

**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΠΛΟΙΟΥ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ
ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Επιβλέπων : Λέκτορας Ε.Μ.Π. Νικόλαος Π. Βεντικός

**« ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗΣ
ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΗΛΙΔΩΝ ΣΤΟΝ ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ »**

Γεώργιος Π. Ζαγοραίος

Αθήνα, Μάρτιος 2008

**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΠΛΟΙΟΥ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ
ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Επιβλέπων : Λέκτορας Ε.Μ.Π. Νικόλαος Π. Βεντικός

**« ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗΣ
ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΗΛΙΔΩΝ ΣΤΟΝ ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ »**

Γεώργιος Π. Ζαγοραίος

Αθήνα, Μάρτιος 2008

Ευχαριστίες

Από τη θέση αυτή θα ήθελα να ευχαριστήσω:

- τον κ. Νικόλαο Π. Βεντίκο, Λέκτορα του Τμήματος Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών του Ε.Μ.Π. για την ανάθεση και επίβλεψη της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας. Τον ευχαριστώ για τη συνεργασία που είχαμε, τον πολύτιμο χρόνο που αφιέρωσε, την εμπιστοσύνη στο πρόσωπό μου, το ενδιαφέρον και την υπομονή που έχει επιδείξει. Η συμβολή του στην υλοποίηση της όλης προσπάθειας ήταν καθοριστική. Τον ευχαριστώ επίσης και για τις ενδιαφέρουσες και ευχάριστες συζητήσεις που έχουμε κάνει.
- τον κ. Στέφανο Σκαρβέλη, Co-ordinator Manager σε μεγάλη ελληνική ιδιωτική εταιρεία αντιμετώπισης πετρελαϊκών ρυπάνσεων σε θαλάσσιο χώρο, για την πολύτιμη συνεισφορά του στην αναζήτηση και εύρεση στοιχείων. Είναι αλήθεια ότι η όλη εργασία στηρίχτηκε επάνω στα στοιχεία που μας παρέδωσε. Τον ευχαριστώ ιδιαίτερα για το χρόνο που αφιέρωσε για την συγκεκριμένη προσπάθεια.
- τον κ. Στέφανο Χατζηνικολάου, Ναυπηγό Μηχανολόγο Μηχανικό, συνεργάτη του Εργαστηρίου Θαλασσίων Μεταφορών, για το χρόνο που αφιέρωσε και την βοήθεια του στην πορεία της εργασίας.

Επίσης θέλω να εκφράσω τις ευχαριστίες μου προς:

- τους καθηγητές του Τμήματος Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών για τις γνώσεις που μου προσέφεραν.
- τους καλούς φίλους-συμφοιτητές που έκανα κατά τη διάρκεια των φοιτητικών μου χρόνων. Τους θεωρώ πραγματικούς φίλους.
- το κληροδότημα Πέτρου Μουστάκα και την διαχειριστική του επιτροπή για την επιβράβευση της επιτυχούς εισαγωγής μου στην τριτοβάθμια εκπαίδευση μέσω της υποτροφίας, που μου προσέφεραν κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.

- ιδιαίτερα, τους γονείς μου Πέτρο και Ασημίνα Ζαγοραίου και την οικογένειά μου για όλα όσα μου έχουν προσφέρει μέχρι τώρα. Τους είμαι πραγματικά ευγνώμων.

Περίληψη

Το θέμα των θαλασσιών μεταφορών και πως αυτό επηρεάζει το θαλάσσιο περιβάλλον αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα θέματα που απασχολούν την παγκόσμια ναυτιλιακή κοινότητα. Όταν, βέβαια, γίνεται λόγος για οικολογικές συνέπειες στο θαλάσσιο περιβάλλον, ενδιαφερόμενος είναι, γενικότερα, κάθε πολίτης κάθε κράτους, παγκοσμίως. Μία από τις κύριες αιτίες ρύπανσης του θαλάσσιου περιβάλλοντος είναι η διακίνηση πετρελαιοειδών που λαμβάνει χώρα σε αυτό και γίνεται από πλοία.

Τα πλοία και οι δραστηριότητές τους είναι η βασική αιτία πρόκλησης πετρελαιοκηλίδων στον ελλαδικό θαλάσσιο χώρο. Η ανάγκη για τη μελέτη του κόστους αντιμετώπισης αυτών είναι δεδομένη και απασχολεί όλους τους αρμόδιους φορείς. Το κόστος αντιμετώπισης πετρελαιοκηλίδων εξαρτάται από ποικίλους παράγοντες, σημαντικότεροι από τους οποίους είναι το είδος του πετρελαιοειδούς, το μέγεθος της κηλίδας, η τοποθεσία του περιστατικού ρύπανσης, η στρατηγική αντιμετώπισης του προβλήματος, η ενδεχόμενη επίδραση της κηλίδας στην ακτογραμμή και, τέλος, ο χρόνος αντίδρασης ως προς την έναρξη της καταπολέμησης της πετρελαιοκηλίδας.

Σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας είναι η ανάλυση της επίδρασης των παραπάνω παραγόντων στην διαμόρφωση του κόστους αντιμετώπισης των κηλίδων στον ελλαδικό θαλάσσιο χώρο. Συγκεκριμένα, γίνεται προσπάθεια ανάπτυξης ενός μαθηματικού μοντέλου εκτίμησης του κόστους απορύπανσης των κηλίδων, το οποίο θα είναι σε θέση να εφαρμοστεί και να παρέχει ικανοποιητική προσέγγιση σε αυτό το κόστος. Το συγκεκριμένο μοντέλο αναπτύσσεται χάρη σε στοιχεία που έχουν συλλεχτεί και απαρτίζουν τη βάση δεδομένων της εργασίας αυτής. Η βάση δεδομένων περιέχει πληροφορίες από 100, περίπου, περιστατικά ρύπανσης που σημειώθηκαν στον ελλαδικό χώρο, κατά το χρονικό διάστημα 2000 – 2007, και απασχόλησαν μεγάλη ιδιωτική εταιρεία αντιμετώπισης θαλάσσιας ρύπανσης.

Μία εναλλακτική επιλογή, στην προσπάθειά μας να υπολογίσουμε το κόστος αντιμετώπισης πετρελαιοκηλίδων που προκαλούνται από πλοία στον ελλαδικό θαλάσσιο χώρο, αποτελεί η επιστήμη των νευρωνικών δικτύων και η εφαρμογή της στο συγκεκριμένο πρόβλημα. Γίνεται προσπάθεια κατανόησης των βασικών αρχών των νευρωνικών δικτύων, ώστε να καταστεί εφικτή η δημιουργία και λειτουργία ενός νευρωνικού δικτύου ικανού να μας δώσει απαντήσεις στο θέμα του κόστους αντιμετώπισης της θαλάσσιας ρύπανσης. Το δίκτυο, που κατασκευάζεται, εκπαιδεύεται κατάλληλα με τη βοήθεια των περιστατικών ρύπανσης της βάσης δεδομένων, που διαθέτουμε, και κατόπιν, δοκιμάζεται για να μελετηθεί κατά πόσο η

γνώση-εμπειρία που απέκτησε, κατά την εκπαίδευση, είναι ικανή και αρκετή ώστε να του δώσει τη δυνατότητα εκτίμησης του κόστους απορύπανσης μελλοντικών κηλίδων.

Abstract

The transports by sea and how they influence the marine environment are some of the dominant issues that concern the worldwide maritime community. However every citizen of all the countries is interested of the ecological consequences on the marine environment. The transport of oil by ships is a common danger for the environmental balance and its preserving.

In Greece more oil spills are made by ships. All the interested parts of the marine activities share a keen interest in being able to study oil spill response costs for planning purposes. Oil spill cleanup response costs depend on a variety of factors, most notably, oil type, spill size, location of the incident, cleanup strategy, degree of shoreline oiling and time to response.

The aim of this thesis is to analyze the impact of the factors, mentioned above, on the oil spill cleanup costs in Greece. In particular, there is an effort to develop a cleanup cost estimation modeling technique that can be applied to marine spills of different types. The construction of this modeling technique is based on a database which includes data of about 100 oil spill incidents. These incidents took place in Greece in a period of eight years (2000-2007) and their cleanup response occupied the biggest oil spill response company of Greece.

The artificial neural networks and their application on the problem of estimating oil spill cleanup costs in Greece is another issue that is described in this thesis. There is an effort to understanding the basic principles of the neural networks theory so as to studying how possible is the construction and the operation of a neural network that can give replies on the estimating oil spill cleanup cost problems. The neural network, that is built, is trained by the incidents of the database and then is tested. The results of the testing procedure are essential elements that prove how well is the training of the network and if there is satisfactory ability of the network to estimate oil spill cleanup costs.

Εισαγωγή

Η συγκεκριμένη Διπλωματική Εργασία εκπονήθηκε στον Τομέα Μελέτης Πλοίου και Θαλασσίων Μεταφορών, υπό την επίβλεψη του Λέκτορα Ε.Μ.Π. κ. Νικολάου Π. Βεντίκου, κατά το χρονικό διάστημα Ιουνίου 2006 – Φεβρουαρίου 2008.

Βασικός σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η **μελέτη του κόστους απορύπανσης κηλίδων – περιστατικών ρύπανσης, που προκαλούνται από πλοία στον ελλαδικό θαλάσσιο χώρο**. Συγκεκριμένα επιχειρείται μια διερεύνηση, παρουσίαση και ανάλυση των παραμέτρων που επηρεάζουν και καθορίζουν το κόστος αντιμετώπισης της ρύπανσης από κηλίδες.

Η βασική ιδέα για την υλοποίηση αυτής της εργασίας πάρθηκε από παρόμοιες εργασίες που έχει πραγματοποιήσει η κ. Dagmar Schmidt Etkin, σχετικά με το κόστος καταπολέμησης πετρελαιοκηλίδων σε παγκόσμια κλίμακα και την προσπάθεια αναγωγής του όλου προβλήματος σε μια συστηματική φόρμουλα, ικανή να προβλέπει το κόστος απορύπανσης σε μελλοντικά περιστατικά ρύπανσης στη θάλασσα. Επομένως, οι κεντρικοί άξονες στους οποίους κινηθήκαμε είναι οι ίδιοι με αυτούς της Etkin. Η βασική διαφορά μας είναι ότι προσπαθήσαμε να κάνουμε κάτι το αντίστοιχο για τον ελλαδικό χώρο.

Πέρα από την ανάλυση των παραγόντων που καθορίζουν το κόστος, κρίθηκε σκόπιμο να εξαχθούν κάποια γενικά συμπεράσματα, που χαρακτηρίζουν το φαινόμενο της πετρελαϊκής ρύπανσης στη θάλασσα και να εξεταστεί αν αυτά συμπίπτουν και συμφωνούν με τα αντίστοιχα της Etkin. Τα συμπεράσματα αυτά αφορούν μόνο την περιοχή της Ελλάδας και αποτυπώνουν με πλήρη σαφήνεια την σχέση κάποιων χαρακτηριστικών της εκάστοτε κηλίδας με το κόστος αντιμετώπισής της. Επαληθεύονται δε και από τις τάσεις σε παγκόσμια κλίμακα που διερεύνησε η Etkin. Το γεγονός αυτό της επιβεβαίωσης των συμπερασμάτων και της απόδειξης της αξιοπιστίας τους ήταν το πρώτο και εύκολο βήμα στην πορεία της διπλωματικής εργασίας.

Όπως αποδείχθηκε, το επίπονο κομμάτι της όλης δουλειάς ήταν η προσπάθεια για μοντελοποίηση του όλου προβλήματος. Αυτό που επιδιώχθηκε ήταν η κατασκευή ενός μαθηματικού μοντέλου, το οποίο θα λαμβάνει υπόψη τα χαρακτηριστικά στοιχεία μίας ενδεχόμενης κηλίδας σε ελληνική θάλασσα, και κατόπιν θα είναι σε θέση να μας δώσει μία πιθανή προεκτίμηση του κόστους καταπολέμησης της ρύπανσης, που προξένησε η κηλίδα. Ουσιαστικά, έγινε μία προσπάθεια εξεύρεσης μίας μαθηματικής σχέσης, ενός αλγορίθμου που θα εκφράζει το συγκεκριμένο κόστος. Όπως προαναφέρθηκε, για να συμβεί αυτό, θα έπρεπε να διερευνήσουμε ποιες είναι

πραγματικά οι συνιστώσες που καθορίζουν το κόστος αντιμετώπισης της ρύπανσης και στη συνέχεια να ενταχθούν στο περιεχόμενο της μαθηματικής έκφρασης του κόστους που αναζητούμε.

Πρώτο μέλημα ήταν η αναζήτηση στοιχείων, η εξεύρεση, η καταγραφή και εν συνεχεία η ανάλυση τους. Αυτό που μας ενδιέφερε ήταν η εύρεση κηλίδων – περιστατικών ρύπανσης που έχουν συμβεί στη θαλάσσια περιοχή της Ελλάδας με όσο το δυνατόν περισσότερα χαρακτηριστικά γνωστά. Για το λόγο αυτό απευθυνθήκαμε σε γνωστή ελληνική ιδιωτική εταιρεία που αναλαμβάνει επιχειρήσεις αντιμετώπισης και καθαρισμού κηλίδων, η οποία τελικά μας προσέφερε στοιχεία για περίπου 110 περιστατικά, που έλαβαν χώρα στην Ελλάδα, κατά το χρονικό διάστημα 2000 – 2007, και στα οποία κλήθηκε να συμβάλει στην αντιμετώπιση τους. Τα περιστατικά αυτά εξετάστηκαν λεπτομερώς, εμπλουτίστηκαν με στοιχεία από άλλες δευτερεύουσες πηγές, διασταυρώθηκε η αξιοπιστία των στοιχείων τους και εν συνεχεία έγινε επιλογή 104 από αυτά, με βάση το κριτήριο της παροχής όσο το δυνατόν περισσότερων πληροφοριών. Τα περιστατικά αυτά καταχωρήθηκαν στη βάση δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε για τους σκοπούς της εργασίας μας.

Μετά την καταγραφή των συμβάντων επιχειρήθηκε η εξέταση, η ανάλυση και η αξιολόγηση αυτών. Χάρη στην εμπειρία που αποκτήθηκε από την μελέτη των εργασιών της Etkin και άλλων παρόμοιων εργασιών καταλήξαμε στους παράγοντες που επηρεάζουν το κόστος απορύπανσης κηλίδων. Οι παράγοντες αυτοί είναι οι ακόλουθοι:

- Είδος ρυπογόνου ουσίας (oil type),
- Μέγεθος της κηλίδας (spill size),
- Γεωγραφική τοποθεσία (location),
- Είδος – χρησιμότητα – χαρακτηρισμός τοποθεσίας (type of location),
- Μήκος της προσβληθείσας ακτής (shoreline oiling),
- Μεθοδολογία αντιμετώπισης της κηλίδας και καταπολέμησης της ρύπανσης (cleanup strategy-methodology),
- Χρόνος αντίδρασης (time to response).

