακόλουθα αποτελέσματα.



Πίνακας 8.8. Χαρακτηριστικά Πετρελαίου καθώς και στοιχεία σεναρίου που έχουν καταχωρηθεί στο υπολογιστικό πρόγραμμα.

Πιο αναλυτικά στους παρακάτω πίνακες γίνεται καταγραφή αναλυτικών αποτελεσμάτων σχετικά με την ποσότητα καθώς και το ποσοστό του πετρελαίου που παρέμεινε, διασπάρθηκε και εξατμίστηκε.

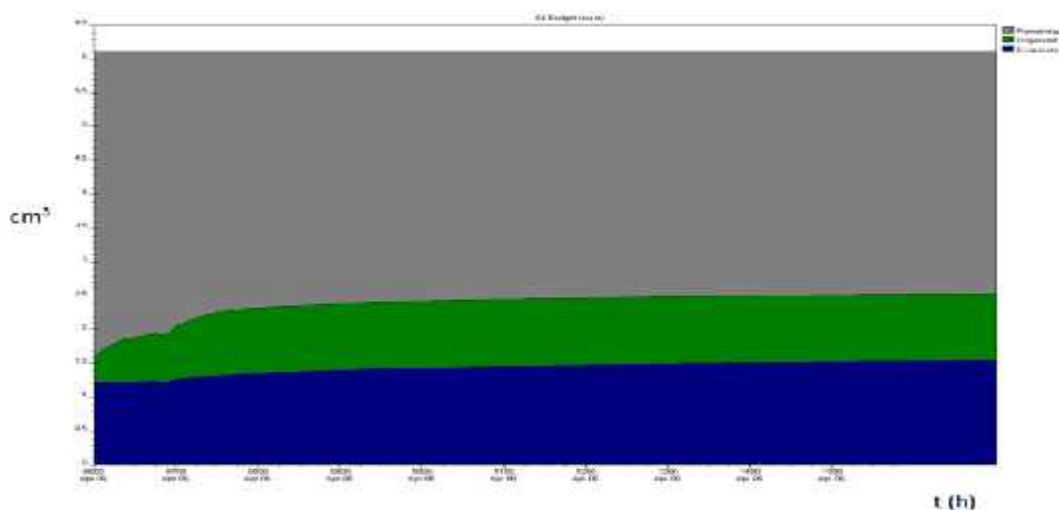
| Χρόνος μετά τη διαρροή (h) | Ποσότητα διαρροής (m ³) | Ποσοστό ποσότητας που εξατμίστηκε | Ποσοστό ποσότητας που διασπάρθηκε | Ποσοστό ποσότητας που παρέμεινε |
|----------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| 2 | 6.10 | 22 | 16 | 62 |
| 3 | 6.10 | 23 | 16 | 61 |
| 4 | 6.10 | 23 | 16 | 61 |
| 5 | 6.10 | 24 | 16 | 60 |
| 6 | 6.10 | 24 | 16 | 60 |
| 7 | 6.10 | 24 | 16 | 60 |
| 8 | 6.10 | 25 | 16 | 59 |
| 9 | 6.10 | 25 | 16 | 59 |
| 10 | 6.10 | 25 | 16 | 59 |
| 11 | 6.10 | 25 | 16 | 59 |

Πίνακας 8.9 Αποτελέσματα φυσικοχημικών ιδιοτήτων πετρελαιοκηλίδας σε σχέση με το χρόνο σε ποσότητα m³

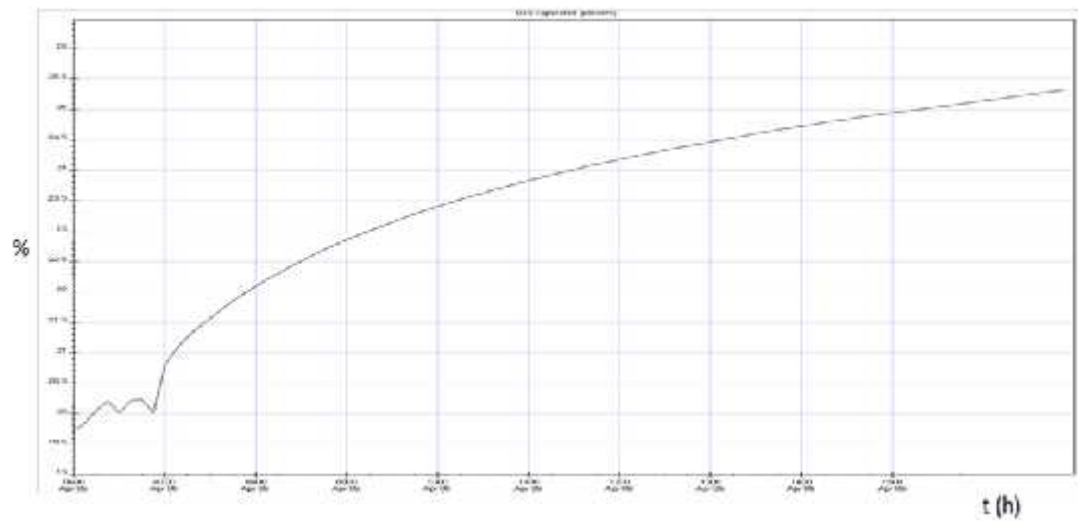
| Χρόνος μετά τη διαρροή (h) | Ποσότητα διαρροής (m ³) | Ποσότητα που εξατμίστηκε (m ³) | Ποσότητα που διασπάρθηκε (m ³) | Ποσότητα που παρέμεινε (m ³) |
|----------------------------|-------------------------------------|--|--|--|
| 2 | 6.10 | 1.31 | 0.96 | 3.81 |
| 3 | 6.10 | 1.39 | 0.97 | 3.74 |
| 4 | 6.10 | 1.42 | 0.98 | 3.70 |
| 5 | 6.10 | 1.45 | 0.98 | 3.67 |
| 6 | 6.10 | 1.47 | 0.98 | 3.65 |
| 7 | 6.10 | 1.49 | 0.98 | 3.63 |
| 8 | 6.10 | 1.51 | 0.98 | 3.62 |
| 9 | 6.10 | 1.52 | 0.98 | 3.60 |
| 10 | 6.10 | 1.53 | 0.98 | 3.59 |
| 11 | 6.10 | 1.54 | 0.98 | 3.58 |

Πίνακας 8.10 Γραφική απεικόνιση σε ποσοστά των φυσικοχημικών ιδιοτήτων του πετρελαίου

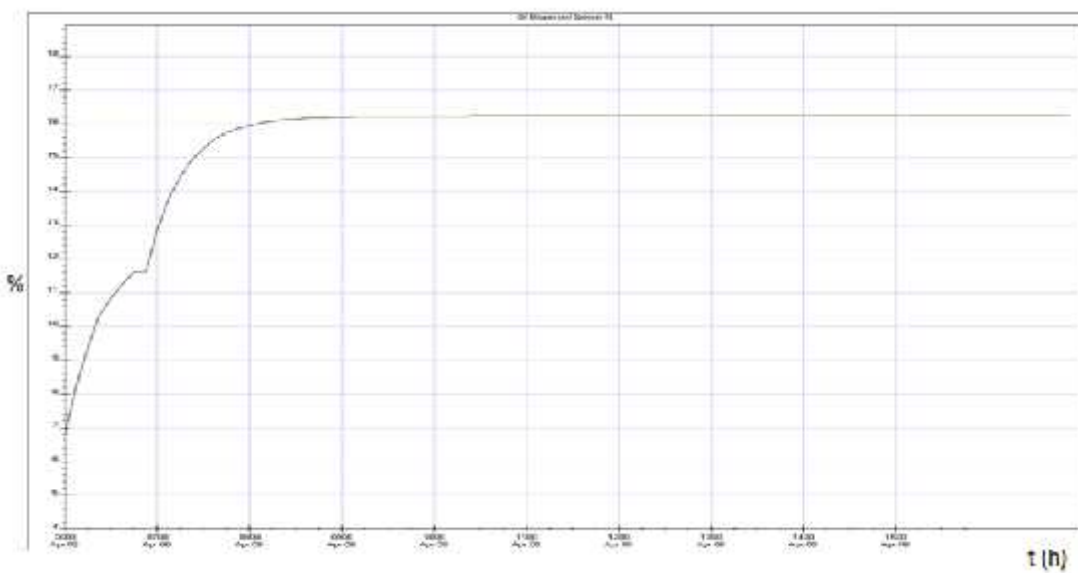
Παρακάτω θα μελετηθούν πιο αναλυτικά μέσω γραφικών παραστάσεων τα φαινόμενα της εξάτμισης, της διασποράς, της ποσότητας πετρελαίου που παραμένει σε σχέση με το χρόνο καθώς και η μεταβολή της πυκνότητας, του ιξώδους και της περιεκτικότητας του νερού στο πετρέλαιο.



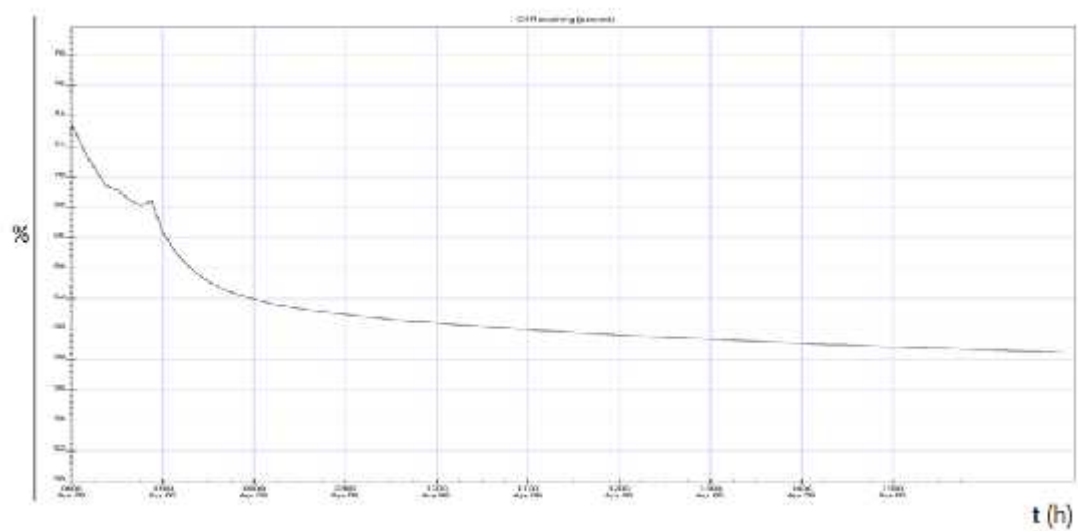
Εικ.8.37 Αποτελέσματα φυσικοχημικών ιδιοτήτων πετρελαιοκηλίδας σε σχέση με το χρόνο επί της %



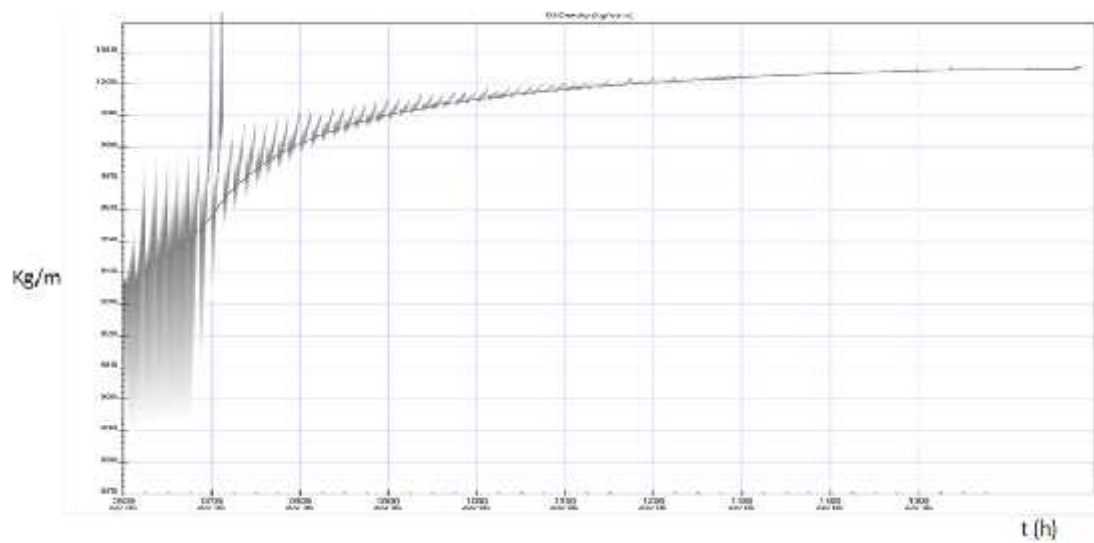
Εικ.8.38 Γραφική απεικόνιση φαινομένου εξάτμισης



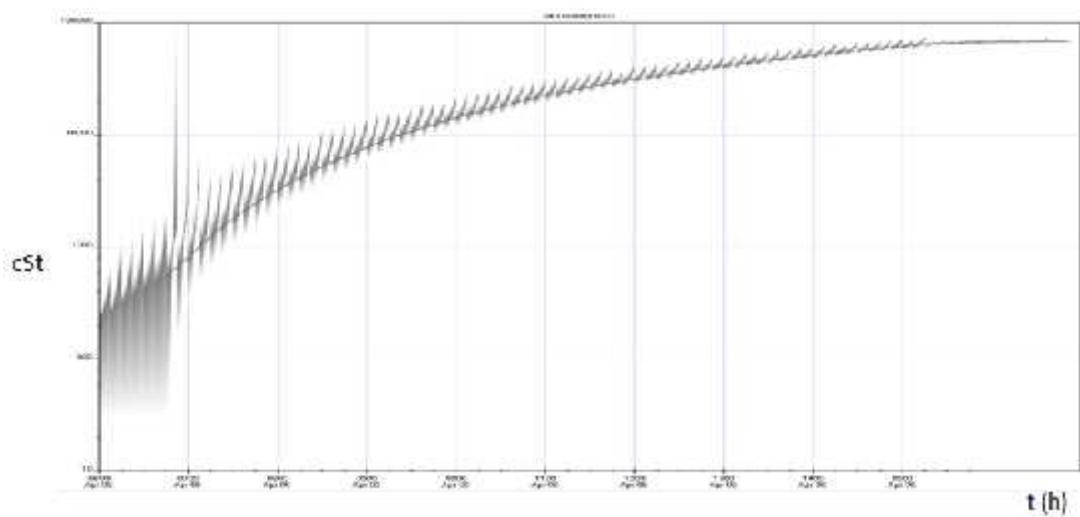
Εικ.8.39 Γραφική απεικόνιση φαινομένου διασποράς



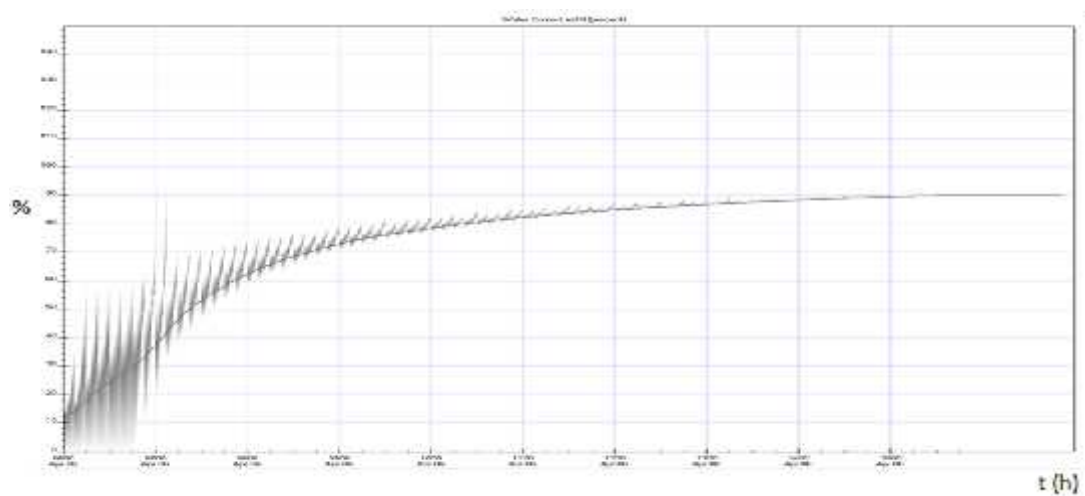
Εικ.8.40 Γραφική απεικόνιση παραμένουσας ποσότητας πετρελαίου.