Σημειώνεται δε, ότι ο χρόνος αντίδρασης είναι η καινοτομία η δική μας, συγκριτικά με την Etkin. Ως χρόνος αντίδρασης ορίζεται το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί από την ενημέρωση της υπεύθυνης εταιρείας, που αναλαμβάνει την αντιμετώπιση ενός περιστατικού ρύπανσης, έως την στιγμή που ανθρώπινο δυναμικό και μέσα καταπολέμησης της ρύπανσης θα φτάσουν στο σημείο του προβλήματος και θα αρχίσουν τις εργασίες απορρύπανσης. Ο χρόνος αυτός περιλαμβάνει τα στάδια, ενημέρωσης της εταιρείας, κινητοποίησης του συστήματος (εργατικό δυναμικό και τεχνικά μέσα), φόρτωσης του απαραίτητου εξοπλισμού, σχεδιασμού της επιχείρησης, και μετάβασης ανθρώπινου δυναμικού και μέσων στο σημείο της ρύπανσης.

Εννοείται ότι η αξία του χρόνου αντίδρασης είναι πολύ σημαντική, καθώς τυχόν καθυστερήσεις είναι ικανές να επιφέρουν εξάπλωση της κηλίδας, δυσκολίες στο έργο αντιμετώπισης αυτής και επιβάρυνση στο τελικό κόστος καθαρισμού.

Βασικό στοιχείο για την ανάλυση των παραπάνω ήταν η γνώση του κόστους απορύπανσης για όλα τα περιστατικά της βάσης δεδομένων, στοιχείο που μας παρείχε με κάθε επιφύλαξη η ιδιωτική εταιρεία στην οποία απευθυνθήκαμε. Αυτό που αναλύθηκε ήταν η σχέση ανάμεσα στον κάθε παράγοντα ξεχωριστά, που αναφέρθηκε, και στο κόστος. Έτσι προέκυψαν κάποιες τιμές μέσου κόστους ανά ποσότητα πετρελαιοειδούς, που συλλέγεται κατά την απορύπανση, για τον κάθε παράγοντα, ενδεικτικές για την Ελλάδα. Από αυτές τις τιμές προέκυψαν κάποια χρήσιμα και πολύ ενδιαφέροντα συμπεράσματα που παρουσιάζονται στο αντίστοιχο κεφάλαιο.

Το επόμενο βήμα ήταν να στηριχτούμε πάνω στα πραγματικά γεγονότα που μας παρείχε η βάση δεδομένων, έτσι ώστε να κατασκευάσουμε το μαθηματικό μοντέλο εκτίμησης κόστους απορύπανσης κηλίδων. Αφού καταλήξαμε στην επιζητούμενη σχέση, ήταν λογικό να δοκιμαστεί η αποτελεσματικότητά της πάνω στα περιστατικά που γνωρίζαμε. Έτσι, έγινε εφαρμογή του μοντέλου επάνω σε αυτά τα 104 περιστατικά με αντικειμενικό σκοπό να προβλέψει το κόστος τους. Η σύγκριση της εκτιμώμενης τιμής του μοντέλου με την πραγματική τιμή κόστους, του έδωσε ένα ποσοστό επιτυχίας γύρω στο 70%. Εντούτοις, στο σημείο αυτό αξίζει να αναφέρουμε τις αντικειμενικές δυσκολίες του εγχειρήματός μας. Στην εξέλιξη του μοντέλου μας διαπιστώθηκε ότι σίγουρα μια βάση δεδομένων με 104 περιστατικά είναι τελικά αρκετά περιορισμένη σε αριθμό, με κίνδυνο η επεξεργασία της να μας δώσει αποτελέσματα με χαμηλό δείκτη αξιοπιστίας και βεβαιότητας. Η ανεπάρκεια μεγάλου αριθμού περιστατικών της βάσης δεδομένων, λοιπόν, έθετε σε κίνδυνο την υπολογιστική ισχύ του μοντέλου μας. Παρά ταύτα, τουλάχιστον στο κομμάτι των συμπερασμάτων, κατορθώθηκε να προκύψουν κάποιες τάσεις πολύ χρήσιμες και αξιόλογες, που η αληθοφάνεια τους είναι αδιαμφισβήτητη και επιβεβαιώνεται και από τα συμπεράσματα της Etkin. Αξίζει να αναφερθεί ότι στη συνέχεια έγινε εφαρμογή του μοντέλου μας για περίπου 200 φανταστικά σενάρια πετρελαιοκηλίδων στον ελλαδικό θαλάσσιο χώρο. Σκοπός της προσπάθειας αυτής ήταν η μελέτη της συμπεριφοράς του μοντέλου, η πιθανή διόρθωσή του και η καλύτερη εκπαίδευσή του. Δηλαδή, εξετάσαμε αν η συμπεριφορά του ήταν λογική ή όχι, αν τα αποτελέσματα που προέκυπταν μπορούσαν να κριθούν λογικά με βάση τα στοιχεία που του τοποθετούσαμε στο σύστημα.

Η δεύτερη μεγάλη αντιξοότητα αποδείχθηκε ότι ήταν το μεγάλο ποσοστό περιστατικών με ιδιαίτερα μικρή ποσότητα συλλεχθέντος πετρελαιοειδούς. Περίπου το 75% των κηλίδων που είχαμε στη διάθεση μας είχαν μέγεθος μικρότερο των 5

τόνων. Το γεγονός αυτό έθετε σε αμφισβήτηση τη συμπεριφορά του μοντέλου στην περίπτωση μεγάλων κηλίδων.

Οι δυσκολίες αυτές έπρεπε, ωστόσο, να ξεπεραστούν, αφού δυνατότητες για καλύτερη βάση δεδομένων, που να περιλαμβάνει και κόστος απορύπανσης δεν υπήρχαν. Η συγκεκριμένη ιδιωτική εταιρεία ήταν η μόνη κατάλληλη να μας εμπιστευτεί κάποια οικονομικά στοιχεία και την ευχαριστούμε γι αυτό το γεγονός. Χωρίς την αρωγή της, αυτή η εργασία δεν θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί. Εξάλλου, δεν πρέπει να ξεχνάμε το σκοπό αυτής της δουλειάς, που δεν είναι άλλος από την προσέγγιση του κόστους σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερο βαθμό και την απόκτηση μίας εικόνας για την τάξη μεγέθους αυτού, παρά την ακριβή πρόγνωση του.

Μία άλλη εναλλακτική προσπάθεια, που επιχειρήθηκε στα πλαίσια της συγκεκριμένης δουλειάς, αφορά την επιστήμη των νευρωνικών δικτύων και την δυνατότητα εφαρμογής της στο συγκεκριμένο πρόβλημα. Στηριχθήκαμε στις βασικές αρχές των νευρωνικών δικτύων και εξετάσαμε κατά πόσο μπορούν να συνεισφέρουν στο θέμα της εκτίμησης του κόστους απορύπανσης κηλίδων. Τα νευρωνικά δίκτυα έχουν τη δυνατότητα να εκπαιδεύονται, να μαθαίνουν κάποιες τάσεις, κάποια παραδείγματα (τα λεγόμενα πρότυπα), και με βάση την εμπειρία τους από την μάθηση αυτή, να δίνουν απαντήσεις σε νέα προβλήματα που τους θέτουμε. Έτσι στόχος μας ήταν να παρουσιάσουμε τα 104 περιστατικά της βάσης μας στα νευρωνικά δίκτυα και να τα "βάλουμε" να τα μάθουν. Μαθαίνοντας αυτά τα περιστατικά, θα ήταν σε θέση να διακρίνουν κάποιες σχέσεις μεταξύ των παραγόντων και του κόστους. Με τον τρόπο αυτό θα αποκτούσαν την "λογική", την "εμπειρία" να εκτιμήσουν το κόστος αντιμετώπισης της ρύπανσης, αν τους το ζητούσαμε παρουσιάζοντάς τους νέα στοιχεία για ενδεχόμενα περιστατικά ρύπανσης.

Μετά την εισαγωγή, ακολουθεί η βιβλιογραφική επισκόπηση της Διπλωματικής Εργασίας (πρώτο κεφάλαιο). Σε αυτήν παρουσιάζονται οι βασικές πηγές από τις οποίες αντλήθηκαν πληροφορίες για το θέμα που πραγματεύεται η εργασία. Επίσης, επιχειρείται μία πρώτη επαφή με το φαινόμενο της αντιμετώπισης κηλίδων που προκαλούνται σε θαλάσσιο χώρο και μία ανάλυση των κύριων παραμέτρων που επηρεάζουν και διαμορφώνουν το κόστος απορύπανσης και του τρόπου με τον οποίο το πραγματοποιούν.

Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφεται η συμπεριφορά του πετρελαίου στην θάλασσα και γίνεται αναφορά στις βασικές φυσικές και χημικές του ιδιότητες. Επιπλέον, παρουσιάζονται συνοπτικά και οι κύριες συνέπειες της ρύπανσης από πετρέλαιο.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύεται ο ρόλος που διαδραματίζει το Υπουργείο Εμπορικής Ναυτιλίας ως προς το φαινόμενο της πετρελαϊκής ρύπανσης των ελληνικών θαλασσών. Εδώ παρουσιάζονται ορισμένα από τα μέσα καταπολέμησης της ρύπανσης που διαθέτει το Υ.Ε.Ν., ενώ δίνονται και σαφείς οδηγίες για τους τρόπους καταπολέμησης της ρύπανσης ακτών. Η ρύπανση των ακτών αποτελεί ουσιαστικά ένα καίριο κεφάλαιο της θαλάσσιας ρύπανσης με έντονο ενδιαφέρον. Αξίζει να σημειωθεί ότι το κόστος απορύπανσης των ακτών σε μία ενδεχόμενη κηλίδα είναι πολλαπλάσιο του κόστους απορύπανσης της θάλασσας. Μάλιστα, προσεγγίζει σε ποσοστό το 90-99% του ολικού κόστους των επιχειρήσεων αντιμετώπισης της ρύπανσης.

Το τέταρτο κεφάλαιο είναι αφιερωμένο στην Διεθνή Σύμβαση για την Ετοιμότητα, Συνεργασία και Αντιμετώπιση της Ρύπανσης της Θάλασσας από Πετρέλαιο (International Convention on Oil Pollution Preparedness, Response and Co-operation, 1990 – O.P.R.C.90), που υπογράφηκε στο Λονδίνο στις 30 Νοεμβρίου 1990. Γίνεται μία αναφορά στο περιεχόμενο του κάθε άρθρου της Σύμβασης ενώ το πλήρες κείμενο της Σύμβασης περιέχεται στο Παράρτημα Α της Διπλωματικής Εργασίας.

Στο πέμπτο κεφάλαιο περιγράφεται η δομή της βάσης δεδομένων και επιχειρείται μία σύντομη στατιστική ανάλυση των στοιχείων της. Στη συνέχεια γίνεται μια ποσοτική επεξεργασία των παραγόντων που επηρεάζουν το κόστος απορύπανσης κηλίδων, με βάση πάντα τα στοιχεία της βάσης δεδομένων. Από αυτή την ποσοτική επεξεργασία προκύπτουν κάποια ποιοτικά συμπεράσματα, τα οποία συγκρίνονται με αυτά της Etkin και παρουσιάζονται λεπτομερώς. Στο τέλος του κεφαλαίου γίνεται αναλυτική παρουσίαση του μοντέλου εκτίμησης κόστους απορύπανσης κηλίδων και εφαρμογή του σε συγκεκριμένα ιστορικά περιστατικά ρύπανσης.

Το έκτο κεφάλαιο μας εισάγει στην θεωρία των νευρωνικών δικτύων και στις βασικές αρχές που τη διέπουν. Ουσιαστικά πρόκειται για την εναλλακτική πρόταση στο μοντέλο που παρουσιάζεται στο πέμπτο κεφάλαιο. Εδώ γίνεται περιγραφή του τρόπου με τον οποίο σκεφτήκαμε να εισάγουμε τα νευρωνικά δίκτυα στο πρόβλημά μας και αναφορά των αποτελεσμάτων της προσπάθειάς μας.

Στο έβδομο κεφάλαιο συνοψίζονται τα κύρια συμπεράσματα της εργασίας μας, όπως αυτά προκύπτουν από τη μελέτη του μαθηματικού μοντέλου εκτίμησης του κόστους αντιμετώπισης κηλίδων του πέμπτου κεφαλαίου, καθώς και από τη μελέτη του νευρωνικού δικτύου του έκτου κεφαλαίου.

Στη συνέχεια ακολουθούν η σχετική βιβλιογραφία και τα δύο παραρτήματα. Το παράστημα Α περιέχει το πλήρες κείμενο της Διεθνούς Σύμβασης για την Ετοιμότητα, Συνεργασία και Αντιμετώπιση της Ρύπανσης της Θάλασσας από Πετρέλαιο, ενώ το παράρτημα Β περιέχει, ενδεικτικά, ένα τμήμα από τη βάση δεδομένων που δημιουργήθηκε για τους σκοπούς της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας.

Περιεχόμενα

| | |
|---|-----------|
| Ευχαριστίες | 3 |
| Περίληψη | 4 |
| Abstract | 6 |
| Εισαγωγή | 7 |
| Κεφάλαιο 1 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ | 24 |
| 1.1 Βιβλιογραφική επισκόπηση | 25 |
| Κεφάλαιο 2 Η ΡΥΠΑΝΣΗ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ ΑΠΟ ΤΟ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ | 35 |
| 2.1 Συμπεριφορά του πετρελαίου στη θάλασσα | 36 |
| 2.1.1 Γενικά | 36 |
| 2.1.2 Φυσικοχημικές μεταβολές | 37 |
| 2.2 Συνέπειες ρύπανσης από πετρέλαιο | 40 |
| 2.2.1 Συνέπειες φυσικής μορφής | 40 |
| 2.2.2 Συνέπειες βιολογικής μορφής | 41 |
| 2.2.3 Επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου | 41 |
| Κεφάλαιο 3 ΜΕΣΑ ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ | 42 |
| 3.1 Εισαγωγή | 43 |
| 3.2 Μέσα καταπολέμησης της ρύπανσης | 43 |
| 3.2.1 Φράγματα | 43 |
| 3.2.2 Πετρελαιοσυλλέκτες (Skimmers) | 49 |
| 3.2.3 Σκάφη Περισυλλογής (Skimmer Vessels) | 52 |
| 3.2.4 Απορροφητικά Υλικά (Sorbents) | 52 |
| 3.2.5 Χημικές Διασκορπιστικές Ουσίες (Χ.Δ.Ο.) | 54 |
| 3.3 Καταπολέμηση της ρύπανσης ακτών | 55 |
| 3.3.1 Μέθοδοι καθαρισμού ακτών | 56 |
| 3.3.2 Παρατηρήσεις για διάφορες μορφές ακτών | 62 |
| 3.3.3 Χρήση χημικών διασκορπιστικών ουσιών στις ακτές | 64 |
| Κεφάλαιο 4 ΔΙΕΘΝΗΣ ΣΥΜΒΑΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΤΟΙΜΟΤΗΤΑ, ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ ΑΠΟ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ | 66 |
| 4.1 Εισαγωγή | 67 |

| | |
|---|-----------|
| Κεφάλαιο 5 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΗΛΙΔΩΝ ΣΤΟΝ ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ | 72 |
| 5.1 Παρουσίαση βάσης δεδομένων περιστατικών ρύπανσης στον ελλαδικό θαλάσσιο χώρο | 73 |
| 5.1.1 Δομή της βάσης δεδομένων | 74 |
| 5.1.2 Επεξεργασία της βάσης δεδομένων | 78 |
| 5.2 Παράγοντες καθορισμού του κόστους καθαρισμού και αντιμετώπισης κηλίδων | 85 |
| 5.2.1 Επίδραση του είδους της ρυπογόνου ουσίας στη διαμόρφωση του κόστους | 85 |
| 5.2.2 Επίδραση της ποσότητας της ρυπογόνου ουσίας στη διαμόρφωση του κόστους | 88 |
| 5.2.3 Επίδραση της γεωγραφικής τοποθεσίας του περιστατικού ρύπανσης στη διαμόρφωση του κόστους | 90 |
| 5.2.4 Επίδραση του είδους της τοποθεσίας του περιστατικού ρύπανσης στη διαμόρφωση του κόστους | 94 |
| 5.2.5 Επίδραση του μήκους της προσβληθείσας ακτής του περιστατικού ρύπανσης στη διαμόρφωση του κόστους | 96 |
| 5.2.6 Επίδραση της μεθόδου αντιμετώπισης του περιστατικού ρύπανσης στη διαμόρφωση του κόστους | 100 |
| 5.2.7 Επίδραση του χρόνου αντίδρασης για την αντιμετώπιση του περιστατικού ρύπανσης στη διαμόρφωση του κόστους | 102 |
| 5.3 Παρουσίαση-περιγραφή του μοντέλου καθορισμού του κόστους αντιμετώπισης κηλίδων | 105 |
| 5.3.1 Δομή του μοντέλου εκτίμησης κόστους αντιμετώπισης κηλίδας | 106 |
| 5.3.2 Καθορισμός των συντελεστών βαρύτητας του μοντέλου εκτίμησης κόστους αντιμετώπισης κηλίδας | 107 |
| 5.3.3 Παραδείγματα εφαρμογής του μοντέλου εκτίμησης κόστους αντιμετώπισης κηλίδας | 109 |
| 5.3.4 Εφαρμογή του μοντέλου εκτίμησης κόστους αντιμετώπισης κηλίδας σε ιστορικά περιστατικά ρυπάνσεων από πλοία στον Ελλαδικό θαλάσσιο χώρο | 115 |
| 5.3.5 Ανάλυση ευαισθησίας περιστατικών θαλάσσιας ρύπανσης | 123 |

| | |
|---|------------|
| Κεφάλαιο 6 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ, ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΟΚΙΜΗ ΝΕΥΡΩΝΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΗΛΙΔΩΝ ΣΤΟΝ ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ | 152 |
| 6.1 Εισαγωγή | 153 |
| 6.1.1 Ένα απλό νευρωνικό δίκτυο | 154 |
| 6.1.2 Μετάδοση του σήματος μέσα στο νευρωνικό δίκτυο | 155 |
| 6.1.3 Τρόποι εκπαίδευσης νευρωνικών δικτύων | 156 |
| 6.1.4 Σύγχρονες εφαρμογές των νευρωνικών δικτύων | 158 |
| 6.2 Εφαρμογή των νευρωνικών δικτύων στο πρόβλημα της εκτίμησης του κόστους αντιμετώπισης πετρελαιοκηλίδων στον ελλαδικό χώρο | 159 |
| 6.2.1 Εφαρμογή του προγράμματος “NeuroSolutions 5” για την κατασκευή, εκπαίδευση και δοκιμή νευρωνικού δικτύου εκτίμησης κόστους αντιμετώπισης πετρελαιοκηλίδας στον ελλαδικό χώρο | 160 |
| 6.2.2 Συμπεράσματα | 169 |
| Κεφάλαιο 7 ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ | 171 |
| 7.1 Γενικά συμπεράσματα | 172 |
| ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ | 177 |
| 8.1 Βιβλιογραφία | 178 |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΔΙΕΘΝΟΥΣ ΣΥΜΒΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΤΟΙΜΟΤΗΤΑ, ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ ΑΠΟ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ | 181 |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: ΔΕΙΓΜΑ ΑΠΟ ΤΗ ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ | 206 |

Κατάλογος πινάκων

| | | |
|-------------------|---|------------|
| Πίνακας 1 | Κατανομή περιστατικών ανά αίτιο πρόκλησης ατυχήματος. | 83 |
| Πίνακας 2 | Τιμές μέσου κόστους αντιμετώπισης κηλίδων ανά τόνο ρυπογόνου ουσίας για τα είδη των πετρελαιοειδών. | 86 |
| Πίνακας 3 | Τιμές μέσου κόστους αντιμετώπισης κηλίδων ανά τόνο ρυπογόνου ουσίας για τις κατηγορίες μεγέθους κηλίδας. | 89 |
| Πίνακας 4 | Τιμές μέσου κόστους αντιμετώπισης κηλίδων ανά τόνο ρυπογόνου ουσίας για τις κατηγορίες μεγέθους κηλίδας. Πηγή: Etkin [1]. | 90 |
| Πίνακας 5 | Τιμή μέσου κόστους αντιμετώπισης κηλίδων ανά τόνο ρυπογόνου ουσίας για την Ελλάδα. | 91 |
| Πίνακας 6 | Τιμή μέσου κόστους αντιμετώπισης κηλίδων ανά τόνο ρυπογόνου ουσίας για την Ελλάδα. Πηγή: Etkin [1]. | 91 |
| Πίνακας 7 | Τιμές μέσου κόστους αντιμετώπισης κηλίδων ανά τόνο ρυπογόνου ουσίας για τις γεωγραφικές ζώνες της Ελλάδας. | 94 |
| Πίνακας 8 | Τιμές μέσου κόστους αντιμετώπισης κηλίδων ανά τόνο ρυπογόνου ουσίας για τα είδη τοποθεσίας. | 95 |
| Πίνακας 9 | Τιμές μέσου κόστους αντιμετώπισης κηλίδων ανά τόνο ρυπογόνου ουσίας για τα είδη τοποθεσίας. Πηγή: Etkin [1]. | 95 |
| Πίνακας 10 | Τιμές μέσου κόστους αντιμετώπισης κηλίδων ανά τόνο ρυπογόνου ουσίας για τις κατηγορίες έκτασης μήκους προσβληθείσας ακτής. | 99 |
| Πίνακας 11 | Τιμές μέσου κόστους αντιμετώπισης κηλίδων ανά τόνο ρυπογόνου ουσίας για τις κατηγορίες έκτασης μήκους προσβληθείσας ακτής. Πηγή: Etkin [1]. | 100 |
| Πίνακας 12 | Τιμή μέσου κόστους αντιμετώπισης κηλίδων ανά τόνο ρυπογόνου ουσίας για μηχανική καταπολέμηση της ρύπανσης. | 101 |
| Πίνακας 13 | Τιμή μέσου κόστους αντιμετώπισης κηλίδων ανά τόνο ρυπογόνου ουσίας για μηχανική καταπολέμηση της ρύπανσης. Πηγή: Etkin [1]. | 101 |
| Πίνακας 14 | Τιμές μέσου κόστους αντιμετώπισης κηλίδων ανά τόνο ρυπογόνου ουσίας για τις κατηγορίες χρόνου αντίδρασης. | 105 |
| Πίνακας 15 | Συντελεστές βαρύτητας των παραγόντων διαμόρφωσης του κόστους απορύπανσης κηλίδων. | 108 |
| Πίνακας 16 | Περιστατικά ρύπανσης από τη βάση δεδομένων. | 110 |
| Πίνακας 17 | Εφαρμογή του μοντέλου εκτίμησης κόστους αντιμετώπισης κηλίδας στα περιστατικά του Πίνακα 16. | 111 |
| Πίνακας 18 | Αποτελέσματα του μοντέλου εκτίμησης κόστους αντιμετώπισης κηλίδας για τα περιστατικά του Πίνακα 16. | 113 |
| Πίνακας 19 | Ιστορικά και δημοφιλή περιστατικά ρύπανσης που έχουν σημειωθεί στην Ελλάδα. | 116 |
| Πίνακας 20 | Εφαρμογή του μοντέλου εκτίμησης κόστους αντιμετώπισης κηλίδας στα περιστατικά του Πίνακα 19. | 117 |
| Πίνακας 21 | Αποτελέσματα του μοντέλου εκτίμησης κόστους αντιμετώπισης κηλίδας για τα περιστατικά του Πίνακα 19. | 119 |
| Πίνακας 22 | Εφαρμογή του μοντέλου εκτίμησης κόστους αντιμετώπισης κηλίδας για υποθετικά σενάρια του πλοίου "AFRICA", με μεταβολή της γεωγραφικής περιοχής του περιστατικού. | 123 |

| | | |
|-------------------|---|------------|
| Πίνακας 23 | Αποτελέσματα του μοντέλου εκτίμησης κόστους αντιμετώπισης κηλίδας για τα υποθετικά σενάρια του Πίνακα 22. | 125 |
| Πίνακας 24 | Εφαρμογή του μοντέλου εκτίμησης κόστους αντιμετώπισης κηλίδας για υποθετικά σενάρια του πλοίου "SEA DIAMOND", με μεταβολή της γεωγραφικής περιοχής του περιστατικού. | 125 |
| Πίνακας 25 | Αποτελέσματα του μοντέλου εκτίμησης κόστους αντιμετώπισης κηλίδας για τα υποθετικά σενάρια του Πίνακα 24. | 127 |
| Πίνακας 26 | Εφαρμογή του μοντέλου εκτίμησης κόστους αντιμετώπισης κηλίδας για υποθετικά σενάρια του πλοίου "AFRICA", με μεταβολή του είδους της περιοχής του περιστατικού. | 129 |
| Πίνακας 27 | Αποτελέσματα του μοντέλου εκτίμησης κόστους αντιμετώπισης κηλίδας για τα υποθετικά σενάρια του Πίνακα 26. | 131 |
| Πίνακας 28 | Εφαρμογή του μοντέλου εκτίμησης κόστους αντιμετώπισης κηλίδας για υποθετικά σενάρια του πλοίου "SEA DIAMOND", με μεταβολή του είδους της περιοχής του περιστατικού. | 131 |
| Πίνακας 29 | Αποτελέσματα του μοντέλου εκτίμησης κόστους αντιμετώπισης κηλίδας για τα υποθετικά σενάρια του Πίνακα 28. | 133 |
| Πίνακας 30 | Εφαρμογή του μοντέλου εκτίμησης κόστους αντιμετώπισης κηλίδας για υποθετικά σενάρια του πλοίου "AFRICA", με μεταβολή του μήκους της προσβληθείσας ακτής του περιστατικού. | 135 |
| Πίνακας 31 | Αποτελέσματα του μοντέλου εκτίμησης κόστους αντιμετώπισης κηλίδας για τα υποθετικά σενάρια του Πίνακα 30. | 136 |
| Πίνακας 32 | Εφαρμογή του μοντέλου εκτίμησης κόστους αντιμετώπισης κηλίδας για υποθετικά σενάρια του πλοίου "SEA DIAMOND", με μεταβολή του μήκους της προσβληθείσας ακτής του περιστατικού. | 137 |
| Πίνακας 33 | Αποτελέσματα του μοντέλου εκτίμησης κόστους αντιμετώπισης κηλίδας για τα υποθετικά σενάρια του Πίνακα 32. | 139 |
| Πίνακας 34 | Εφαρμογή του μοντέλου εκτίμησης κόστους αντιμετώπισης κηλίδας για υποθετικά σενάρια του πλοίου "AFRICA", με μεταβολή του μεγέθους (ποσότητα πετρελαιοειδούς) του περιστατικού. | 141 |
| Πίνακας 35 | Αποτελέσματα του μοντέλου εκτίμησης κόστους αντιμετώπισης κηλίδας για τα υποθετικά σενάρια του Πίνακα 34. | 143 |
| Πίνακας 36 | Εφαρμογή του μοντέλου εκτίμησης κόστους αντιμετώπισης κηλίδας για υποθετικά σενάρια του πλοίου "GLUECKSBURG", με μεταβολή του μεγέθους (ποσότητα πετρελαιοειδούς) του περιστατικού. | 144 |
| Πίνακας 37 | Εφαρμογή του μοντέλου εκτίμησης κόστους αντιμετώπισης κηλίδας για υποθετικά σενάρια του πλοίου "SEA | |

| | | |
|-------------------|---|-----|
| | DIAMOND'', με μεταβολή του μεγέθους (ποσότητα πετρελαιοειδούς) του περιστατικού. | 146 |
| Πίνακας 38 | Συγκεντρωτικά αποτελέσματα του μοντέλου εκτίμησης κόστους αντιμετώπισης κηλίδας για τα υποθετικά σενάρια που αναλύθηκαν με μεταβολή του μεγέθους της κηλίδας. | 150 |
| Πίνακας 39 | Καθορισμός των ποσοτικών σταθερών των δεδομένων εισόδου. | 162 |
| Πίνακας 40 | Αποτελέσματα εκπαίδευσης του νευρωνικού δικτύου. | 165 |
| Πίνακας 41 | Εφαρμογή του νευρωνικού δικτύου εκτίμησης κόστους αντιμετώπισης κηλίδας για συγκεκριμένα περιστατικά ρύπανσης. | 166 |
| Πίνακας 42 | Εφαρμογή του νευρωνικού δικτύου εκτίμησης κόστους αντιμετώπισης κηλίδας για συγκεκριμένα περιστατικά ρύπανσης. | 167 |