Εικ.8.41 Γραφική απεικόνιση πυκνότητας πετρελαίου



Εικ.8.42 Γραφική απεικόνιση ιξώδες πετρελαίου



Εικ.8.43 Γραφική απεικόνιση περιεκτικότητας νερού στο πετρέλαιο

ΣΕΝΑΡΙΟ 2














Στην περίπτωση αυτή θα εξετασθεί το σενάριο όπου λόγω δυσμενών καιρικών συνθηκών έχουμε πρόσκρουση ενός δεξαμενοπλοίου στο λιμένα Σούδας. Η μοντελοποίηση θα εξετάσει μια ποσότητα διαρροής πετρελαίου 5 τόνων ($6,1 \text{ m}^3$).

Στο λογισμικό καταχωρήθηκε μια τυχαία ημερομηνία 06 Απριλίου 2016 καθώς και μία τυχαία ώρα έναρξης διαρροής πετρελαιοκηλίδας 06:00 π.μ.

| | |
|--------------------------------------|--|
| Ημερομηνία & Ώρα εκδήλωσης συμβάντος | 06/04/2016 06.00 π.μ. |
| Θέση Συμβάντος | Κόλπος Σούδας |
| Τύπος ατυχήματος | Διαρροή ποσότητας πετρελαίου μετά από ρήγμα στις δεξαμενές πλοίου λόγω πρόσκρουσης του στην προβλήτα του λιμένα Σούδας |
| Τύπος διαρρεύσαντος προϊόντος | Καύσιμα (diesel oil) |
| Ποσότητα διαρροής | $6,1 \text{ m}^3$ |
| Χρόνος διαρροής | 2 ώρες |

Πίνακας 8.11 Δεδομένα σεναρίου

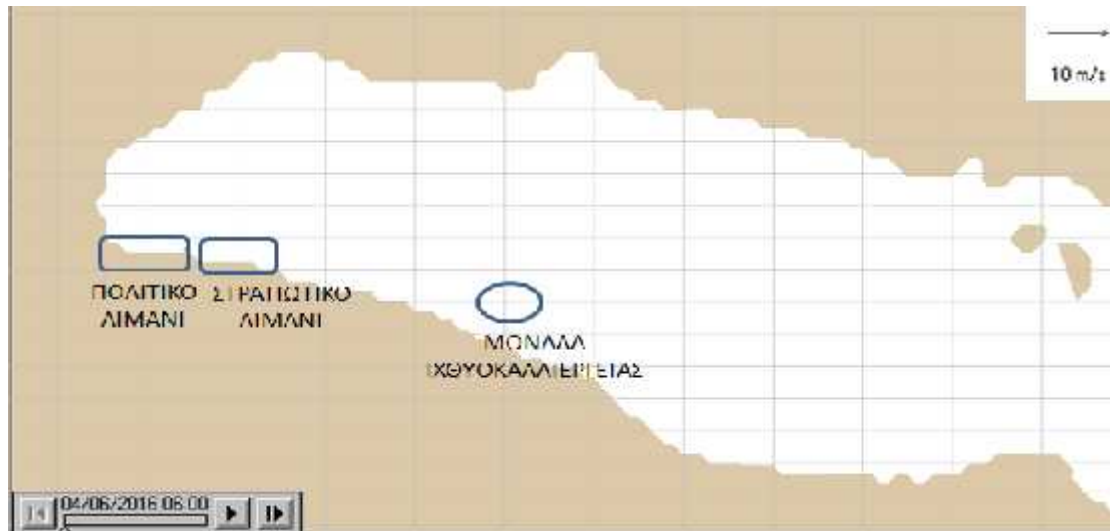
Παρακάτω δίνονται οι καιρικές συνθήκες που θα εισαχθούν στο μοντέλο για τη μελέτη της τροχιάς της πετρελαιοκηλίδας σε σχέση με το χρόνο.

| ΗΜΕΡ/ΝΙΑ | 06/04/2016 | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|---|---|---|---|---|---|---|--|---|---|---|---|---|
| ΩΡΑ | 0600 | 0700 | 0800 | 0900 | 1000 | 1100 | 1200 | 1300 | 1400 | 1500 | 1600 | 1700 | 1800 |
| ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΑΝΕΜΟΥ | W | W | W | NW | NW | NW | NW | NW | NW | NW | NW | NW | NW |
| ΕΝΤΑΣΗ ΑΝΕΜΟΥ (m/s) | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΘΑΛΑΣΣΑΣ | 17°C | 17°C | 17°C | 17°C | 17°C | 17°C | 17°C | 17°C | 17°C | 17°C | 17°C | 17°C | 17°C |
| ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 |

Πίνακας 8.12 Καιρικά δεδομένα σεναρίου

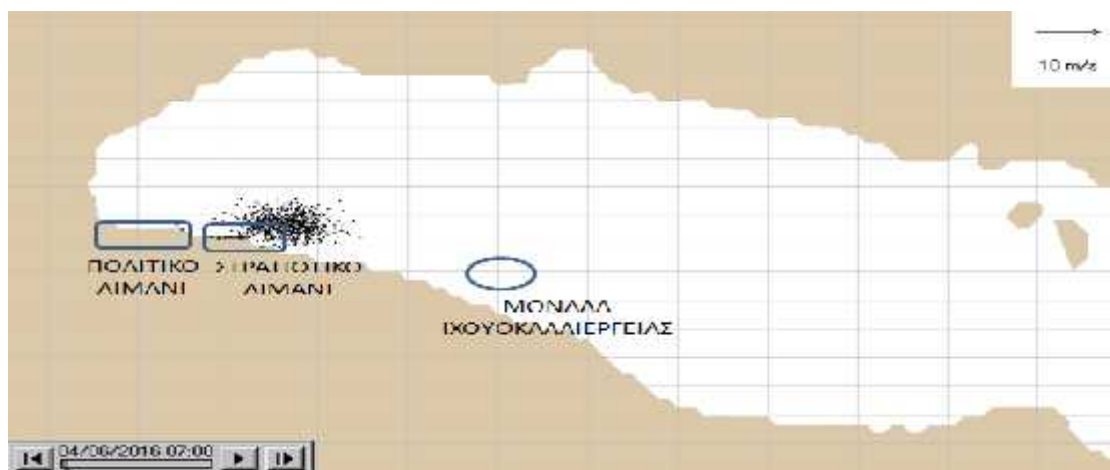
Χρήση μοντέλου GNOME

Αφού φορτώθει το κατάλληλο αρχείο με τον κόλπο της Σούδας στο λογισμικό λαμβάνουμε την παρακάτω εικόνα.



Εικ.8.44 Χάρτης περιοχής μελέτης με χρήση μοντέλου GNOME όπου απεικονίζονται οι πολιτικές και στρατιωτικές λιμενικές εγκαταστάσεις καθώς και οι εγκαταστάσεις της μονάδας ιχθυοκαλλιέργειας

Καταχωρώντας τα παραπάνω δεδομένα τρέχουμε το πρόγραμμα και παρατηρείται η τροχιά της πετρελαιοκηλίδας ανά τακτά χρονικά διαστήματα έχοντας λάβει υπόψη ότι η έναρξη της διαρροής του πετρελαίου έγινε στις 06:00 π.μ. και διήρκεσε δύο ώρες. Πάνω δεξιά απεικονίζεται η ένταση καθώς και η κατεύθυνση του ανέμου.

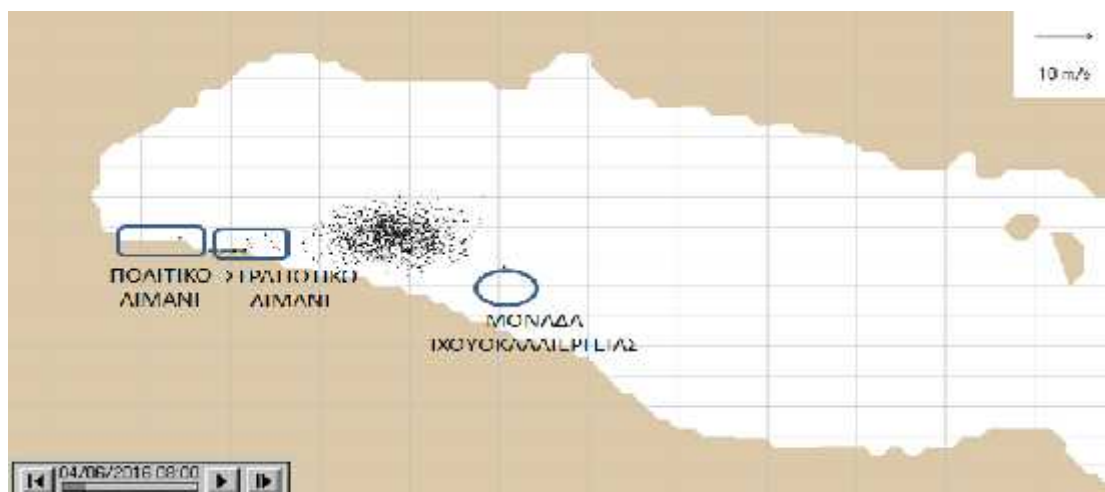


Εικ.8.45 Απεικόνιση πλουμίου (Ώρα: 07:00 π.μ.-Διεύθυνση/ Ένταση ανέμου W 10)

Η απόσταση που έχει διανύσει η πετρελαιοκηλίδα σε χρονικό διάστημα μίας ώρας και με τις καιρικές συνθήκες που έχουμε προαναφέρει είναι περίπου 0,5 ναυτικό μίλι. Αυτό σημαίνει ότι η πετρελαιοκηλίδα κινείται με μία ταχύτητα περίπου 0,926

km/h. Επίσης η έκταση που καταλαμβάνει η κηλίδα ανέρχεται περίπου σε $0,83 \text{ km}^2$. Η έκταση υπολογίζεται μέσω του υπολογιστικού προγράμματος GNOME.

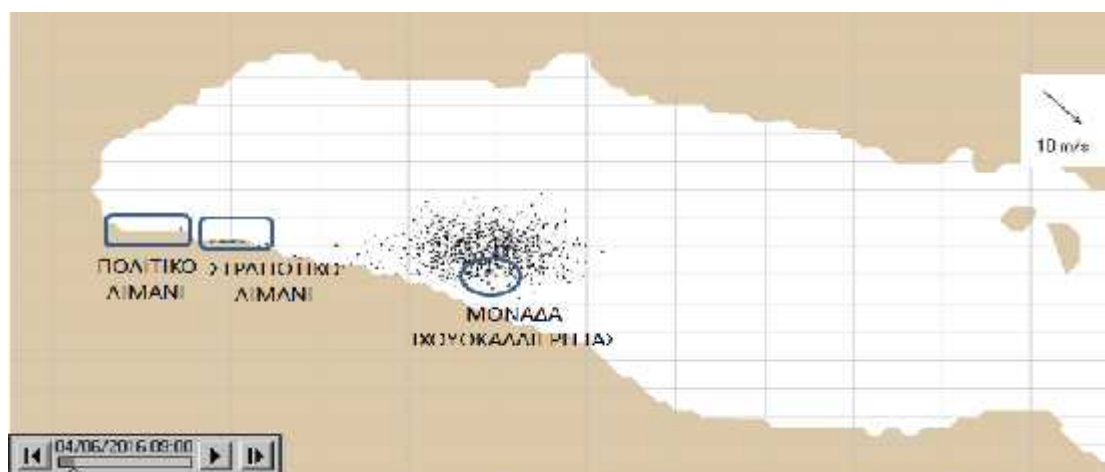
Παρακάτω παρατηρείται η εξέλιξη της κατεύθυνσης του πλουμίου για την επόμενη ώρα δηλαδή στις 08:00 π.μ. όπου εύκολα μπορεί κάποιος να διαπιστώσει τη μετακίνηση καθώς και την εξάπλωση του.



Εικ.8.46 Απεικόνιση πλουμίου (Ώρα: 08:00 π.μ.-Διεύθυνση/Ένταση ανέμου W 10)

Η απόσταση που έχει διανύσει το πλούμιο σε χρονικό διάστημα 2 ωρών και με τις καιρικές συνθήκες που έχουν προαναφερθεί είναι περίπου 1 ναυτικό μίλι. Αυτό σημαίνει ότι η πετρελαιοκηλίδα κινείται με μία ταχύτητα περίπου $0,926 \text{ km/h}$. Επίσης η έκταση που καταλαμβάνει το πλούμιο ανέρχεται περίπου σε $0,87 \text{ km}^2$.

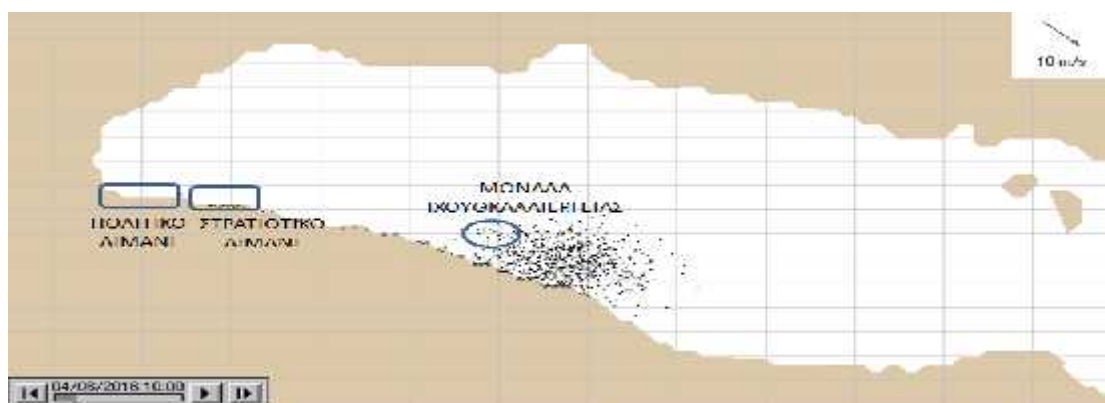
Παρακάτω θα μελετηθεί η εξέλιξη του πλουμίου για την επόμενη ώρα δηλαδή στις 09:00 π.μ. Παρατηρείτε ότι ένα μέρος της πετρελαιοκηλίδας διέρχεται από τις εγκαταστάσεις ιχθυοκαλλιέργειας.



Εικ.8.47 Απεικόνιση πλουμίου (Ώρα: 09:00 π.μ.-Διεύθυνση/Ένταση ανέμου NW 10)

Η απόσταση που έχει διανύσει η πετρελαιοκηλίδα σε χρονικό διάστημα 3 ωρών από τη στιγμή της διαρροής και με τις καιρικές συνθήκες που έχουμε προαναφέρει είναι περίπου 1,5 ναυτικό μίλι.

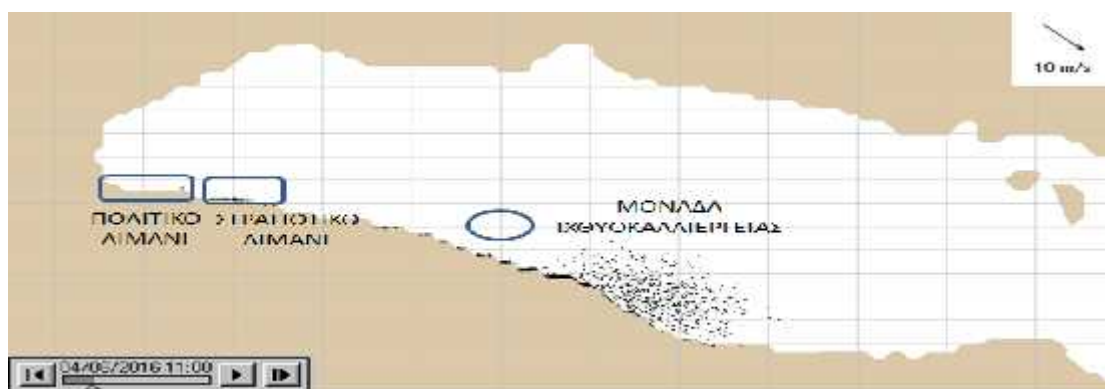
Παρακάτω απεικονίζεται η εξέλιξη της κατεύθυνσης και της εξάπλωσης του πλουμίου για την επόμενη ώρα δηλαδή στις 10:00 π.μ. όπου παρατηρείτε ότι η πετρελαιοκηλίδα έχει αρχίσει ήδη να βρίσκεται στις ακτές.