Κατάλογος σχημάτων

| | | |
|-----------------|--|-----------|
| Σχήμα 1 | Χρονική εξέλιξη κηλίδων. | 79 |
| Σχήμα 2 | Χρονική εξέλιξη κηλίδων με προσθήκη κυλιόμενου μέσου όρου. | 80 |
| Σχήμα 3 | Ποσοστό εμφάνισης περιστατικών κηλίδων ανά γεωγραφική περιοχή κατά το διάστημα 2000-2007. | 80 |
| Σχήμα 4 | Ποσοστό εμφάνισης περιστατικών κηλίδων και συνολική ποσότητα κηλίδων ανά γεωγραφική περιοχή κατά το διάστημα 2000-2007. | 81 |
| Σχήμα 5 | Κατανομή περιστατικών ανά είδος περιοχής κατά το διάστημα 2000-2007. | 82 |
| Σχήμα 6 | Κατανομή περιστατικών ανά αίτιο πρόκλησης ατυχήματος. | 83 |
| Σχήμα 7 | Ποσοστό εμφάνισης περιστατικών ρύπανσης ανά κατηγορία μεγέθους κηλίδας. | 84 |
| Σχήμα 8 | Ποσοστό εμφάνισης περιστατικών ρύπανσης ανά κατηγορία κόστους. | 85 |
| Σχήμα 9 | Γραφική απεικόνιση της σχέσης μεταξύ κόστους αντιμετώπισης περιστατικών ρύπανσης και μεγέθους των εν λόγω περιστατικών, για τα περιστατικά, που προκαλούνται από Fuel Oil (+Crude Oil). | 86 |
| Σχήμα 10 | Γραφική απεικόνιση της σχέσης μεταξύ κόστους αντιμετώπισης περιστατικών ρύπανσης και μεγέθους των εν λόγω περιστατικών, για τα περιστατικά, που προκαλούνται από Diesel Oil. | 87 |
| Σχήμα 11 | Γραφική απεικόνιση της σχέσης μεταξύ κόστους αντιμετώπισης περιστατικών ρύπανσης και μεγέθους των εν λόγω περιστατικών, για τα περιστατικά, που προκαλούνται από Slops. | 87 |
| Σχήμα 12 | Γραφική απεικόνιση της σχέσης μεταξύ κόστους αντιμετώπισης περιστατικών ρύπανσης και μεγέθους των εν λόγω περιστατικών, για τα περιστατικά, που προκαλούνται από Light Fuel Oil. | 88 |
| Σχήμα 13 | Σχέση μεταξύ κατηγορίας μεγέθους κηλίδας και κόστους αντιμετώπισης ρύπανσης ανά μονάδα τόνου πετρελαιοειδούς, που συλλέγεται κατά την απορύπανση. | 89 |
| Σχήμα 14 | Γραφική απεικόνιση της σχέσης μεταξύ κόστους αντιμετώπισης περιστατικών ρύπανσης και μεγέθους των εν λόγω περιστατικών, για περιστατικά που συνέβησαν στον ελλαδικό θαλάσσιο χώρο το διάστημα 2000 – 2007. | 91 |
| Σχήμα 15 | Γραφική απεικόνιση της σχέσης μεταξύ κόστους αντιμετώπισης περιστατικών ρύπανσης και μεγέθους των εν λόγω περιστατικών, για τα περιστατικά που προκλήθηκαν στο Αιγαίο. | 92 |
| Σχήμα 16 | Γραφική απεικόνιση της σχέσης μεταξύ κόστους αντιμετώπισης περιστατικών ρύπανσης και μεγέθους των εν λόγω περιστατικών, για τα περιστατικά που προκλήθηκαν στο Σαρωνικό κόλπο. | 93 |

| | | |
|-----------------|---|------------|
| Σχήμα 17 | Γραφική απεικόνιση της σχέσης μεταξύ κόστους αντιμετώπισης περιστατικών ρύπανσης και μεγέθους των εν λόγω περιστατικών, για τα περιστατικά που προκλήθηκαν στο Ιόνιο. | 93 |
| Σχήμα 18 | Παραστατική απεικόνιση της επίδρασης του είδους της περιοχής, όπου σημειώνεται το περιστατικό ρύπανσης, στο κόστος απορύπανσης ανά μονάδα τόνου πετρελαιοειδούς που συλλέγεται κατά την απορύπανση. | 96 |
| Σχήμα 19 | Γραφική απεικόνιση της σχέσης μεταξύ κόστους αντιμετώπισης περιστατικών ρύπανσης και μεγέθους των εν λόγω περιστατικών, για τα περιστατικά που προσέβαλαν μήκος ακτογραμμής 0 – 1km. | 97 |
| Σχήμα 20 | Γραφική απεικόνιση της σχέσης μεταξύ κόστους αντιμετώπισης περιστατικών ρύπανσης και μεγέθους των εν λόγω περιστατικών, για τα περιστατικά που προσέβαλαν μήκος ακτογραμμής 1,1 – 2km. | 98 |
| Σχήμα 21 | Γραφική απεικόνιση της σχέσης μεταξύ κόστους αντιμετώπισης περιστατικών ρύπανσης και μεγέθους των εν λόγω περιστατικών, για τα περιστατικά που προσέβαλαν μήκος ακτογραμμής > 2 km. | 98 |
| Σχήμα 22 | Παραστατική απεικόνιση της επίδρασης του μήκους της ακτογραμμής, που προσβάλλεται από το περιστατικό ρύπανσης, στο κόστος απορύπανσης ανά μονάδα τόνου πετρελαιοειδούς που συλλέγεται κατά την απορύπανση. | 99 |
| Σχήμα 23 | Γραφική απεικόνιση της σχέσης μεταξύ κόστους αντιμετώπισης περιστατικών ρύπανσης και μεγέθους των εν λόγω περιστατικών, για τα περιστατικά με χρόνο αντίδρασης 1 – 2,9 h. | 103 |
| Σχήμα 24 | Γραφική απεικόνιση της σχέσης μεταξύ κόστους αντιμετώπισης περιστατικών ρύπανσης και μεγέθους των εν λόγω περιστατικών, για τα περιστατικά με χρόνο αντίδρασης 3 – 5,9 h. | 103 |
| Σχήμα 25 | Γραφική απεικόνιση της σχέσης μεταξύ κόστους αντιμετώπισης περιστατικών ρύπανσης και μεγέθους των εν λόγω περιστατικών, για τα περιστατικά με χρόνο αντίδρασης 6 – 10 h. | 104 |
| Σχήμα 26 | Γραφική απεικόνιση της σχέσης μεταξύ κόστους αντιμετώπισης περιστατικών ρύπανσης και μεγέθους των εν λόγω περιστατικών, για τα περιστατικά με χρόνο αντίδρασης > 10 h. | 104 |
| Σχήμα 27 | Αντιπαράθεση αποτελεσμάτων μοντέλου με πραγματικά στοιχεία. | 114 |
| Σχήμα 28 | Αποτελέσματα μοντέλου για τα περιστατικά που αναλύθηκαν κατά χρονολογική σειρά εμφάνισής τους. Κόστος αντιμετώπισης κηλίδων ανά τόνο πετρελαιοειδούς που συλλέχτηκε κατά την απορύπανση. | 121 |
| Σχήμα 29 | Αποτελέσματα μοντέλου για τα περιστατικά που αναλύθηκαν κατά σειρά μεγέθους της κηλίδας, με προσθήκη κυλιόμενου μέσου όρου. Κόστος αντιμετώπισης κηλίδων ανά τόνο πετρελαιοειδούς που συλλέχτηκε κατά την απορύπανση. | 122 |

| | | |
|-----------------|--|------------|
| Σχήμα 30 | Αντιπαράθεση πραγματικού περιστατικού ρύπανσης του πλοίου "AFRICA", που συνέβη στο Αιγαίο, με υποθετικά σενάρια (Σαρωνικός – Ιόνιο). | 128 |
| Σχήμα 31 | Αντιπαράθεση πραγματικού περιστατικού ρύπανσης του πλοίου "SEA DIAMOND", που συνέβη στο Αιγαίο, με υποθετικά σενάρια (Σαρωνικός – Ιόνιο). | 128 |
| Σχήμα 32 | Αντιπαράθεση πραγματικού περιστατικού ρύπανσης του πλοίου "AFRICA", που συνέβη σε τουριστική περιοχή (nearshore), με υποθετικά σενάρια (port – offshore). | 134 |
| Σχήμα 33 | Αντιπαράθεση πραγματικού περιστατικού ρύπανσης του πλοίου "SEA DIAMOND", που συνέβη σε τουριστική περιοχή (nearshore), με υποθετικά σενάρια (port – offshore). | 134 |
| Σχήμα 34 | Αντιπαράθεση πραγματικού περιστατικού ρύπανσης του πλοίου "AFRICA", που προκάλεσε τη ρύπανση ακτογραμμής μήκους 2 km, με υποθετικά σενάρια (0 km – 4 km). | 140 |
| Σχήμα 35 | Αντιπαράθεση πραγματικού περιστατικού ρύπανσης του πλοίου "SEA DIAMOND", που προκάλεσε τη ρύπανση ακτογραμμής μήκους 2 km, με υποθετικά σενάρια (0 km – 4 km). | 140 |
| Σχήμα 36 | Αντιπαράθεση πραγματικού περιστατικού ρύπανσης του πλοίου "AFRICA" (34 ton), με υποθετικά σενάρια (1 ton, 15 ton, 120 ton). Μεταβολή του κόστους απορύπανσης της κηλίδας. | 143 |
| Σχήμα 37 | Αντιπαράθεση πραγματικού περιστατικού ρύπανσης του πλοίου "AFRICA" (34 ton), με υποθετικά σενάρια (1 ton, 15 ton, 120 ton). Μεταβολή του κόστους απορύπανσης της κηλίδας ανά μονάδα τόνου πετρελαιοειδούς που συλλέγεται κατά την απορύπανση. | 144 |
| Σχήμα 38 | Αντιπαράθεση πραγματικού περιστατικού ρύπανσης του πλοίου "SEA DIAMOND" (500 ton), με υποθετικά σενάρια (1 ton, 10 ton, 50 ton). Μεταβολή του κόστους απορύπανσης της κηλίδας. | 149 |
| Σχήμα 39 | Αντιπαράθεση πραγματικού περιστατικού ρύπανσης του πλοίου "SEA DIAMOND" (500 ton), με υποθετικά σενάρια (1 ton, 10 ton, 50 ton). Μεταβολή του κόστους απορύπανσης της κηλίδας ανά μονάδα τόνου πετρελαιοειδούς που συλλέγεται κατά την απορύπανση. | 149 |
| Σχήμα 40 | Μεταβολή του κόστους απορύπανσης της κηλίδας ανά μονάδα τόνου πετρελαιοειδούς που συλλέγεται κατά την απορύπανση. Απεικόνιση των αποτελεσμάτων του μοντέλου εκτίμησης κόστους αντιμετώπισης κηλίδας για τα διάφορα σενάρια στα οποία εφαρμόστηκε. | 150 |
| Σχήμα 41 | Μεταβολή του κόστους απορύπανσης της κηλίδας ανά μονάδα τόνου πετρελαιοειδούς που συλλέγεται κατά την απορύπανση. Απεικόνιση των αποτελεσμάτων του μοντέλου εκτίμησης κόστους αντιμετώπισης κηλίδας για τα διάφορα σενάρια στα οποία εφαρμόστηκε. | 151 |
| Σχήμα 42 | Ένας νευρώνας (κύκλος) με πολλές εισόδους (S_1, S_2, S_3, \dots), αντίστοιχα βάρη (W_1, W_2, W_3, \dots) και μία έξοδο. | 154 |
| Σχήμα 43 | Συνάρτηση κατωφλίου. | 155 |

Σχήμα 44 Σιγμοειδής συνάρτηση.

156

Κατάλογος εικόνων

| | | |
|-----------------|--|------------|
| Εικόνα 1 | Φυσικοχημικές μεταβολές πετρελαιοειδών. | 40 |
| Εικόνα 2 | Φράγματα τύπου φράκτου. | 46 |
| Εικόνα 3 | Φράγματα τύπου κουρτίνας. | 47 |
| Εικόνα 4 | Πρόβλημα ταξινόμησης προτύπων. | 161 |
| Εικόνα 5 | Δεδομένα εισόδου του νευρωνικού δικτύου. | 162 |
| Εικόνα 6 | Επιθυμητές έξοδοι του νευρωνικού δικτύου. | 163 |
| Εικόνα 7 | Απλή δομή του νευρωνικού δικτύου. | 163 |
| Εικόνα 8 | Αποτελέσματα εκπαίδευσης του νευρωνικού δικτύου. | 164 |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ

1.1 Βιβλιογραφική επισκόπηση

Οι παράγοντες που επηρεάζουν το κόστος αντιμετώπισης και καθαρισμού πετρελαιοκηλίδων (cleanup cost of oil spills) είναι σύνθετοι και αλληλοεξαρτώμενοι. Κάθε περιστατικό κηλίδας που σημειώνεται, αποτελεί ένα μοναδικό γεγονός με ξεχωριστές συνθήκες, κάτω από τις οποίες λαμβάνει χώρα, και ξεχωριστά χαρακτηριστικά.

Σύμφωνα με την Dagmar Schmidt Etkin [5], καθαρισμός κηλίδας (cleanup) ορίζεται ως η απομάκρυνση των πετρελαιοειδών από το περιβάλλον, η παρεμπόδιση και η διαχείριση της εξάπλωσής της. Όσον αφορά το κόστος αντιμετώπισης της κηλίδας πετρελαίου (cleanup cost), αυτό έχει σχέση με το κόστος εργασίας και εξοπλισμού, με το κόστος διαχείρισης και ελέγχου της όλης κατάστασης, ώστε να αποφευχθεί περαιτέρω διαρροή πετρελαίου από την πηγή πρόκλησης του περιστατικού, και με το κόστος μεταφοράς του εργατικού δυναμικού και του απαραίτητου εξοπλισμού στην τοποθεσία του εκάστοτε συμβάντος. Αντιθέτως, το κόστος αποκατάστασης του περιβάλλοντος δεν συμμετέχει στον προσδιορισμό του κόστους αντιμετώπισης του συμβάντος.

Οι περισσότερες μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί συγκλίνουν στο ότι οι βασικοί παράγοντες, που καθορίζουν το κόστος καθαρισμού πετρελαιοκηλίδων, είναι οι ακόλουθοι [1],[2],[3],[4],[5],[14],[15],[16]:

- Είδος πετρελαιοειδούς (oil type), που προκαλεί την κηλίδα.
- Μέγεθος της προκληθείσας κηλίδας (spill size).
- Τοποθεσία του συμβάντος (location).
- Μεθοδολογία αντιμετώπισης και καθαρισμού της κηλίδας, που αποφασίζεται και ακολουθείται (cleanup strategy).