Εικ.8.48 Απεικόνιση πλουμίου (Ώρα: 10:00 π.μ.-Διεύθυνση/Ένταση ανέμου NW 10)

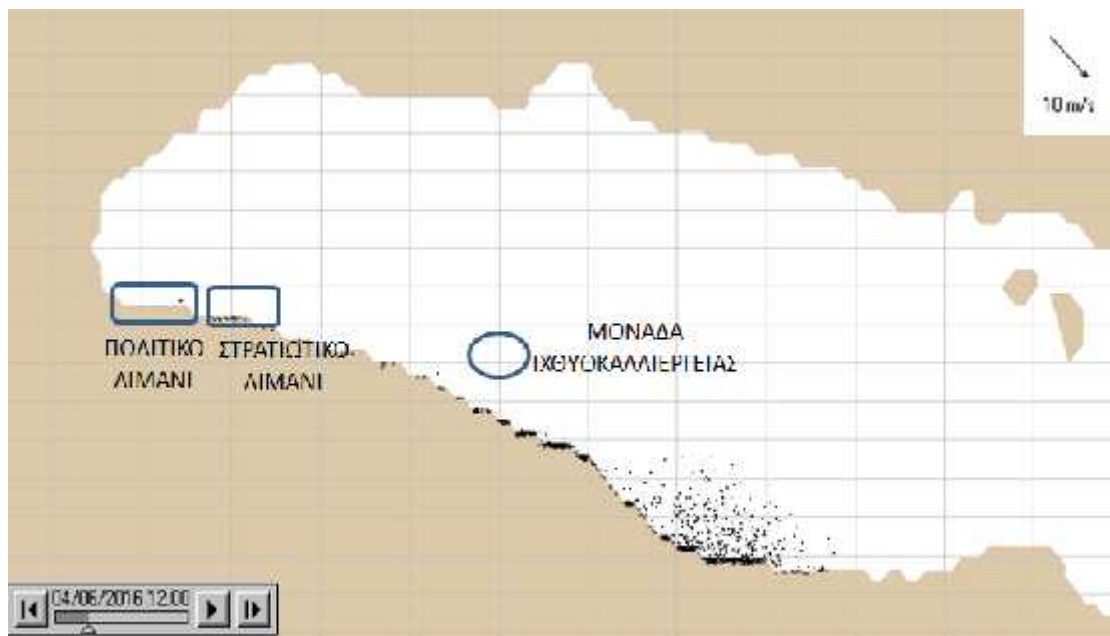
Η απόσταση που έχει διανύσει το πλούμιο σε χρονικό διάστημα 4 ωρών από τη στιγμή της διαρροής και με τις καιρικές συνθήκες που έχουν προαναφερθεί είναι περίπου 1,83 ναυτικά μίλια. Επίσης η έκταση που καταλαμβάνει το πλούμιο στο θαλάσσιο περιβάλλον ανέρχεται περίπου σε 1 km² λαμβάνοντας υπόψη ότι ένα μέρος του βρίσκεται ήδη στις ακτές.

Στο παρακάτω σχήμα παρατηρείται η εξέλιξη του πλουμίου για την επόμενη ώρα (11:00 π.μ.) όπου διαπιστώνεται ότι η απόσταση που έχει διανύσει είναι περίπου 2,28 ναυτικά μίλια.



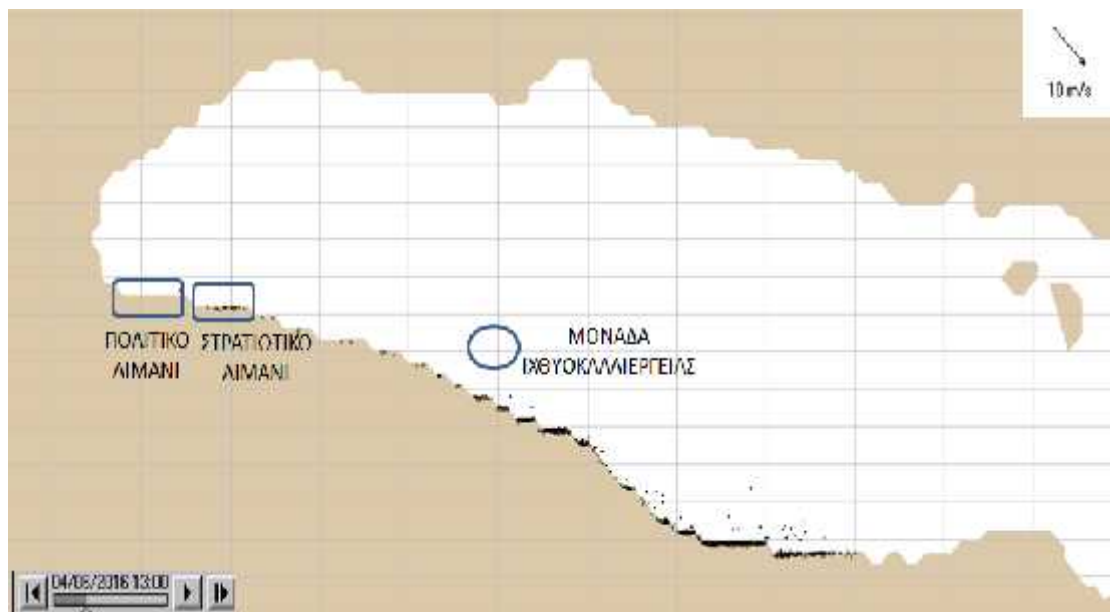
Εικ.8.49 Απεικόνιση πλουμίου (Ώρα: 11:00 π.μ.-Διεύθυνση/Ένταση ανέμου NW 10)

Την επόμενη ώρα δηλαδή στις 12:00 π.μ. η απόσταση που έχει διανύσει το πλούμιο είναι περίπου 2,9 ναυτικά μίλια.



Εικ.8.50 Απεικόνιση πλουμίου (Ωρα: 12:00 π.μ.-Διεύθυνση/ Ένταση ανέμου NW 10)

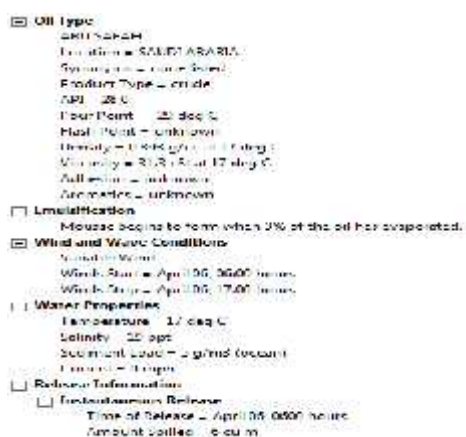
Παρακάτω θα δούμε την τελική κατάληξη της πετρελαιοκηλίδας όπου μπορούμε να διαπιστώσουμε σχεδόν όλη η ποσότητα της πετρελαιοκηλίδας έχει φτάσει στις ακτές. Η πετρελαιοκηλίδα έχει απλωθεί σε μεγάλο τμήμα της ακτογραμμής επηρεάζοντας τις λιμενικές εγκαταστάσεις που βρίσκονται εκεί. Η πετρελαιοκηλίδα έχει καλύψει σχεδόν 5,6 χλμ των ακτών.



Εικ.8.51 Απεικόνιση πετρελαιοκηλίδας (Ωρα: 13:00-Διεύθυνση/ Ένταση ανέμου NW 10)

Χρήση μοντέλου ADIOS

Ακολουθώντας θα εξετάσουμε τις φυσικοχημικές ιδιότητες της πετρεαλιοκηλιδας σε σχέση με το χρόνο χρησιμοποιώντας το μοντέλο ADIOS. Έχοντας καταχωρήσει τα δεδομένα του σεναρίου σύμφωνα με το κεφ.7.4.β. τρέχουμε το πρόγραμμα και κατάλληγουμε να πάρουμε τα ακόλουθα αποτελέσματα.



Πίνακας 8.13 Χαρακτηριστικά Πετρελαίου καθώς και στοιχεία σεναρίου που έχουν καταχωρηθεί στο υπολογιστικό πρόγραμμα.

Πιο αναλυτικά στους παρακάτω πίνακες γίνεται καταγραφή αναλυτικών αποτελεσμάτων σχετικά με την ποσότητα καθώς και το ποσοστό του πετρελαίου που παρέμεινε, εξατμίστηκε και διασπάρθηκε σε σχέση με το χρόνο.

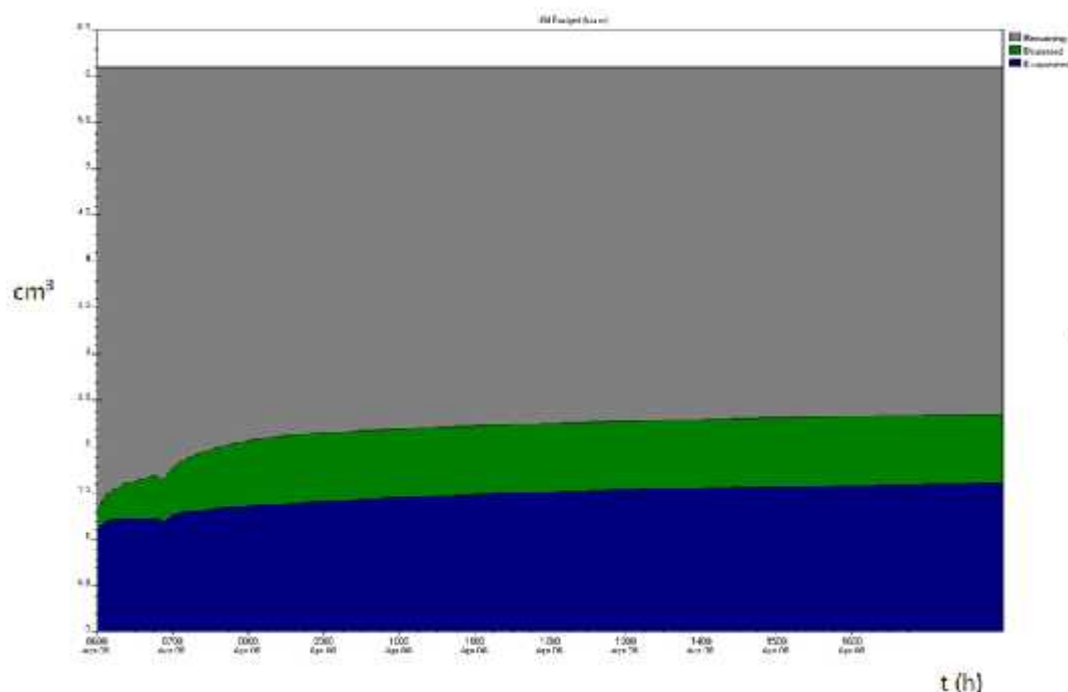
| Χρόνος μετά τη διαρροή (h) | Ποσότητα διαρροής (m3) | Ποσοστό ποσότητας που εξατμίστηκε | Ποσοστό ποσότητας που διασπάρθηκε | Ποσοστό ποσότητας που παρέμεινε |
|----------------------------|------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| 2 | 6.10 | 22 | 12 | 66 |
| 3 | 6.10 | 23 | 12 | 65 |
| 4 | 6.10 | 24 | 12 | 64 |
| 5 | 6.10 | 24 | 12 | 63 |
| 6 | 6.10 | 25 | 12 | 63 |
| 7 | 6.10 | 25 | 12 | 63 |
| 8 | 6.10 | 25 | 12 | 62 |
| 9 | 6.10 | 26 | 12 | 62 |
| 10 | 6.10 | 26 | 12 | 62 |
| 11 | 6.10 | 26 | 12 | 62 |

Πιν.8.14 Ποσοστιαία αποτελέσματα φαινομένου εξατμίσσης και διασποράς σε σχέση με το χρόνο

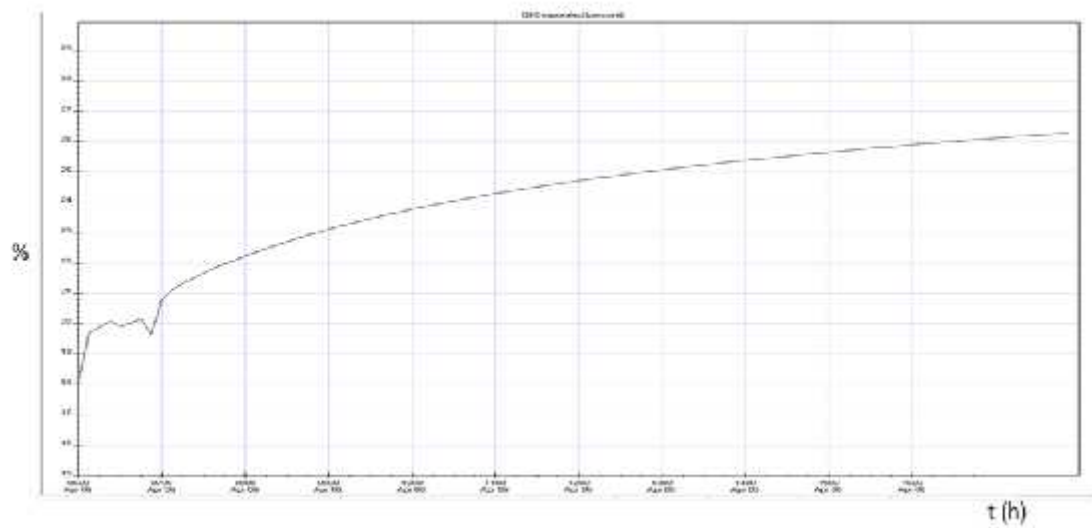
| Χρονος μετά τη δι.αρροή (h) | Ποσότητα δι.αρροής (m ³) | Ποσότητα που εξάτμηστηκε (m ³) | Ποσότητα που διασπάρθηκε (m ³) | Ποσότητα που παρέμεινε (m ³) |
|--------------------------------|---|---|---|---|
| 2 | 6.10 | 1.35 | 0.71 | 4.04 |
| 3 | 6.10 | 1.41 | 0.75 | 3.95 |
| 4 | 6.10 | 1.45 | 0.75 | 3.90 |
| 5 | 6.10 | 1.48 | 0.76 | 3.87 |
| 6 | 6.10 | 1.51 | 0.76 | 3.84 |
| 7 | 6.10 | 1.53 | 0.76 | 3.82 |
| 8 | 6.10 | 1.55 | 0.76 | 3.80 |
| 9 | 6.10 | 1.56 | 0.76 | 3.78 |
| 10 | 6.10 | 1.58 | 0.76 | 3.77 |
| 11 | 6.10 | 1.59 | 0.76 | 3.75 |

Πιν. 8.15 Ποσοτικά αποτελέσματα φαινομένου εξάτμισης και διασποράς

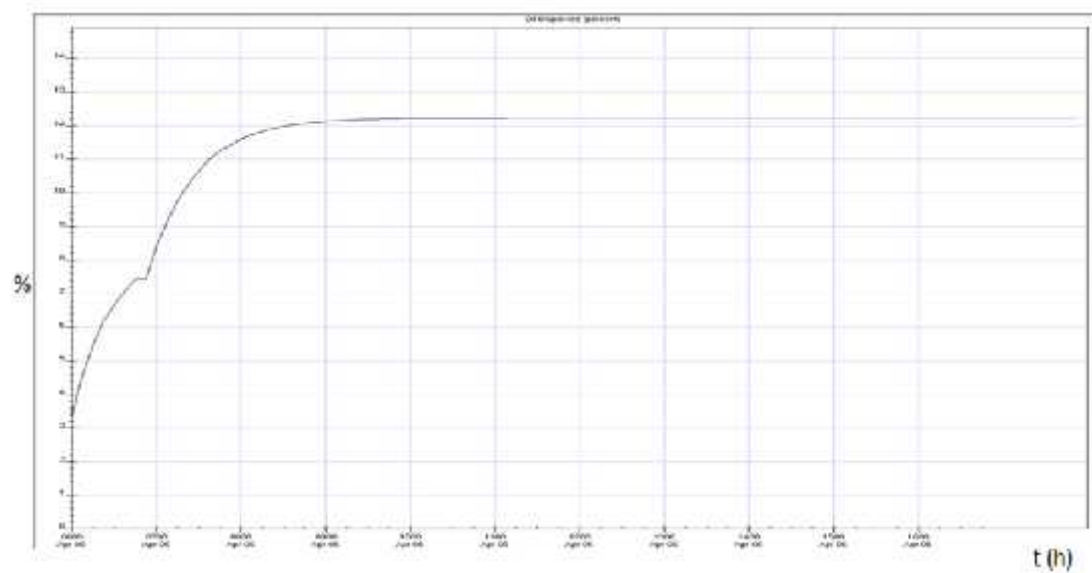
Παρακάτω θα μελετηθούν πιο αναλυτικά μέσω γραφικών παραστάσεων τα φαινόμενα της εξάτμισης, της διασποράς, της ποσότητας πετρελαίου που παραμένει σε σχέση με το χρόνο καθώς και η μεταβολή της πυκνότητας, του ιξώδους και της περιεκτικότητας του νερού στο πετρέλαιο.



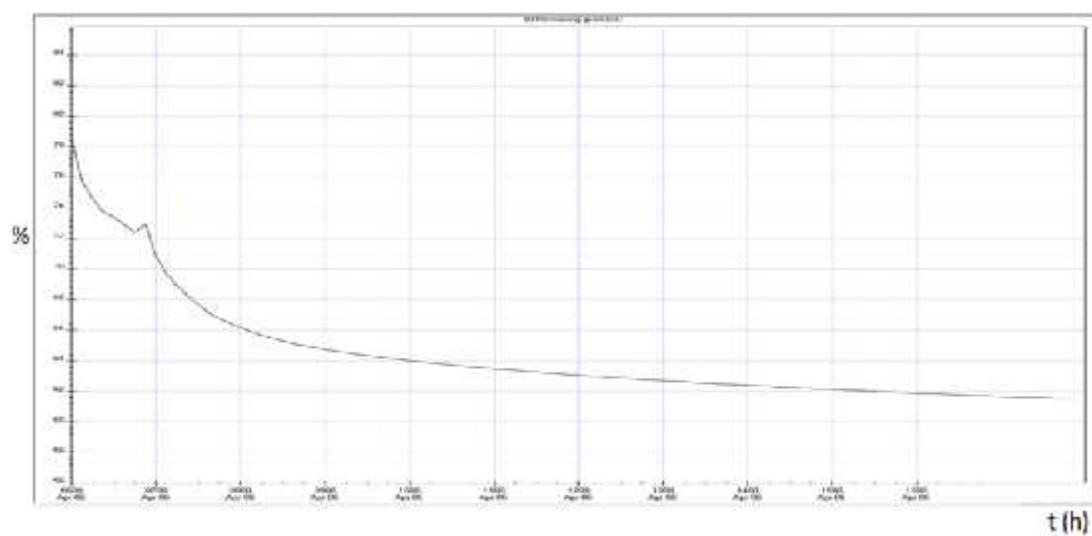
Εικ.8.52 Γραφική απεικόνιση σε ποσοστά των φυσικοχημικών ιδιοτήτων του πετρελαίου



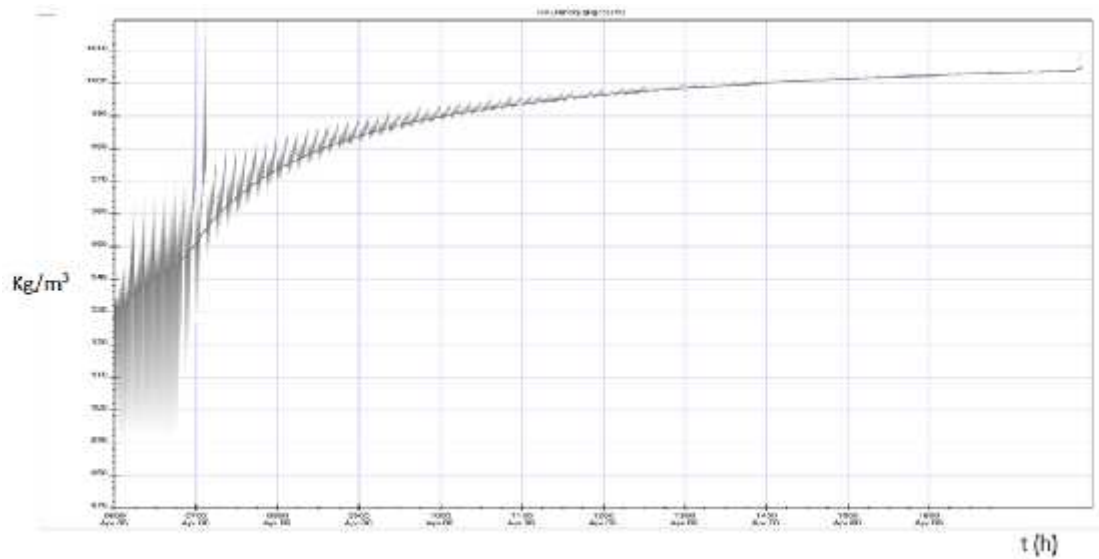
Εικ.8.53 Γραφική απεικόνιση φαινομένου εξάτμισης



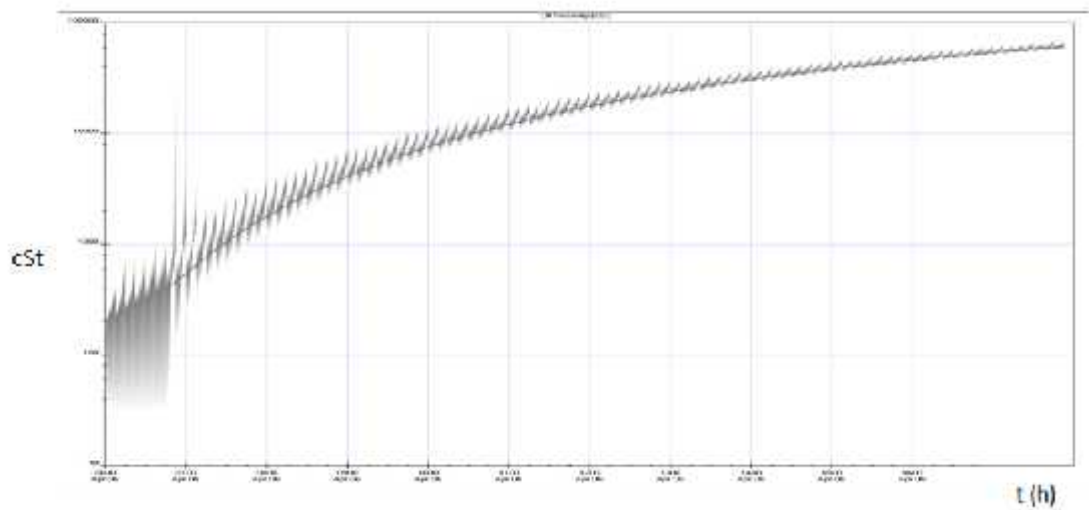
Εικ.8.54 Γραφική απεικόνιση φαινομένου διασποράς



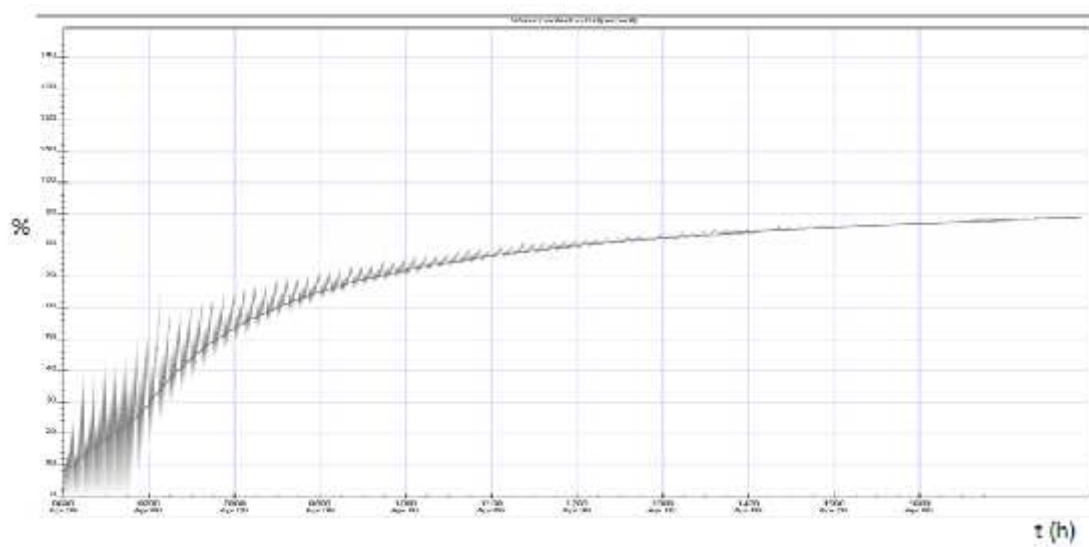
Εικ.8.55 Γραφική απεικόνιση παραμένουσας ποσότητας πετρελαίου.



Εικ.8.56 Γραφική απεικόνιση πυκνότητας πετρελαίου



Εικ.8.57 Γραφική απεικόνιση ιξώδες πετρελαίου



Εικ.8.58 Γραφική απεικόνιση περιεκτικότητας νερού στο πετρέλαιο

ΣΕΝΑΡΙΟ 3












Περίπτωση 1

Στην περίπτωση αυτή θα εξετάσουμε το σενάριο όπου παρατηρείται διαρροή πετρελαίου από τον αγωγό μεταφοράς πετρελαίου της ΔΕΗ στη λιμενικής εγκατάστασης της Σούδας. Η μοντελοποίηση θα εξετάσει μια ποσότητα διαρροής πετρελαίου 5 τόνων ($6,1 \text{ m}^3$). Στο λογισμικό καταχωρήσαμε μια τυχαία ημερομηνία και ώρα έναρξης διαρροής πετρελαίου (06 Απριλίου 2016, 06:00 π.μ.).

| | |
|--------------------------------------|---|
| Ημερομηνία & Ώρα εκδήλωσης συμβάντος | 06/04/2016 06.00 π.μ. |
| Θέση Συμβάντος | Κόλπος Σούδας |
| Τύπος ατυχήματος | Διαρροή ποσότητας πετρελαίου από τον αγωγό μεταφοράς πετρελαίου της ΔΕΗ στη λιμενική εγκατάσταση της Σούδας |
| Τύπος διαρρεύσαντος προϊόντος | Καύσιμα (diesel oil) |
| Ποσότητα διαρροής | $6,1 \text{ m}^3$ |
| Χρόνος διαρροής | 1 ώρα |

Πίνακας 8.16 Δεδομένα σεναρίου

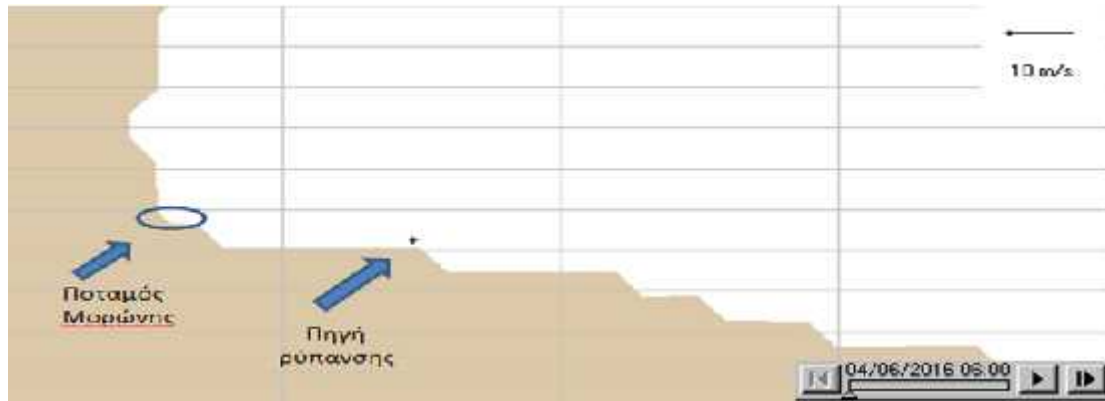
Παρακάτω δίνονται οι καιρικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή σε σχέση με το χρόνο για την περιοχή μελέτης.

| ΗΜΕΡ/ΝΙΑ | 06/04/2016 | | | | | | | | | | |
|--------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ΩΡΑ | 0600 | 0700 | 0800 | 0900 | 1000 | 1100 | 1200 | 1300 | 1400 | 1500 | 1600 |
| ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΑΝΕΜΟΥ | E | E | E | E | E | E | E | E | E | E | E |
| ΕΝΤΑΣΗ ΑΝΕΜΟΥ (m/s) | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΘΑΛΑΣΣΑΣ | 17°C | 17°C | 17°C | 17°C | 17°C | 17°C | 17°C | 17°C | 17°C | 17°C | 17°C |
| ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 |

Πίνακας 8.17 Καιρικά δεδομένα σεναρίου

Χρήση μοντέλου GNOME

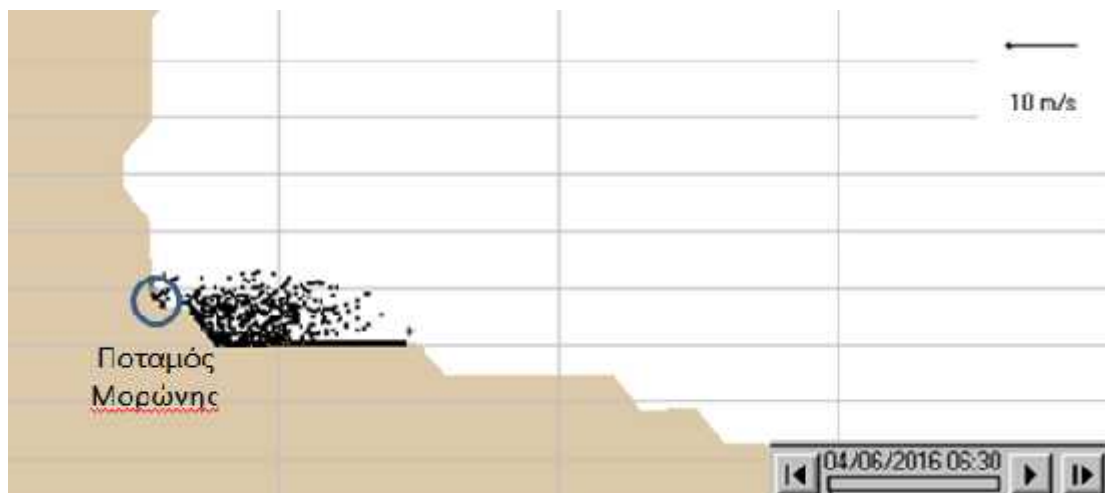
Αφού φορτώθει το κατάλληλο αρχείο με τον κόλπο της Σούδας στο λογισμικό λαμβάνουμε την παρακάτω εικόνα.



Εικ.8.59 Χάρτης περιοχής μελέτης με χρήση μοντέλου GNOME που απεικονίζεται ο αγωγός της ΔΕΗ καθώς και ο ποταμός Μορώνης

Καταχωρώντας τα παραπάνω δεδομένα τρέχουμε το πρόγραμμα και παρατηρείται η εξέλιξη του πλουμίου ανά τακτά χρονικά διαστήματα έχοντας λάβει υπόψη ότι η έναρξη της διαρροής του πετρελαίου έγινε στις 06:00 π.μ. και σταμάτησε μετά από μία ώρα. Πάνω δεξιά απεικονίζεται η ένταση καθώς και η κατεύθυνση του ανέμου.

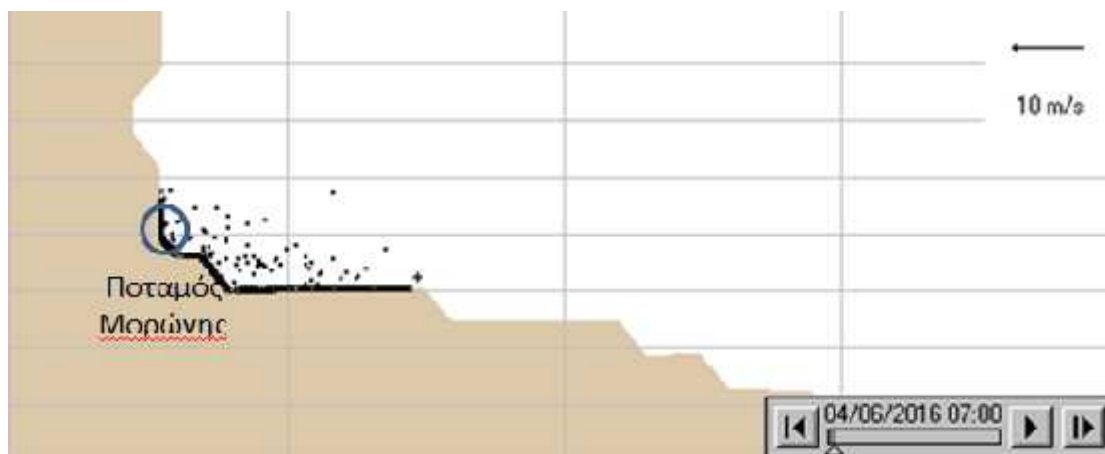
Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται η κατεύθυνση και η εξάπλωση του πλουμίου μετά από μισή ώρα από τη στιγμή της διαρροής (06:30 π.μ.).



Εικ.8.60 Απεικόνιση πλουμίου (Ώρα: 06:30 π.μ.-Διεύθυνση/Ένταση ανέμου E 10)

Παρατηρείται ότι μισή ώρα μετά την έναρξη της διαρροής ένα μικρό μέρος της πετρελαιοκηλίδας έχει φθάσει στον ποταμό Μορώνη.