Η Etkin [2],[14] προσθέτει στους παραπάνω παράγοντες και ορισμένα άλλα στοιχεία που επηρεάζουν το κόστος, όπως είναι, ο χρόνος πρόκλησης του περιστατικού, το ενδεχόμενο προσβολής ή απειλής ευαίσθητων περιοχών, η τοπική και η εθνική νομοθεσία καθώς και το επίπεδο της κοινωνικής ευαισθησίας και νοοτροπίας των πολιτών για το τι θεωρείται "καθαρό". Ο Ian White [3],[4] κρίνει ότι βασικό ρόλο διαδραματίζουν επίσης τα φυσικά, βιολογικά και οικονομικά χαρακτηριστικά της περιοχής, οι καιρικές συνθήκες και η κατάσταση της θάλασσας, το ποσοστό διαρροής πετρελαίου από την πηγή και η εξέλιξη του φαινομένου του ως προς το χρόνο. Μια άλλη σημαντική παράμετρος, που τονίζεται τόσο από την Etkin [5] όσο και από τον White [3],[4], είναι η αποτελεσματικότητα των μεθόδων αντιμετώπισης.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα συμπεράσματα της μελέτης της Etkin [6], που είναι τα εξής:

- Τα ανά μονάδα τόνου κόστη είναι υψηλότερα σε περιστατικά κηλίδων με πιο επίμονα και δυσδιάλυτα πετρελαιοειδή.
- Τα ανά μονάδα τόνου κόστη είναι υψηλότερα για επιχειρήσεις αντιμετώπισης, που βασίζονται σε μηχανικές και χειρονακτικές μεθοδολογίες.
- Τα ανά μονάδα τόνου κόστη είναι υψηλότερα για μικρότερες σε μέγεθος κηλίδες.
- Τα ανά μονάδα τόνου κόστη είναι υψηλότερα για κηλίδες που συμβαίνουν κοντά σε ακτές και λιμενικές υποδομές παρά για αυτές που παρατηρούνται σε ανοικτές θάλασσες.
- Τα ανά μονάδα τόνου κόστη είναι υψηλότερα για κηλίδες που προσβάλλουν ακτογραμμές.
- Τα ανά μονάδα τόνου κόστη ποικίλουν από ήπειρο σε ήπειρο και είναι πολύ υψηλότερα στις Η.Π.Α. από ότι στην Ασία.

Κατά την Etkin [1], θα ήταν πραγματικά ωφέλιμο σε όλους τους άμεσα ενδιαφερόμενους για το έργο της μεταφοράς του πετρελαίου -εφοπλιστές, ασφαλιστές, ειδικούς αντιμετώπισης κηλίδων, κυβερνητικούς υπαλλήλους- αν τα πράγματα ήταν πιο ξεκάθαρα στο θέμα του κόστους αντιμετώπισης των πετρελαιοκηλίδων. Θα ήταν ιδανικό αν είχε αναπτυχθεί μία ανά μονάδα τόνου σταθερά κόστους αντιμετώπισης. Ενώ έχουν καταβληθεί προσπάθειες προς τον σκοπό αυτόν, τα αποτελέσματα έχουν κριθεί μη ικανοποιητικά, επειδή μία τέτοια παγκόσμια σταθερά δεν έχει λάβει υπόψη της, το πόσο σύνθετο είναι το θέμα της αντιμετώπισης κηλίδων, και το γεγονός ότι ποτέ δύο κηλίδες δεν είναι ίδιες. Όπως προαναφέρθηκε, υπάρχει ένα σύνολο παραγόντων που επηρεάζουν το κόστος καθαρισμού κηλίδων και οι παράγοντες αυτοί δεν είναι άσχετοι μεταξύ τους.

Μία προσέγγιση στο πρόβλημα της πρόβλεψης-εκτίμησης του κόστους αντιμετώπισης κηλίδας είναι να βασιστούμε σε περιστατικά, που έχουν σημειωθεί στο παρελθόν, να αναλύσουμε τη συνεισφορά των διαφόρων χαρακτηριστικών του κάθε συμβάντος στη διαμόρφωση του κόστους και με βάση αυτά να αναπτύξουμε έναν αλγόριθμο ικανό να υπολογίζει το κόστος αντιμετώπισης για υποθετικά ή και πραγματικά σενάρια κηλίδων.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν το κόστος αντιμετώπισης κηλίδων παρουσιάζονται πιο αναλυτικά στη συνέχεια.

Είδος πετρελαιοειδούς (oil type).

Όπως ισχυρίζεται ο White [3],[4], κάθε πετρελαιοειδές είναι ένα μείγμα πολλών συστατικών με διαφορετικές ιδιότητες. Όταν αυτό διαρρέει στην επιφάνεια

της θάλασσας, επιδέχεται φυσικοχημικές διεργασίες καθώς εξαπλώνεται και κινείται. Μερικές από αυτές, όπως η εξάτμιση, η διάλυση και η βιοδιάσπαση, οδηγούν στην εξαφάνισή του από την επιφάνεια της θάλασσας [8]. Από την άλλη όμως, η ιδιότητα του πετρελαίου να σχηματίζει τα λεγόμενα γαλακτώματα -μάζες νερού μέσα στο πετρέλαιο- και η συνεπακόλουθη αύξησή του σε όγκο, καθώς το πετρέλαιο απορροφά πάνω από τέσσερις φορές τον όγκο του σε νερό, συνηγορούν στην επίμονη παρουσία του πετρελαίου στην επιφάνεια της θάλασσας [8]. Επομένως, η συμπεριφορά, το μέλλον και οι επιδράσεις του κάθε πετρελαιοειδούς, και συνεπώς και οι απαιτήσεις καθαρισμού εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τα φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά των συστατικών του πετρελαιοειδούς [5].

Η Etkin, [1],[5], υποστηρίζει ότι το είδος του πετρελαιοειδούς σε συνδυασμό με την ποσότητα πετρελαίου και τις καιρικές συνθήκες, καθορίζουν τις άμεσες περιβαλλοντικές επιδράσεις που έχει το περιστατικό της κηλίδας, και που σχετίζονται με την τοξικότητα (τα ελαφρότερα πετρελαιοειδή είναι περισσότερο τοξικά από τα βαρύτερα πετρελαιοειδή) και την επιμονή (τα βαρύτερα προϊόντα του πετρελαίου παραμένουν για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα από ότι τα ελαφριά προϊόντα). Γενικά, ισχύει ότι όσο περισσότερο επίμονα είναι τα πετρελαιοειδή τόσο μεγαλύτερη εξάπλωση γνωρίζει η ρύπανση και συνεπακόλουθα τόσο δυσκολότερο γίνεται το έργο της απομάκρυνσης των πετρελαιοειδών [2],[14].

Συγκεκριμένα, τα ελαφριά προϊόντα του πετρελαίου (gasoline, diesel, light crudes oils) δεν παραμένουν στην επιφάνεια της θάλασσας για σημαντικό χρονικό διάστημα εξαιτίας της γρήγορης εξάτμισης των συστατικών που τα συνθέτουν και της ευκολίας με την οποία αυτά διαλύονται με φυσικό τρόπο και διεργασίες (κυρίως χάρη στην επίδραση των κυματισμών) [3],[4].

Από την άλλη πλευρά υπάρχουν τα βαρέα καύσιμα (heavy crudes and heavy fuel oils), τα οποία είναι επίμονα και παραμένουν αρκετό διάστημα στην επιφάνεια της θάλασσας, αφού αποτελούνται σε μεγάλο βαθμό από συστατικά που δεν εξατμίζονται ενώ έχουν και υψηλό ιξώδες. Τέτοια πετρελαιοειδή έχουν την τάση συνεπώς να ταξιδεύουν σε μεγάλες αποστάσεις από την αρχική τοποθεσία του συμβάντος και σαν αποτέλεσμα ο καθαρισμός τους κρίνεται αρκετά δύσκολος, οι διαδικασίες καθαρισμού μπορούν να επεκταθούν σε τεράστιες εκτάσεις και το κόστος είναι υπερβολικά υψηλό [3],[4].

Επίσης, σε αντίθεση με τα ελαφριά καύσιμα, τα οποία μπορούν να αντιμετωπιστούν με τη χρήση χημικών μέσων, που αποτελεί μία φθηνή σχετικά μεθοδολογία καθαρισμού, τα βαρέα πετρελαιοειδή αντιμετωπίζονται με χρήση χειρονακτικών και μηχανικών μεθόδων, γεγονός που εκτινάσσει το κόστος

καθαρισμού σε τεράστια ύψη [1],[2]. Σε εξάρτηση με την τοποθεσία και το βαθμό στον οποίο η ακτογραμμή έχει προσβληθεί, οι κηλίδες, που έχουν προκληθεί από επίμονα καύσιμα, απαιτούν τις ακριβότερες επιχειρήσεις αντιμετώπισης [1].

Όσον αφορά τη φύση των καταστρεπτικών συνεπειών, αυτές ποικίλουν ανάλογα με το είδος του πετρελαίου [3],[4]. Τα ελαφριά προϊόντα του πετρελαίου εγκυμονούν κίνδυνο πυρκαγιάς και έκρηξης, αν η διαρροή τους γίνει κοντά σε επικίνδυνες περιοχές, όπως λιμάνια και βιομηχανίες, οδηγώντας έτσι και σε αποζημιώσεις προς τρίτους. Επίσης, λόγω της μεγάλης τοξικότητάς τους, υψηλές συγκεντρώσεις ελαφριών παραγώγων μπορεί να οδηγήσουν σε θανάτους θαλάσσιων φυτών και ζώων [13]. Αντίθετα τα βαρέα καύσιμα, λόγω της επίμονης φύσης τους, αποτελούν απειλή για περιοχές αλιείας και θαλάσσιου τουρισμού.

Μέγεθος πετρελαιοκηλίδας (spill size).

Είναι λογικό ότι όσο μεγαλύτερη είναι μια κηλίδα, τόσο περισσότερο πετρέλαιο πρέπει να απομακρυνθεί και άρα τόσο ακριβότερη είναι και η όλη διαδικασία καθαρισμού [1],[2]. Ωστόσο το κόστος καθαρισμού, σε μία ανάλυση κόστους ανά μονάδα τόνου πετρελαίου που συλλέγεται, μειώνεται σημαντικά όσο αυξάνεται η ποσότητα των πετρελαιοειδών, που πρέπει να συγκεντρωθούν από τη θάλασσα. Με άλλα λόγια, οι μικρότερες κηλίδες είναι πιο ακριβές να καθαριστούν από τις μεγαλύτερες, σε μία ανά μονάδα τόνου ανάλυση και όσο μεγαλύτερη είναι η κηλίδα τόσο μικρότερο το κόστος αντιμετώπισης και καθαρισμού [1],[2],[12].

Όλα τα παραπάνω βρίσκουν την εξήγησή τους στα κόστη τα σχετικά με την επιλογή και κατάστρωση της στρατηγικής αντιμετώπισης, τη μεταφορά, εγκατάσταση και χρήση του εξοπλισμού αντιμετώπισης καθώς και την εκτίμηση της όλης κατάστασης και του προβλήματος από ειδικούς [1],[2]. Συγκεκριμένα, μια μικρή κηλίδα απαιτεί το ίδιο ποσοστό επίβλεψης και προσωπικού με μία άλλη δέκα φορές μεγαλύτερη [5]. Η κινητοποίηση του ανθρώπινου δυναμικού και του σχετικού εξοπλισμού αντιμετώπισης είναι δεδομένη ακόμη και για μικρές κηλίδες, ενώ τα εργατικά πληρώματα και ο ενοικιασμένος εξοπλισμός κοστίζουν το ίδιο, είτε αυτά χρησιμοποιηθούν είτε όχι [1],[2].

Είναι χαρακτηριστικό, επίσης, αυτό που καταγράφει ο White [3],[4], ότι οι τρεις μεγαλύτερες πετρελαιοκηλίδες της ιστορίας που προκλήθηκαν από δεξαμενόπλοια -ATLANTIC EMPRESS, Tobago, 1979, (287.000tonnes), ABT SUMMER, Angola, 1991, (260.000tonnes), και CASTILLO DE BELLVER, South Africa, 1983, (252.000tonnes)- είχαν πολύ χαμηλά κόστη καθαρισμού, εξαιτίας του

γεγονότος ότι καμία από αυτές δεν προσέβαλε ακτογραμμές, αφού όλες προκλήθηκαν σε ανοιχτή θάλασσα.

Τοποθεσία πρόκλησης της κηλίδας (location).

Η τοποθεσία του ατυχήματος, από μόνος του, είναι ένας σύνθετος παράγοντας ο οποίος περιπλέκει γεωγραφικές, πολιτικές και κοινωνικές θεωρήσεις [5]. Επηρεάζει σημαντικά το κόστος, αφού καθορίζει τις απαιτήσεις, την έκταση της στρατηγικής αντιμετώπισης και την έκταση των συνεπειών στον τομέα του περιβάλλοντος και της οικονομίας [3],[4]. Η χρονική στιγμή της πρόκλησης μίας πετρελαιοκηλίδας μπορεί επίσης να επηρεάσει τη φύση και την ευαισθησία μίας γεωγραφικής τοποθεσίας [2]. Σε μερικές περιπτώσεις η χρονική στιγμή μπορεί να επηρεάσει πολιτικές και κοινωνικές αντιλήψεις.

Τόσο η γεωγραφική τοποθεσία όσο και η χρονική στιγμή της πρόκλησης της πετρελαιοκηλίδας έχουν επίδραση στις διαδικασίες μεταφοράς του απαραίτητου εξοπλισμού αντιμετώπισης και των ειδικών συνεργείων στο χώρο του συμβάντος. Συγκεκριμένα, το να φέρεις τον απαραίτητο εξοπλισμό αντιμετώπισης της κηλίδας σε μία απομακρυσμένη περιοχή ή το να κινητοποιήσεις ανθρώπινο δυναμικό κατά τη διάρκεια μιας χειμερινής καταιγίδας, είναι παραδείγματα που κάνουν το έργο της αντιμετώπισης και καθαρισμού πολύ πιο σύνθετο και οικονομικά δαπανηρό [2].

Το πολιτικό πλαίσιο, κατά το οποίο λαμβάνει χώρα μια κηλίδα, μπορεί επίσης να επηρεάσει το συνολικό κόστος καθαρισμού. Για παράδειγμα, η αντιμετώπιση κηλίδων στις Η.Π.Α. είναι πολύ πιο δαπανηρή από ότι σε άλλες χώρες και αυτό, όπως πιστεύεται, οφείλεται στην συνθήκη O.P.A. 90 [2],[5].

Ο πολιτισμός και η κοινωνική ευαισθησία και γνώση για την υψηλή αξία της διατήρησης και προστασίας του περιβάλλοντος διαδραματίζουν, επίσης, σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση του κόστους καθαρισμού, ειδικότερα όταν τίθενται ζητήματα αποκατάστασης της άγριας ζωής και προστασίας των ακτών με χρήση ευαίσθητων μεθόδων καθαρισμού [2]. Η προσωπική θεώρηση για το τι θεωρούμε "καθαρό", μπορεί να έχει μεγάλη επίδραση στη διαμόρφωση του κόστους [5]. Το κριτήριο, που διατυπώνεται ως "πόσο καθαρό είναι το καθαρό", καθορίζεται και από το κατά πόσο ευαίσθητες περιοχές έχουν προσβληθεί. Για παράδειγμα, μια κηλίδα σε μια βιομηχανική περιοχή, η οποία είναι ήδη επιβαρυνόμενη με πετρελαιοειδή, προφανώς απαιτεί λιγότερη κινητοποίηση από ότι μια κηλίδα σε μια ευαίσθητη, οικολογικά, περιοχή.