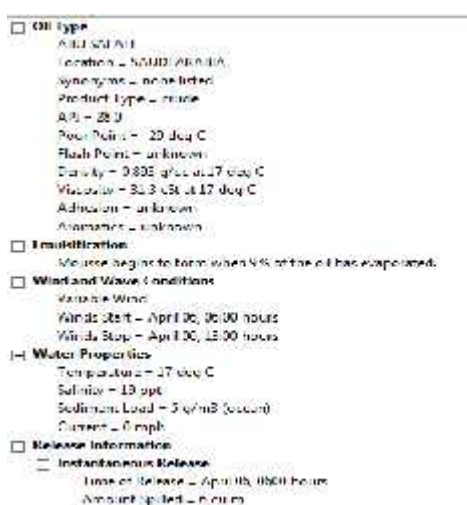
Παρακάτω απεικονίζεται η εξέλιξη του πλουμίου για τα επόμενα τριάντα λεπτά δηλαδή στις 07:00 όπου ένα μεγάλο μέρος της ποσότητας του πετρελαίου έχει φθάσει στον ποταμό Μορώνη και ένα άλλο μεγάλο μέρος έχει καλύψει τις λιμενικές εγκαταστάσεις.



Εικ.8.61 Απεικόνιση πλουμίου (Ωρα: 07:00 π.μ.-Διεύθυνση/ Ένταση ανέμου E 10)

Χρήση μοντέλου ADIOS

Ακολουθώντας θα εξετάσουμε τις φυσικοχημικές ιδιότητες της πετρεαλιοκηλιδας σε σχέση με το ρόνο χρησιμοποιώντας το μοντέλο ADIOS. Έχοντας καταταχωρήσει τα δεδομένα του σεναρίου σύμφωνα με το κεφ.7.4.β. τρέχουμε το πρόγραμμα και κατάλήγουμε να πάρουμε τα ακόλουθα αποτελέσματα.



Πίνακας 8.18 Χαρακτηριστικά Πετρελαίου καθώς και στοιχεία σεναρίου που έχουν καταχωρηθεί στο υπολογιστικό πρόγραμμα.

Πιο αναλυτικά στους παρακάτω πίνακες γίνεται καταγραφή αναλυτικών αποτελεσμάτων σχετικά με την ποσότητα καθώς και το ποσοστό του πετρελαίου που παρέμεινε, διασπάθηκε και εξατμίστηκε.

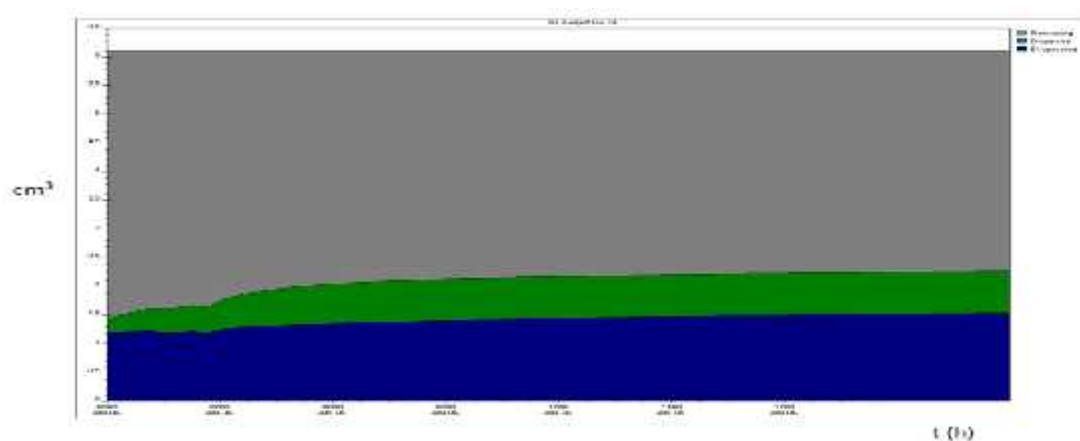
| Χρόνος μετά τη διαρροή (h) | Ποσότητα διαρροής (m3) | Ποσοστό ποσότητας που εξατμίστηκε | Ποσοστό ποσότητας που διασπάρθηκε | Ποσοστό ποσότητας που παρέμεινε |
|----------------------------|------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| 2 | 5.10 | 22 | 11 | 66 |
| 3 | 5.10 | 23 | 12 | 65 |
| 4 | 5.10 | 24 | 12 | 64 |
| 5 | 5.10 | 24 | 12 | 64 |
| 6 | 5.10 | 25 | 12 | 63 |
| 7 | 5.10 | 25 | 12 | 63 |
| 8 | 5.10 | 25 | 12 | 62 |

Πιν.8.19 Αποτελέσματα φυσικοχημικών ιδιοτήτων πετρελαιοκηλίδας σε σχέση με το χρόνο επί της %.

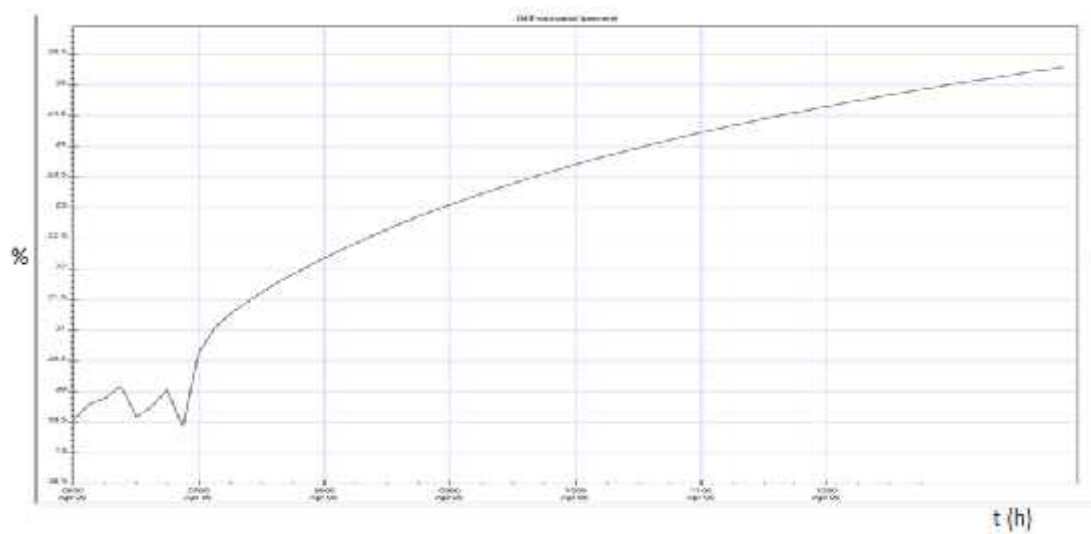
| Χρόνος μετά τη διαρροή (h) | Ποσότητα διαρροής (m3) | Ποσότητα που εξατμίστηκε (m3) | Ποσότητα που διασπάρθηκε (m3) | Ποσότητα που παρέμεινε (m3) |
|----------------------------|------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| 2 | 5.10 | 1.35 | 0.70 | 4.06 |
| 3 | 5.10 | 1.40 | 0.74 | 3.96 |
| 4 | 5.10 | 1.45 | 0.74 | 3.91 |
| 5 | 5.10 | 1.48 | 0.74 | 3.88 |
| 6 | 5.10 | 1.50 | 0.74 | 3.85 |
| 7 | 5.10 | 1.53 | 0.74 | 3.83 |
| 8 | 5.10 | 1.55 | 0.74 | 3.81 |

Πιν. 8.20 Αποτελέσματα φυσικοχημικών ιδιοτήτων πετρελαιοκηλίδας σε σχέση με το χρόνο σε ποσότητα m³

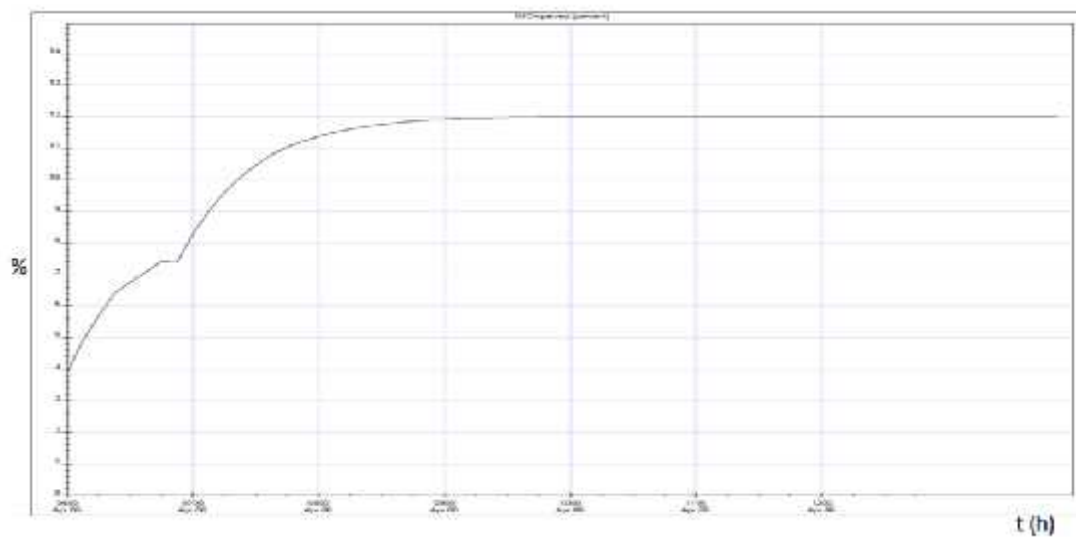
Παρακάτω θα μελετηθούν πιο αναλυτικά μέσω γραφικών παραστάσεων τα φαινόμενα της εξατμίσσης, της διασποράς, της ποσότητας πετρελαίου που παραμένει σε σχέση με το χρόνο καθώς και τη μεταβολή του πυκνότητας, του ιζώδες και της περιεκτικότητας του νερού στο πετρέλαιο.



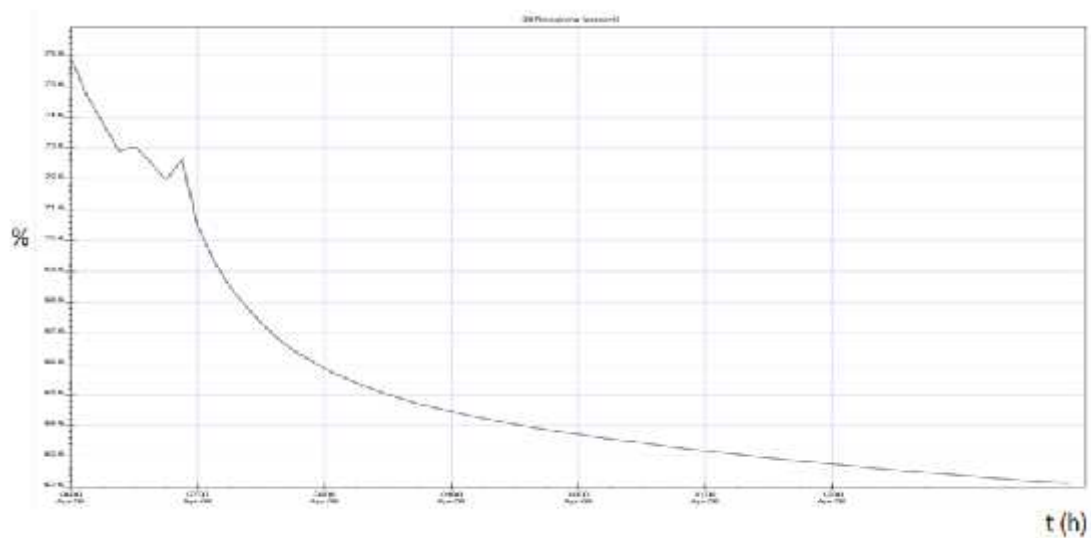
Εικ.8.62 Γραφική απεικόνιση σε ποσοστά των φυσικοχημικών ιδιοτήτων του πετρελαίου



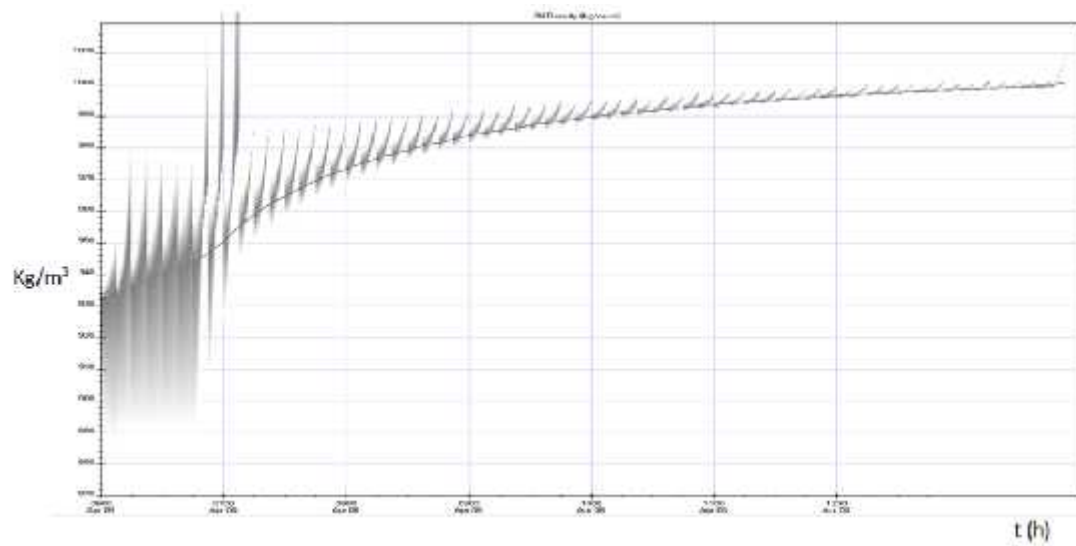
Εικ.8.63 Γραφική απεικόνιση φαινομένου εξάτμισης



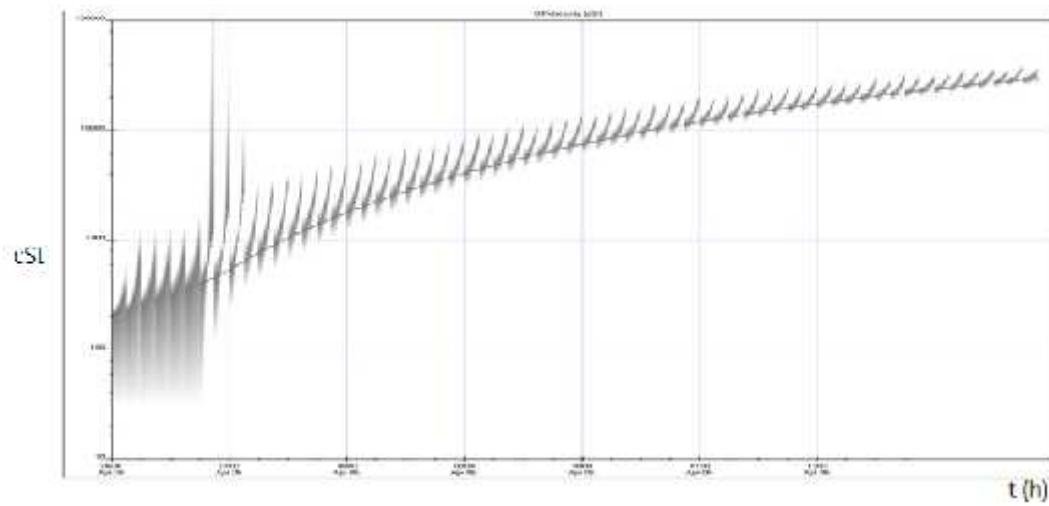
Εικ.8.64 Γραφική απεικόνιση φαινομένου διασποράς



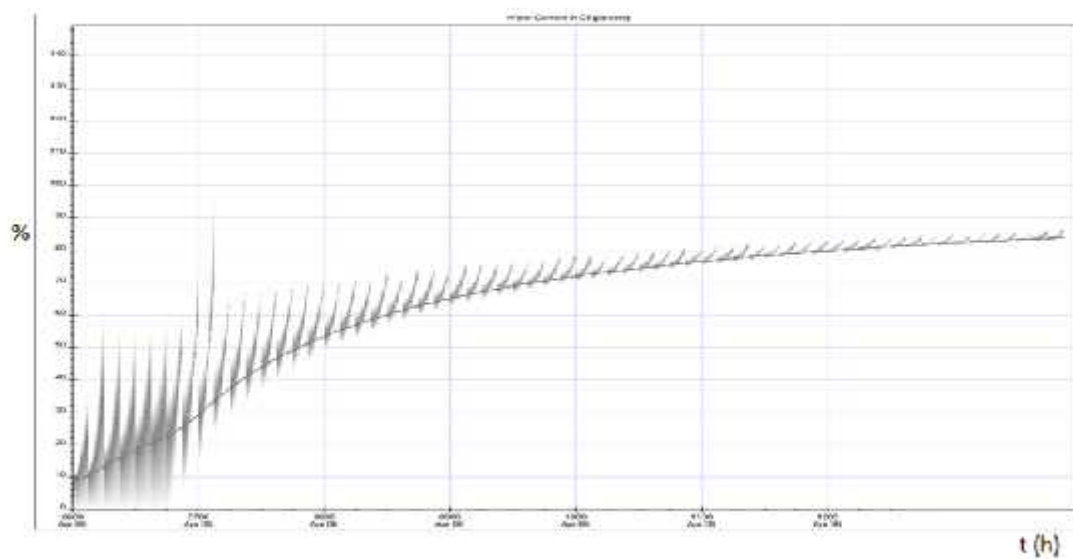
Εικ.8.65 Γραφική απεικόνιση παραμένουσας ποσότητας πετρελαίου.



Εικ.8.66 Γραφική απεικόνιση πυκνότητας πετρελαίου



Εικ.8.67 Γραφική απεικόνιση ιξώδες πετρελαίου

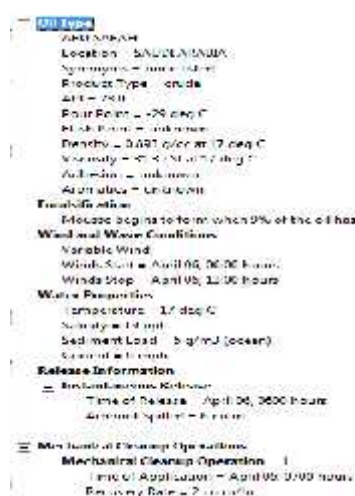


Εικ.8.68 Γραφική απεικόνιση περιεκτικότητας νερού στο πετρέλαιο

Περίπτωση 2

Όπως έχουμε προαναφέρει στο κεφάλαιο 7 παράγραφο 4β. μια επιπλέον λειτουργία του μοντέλου ADIOS είναι να παρέχει αποτελέσματα για τις ιδιότητες του πετρελαίου κατά τη διάρκεια διαρροής του στο θαλάσσιο περιβάλλον κάνοντας χρήση μεθόδων απορρύπανσης όπως χρήση skimmer ή καύση του πετρελαίου. Παρακάτω θα μελετηθεί το παραπάνω σενάριο με τη χρήση ενός skimmer το οποίο έχει ρυθμό ανάκτησης $2 \text{ m}^3/\text{h}$ για δύο ώρες με ώρα έναρξης από 07:00. Καταχωρώντας τα παραπάνω δεδομένα παίρνουμε τα παρακάτω αποτελέσματα.

Ακολούθως θα εξετάσουμε τις φυσικοχημικές ιδιότητες της πετρελαιοκηλίδας σε σχέση με το χρόνο χρησιμοποιώντας το μοντέλο ADIOS. Έχοντας καταταχωρήσει τα δεδομένα του σεναρίου σύμφωνα με το κεφ.7 παρ.4β τρέχουμε το πρόγραμμα και κατάλήγουμε να πάρουμε τα ακόλουθα αποτελέσματα.



Πίν. 8.21 Χαρακτηριστικά Πετρελαίου καθώς και στοιχεία σεναρίου που έχουν καταχωρηθεί στο υπολογιστικό πρόγραμμα.

Πιο αναλυτικά στους παρακάτω πίνακες γίνεται καταγραφή αναλυτικών αποτελεσμάτων σχετικά με την ποσότητα καθώς και το ποσοστό του πετρελαίου που απελευθερώνεται, διασπείρεται και εξατμίζεται.

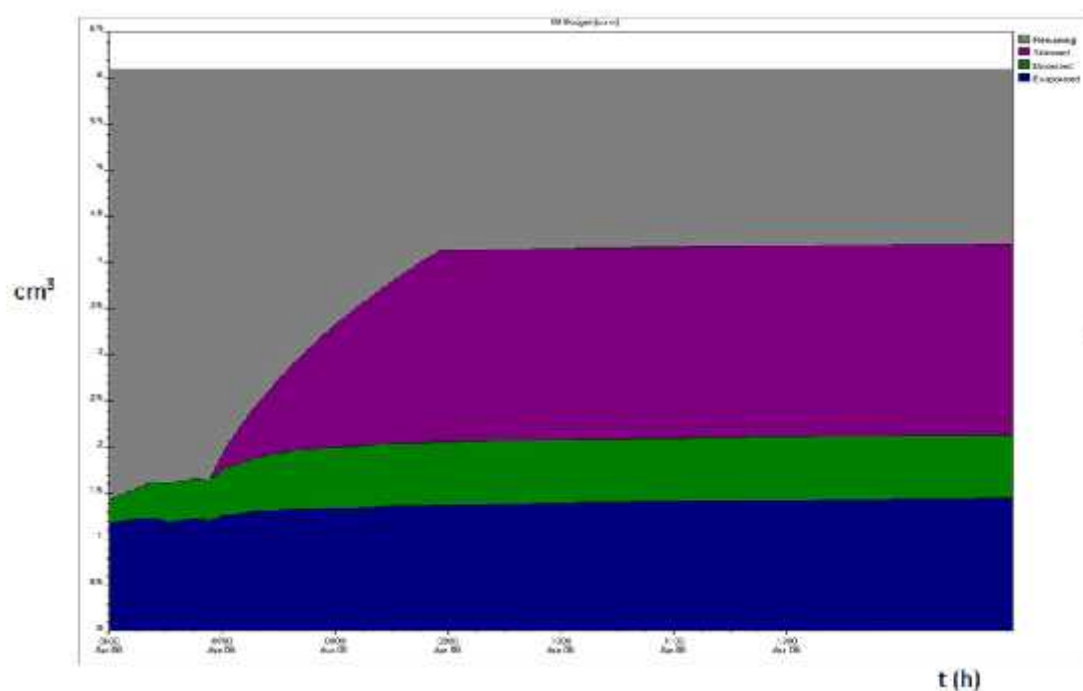
| Χρόνος μετά τη διαρροή (h) | Ποσότητα διαρροής (m3) | Ποσοστό ποσότητας που εξατμίστηκε | Ποσοστό ποσότητας που διασπάστηκε | Ποσοστό ποσότητας που συλλέχτηκε | Ποσοστό ποσότητας που παρέμεινε |
|----------------------------|------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| 2 | 0.10 | 22 | 11 | 20 | 47 |
| 3 | 0.10 | 22 | 11 | 31 | 32 |
| 4 | 0.10 | 23 | 11 | 31 | 32 |
| 5 | 0.10 | 23 | 11 | 31 | 32 |
| 6 | 0.10 | 23 | 11 | 31 | 31 |
| 7 | 0.10 | 23 | 11 | 31 | 31 |
| 8 | 0.10 | 24 | 11 | 31 | 31 |

Πιν.8.22 Αποτελέσματα φυσικοχημικών ιδιοτήτων πετρελαιοκηλίδας σε σχέση με το χρόνο επί της %.

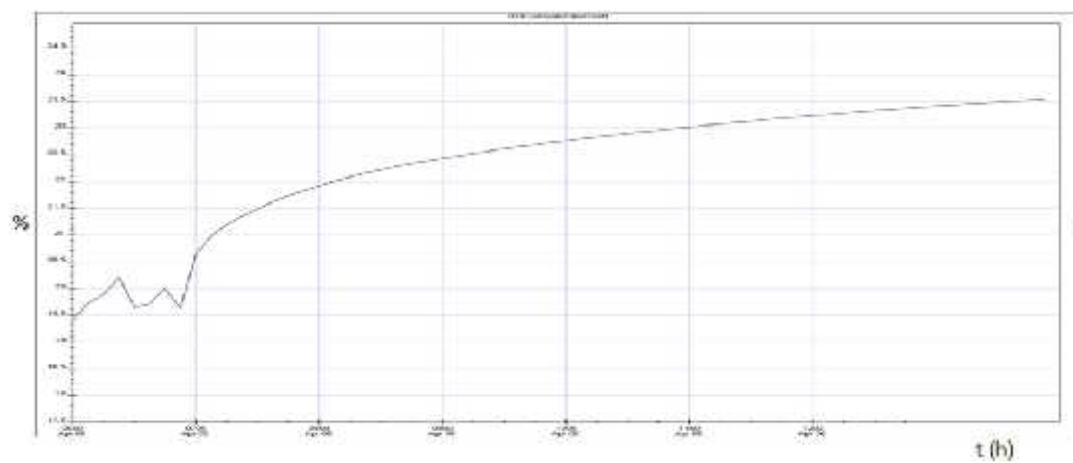
| Χρόνος μετά τη διαρροή (h) | Ποσότητα διαρροής (m ³) | Ποσότητα που εξάτμισηκε (m ³) | Ποσότητα που διασπάρθηκε (m ³) | Ποσότητα που συλλέκτηκε (m ³) | Ποσότητα που παραμένει (m ³) |
|-------------------------------|--|--|---|--|---|
| 2 | 6.10 | 1.31 | 0.65 | 1.21 | 2.68 |
| 3 | 6.10 | 1.37 | 0.68 | 2.08 | 1.97 |
| 4 | 6.10 | 1.39 | 0.69 | 2.08 | 1.95 |
| 5 | 6.10 | 1.40 | 0.69 | 2.08 | 1.93 |
| 6 | 6.10 | 1.42 | 0.69 | 2.08 | 1.92 |
| 7 | 6.10 | 1.41 | 0.67 | 2.07 | 1.91 |
| 8 | 6.10 | 1.44 | 0.69 | 2.08 | 1.90 |

Πιν. 8.23 Αποτελέσματα φυσικοχημικών ιδιοτήτων πετρελαιοκηλίδας σε σχέση με το χρόνο σε ποσότητα m³

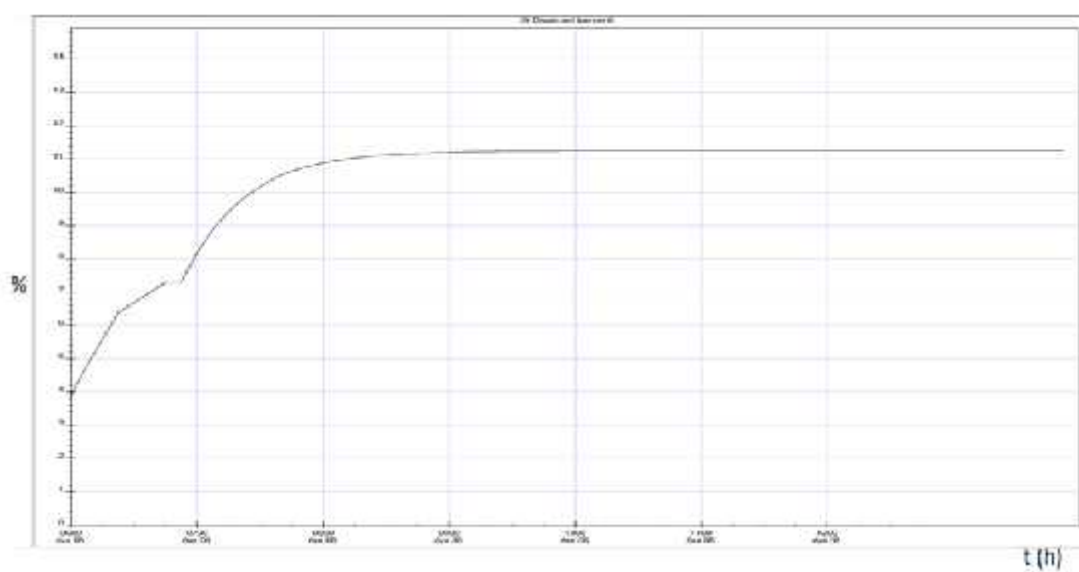
Παρακάτω θα μελετηθούν πιο αναλυτικά μέσω γραφικών παραστάσεων τα φαινόμενα της εξάτμισης, της διασποράς, της ποσότητας πετρελαίου που παραμένει σε σχέση με το χρόνο καθώς και η μεταβολή της πυκνότητας, του ιζώδους και της περιεκτικότητας του νερού στο πετρέλαιο.



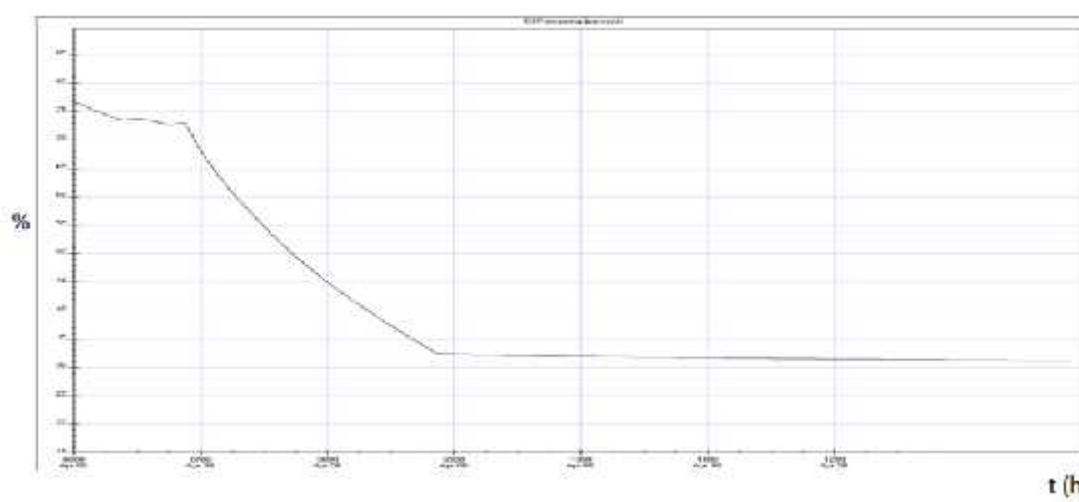
Εικ.8.69 Γραφική απεικόνιση σε ποσοστά των φυσικοχημικών ιδιοτήτων του πετρελαίου



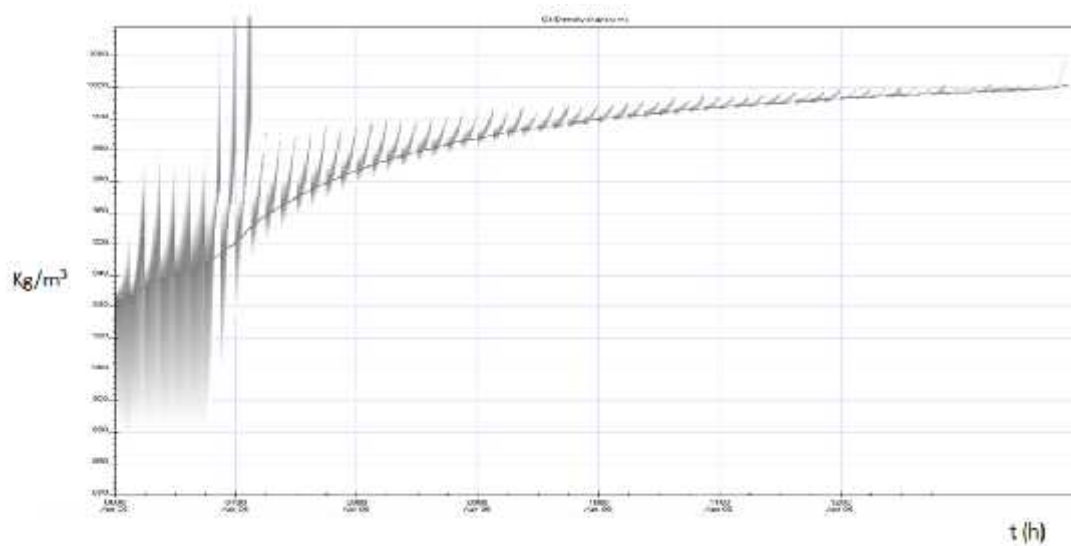
Εικ.8.70 Γραφική απεικόνιση φαινομένου εξάτμισης