Σε μερικές περιπτώσεις, η πίεση του κόσμου και της κυβέρνησης, να παρθεί άμεσα δράση, μπορεί να επηρεάζεται περισσότερο από λόγους αισθητικής παρά από περιβαλλοντικούς λόγους [1],[14]. Αυτό παρατηρείται σε περιπτώσεις που η κηλίδα φτάνει μέχρι και τις ακτές. Τότε, όλοι πιέζουν για χρήση περισσότερο δραστικών, επιθετικών μεθόδων καθαρισμού (ξέπλυμα ακτών με καυτό νερό, χρήση εκσκαφικών μηχανημάτων), παρά το γεγονός ότι τέτοιες διαδικασίες οδηγούν μακροπρόθεσμα σε μεγαλύτερες οικολογικές καταστροφές από ότι η ίδια η κηλίδα μόνη της [11]. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι η δημόσια απαίτηση είναι, να φαίνεται καθαρή μία παραλία, χωρίς να λαμβάνονται υπόψη μακροπρόθεσμες συνέπειες.

Γενικά η αντιμετώπιση κηλίδων σε περισσότερο ανεπτυγμένα κράτη με υψηλά εργατικά κόστη, σύνθετους κανονισμούς αντιμετώπισης και υψηλά επίπεδα περιβαλλοντικής προστασίας κρίνεται και ως πιο δαπανηρή [5].

Ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει το κόστος καθαρισμού είναι η κοινωνική και οικονομική σημασία της τοποθεσίας [3],[4]. Μερικές περιοχές τυγχάνει να είναι εθνικού ή ακόμη και διεθνούς ενδιαφέροντος, εξαιτίας της αλιείας τους, του τουρισμού τους, της οικολογικής τους αξίας για διάφορα είδη πανίδας και χλωρίδας ή και ακόμη λόγω διαφόρων βιομηχανιών τους. Σε τέτοιες περιοχές ακόμη και μία περιορισμένου μεγέθους κηλίδα θα απαιτήσει μια οργανωμένη και εκτεταμένη επιχείρηση αντιμετώπισης, πράγμα που συνεπάγεται και μεγαλύτερο κόστος καθαρισμού.

Γενικά μπορούμε να καταλήξουμε στο συμπέρασμα ότι κηλίδες που λαμβάνουν χώρα σε τοποθεσίες κοντά σε λιμάνια και ακτές είναι σημαντικά περισσότερο ακριβές, όσον αφορά τον καθαρισμό τους, σε σχέση με αυτές που συμβαίνουν σε ανοιχτές θάλασσες [2],[5],[7],[11],[14]. Αυτό οφείλεται στις οικονομικές συνέπειες που επιφέρουν οι κηλίδες στις ακτές και στο γεγονός ότι οι απαιτήσεις καθαρισμού των ακτών είναι πολύ υψηλές.

Σχετικά με τις κηλίδες που φθάνουν σε ακτές, το είδος των ακτών, το πόσο αυτές είναι αυτό-καθαριζόμενες (εκτεθειμένες σε κυματισμούς και θαλάσσια ρεύματα), η προσβασιμότητα της περιοχής για να μεταφερθούν εξοπλισμός και συνεργεία, η διαθεσιμότητα και το κόστος των υπαρχόντων τεχνικών μέσων καθαρισμού, είναι με τη σειρά τους παράγοντες που επηρεάζουν το συνολικό κόστος αντιμετώπισης και καθαρισμού [3],[4],[11].

Μεθοδολογία αντιμετώπισης και καθαρισμού της κηλίδας (cleanup strategy).

Η διαδικασία ελέγχου των επιλογών και λήψης της απόφασης για την στρατηγική αντιμετώπισης, που θα ακολουθηθεί, είναι μία παράμετρος ικανή να επηρεάσει αποφασιστικά το συνολικό κόστος αντιμετώπισης και καθαρισμού. Η πραγματική αποτελεσματικότητα, της κάθε μεθοδολογίας αντιμετώπισης, εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της εξεταζόμενης κηλίδας (τοποθεσία, είδος πετρελαιοειδών, μέγεθος), καθώς και από απρόβλεπτους παράγοντες, όπως είναι οι καιρικές συνθήκες, που επικρατούν στην περιοχή της κηλίδας.

Όταν μια κηλίδα συμβαίνει κοντά σε ευαίσθητες ακτές, το πλέον δαπανηρό και ακριβό σημείο, σε μία επιχείρηση καθαρισμού, είναι να χρησιμοποιηθούν ο απαραίτητος εξοπλισμός, το απαραίτητο ανθρώπινο δυναμικό και όση ενέργεια απαιτείται, ώστε να κρατηθεί η κηλίδα μακριά από τις ευαίσθητες ακτές [1],[2]. Έχει διαπιστωθεί ότι σε περιπτώσεις κηλίδων, η επίδραση των οποίων έχει φθάσει ως την ακτογραμμή, ένα ποσοστό της τάξης του 90-99% του συνολικού κόστους καθαρισμού οφείλεται μόνο στις διαδικασίες καθαρισμού της ακτογραμμής, ιδιαίτερα, μάλιστα, όταν αυτές είναι χειρονακτικές. Έρευνες έχουν δείξει ότι το κόστος απομάκρυνσης των πετρελαιοειδών, από την ανοιχτή θάλασσα (είτε με χρήση χημικών μέσων, είτε με μηχανικές μεθόδους), είναι εξαιρετικά μικρότερο σε σύγκριση με το κόστος καθαρισμού των ακτών.

Η χρήση χημικών μέσων για την αντιμετώπιση των κηλίδων, έχει αποδειχθεί ότι, μειώνει σημαντικά το συνολικό κόστος αντιμετώπισης και καθαρισμού [5],[9]. Η μείωση αυτή οφείλεται στο μειωμένο εργατικό κόστος και στο ακόμη πιο μειωμένο κόστος εξοπλισμού, που απαιτεί η εφαρμογή χημικών, σε σύγκριση με μηχανικές μεθόδους καθαρισμού. Όσον αφορά τις χειρονακτικές μεθόδους, εκεί τα εργατικά κόστη είναι υπέρογκα, εξαιτίας του μεγάλου αριθμού ανθρώπινου δυναμικού που απαιτείται. Το χαμηλό κόστος καθαρισμού, που επιτυγχάνουν τα χημικά μέσα, οφείλεται επίσης στη δραματική μείωση της επίδρασης των κηλίδων στην ακτογραμμή, γεγονός που μειώνει με τη σειρά του την ανάγκη για ακριβές χειρονακτικές μεθόδους καθαρισμού [9].

Η καύση των πετρελαιοειδών αποτελεί μία άλλη ελκυστική επιλογή, σχετικά πάντα με το κόστος, αν και η συγκεκριμένη μέθοδος δεν βρίσκει εφαρμογή συχνά, λόγω της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που προκαλεί [1].

Αποτελεσματικότητα των μεθόδων αντιμετώπισης (effectiveness of the cleanup strategy).

Σε πολλές περιπτώσεις οι κηλίδες διαλύονται με φυσικό τρόπο και έτσι δεν προλαβαίνουν να απειλήσουν τις ακτές [3],[4]. Σε άλλες περιπτώσεις, λίγα μπορούν να γίνουν εξαιτίας των κακών καιρικών συνθηκών και άλλων καταστάσεων. Η απόφαση του να μην αντιδράσεις, του να μη κάνεις τίποτα, είναι ιδιαίτερα δύσκολη, τη στιγμή που όλα γίνονται υπό το βλέμμα πολιτών, πολιτικών και Μ.Μ.Ε. Κάτω λοιπόν από αυτό το βάρος, μια άμεση αντίδραση κρίνεται απαραίτητη, ακόμα και αν η γνώμη των ειδικών εκτιμητών είναι διαφορετική.

Η αποτελεσματικότητα λοιπόν της αντιμετώπισης εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως είναι η φύση του συμβάντος, η διαθεσιμότητα εξειδικευμένου δυναμικού προσωπικού, εξοπλισμού και υλικών, ο αριθμός των σκαφών-αεροσκαφών [10], που μετέχουν στην όλη επιχείρηση καθαρισμού, η ύπαρξη σχεδιασμού πρόληψης και αντιμετώπισης της κηλίδας και ο έλεγχος και συντονισμός των επιχειρήσεων [3].

Το πραγματικό κέρδος από μια εκ θαλάσσης επιχείρηση δεν μπορεί να κριθεί από το ποσοστό πετρελαίου που συλλέχτηκε ή από μια απλή ανάλυση του κόστους. Στην πραγματικότητα εξαρτάται από το αν οι επιχειρήσεις έχουν μειώσει το ολικό μήκος της προσβληθείσας ακτογραμμής, αν έχουν εμποδίσει το πετρέλαιο να προσβάλλει ακτές, που θα ήταν δύσκολο να καθαριστούν, και αν έχουν περιορίσει τις επιδράσεις σε ευαίσθητους τομείς, περιβαλλοντικούς και οικονομικούς [4].

Προκειμένου, λοιπόν, να επιτευχθούν θετικά αποτελέσματα ως προς την ελαχιστοποίηση του κόστους, θα πρέπει να υπάρξει μια στρατηγική προσέγγιση στην δια θαλάσσης αντιμετώπιση [3]. Αυτό απαιτεί υψηλό επίπεδο προετοιμασίας και σχεδιασμού πρόληψης και αντιμετώπισης κηλίδων, ώστε να αναγνωριστούν οι πιο ευαίσθητοι παράγοντες, που θα έχουν προτεραιότητα στην προστασία σε ένα ενδεχόμενο περιστατικό. Επίσης απαιτεί υψηλό βαθμό συντονισμού, παρακολούθησης και ελέγχου των επιχειρήσεων αντιμετώπισης, ώστε οι ευαίσθητοι τομείς να προστατευτούν σύμφωνα με το σχεδιασμό και η στρατηγική να είναι αποτελεσματική ακόμα και αν οι συνθήκες μεταβάλλονται.

Ο συντονισμός και η διαχείριση των επιχειρήσεων καθαρισμού δεν επιτυγχάνονται με το να προσκληθούν όλες οι ενδιαφερόμενες πλευρές να συμμετάσχουν στη διαδικασία λήψης αποφάσεων [3],[4]. Αυτό μπορεί να ακούγεται δημοκρατικό, όμως οδηγεί σε καθυστερημένες αποφάσεις, εμπλοκή του συστήματος και σε υπερβολικά κόστη. Για το λόγο αυτό, η ανάγκη να υπάρξουν εξειδικευμένοι άνθρωποι, γνώστες του αντικειμένου, που θα κατευθύνουν τις επιχειρήσεις και θα παρέχουν ειδικές τεχνικές συμβουλές, είναι δεδομένη. Σε μερικές περιπτώσεις, αυτοί που καλούνται να ασχοληθούν με μια κηλίδα, δεν έχουν ξαναδεί ποτέ τους παρόμοιο

περιστατικό και άρα θα μάθουν πάνω στην δουλειά. Βέβαια αυτό δεν είναι αρνητικό, αν, ωστόσο, οι ίδιοι είναι πρόθυμοι να αφουγκράζονται τις συμβουλές των ειδικών. Το πρόβλημα εντοπίζεται όταν λειτουργούν με βάση τον κανόνα "κάνω κάτι για να φαίνεται ότι κάνω κάτι", ώστε να ικανοποιούν τις απαιτήσεις πολιτών, πολιτικών και Μ.Μ.Ε. και έτσι αγνοούν τις τεχνικές γνώσεις των ειδικών εκτιμητών.

Επομένως, η ποιότητα του όλου σχεδιασμού, της διαχείρισης και του ελέγχου των επιχειρήσεων είναι υψίστης σημασίας για την αποτελεσματικότητα της αντιμετώπισης της κηλίδας και συνεπακόλουθα για τη διαμόρφωση του κόστους [3],[4]. Η ανεπαρκής ή φθηνή διαχείριση οδηγεί σε επαναλαμβανόμενα λάθη, αναπόφευκτες καταστροφικές συνέπειες στο περιβάλλον και την οικονομία και σε υπερβολικά κόστη.

Φαινόμενο διαρροής πετρελαίου από την πηγή.

Όπως αναφέρθηκε στην εισαγωγή, ο White [3],[4] σημειώνει και τη σημασία του φαινομένου διαρροής πετρελαίου από την πηγή, και της εξέλιξης του, στη διαμόρφωση του κόστους καθαρισμού της κηλίδας.

Για παράδειγμα, η επιχείρηση καθαρισμού για μια απλή αλλά μεγάλη κηλίδα, μπορεί να απαιτεί τεράστια κινητοποίηση, αλλά είναι σίγουρο ότι θα ολοκληρωθεί μέσα σε λίγες εβδομάδες. Το ίδιο και οι συνέπειες στο θαλάσσιο σύστημα θα είναι βραχυπρόθεσμες. Όμως, αν η ίδια ποσότητα πετρελαίου διαρρέει λίγο-λίγο και σταδιακά, για μήνες ολόκληρους, από ένα βυθισμένο κύτος πλοίου κοντά σε ακτή, τότε απαιτείται μια τεράστια επιχείρηση αντιμετώπισης που θα συντηρείται και θα επιβλέπεται για όλο αυτό το διάστημα και θα χαρακτηρίζεται από επαναλαμβανόμενους καθαρισμούς και μακροπρόθεσμες συνέπειες σε αλιεία και τουρισμό. Στην περίπτωση αυτή το κόστος θα είναι πολλαπλάσιο από την πρώτη περίπτωση.

Λαμπρό παράδειγμα αποτελεί το δεξαμενόπλοιο BETELGUESE, το οποίο υπέστη έκρηξη και βυθίστηκε το 1979 σε ένα λιμάνι της Ιρλανδίας. Εξαιτίας της συνεχούς διαρροής πετρελαίου από διάφορα μέρη του βυθισμένου σκάφους, κρίθηκε απαραίτητο να διατηρηθεί και να λειτουργεί σε καθημερινή βάση ένας τεράστιος μηχανισμός αντιμετώπισης, για μια περίοδο 21 μηνών, μέχρις ότου το ναυάγιο ανασύρθηκε. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα ένα γιγαντιαίο κόστος. Αναλογίζοντας ότι η ποσότητα πετρελαίου, που διέρρευσε όλο αυτό το διάστημα των 21 μηνών, ξεπέρασε τους 1500 τόνους, είναι φανερό ότι το κόστος αντιμετώπισης ήταν πολύ

διογκωμένο από ότι θα είχε συμβεί, αν η ίδια ποσότητα πετρελαίου υπήρχε σε μια απλή περίπτωση κηλίδας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Η ΡΥΠΑΝΣΗ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ ΑΠΟ ΤΟ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ

2.1 Συμπεριφορά του πετρελαίου στη θάλασσα

2.1.1 Γενικά

Το αργό πετρέλαιο, ή απλά πετρέλαιο, είναι η κοινή ονομασία διαφόρων μιγμάτων χημικών ενώσεων, που βασικά αποτελούνται από άνθρακα και υδρογόνο και τις οποίες οι χημικοί ονομάζουν "υδρογονάνθρακες". Η ποσοστιαία αναλογία (κατά βάρος) των δύο αυτών στοιχείων σε διαφορετικούς τύπους αργού πετρελαίου, που παράγονται σήμερα σε διάφορα μέρη του κόσμου, ποικίλλει μεταξύ 83% και 87% για τον άνθρακα και μεταξύ 11% και 14% για το υδρογόνο. Οι ποσότητες άλλων στοιχείων είναι πολύ μικρές, εκτός από το θείο, το οποίο μπορεί να φθάσει σε περιεκτικότητα το 8% (πετρέλαιο Ιράκ).

Τρεις σειρές υδρογονανθράκων αποτελούν τουλάχιστον το 95% όλων των αργών πετρελαίων. Πρόκειται για τους παραφινικούς (paraffins), όπως το μεθάνιο και το προπάνιο, τους ναφθενικούς (naphthenes), με χώρα προέλευσης την Βενεζουέλα και τους αρωματικούς (aromatics) υδρογονάνθρακες εκ των οποίων ο πιο γνωστός είναι το βενζόλιο.

Άλλες δύο ομάδες χημικών ενώσεων που περιέχονται στο αργό πετρέλαιο είναι γνωστές ως:

- ασφαλτένια - είναι σειρά χημικών ενώσεων με πάρα πολύ ψηλά μοριακά βάρη. Περιέχουν θείο, άζωτο και οξυγόνο, καθώς επίσης και μέταλλα όπως νικέλιο και βανάδιο.
- ρητίτες - είναι υπεύθυνες για τον αρχικό σχηματισμό γαλακτωμάτων με το θαλασσίνο νερό.

Οι αρωματικοί είναι οι περισσότερο τοξικοί και ακολουθούν οι ασφαλτινικοί, οι ναφθενικοί και οι παραφινικοί υδρογονάνθρακες. Τέλος πρέπει να μνημονευθεί ότι υπάρχει μία άλλη σειρά υδρογονανθράκων που δεν απαντώνται, στο αργό πετρέλαιο, αλλά είναι συνήθης στα προϊόντα διύλισης:

- αλκένια (ολεφίνες) - σαν αποτέλεσμα της μεγαλύτερης δραστηρότητας τους, τα αλκένια είναι πιθανώς τοξικότερα από τα αλκάνια.

Μερικές από τις ιδιότητες των πετρελαίων συνοψίζονται στα παρακάτω:

- Τα πετρέλαια είναι υγρά και το χρώμα τους ποικίλει από ανοικτό κίτρινο μέχρι μουντό μαύρο (ασφαλτενικά πετρέλαια). Μπορεί να έχουν πράσινο (παραφινικό) ή μπλε (ναφθενικό) φθορισμό. Η οσμή τους είναι δυσάρεστη λόγω της παρουσίας ενώσεων θείου.

- Το ιξώδες τους ποικίλει και είναι συνάρτηση της περιεκτικότητας σε ελαφρά κλάσματα. Είναι πολύ εύφλεκτα (σημείο ανάφλεξης μικρότερο των 30° C).
- Το ειδικό τους βάρος ποικίλει από 0,750 (παραφινικό πετρέλαιο) μέχρι 1,06.
- Πριν από τη μεταφορά, το αργό πετρέλαιο αφυδατώνεται και σταθεροποιείται για να απομακρυνθούν τα μη συμπεκνούμενα και ασφυξιογόνα αέρια, το νερό και οι προσμίξεις.

Ύστερα από τη διαρροή τους στη θάλασσα, τα πετρέλαια υπόκεινται σε διάφορες φυσικοχημικές μεταβολές, ανάλογα με τη φύση τους και τις ωκεανολογικές συνθήκες. Αυτές οι μεταβολές θα επηρεάσουν σε μεγάλο βαθμό την επιλογή των τεχνικών καταπολέμησης του πετρελαίου, που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν.

2.1.2 Φυσικοχημικές μεταβολές

Τα πετρελαιοειδή, γενικά διαχωρίζονται σε εμμένοντα (persistent) και μη εμμένοντα (non persistent), ανάλογα με τις φυσικές και χημικές διεργασίες που καταγράφονται με την εισαγωγή τους στο θαλάσσιο περιβάλλον. Εμμένοντα θεωρούνται εκείνα τα πετρελαιοειδή τα οποία λόγω της χημικής τους σύστασης, όταν διαρρέουν στην θάλασσα αποικοδομούνται με αργούς ρυθμούς και εξαπλώνονται, με αποτέλεσμα την ανάγκη λήψης άμεσων μέτρων για την καταπολέμηση της επακόλουθης ρύπανσης. Αντιθέτως, τα μη εμμένοντα με την είσοδο τους στο θαλάσσιο περιβάλλον, υπόκεινται, σε φυσικό διασκορπισμό ή εξατμίζονται γρήγορα και δεν είναι πάντα απαραίτητο να ληφθούν μέτρα για την καταπολέμηση τους.

Οι φυσικοχημικές μεταβολές των πετρελαιοειδών είναι οι εξής:

Εξάπλωση (spreading): Το πλέον προφανές χαρακτηριστικό του πετρελαίου που διαρρέει στην επιφάνεια της θάλασσας είναι η τάση του να διασκορπίζεται οριζόντια, κάτω από τη δράση των συνδυασμένων δυνάμεων βαρύτητας, ιξώδους και επιφανειακής τάσης.

Κατά κανόνα, επικρατεί αρχικά η βαρύτητα, επηρεαζόμενη και από το ιξώδες του πετρελαίου. Ύστερα από λίγες ώρες το πάχος του πετρελαίου θα μειωθεί κατά πολύ και η επιφανειακή τάση διαδέχεται τη βαρύτητα σαν κύρια δύναμη εξάπλωσης. Τυπικά, το πετρέλαιο που διαρρέει σε νερό θα σχηματίσει ένα λεπτό φιλμ, του οποίου το εσωτερικό τμήμα έχει μεγαλύτερο πάχος απ' ό τι στις άκρες. Τα περισσότερα είδη αργού πετρελαίου εξαπλώνονται σε στρώμα πάχους περίπου 0,3 mm εντός 12 ωρών. Όταν δεν υπάρχουν άλλες επιδράσεις, η εξάπλωση συνεχίζεται μέχρις ότου το πετρέλαιο σχηματίσει στρώμα πάχους από 0,5 μικρά (1 μικρό = 10³ χιλιοστά).

Εξάτμιση (evaporation): Η διεργασία αυτή λαμβάνει χώρα μέσα σε λίγες ώρες ύστερα από τη διαρροή και τα πλέον πτητικά κλάσματα μίας πετρελαιοκηλίδας χάνονται στην ατμόσφαιρα με ρυθμό που καθορίζεται από την ταχύτητα του ανέμου, τη θερμοκρασία και τον τύπο του πετρελαίου. Όταν η θάλασσα είναι ταραγμένη ο ρυθμός εξάτμισης αυξάνεται, γιατί διευκολύνεται η απώλεια πετρελαίου από τις κορυφές των κυμάτων, υπό μορφή σταγονιδίων.

Μεγάλες ταχύτητες ανέμου και υψηλές θερμοκρασίες αυξάνουν επίσης τους ρυθμούς εξάτμισης. Το υπόλοιπο πετρέλαιο που παραμένει στη θάλασσα έχει μεγαλύτερη πυκνότητα και ιξώδες απ' ότι το αρχικό. Στις περισσότερες κηλίδες αργού πετρελαίου χάνεται μέχρι το 40% του όγκου τους στις πρώτες 48 ώρες, ενώ το βαρύ πετρέλαιο που περιέχει λίγες πτητικές ενώσεις θα παρουσιάσει λίγη εξάτμιση ακόμη και μετά από αρκετές ημέρες. Τα ελαφρά προϊόντα διύλισης, όπως βενζίνη, κηροζίνη και πετρέλαιο ντήζελ θα εξατμισθούν σχεδόν τελείως σε διάστημα ωρών, δημιουργώντας κίνδυνο πυρκαϊάς σε κλειστές περιοχές, όπως τα λιμάνια.

Διάλυση (dissolution): Οι απώλειες από διάλυση είναι σχετικά μικρές, αφού οι περισσότεροι υδρογονάνθρακες από τους οποίους αποτελείται το πετρέλαιο έχουν μικρή διαλυτότητα στο νερό της θάλασσας. Εκείνα τα συστατικά του πετρελαίου που μπορούν να διαλυθούν στο νερό, απομακρύνονται μέσω της εξάτμισης, η οποία κατά κανόνα προηγείται της διάλυσης. Στην πραγματικότητα, όσο αλμυρότερη είναι η θάλασσα (όπως συμβαίνει στη Μεσόγειο), τόσο ασθενέστερη είναι η διάλυση.

Βιοαποικοδόμηση (biodegradation): Η βιοαποικοδόμηση του πετρελαίου από βακτηρίδια που ζουν στη θάλασσα, συμβάλλει σημαντικά στη μετατροπή του πετρελαίου σε οξειδωμένα προϊόντα. Ο ρυθμός αποικοδόμησης εξαρτάται από τη θερμοκρασία, τις θρεπτικές ουσίες, την ύπαρξη οξυγόνου και τον τύπο πετρελαίου. Επειδή τα βακτηρίδια είναι ενεργά στη διαχωριστική επιφάνεια πετρελαίου/νερού, ο ρυθμός αποικοδόμησης αυξάνεται όταν σχηματίζονται λεπτές μεμβράνες ή σταγονίδια διασκορπισμένου πετρελαίου σε μεγάλη επιφάνεια. Τα ελαφρότερα κλάσματα αποικοδομούνται γρηγορότερα απ' ότι τα κλάσματα μεγαλύτερου μοριακού βάρους. Οι πλέον ευνοϊκές θερμοκρασίες για μικροβιακή ανάπτυξη είναι πάνω από 25° C. Κάτω των 5° C οποιαδήποτε ανάπτυξη σταματά. Η διαλυτότητα του οξυγόνου στο θαλασσινό νερό είναι χαμηλή (6 έως 8 mg ανά λίτρο) σε σύγκριση με τις ποσότητες που απαιτούνται για πλήρη οξείδωση των υδρογονανθράκων: 3 έως 4 mg οξυγόνου ανά mg υδρογονάνθρακα για μετατροπή σε CO₂ και H₂O.

Γαλακτοποίηση (emulsification):

Πετρέλαιο στο νερό: Αν η ροή στην επιφάνεια του νερού είναι τυρβώδης, το πετρέλαιο είναι δυνατόν να διασπασθεί σε σταγονίδια που αιωρούνται στο νερό. Τότε η κηλίδα δεν επηρεάζεται από τον άνεμο και μπορεί να ξανασηματισθεί σε κάποια απόσταση από την περιοχή που έγινε η αρχική διαρροή.

Νερό στο πετρέλαιο (‘‘chocolate mousse’’): Αυτός ο τύπος γαλακτώματος μπορεί να σχηματισθεί εντός ολίγων ωρών και περιέχει μέχρι 90% νερό. Επομένως η πυκνότητα και το ειδικό βάρος αυξάνουν καθώς επίσης και οι όγκοι που θα πρέπει να καταπολεμηθούν και να ανακτηθούν. Ο σχηματισμός των γαλακτωμάτων μεγαλώνει μέχρι και στο δεκαπλάσιο τον όγκο του ρύπου, επιβραδύνει, τις υπόλοιπες διαδικασίες της γήρανσης και τον μετασχηματίζει σε μορφή που μοιάζει να είναι περισσότερο στερεή παρά υγρή. Πρόκειται λοιπόν για την πλέον δυσάρεστη εξέλιξη ρύπανσης από πετρελαιοειδή στη θάλασσα και αυτήν που δυσχεραίνει περισσότερο το έργο των μηχανισμών αντιμετώπισης.

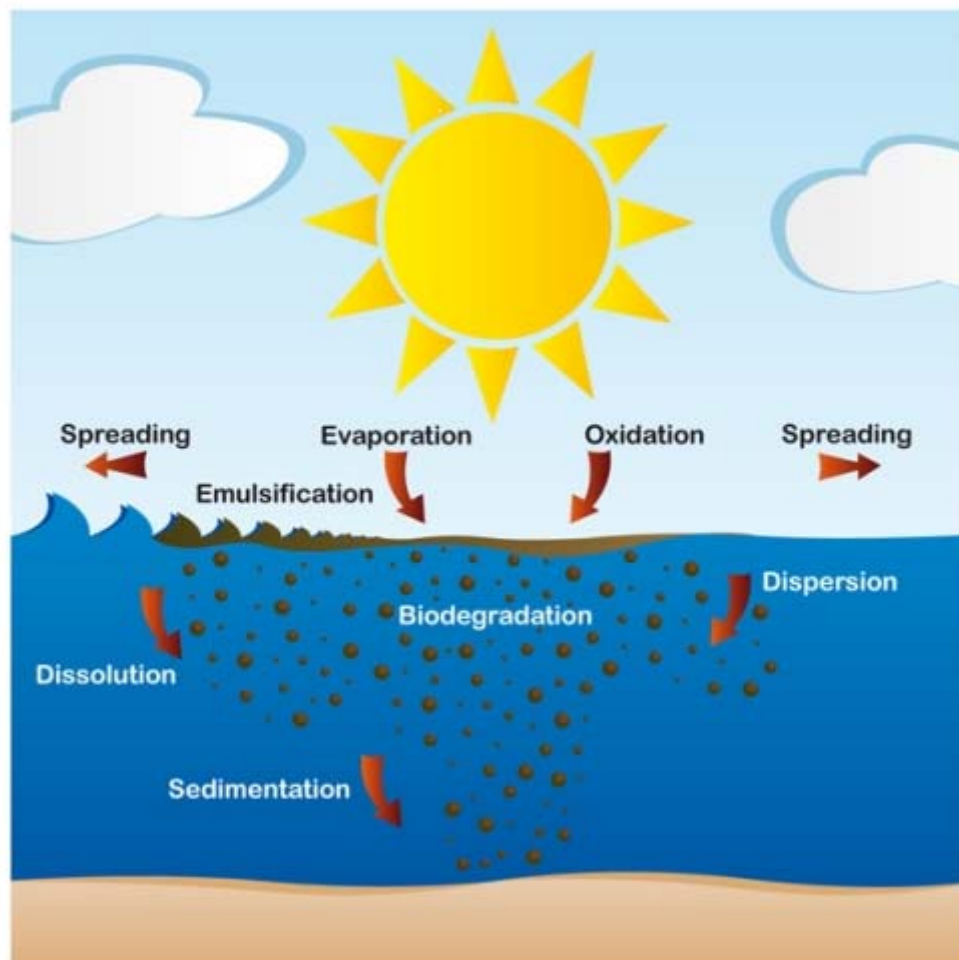
Φώτο-οξείδωση (oxidation): Η χημική αντίδραση των υδρογονανθράκων με το οξυγόνο καλείται οξείδωση. Η αντίδραση αυτή γίνεται στην επιφάνεια και λαμβάνει χώρα ταχύτερα, όταν το πετρέλαιο εξαπλωθεί σε λεπτή μεμβράνη. Η υπεριώδης ακτινοβολία από το φως του ηλίου επιταχύνει την οξείδωση και κάτω από ιδανικές συνθήκες μπορεί να έχει σαν αποτέλεσμα την επίδραση των καιρικών συνθηκών σε ποσοστό μέχρι 1% του πετρελαίου που διέρρευσε ανά ημέρα. Λόγω της ταχείας μείωσης της διείσδυσης του φωτός σε στρώματα πετρελαίου μεγάλου πάχους, οι επιπτώσεις της φωτοοξείδωσης παρουσιάζονται σε κηλίδες μικρού πάχους ή στο επιφανειακό στρώμα κηλίδων μεγάλου πάχους. Οι επιπτώσεις αυτού μπορεί να ευνοούν ή να εμποδίζουν την περαιτέρω ανάπτυξη της ρύπανσης. Τα πετρέλαια που οξειδώνονται με τη δράση του φωτός είναι γενικά περισσότερο διαλυτά και διασκορπίζονται καλύτερα στο θαλασσινό νερό και επομένως είναι βιοαποικοδομήσιμα. Σε βαρέα πετρέλαια ή σε εκείνα που έχουν χάσει τα ελαφρά συστατικά τους, η φωτοοξείδωση ευνοεί τις αντιδράσεις πολυμερισμού που εμποδίζει το χειρισμό αυτών των πετρελαίων και την τελική αποικοδόμησή τους.