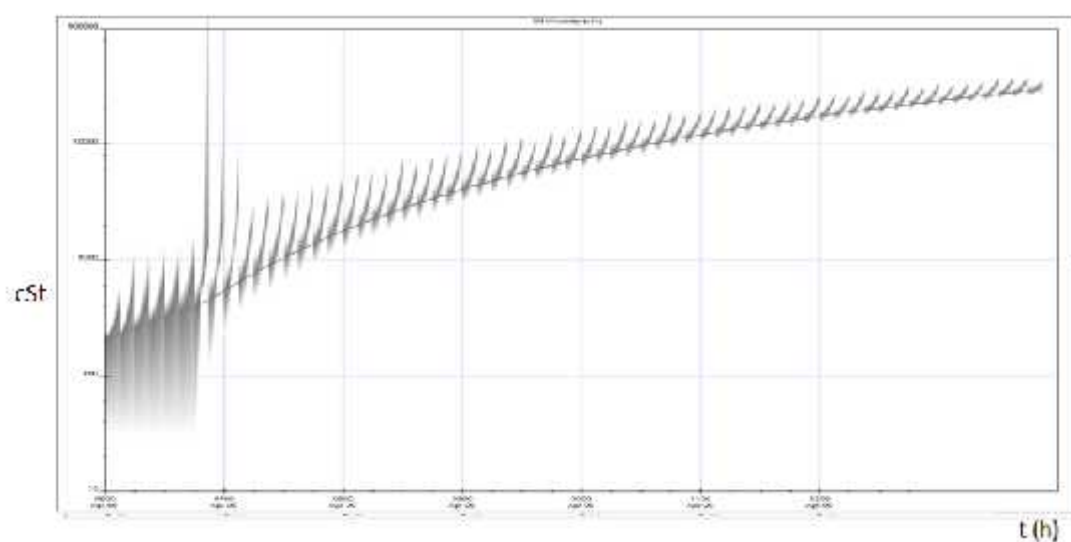
Εικ.8.71 Γραφική απεικόνιση φαινομένου διασποράς



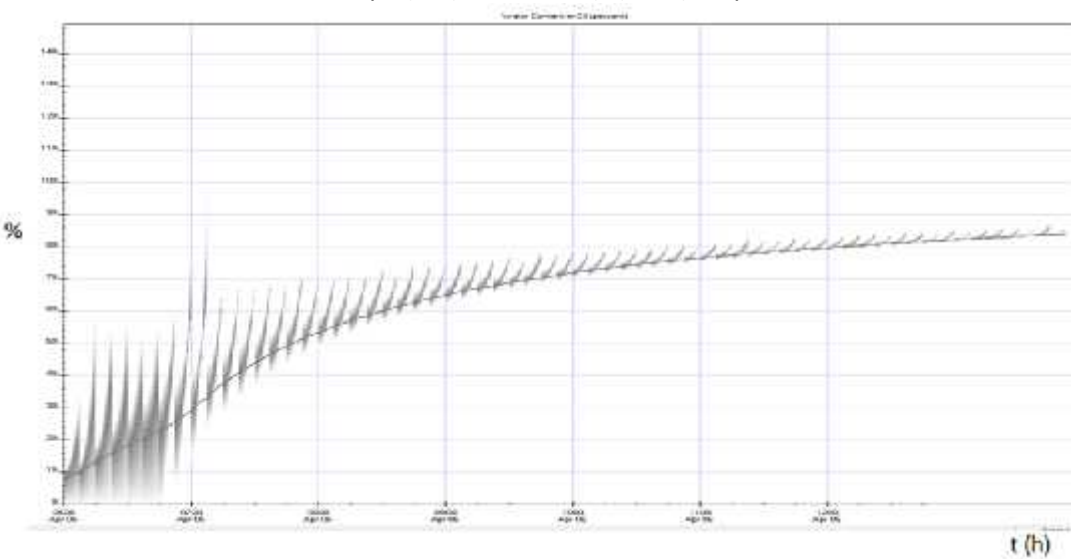
Εικ.8.72 Γραφική απεικόνιση παραμένουσας ποσότητας πετρελαίου.



Εικ.8.73 Γραφική απεικόνιση πυκνότητας πετρελαίου



Εικ.8.74 Γραφική απεικόνιση ιξώδες πετρελαίου



Εικ.8.75 Γραφική απεικόνιση περιεκτικότητας νερού στο πετρέλαιο

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

9.1. Παραδοχές αποτελεσμάτων

9.1.1 Μοντέλο GNOME

- α. Σ' όλα τα σενάρια που εξετάστηκαν, δεν έγινε εισαγωγή δεδομένων για τα ρεύματα. Αυτό οφείλεται κυρίως επειδή εξετάστηκε η επιφανειακή τροχιά της πετρελαιοκηλίδας και έτσι δόθηκε περισσότερο βάρος στην επίδραση του ανέμου.
- β. Οι χάρτες που χρησιμοποιήθηκαν προέρχονταν από την εφαρμογή Google earth maps, όπου απομονώθηκε η περιοχή του κόλπου Σούδας
- γ. Η πετρελαιοκηλίδα τη στιγμή $t=0$ είχε μηδενική τάση.
- δ. Χρησιμοποιήθηκε ένας μέσος συντελεστής διάχυσης $15000 \text{ cm}^2/\text{s}$

9.1.2 Μοντέλο ADIOS

- α. Θεωρήσαμε ένα συγκεκριμένο είδος πετρελαίου με API 28, σημείο ροής -29°C .
- β. Σ' όλα τα σενάρια που εξετάστηκαν, δεν έγινε εισαγωγή δεδομένων για τα ρεύματα. Αυτό οφείλεται κυρίως επειδή εξετάστηκε η επιφανειακή τροχιά της πετρελαιοκηλίδας και έτσι δόθηκε περισσότερο βάρος στην επίδραση του ανέμου.
- γ. Θεωρήθηκε ότι η θερμοκρασία της θάλασσας για τη συγκεκριμένη χρονική περίοδος (Απρίλιος) ήταν 17°C .
- δ. Θεωρήθηκε ότι η αλατότητα της θάλασσας ήταν 39 ppt (g/Kg).
- ε. Θεωρήθηκε ότι η στερεοπαροχή της θάλασσας ήταν 5 mg/l
- ζ. Θεωρήθηκε ότι το ποσό πετρελαίου που διέρρευσε έλαβε χώρα σε 2 ώρες για τα σενάρια 1 και 2, ενώ για το σενάριο 3 η διαρροή έλαβε χώρα σε μία ώρα.
- η. Στο τρίτο σενάριο ο ρυθμός ανάκτησης του πετρελαιοσυλλέκτη (skimmer) ήταν $2 \text{ m}^3/\text{h}$ και χρησιμοποιήθηκε για 2 ώρες.

9.2 Ανάλυση Αποτελεσμάτων

Σενάριο 1

Παρακάτω παρατίθεται πίνακας στον οποίο περιλαμβάνονται τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα που ελήφθησαν κάνοντας χρήση του μοντέλου GNOME για το σενάριο 1. Τα αποτελέσματα εστιάζονται στην ταχύτητα της κηλίδας, στην απόσταση που έχει διανύσει, την έκταση της στο θαλάσσιο χώρο καθώς και την έκταση που καταλαμβάνει στις ακτές σε σχέση με το χρόνο. Στα παρακάτω αποτελέσματα συμπεριλαμβάνονται και αυτά που αφορούν την ελάχιστη αβεβαιότητα (σενάριο περίπτωση 1)

| | ΩΡΑ | ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΠΛΟΥΜΙΟΥ (km/h) | ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΠΛΟΥΜΙΟΥ ΑΠΟ ΤΟ ΣΗΜΕΙΟ ΠΗΓΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ (ν.μ) | ΕΚΤΑΣΗ ΠΛΟΥΜΙΟΥ ΣΤΟ ΘΑΛΑΣΣΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ (km ²) | ΕΚΤΑΣΗ ΠΛΟΥΜΙΟΥ ΣΤΙΣ ΑΚΤΕΣ (km) |
|-------------------------------|-------|--------------------------------|--|--|---------------------------------------|
| ΠΕΡ.1 ΒΕΛΤΙΣΗ ΛΥΣΗ | 8:00 | 0,926 | 1 | 0,83 | 0 |
| ΠΕΡ.1 ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ | | 0,926 | 1 | 1,88 | 0 |
| ΠΕΡ.2 ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΛΥΣΗ | | 1,11 | 1,2 | 1,1 | 0 |
| ΠΕΡ.1 ΒΕΛΤΙΣΗ ΛΥΣΗ | 10:00 | 0,926 | 2 | 1,67 | 0 |
| ΠΕΡ.1 ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ | | 0,926 | 2 | 4,5 | 1 |
| ΠΕΡ.2 ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΛΥΣΗ | | 1,11 | 2,4 | 1,2 | 1 |
| ΠΕΡ.1 ΒΕΛΤΙΣΗ ΛΥΣΗ | 12:00 | 0,926 | 3 | | 2 |
| ΠΕΡ.1 ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ | | 0,926 | 3 | | 3,5 |
| ΠΕΡ.2 ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΛΥΣΗ | | 1,11 | 3,3 | | 3 |
| ΠΕΡ.1 ΒΕΛΤΙΣΗ ΛΥΣΗ | 14:00 | 0,926 | 3,3 | | 2,5 |
| ΠΕΡ.1 ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ | | 0,926 | 3,3 | | 3,5 |

Αναλύοντας τα αποτελέσματα προκύπτουν τα εξής:

1. Η ταχύτητα του πλουμίου παραμένει η ίδια σε όλη τη διάρκεια κάθε σεναρίου για κάθε περίπτωση ξεχωριστά. Αυτό οφείλεται ότι η ταχύτητα του ανέμου είναι σταθερή.
2. Αύξηση της ταχύτητας του ανέμου έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της ταχύτητας του πλουμίου.

3. Αύξηση της ταχύτητας του ανέμου έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της έκτασης του πλουμίου στο θαλάσσιο περιβάλλον.
4. Η έκταση που καταλαμβάνει η πετρελαιοκηλίδα στις ακτές είναι μεγαλύτερη στην περίπτωση που έχουμε μεγαλύτερη ένταση ανέμου.
5. Η έκταση που καταλαμβάνει η κηλίδα στις ακτές είναι μεγαλύτερη στην περίπτωση που μελετάμε την ελάχιστη αβεβαιότητα ακόμα και εάν συγκριθεί με την περίπτωση που έχουμε λίγο μεγαλύτερη ένταση ανέμου.
6. Έστω και μία μικρή αύξηση της έντασης του ανέμου μειώνει σημαντικά το χρόνο που απαιτείται για να φθάσει το πλούμιο στις ακτές.

Πιο αναλυτικά στην περίπτωση του σεναρίου 1 η απόσταση των ακτών από την πηγή ρύπανσης είναι περίπου 3 ν.μ. Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι για ένταση ανέμου 10 m/s απαιτείται χρονικό διάστημα 6 ωρών προκειμένου να φθάσει το πλούμιο στην ακτή. Εάν η ένταση αυξηθεί σε 12 m/s ο χρόνος περιορίζεται σε 4 ώρες. Διαπιστώνεται ότι ο χρόνος μειώνεται σημαντικά με μία μικρή μόλις αύξηση της έντασης του ανέμου. Όπως έχει προαναφερθεί και σε προηγούμενα κεφάλαια ο χρόνος αντίδρασης είναι σημαντικός για την πιο γρήγορη και αποτελεσματική αντιμετώπιση μιας πετρελαιοκηλίδας. Άρα θα πρέπει όλοι οι αρμόδιοι φορείς να έχουν λάβει όλα τα απαραίτητα μέτρα και να βρίσκονται σε πλήρη ετοιμότητα σε χρονικό διάστημα μικρότερο από τα προαναφερόμενα.

Επιπροσθέτως μελετώντας τις απεικονίσεις από τα αποτελέσματα του υπολογιστικού προγράμματος GNOME μπορούν να ληφθούν μέτρα προκειμένου να περιοριστούν οι συνέπειες που μπορεί να προκαλέσει η κηλίδα σε ευαίσθητες περιοχές π.χ. λιμενίσκους.

Ένα επιπλέον αποτέλεσμα που προκύπτει από τη μελέτη των αποτελεσμάτων και έχει αξιόλογη σημασία είναι η έκταση που καταλαμβάνει η πετρελαιοκηλίδα στις ακτές εξετάζοντας την περίπτωση της ελάχιστης αβεβαιότητας. Εάν και οι πιθανότητες να συμβεί είναι πολύ μικρές οι επιπτώσεις που μπορεί να προκαλέσει είναι ανυπολόγιστες. Για το λόγο αυτό πρέπει να εξετασθούν/ αναλυθούν όλοι οι παράμετροι προκειμένου να εξασφαλιστεί η προστασία των περιοχών ακόμα και σε περιπτώσεις περιστατικών με μικρή πιθανότητα.

Παρακάτω θα αναλυθούν τα αποτελέσματα που προκύπτουν για το σενάριο 1 με τη χρήση του μοντέλου ADIOS μελετώντας τις μεταβολές των φυσικοχημικών ιδιοτήτων τις πετρελαιοκηλίδας σε σχέση με το χρόνο συγκρίνοντας τα για διαφορετικές εντάσεις ανέμου. Αναλύοντας τόσο τις γραφικές παραστάσεις όσο και τα αποτελέσματα διαπιστώνουμε ότι:

1. Η διαδικασία της εξάτμισης παρουσιάζει σχεδόν τα ίδια αποτελέσματα και για τις δύο περιπτώσεις. Αυτό μπορεί να οφείλεται στο ότι μία αύξηση της έντασης του ανέμου από 10 m/s σε 12 m/s δεν επηρεάζει σημαντικά την διαδικασία της εξάτμισης.
2. Η ποσότητα που διασπείρεται σε σχέση με το χρόνο είναι αρκετά μεγαλύτερη στην περίπτωση που η ένταση του ανέμου είναι μεγαλύτερη.
3. Η παραμένουσα ποσότητα σε σχέση με το χρόνο είναι πολύ μικρότερη στην περίπτωση που η ένταση του ανέμου είναι μεγαλύτερη.
4. Η πυκνότητα του πετρελαίου παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές όταν η ένταση του ανέμου είναι μεγαλύτερη σε αντίστοιχα χρονικά διαστήματα με μικρότερη ένταση.
5. Το ιξώδες του πετρελαίου έχει μεγαλύτερες τιμές όταν η ένταση του ανέμου είναι μεγαλύτερη σε σύγκριση με τα αντίστοιχα χρονικά διαστήματα με μικρότερη ένταση.
6. Η περιεκτικότητα του νερού σε πετρέλαιο είναι μεγαλύτερη όταν η ένταση του ανέμου είναι μεγαλύτερη σε σύγκριση με τα αντίστοιχα χρονικά διαστήματα με μικρότερη ένταση.

Σενάριο 2

Στο σενάριο 2 η πηγή ρύπανσης προέρχεται από ένα σημείο στο εσωτερικό του λιμένα Σούδας. Αυτό και μόνο δημιουργεί πρόβλημα στην εύρυθμη λειτουργία του λιμένα. Επιπροσθέτως λόγω της κατεύθυνσης του ανέμου η πετρελαιοκηλίδα θα κινηθεί σε περιοχές μείζονος σημασίας όπως οι στρατιωτικές λιμενικές εγκαταστάσεις καθώς και οι εγκαταστάσεις της μονάδας ιχθυοκαλλιέργειας. Ο πολιτικός λιμένας με τον στρατιωτικό γειτνιάζουν με αποτέλεσμα η πετρελαιοκηλίδα άμεσα να επηρεάσει την ομαλή λειτουργία των εγκαταστάσεων και του στρατιωτικού λιμένα.

Εξετάζοντας την τροχιά του πλουμίου παρατηρούμε ότι σε σύντομο χρονικό διάστημα θα βρεθεί στην εγκατάσταση της μονάδας ιχθυοκαλλιέργειας. Παρατηρείται ότι με τις καιρικές συνθήκες που εξετάζουμε σε 2 με 3 ώρες από την ώρα της διαρροής το πλούμιο θα φθάσει στην παραπάνω εγκατάσταση.

Επιπρόσθετα εξετάζοντας το σενάριο αυτό διαπιστώνεται ότι η κατεύθυνση του ανέμου παίζει καθοριστικό ρόλο στην έκταση που καταλαμβάνει η πετρελαιοκηλίδα στις ακτές. Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι όλη σχεδόν η ποσότητα πετρελαίου βρίσκεται στις ακτές μετά από 7 ώρες καλύπτοντας 5,5 χλμ ακτογραμμής. Η έκταση αυτή είναι μεγάλη και σημαντική καθότι πλήττονται περιοχές όπως λιμενικές εγκαταστάσεις, τουριστικές περιοχές και επαγγελματικές δραστηριότητες.

Προκειμένου να περιορίσουμε τις συνέπειες από την τροχιά της πετρελαιοκηλίδας θα πρέπει άμεσα να τοποθετηθούν φράγματα περιμετρικά του πλοίου. Επιπρόσθετα θα πρέπει με τη χρήση φραγμάτων να εκτρέψουμε την πορεία της πετρελαιοκηλίδας από τις εγκαταστάσεις ιχθυοκαλλιέργειας.

Για να επιτευχθούν όλα τα ανωτέρω θα πρέπει όλοι οι αρμόδιοι φορείς να παρέχουν άμεσα τόσο υλικό εξοπλισμό όσο και ανθρώπινο δυναμικό για την άμεση καταπολέμηση της.

Τα χρονικά περιθώρια δεν είναι μεγάλα γι' αυτό και ο εξοπλισμός θα πρέπει να είναι σε άμεση χρήση. Επιπροσθέτως το ανθρώπινο δυναμικό θα πρέπει να είναι κατάλληλα εκπαιδευμένο ώστε να χρησιμοποιήσει αποδοτικά τον εξοπλισμό.

Σενάριο 3

Το σενάριο αυτό επιλέχθηκε προκειμένου να εξεταστεί το χρονικό διάστημα που απαιτείται ώστε η ρυπογόνος ουσία να φθάσει από την πηγή ρύπανσης στον ποταμό Μορώνη. Στο συγκεκριμένο σενάριο δε χρησιμοποιήθηκαν οι συνήθεις κατευθύνσεις ανέμου (π.χ. Β-ΒΔ) αλλά επιλέχθηκε η ανατολική κατεύθυνση του ανέμου προκειμένου να κατευθυνθεί η πετρελαιοκηλίδα προς την περιοχή του ποταμού Μορώνη.

Εξετάζοντας και αναλύοντας τις απεικονίσεις μετά τη μοντελοποίηση εξήχθη ως συμπέρασμα ότι για μια σχετική μικρή ένταση του ανέμου η κηλίδα μιας ρυπογόνου ουσίας θα βρεθεί πολύ γρήγορα στο ποταμό Μορώνη. Παρατηρείται δε ότι σε λιγότερο από μισή ώρα ένα μέρος της κηλίδας θα φτάσει στην περιοχή του ποταμού Μορώνη και το πολύ σε μία ώρα θα φθάσει όλη η ποσότητα στην περιοχή του ποταμού.

Το χρονικό διάστημα είναι πάρα πολύ μικρό ώστε να ληφθούν όλα τα απαραίτητα μέτρα μετά τη διαρροή. Στην περίπτωση αυτή όλα τα απαραίτητα μέτρα θα πρέπει να ληφθούν πριν τη διαδικασία εκφόρτωσης πετρελαίου (εφόσον η ρύπανση γίνεται κατά τη διαδικασία εφοδιασμού καυσίμων των εγκαταστάσεων της ΔΕΗ). Η χρήση φράγματος περιμετρικά του πλοίου είναι απαραίτητη προκειμένου να εξασφαλισθεί ο άμεσος περιορισμός της πετρελαιοκηλίδας. Στην περίπτωση που η ρύπανση παρουσιαστεί από τυχόν διαρροή του αγωγού (δεν υπάρχει πλοίο) η άμεση τοποθέτηση φράγματος είναι επιτακτική.

Επιπρόσθετα η χρήση φράγματος για την εκτροπή και παρεμπόδιση της πετρελαιοκηλίδας προς τον ποταμό Μορώνη είναι επιθυμητή εφόσον υπάρχει αυτή η δυνατότητα.

Στο σενάριο αυτό εξετάσαμε δύο διαφορετικές περιπτώσεις με τη χρήση μοντέλου ADIOS. Η διαφορά τους εστιάζεται ότι στη δεύτερη περίπτωση προσθέσαμε τη χρήση πετρελαιοσυλλέκτη προκειμένου να δούμε τις φυσικοχημικές ιδιότητες της πετρελαιοκηλίδας.

Από τα αποτελέσματα που προέκυψαν διαπιστώθηκαν τα εξής:

1. Το ποσοστό της ποσότητας που εξατμίζεται και διασπείρεται είναι μικρότερο στην περίπτωση που χρησιμοποιούμε αντιρρυπαντικά μέσα καθότι η ποσότητα που παραμένει με τη χρήση αντιρρυπαντικών μέσων είναι μικρότερη.
2. Η εναπομένουσα ποσότητα είναι πολύ μικρότερη στην περίπτωση που χρησιμοποιήσουμε μέσα αντιρύπανσης.
3. Οι τιμές τόσο για το ιξώδες όσο και για την πυκνότητα του πετρελαίου δεν μεταβάλλονται με τη χρήση μέσων αντιρύπανσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

Συμπεράσματα

Στα πλαίσια της παρούσας διατριβής διερευνήθηκε η πορεία διασκορπισμού και η δυνατότητα αντιμετώπισης μιας πετρελαιοκηλίδας στην περιοχή μελέτης, λαμβάνοντας υπόψη τις εν δυνάμει πηγές ρύπανσης, τη συμπεριφορά, την τύχη και την επίδρασή της μέσα στο θαλάσσιο περιβάλλον. Για το λόγο αυτό, η εκτίμηση της διασποράς της πετρελαιοκηλίδας έγινε με τη βοήθεια υπολογιστικών προγραμμάτων λαμβάνοντας υπόψη τις φυσικοχημικές ιδιότητες του πετρελαίου όσο και τις υφιστάμενες ανθρωπογενείς δραστηριότητες στη θάλασσα περιοχή του κόλπου της Σούδας για την ανάπτυξη διαφόρων σεναρίων.

Ο κόλπος της Σούδας επιλέχθηκε ως περιοχή μελέτης εξαιτίας της θαλάσσιας κυκλοφορίας που λαμβάνει χώρα σε αυτήν, των ιδιαίτερων χερσαίων δραστηριοτήτων περιμετρικά του κόλπου καθώς της γεωμορφολογίας της περιοχής που την καθιστά εν μέρει ένα κλειστό θαλάσσιο σύστημα. Σε κάθε περίπτωση λήφθηκε υπόψη η οικολογική σημασία και ευαισθησία του οικοσυστήματος που παρουσιάζει μεγάλο μήκος ακτογραμμής και περιοχές εκμετάλλευσης όπως αλιευτικά καταφύγια, μονάδα ιχθυοκαλλιέργειας, τουριστικές περιοχές (π.χ. Αλμυρίδα, Μαράθι, Λουτράκι) καθώς και περιοχές με ιδιαίτερη βιοποικιλότητα (π.χ. ποταμός Μορώνης). Με βάση τα σενάρια που αναπτύχθηκαν, εξετάστηκαν παράμετροι όπως η κατεύθυνση, η έκταση και η ταχύτητα διασποράς της πετρελαιοκηλίδας και αποτυπώθηκε η πιθανή εξάπλωση του πλουμίου με σκοπό την εκτίμηση του χρόνου που απαιτείται για να φθάσει στις ακτές της υπό εξέτασης περιοχής.

Στην παρούσα διατριβή έχουν καταγραφεί οι πιθανές πηγές ρύπανσης όπως οι δεξαμενές καυσίμων του Ναυστάθμου, οι δεξαμενές καυσίμων των Νατοϊκών πλοίων, οι δεξαμενές καυσίμων της ΔΕΗ καθώς η συχνότητα διέλευσης πλοίων στο λιμάνι της Σούδας. Με βάση τα διαθέσιμα δεδομένα και εκτιμώντας τα αποτελέσματα της μοντελοποίησης συμπεραίνουμε ότι ο κόλπος της Σούδας είναι μια περιοχή αρκετά επιβαρυνμένη με πιθανές πηγές ρύπανσης καθώς και με πλήθος ευαίσθητων περιοχών οι οποίες σε περίπτωση ατυχήματος ρύπανσης θα πληγούν

πολύ γρήγορα και σε μεγάλη έκταση δημιουργώντας τεράστια προβλήματα στη λειτουργία των πολιτικών και στρατιωτικών λιμενικών εγκαταστάσεων καθώς και στην επισκεψιμότητα πολλών τουριστικών περιοχών πλήττοντας βασικούς οικονομικούς τομείς της περιοχής.

Η δεδομένη μελέτη αναδεικνύει σημεία για οποία η πολιτεία θα πρέπει να μεριμνήσει προκειμένου να εξασφαλίσει τη βιωσιμότητα του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Τα αποτελέσματα αναμένεται να συμβάλλουν στην καλύτερη και πιο έγκαιρη αντιμετώπιση ενός πιθανού ατυχήματος πετρελαιοκηλίδας από τις αρμόδιες αρχές καθώς σ' αυτές κυρίως τις περιοχές πρέπει οι αρμόδιες αρχές να επιστήσουν την προσοχή τους και να λάβουν τα κατάλληλα μέτρα προστασίας ώστε να αποφευχθεί ένα πιθανό ατύχημα στο μέλλον ή να αντιμετωπισθεί έγκαιρα και καταλλήλως εάν αυτό τελικά συμβεί. Το συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι ο καλός συντονισμός όλων των αρμόδιων φορέων καθώς και η άμεση ετοιμότητα του απαραίτητου εξοπλισμού είναι τα απαραίτητα «εργαλεία» προκειμένου να αντιμετωπισθεί κάποιο περιστατικό ρύπανσης. Γνώμονας κάθε ενέργειας που αφορά την προστασία του θαλάσσιου οικοσυστήματος του κόλπου της Σούδας από περιστατικά διαφυγών πετρελαϊκών ρύπων, πρέπει να είναι κυρίως η πρόληψη και δευτερευόντως η καταστολή.

Ξένη Βιβλιογραφία

1. Achugasim, O., & Ekpo, I. E. (2015). Precipitation of Heavy Organics (Asphaltenes) from Crude Oil Residue Using Binary Mixtures of n-Alkanes. *Advances in Chemical Engineering and Science*, (January), 96–101.
2. AL-DARBI, M. M., SAEED, N. O., ISLAM, M. R., & LEE, K. (2005). Biodegradation of Natural Oils in Seawater. *Energy Sources*, 27, 19–34.
3. Aryee, A. (2013). Risks of Offshore Oil Drilling : Causes and Consequences of British Petroleum Oil Rig Explosion, 1(1), 101–118.
4. ASCE Task Committee., 1996. State-of-the-art review of modeling transport and fate of oil spills. *Journal of Hydraulic Engineering* 122(11), 594-609.
5. Blackburn Michele, Mazzacano Celeste Searles, Fallon Candace , Black Scott Hoffman (2014) Oil in Our Oceans. A Review of the Impacts of Oil Spills on Marine Invertebrates.
6. Chang, S. E., Stone, J., Demes, K., & Piscitelli, M. (2014). Consequences of oil spills : a review and framework for informing planning, 19(2).
7. Chapman, H., Purnell, K., Law, R. J., & Kirby, M. F. (2007). The use of chemical dispersants to combat oil spills at sea: A review of practice and research needs in Europe. *Marine Pollution Bulletin*, 54(7), 827–838.
8. Dagmar Schmidt Etkin, Ph.D., 2003 A Worldwide Review of Marine Oil Spill Fines and Penalties
9. EU-MOP, 2005: Project no. TST4-CT-2004-516221 Marine Oil Pollution Status.
10. FABI D., (2012). The Costa Concordia Shipwreck
11. Fartoosi, F. M. Al. (2013). The Maritime Commons : Digital Repository of the World The impact of maritime oil pollution in the marine environment : case study of maritime oil pollution in the navigational channel of Shatt Al-Arab.
12. Fuchs E., (2015). Are the current international regulations sufficient enough to combat marine pollution (focus on oil pollution) caused by shipping activities?
13. Ghaly, A. E., & Dave, D. (2011). Remediation Technologies for Marine Oil Spills: A Critical Review and Comparative Analysis. *American Journal of Environmental Sciences*, 7(5), 423–440.
14. GNOME user’ s manual, January 2002
15. IMO (1993), Impact of oil and related chemicals on the marine environment
16. IMO-International Shipping Facts and Figures – Information Resources on Trade, Safety, Security, Environment, March 2012)
17. International Association of Oil & Gas Producers, (2010), Water transport accident statistics, Report No. 434 – 10
18. IPIECA (2015), Dispersants: surface application Good practice guidelines for incident management and emergency response personnel

19. Islam, S., & Tanaka, M. (2004). Impacts of pollution on coastal and marine ecosystems including coastal and marine fisheries and approach for management : a review and synthesis, *48*, 624–649.
20. ITOF (2016), Oil tanker spills statistics
21. Kontovas, C. A., Psaraftis, H. N., & Ventikos, N. P. (2010). An empirical analysis of IOPCF oil spill cost data. *Marine Pollution Bulletin*, *60*(9), 1455–1466.
22. Kozarev N, Stoyanov S, Ilieva N (2014) Air Pollution In Port Areas
23. Krause Beegle, C.J., 2001. General NOAA Oil modeling Environment (GNOME): a new spill trajectory model, International oil spill conference 2001.
24. Loureiro, M. L., Ojea, E., & Ribas, A. (2016). Estimated costs and admissible claims linked to the Prestige oil spill, (February 2006).
25. McCain, W. D., & Jr. (1990). The Properties of Petroleum Fluids, 2 nd Ed. *PennWell Books, Tulsa*.
26. Mishra, A. K., & Kumar, G. S. (2015). Weathering of Oil Spill : Modeling and Analysis. *Aquatic Procedia*, *4*(Icwrcoe), 435–442.
27. Moore, J. (2014). Long term ecological impacts of marine oil spills, (May).
28. Naser, H. A. (2016). Assessment and management of heavy metal pollution in the marine environment of the Arabian Gulf : A review. *Marine Pollution Bulletin*, *72*(1), 6–13.
29. Prof, A., & Cicek, G. (2014). The impact of shipping accidents on marine environment : a study of turkish seas, *10*(23), 10–23.
30. Rempec (2004), Collection and treatment of solid and liquid wastes froms ships and oil ballast waters from tankers
31. Robertson, T.L., Campbell, L. K., Pearson, L., and Higman, B. (2013). Oil spill occurrence rates for Alaska North Slope crude and refined oil spills. Report to Bureau of Ocean and Energy Management. OCS Study BOEM 2013-205.
32. Samuels, W. B., Amstutz, D. E., Bahadur, R., & Ziemniak, C. (2013). Development of a Global Oil Spill Modeling System. *Earth Science Research*, *2*(2), 52–61.
33. Scientist, A. B. (2012). The Exxon Valdez and BP Deepwater Horizon Oil Spills : Reducing Risk in Socio- Behavioral Scientist, (February 2014).
34. Shinde, R., & Gawande, S. (2016). An Overview of Ocean Pollution, *5*(3), 337–341.
35. Simboura, N., Pancucci, M. A., Reizopoulou, S., Streftaris, N., & Arvanitakis, G. (n.d.). The impact of the cruise ship “ Sea-Diamond ” wreckage on the Santorini island (Aegean Sea , Eastern Mediterranean) Caldera benthic ecosystem, 2007–2011.
36. Smith, V. H., Tilman, G. D., & Nekola, J. C. (1999). Eutrophication : impacts of excess nutrient inputs on freshwater , marine , and terrestrial ecosystems, 100.
37. Tornero, V., & Hanke, G. (2016). Chemical contaminants entering the marine environment from sea-based sources : A review with a focus on European seas. *MPB*, *112*(1–2), 17–38.

38. Triantafyllou G., Korres G., Petihakis G., Pollani A., and Lascaratos A., 2002 "Assessing the phenomenology of the Cretan Sea shelf area using coupling modelling techniques"
39. Vikas, M., & Dwarakish, G. S. (2015). Coastal Pollution: A Review. Aquatic Procedia, 381–388.
40. Ware K, (2009) Assessment of the impacts of shipping on the marine environment,
41. Wilhelm, W. E., & Srinivasa, A. V. (1997). Prescribing Tactical Response for Oil Spill Clean Up Operations. Management Science, 43(3), 386–402.
42. Xie, H., Yapa, P. D., & Nakata, K. (2014). Modeling emulsification after an oil spill in the sea, (December 2007), 78–80.
43. Zitierweise: Dahlmann, G. (2003): Characteristic Features of Different Oil Types in Oil Spill Identification. Berichte des BSH, Nr. 31, 48pp.

Ελληνική Βιβλιογραφία

1. Α. Αλεξόπουλος (2009) Διεθνές Θαλάσσιο Περιβαλλοντικό Δίκαιο
2. Ecos μελετητική α.ε., Trademco μελέτες-έρευνα-ανάπτυξη αε, Διακρ. "trademco" Α.Ε. (2014) , «Μελέτη ολοκλήρωσης χερσαίων έργων πολυχρηστικού τμήματος λιμένα Σούδας»
3. Μπίθα Κ (2014), Στατιστική ανάλυση ναυτικών ατυχημάτων κατά την περίοδο 1990-2012
4. Ντούζγος –Μούρτζος Δημήτριος, Διαχείριση Θαλάσσιας Ρύπανσης
5. Συνολάκης Κ., 2008. Παράκτια Μηχανική