Βύθιση και κατακάθιση (sedimentation and sinking): Η εξάτμιση και γαλακτοποίηση καθώς και η αύξηση της πυκνότητας που θα προκύψει μπορεί να βοηθήσει στη βύθιση της κηλίδας. Συχνά, η αιτία της βύθισης είναι η προσκόλληση ιζημάτων και άλλων οργανικών ουσιών ή και άμμου σε ρηχές θάλασσες με αμμώδη βυθό. Η βύθιση είναι επίσης δυνατή όταν παρατηρείται σημαντική πτώση της πυκνότητας των επιφανειακών νερών, όπως π.χ. παρατηρείται στις εκβολές ποταμών.

Κίνηση: Ο μηχανισμός της επιφανειακής κίνησης του πετρελαίου υπό την επίδραση του ανέμου δεν είναι πλήρως γνωστός, αλλά έχει βρεθεί εμπειρικά ότι το

πετρέλαιο κινείται κατά την κατεύθυνση του ανέμου με ταχύτητα που είναι περίπου το 3% της ταχύτητας του ανέμου. Όταν υπάρχουν επιφανειακά ρεύματα, θα προστεθεί στην πιο πάνω ταχύτητα και η ταχύτητα του ρεύματος.

Όλες οι παραπάνω φυσικοχημικές διεργασίες του πετρελαίου, όταν αυτό διαρρέει στο θαλασσινό νερό, απεικονίζονται στην Εικόνα 1.



Εικόνα 1: Φυσικοχημικές μεταβολές πετρελαιοειδών.

2.2 Συνέπειες ρύπανσης από πετρέλαιο

2.2.1 Συνέπειες φυσικής μορφής

Μια μεμβράνη πετρελαίου απλωμένη στην επιφάνεια της θάλασσας εμποδίζει τις εναλλαγές αέρα/θάλασσας, που είναι απαραίτητες για τους θαλασσίους βιολογικούς κύκλους. Επομένως:

- Μειώνει την ανανέωση του οξυγόνου.

- Παρεμβάλλεται στις ακτίνες του ήλιου επιβραδύνοντας έτσι τη χλωροφυλική σύνθεση.
- Έχει σαν επακόλουθο την αύξηση της θερμοκρασίας και ευνοεί την ανάπτυξη μικροοργανισμών που καταναλώνουν οξυγόνο.

2.2.2 Συνέπειες βιολογικής μορφής

Οι επιπτώσεις του πετρελαίου στο περιβάλλον είναι ποικιλόμορφες και πολύπλοκες. Μερικές εμφανίζονται αμέσως, άλλες είναι μακροχρόνιες. Επιδρούν σε διαφορετικό βαθμό τόσο στο ζωικό όσο και στο φυτικό βασίλειο της θάλασσας. Στην περίπτωση αργών πετρελαίων, τα πλέον πτητικά συστατικά και οι αρωματικές ενώσεις είναι τα πλέον τοξικά. Για τα προϊόντα διύλισης οι πλέον επιβλαβείς επιπτώσεις, προέρχονται γενικά από προϊόντα τα οποία έχουν χαμηλό σημείο βρασμού.

2.2.3 Επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου

Εκτός από τη δηλητηρίαση, που προκαλείται από την παρατεταμένη εισπνοή προϊόντων πετρελαίου, η κατανάλωση ορισμένων θαλασσίων ζώων (ψάρια, οστρακόδερμα, οστρακοειδή) που ήλθαν σε επαφή με το πετρέλαιο μπορεί να είναι επικίνδυνη για τον άνθρωπο, λόγω σωρευτικών επιπτώσεων.

Τις περισσότερες όμως φορές, οι επιβλαβείς επιπτώσεις της ρύπανσης γίνονται έμμεσα αντιληπτές μέσω των οικονομικών και οικολογικών επιπτώσεων:

- Ζημιά σε βιολογικές πηγές, θαλάσσια πανίδα και χλωρίδα και κατά συνέπεια εμπόδιση ορισμένων θαλασσίων δραστηριοτήτων.
- Υποβάθμιση χώρων αναψυχής με σοβαρότατες επιπτώσεις στον τουρισμό, που σε όλες σχεδόν τις χώρες της Μεσογείου, είναι θεμελιώδους οικονομικής σημασίας.
- Μείωση της ποιότητας του θαλασσινού νερού με επιπτώσεις στις πολλαπλές χρήσεις του.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΜΕΣΑ ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ

3.1 Εισαγωγή

Η ρύπανση της θάλασσας από πετρελαιοειδή έχει σοβαρές επιπτώσεις για το φυσικό περιβάλλον και πολλές φορές προκαλεί ανεπανόρθωτες οικολογικές καταστροφές. Είναι επίσης αυτονόητο ότι όσο πιο γρήγορη και αποτελεσματική είναι η επέμβαση για την αντιμετώπιση ενός περιστατικού ρύπανσης, τόσο μειώνονται οι κίνδυνοι για το περιβάλλον και ελαχιστοποιείται το κόστος απορρύπανσης. Απαραίτητη όμως προϋπόθεση για την αποτελεσματική επέμβαση, είναι η γνώση της τακτικής που θα ακολουθηθεί και των μέσων που θα χρησιμοποιηθούν για την καταπολέμηση της ρύπανσης και τον περιορισμό των δυσμενών επιπτώσεων της.

Ο παραπάνω, όμως, στόχος δεν μπορεί να επιτευχθεί, πλήρως, χωρίς την κατάλληλη επιχειρησιακή οργάνωση και εκπαίδευση, η οποία θα παρέχει μία πλήρη εξειδίκευση του αντικείμενου στους εμπλεκόμενους στην όλη διαδικασία (Αρχές - πληρώματα - φορτοεκφορτωτές - παράκτιες εγκαταστάσεις - εθελοντές κ.λπ.).

Στο πλαίσιο των προσπαθειών για την προστασία του θαλασσίου περιβάλλοντος από τη ρύπανση με πετρελαιοειδή, που προέρχονται είτε από πλοία είτε από εγκαταστάσεις ξηράς, εκπονήθηκε, με πρωτοβουλία της Διεύθυνσης Προστασίας Θαλασσίου Περιβάλλοντος του Υπουργείου Εμπορικής Ναυτιλίας, Αιγαίου και Νησιωτικής πολιτικής, το εγχειρίδιο "ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ" το οποίο περιλαμβάνει τις απαραίτητες γνώσεις για την ορθή εκτίμηση περιστατικών ρύπανσης, τα τεχνικά στοιχεία του εξοπλισμού απορρύπανσης που διαθέτει το Υ.Ε.Ν., ώστε να διασφαλίζεται έτσι η επιλογή των κατάλληλων μέσων και υλικών και η εφαρμογή των πιο αποτελεσματικών μεθόδων καταπολέμησης ρύπανσης της θάλασσας και των ακτών.

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται ορισμένα από τα μέσα καταπολέμησης της ρύπανσης που διαθέτει το Υ.Ε.Ν., ενώ δίνονται και σαφείς οδηγίες για τους τρόπους καταπολέμησης της ρύπανσης ακτών.

3.2 Μέσα καταπολέμησης της ρύπανσης

3.2.1 Φράγματα

Όταν το πετρέλαιο διαρρεύσει στην επιφάνεια της θάλασσας δεν θα παραμείνει στάσιμο στην περιοχή που διέρρευσε. Η βαρύτητα θα προκαλέσει το διασκορπισμό του και τα ρεύματα και οι άνεμοι την μετατόπιση του. Και οι δύο αυτές δυνάμεις δημιουργούν προβλήματα σε κάθε προσπάθεια που καταβάλλεται για την

απομάκρυνση του πετρελαίου από την επιφάνεια της θάλασσας, που είναι και ο τελικός σκοπός όλων των προσπαθειών που αποσκοπούν στον έλεγχο της κηλίδας. Κάθε εμπόδιο στην πορεία του πετρελαίου θα επηρεάσει συνήθως την κίνηση του, αλλά μόνο η ακτή θα σταματήσει οριστικά την πορεία αυτή. Αφού στις περισσότερες περιπτώσεις η ανεξέλεγκτη πορεία του πετρελαίου στην ακτή είναι το λιγότερο επιθυμητό αποτέλεσμα μίας πετρελαιοκηλίδας, ο έλεγχος της κίνησης του πετρελαίου και της εξάπλωσης του είναι ένας από τους κυρίους στόχους της τεχνολογίας για τον έλεγχο της πετρελαιοκηλίδας.

Τα πλωτά φράγματα που έχουν κατασκευαστεί για το σκοπό αυτό είναι κατάλληλα να δώσουν ένα σχετικά ικανοποιητικό βαθμό ελέγχου στη κίνηση της πετρελαιοκηλίδας.

Τα φράγματα είναι συσκευές που έχουν ειδικά κατασκευαστεί για τον έλεγχο της κίνησης του πετρελαίου στην επιφάνεια της θάλασσας. Τα φράγματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον εγκλωβισμό, τη συγκέντρωση και την κατεύθυνση των κηλίδων πετρελαίου.

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 ή επανέπλευσε στην επιφάνεια του νερού.

Τα φράγματα αποτελούνται κατασκευαστικά από τέσσερα βασικά μέρη:

- Το μέρος που επιπλέει (πλωτήρας).
- Το μέρος που συγκρατεί το πετρέλαιο (ποδιά).
- Το έρμα.
- Τους εντατήρες.

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.

Η 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.

Το έρμα, το οποίο προσαρμόζεται στο κάτω μέρος της ποδιάς, τείνει να κρατά το φράγμα κάθετο προς την επιφάνεια της θάλασσας. Στις περισσότερες περιπτώσεις το έρμα είναι μία μεταλλική αλυσίδα.

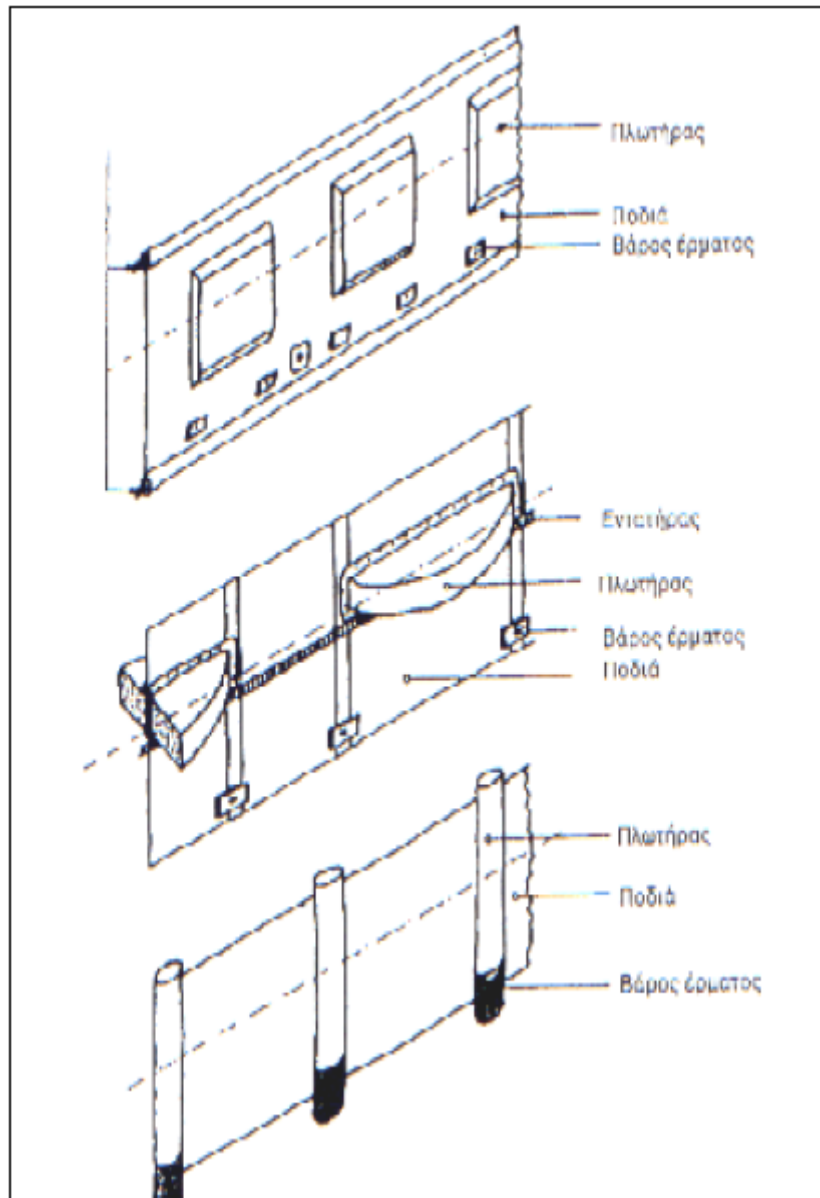
Οι διαμήκεις εντατήρες παρέχουν επαρκή εφελκυστική αντοχή στο σύστημα και φέρουν το μέγιστο του φορτίου που δημιουργείται από ανέμους, κύματα και ρεύματα. Μπορεί να είναι ενσωματωμένοι στο φράγμα ή να προσαρμόζονται στο φράγμα σαν ξεχωριστό μέλος.

Τα φράγματα κατατάσσονται σε δύο βασικές κατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής τους:

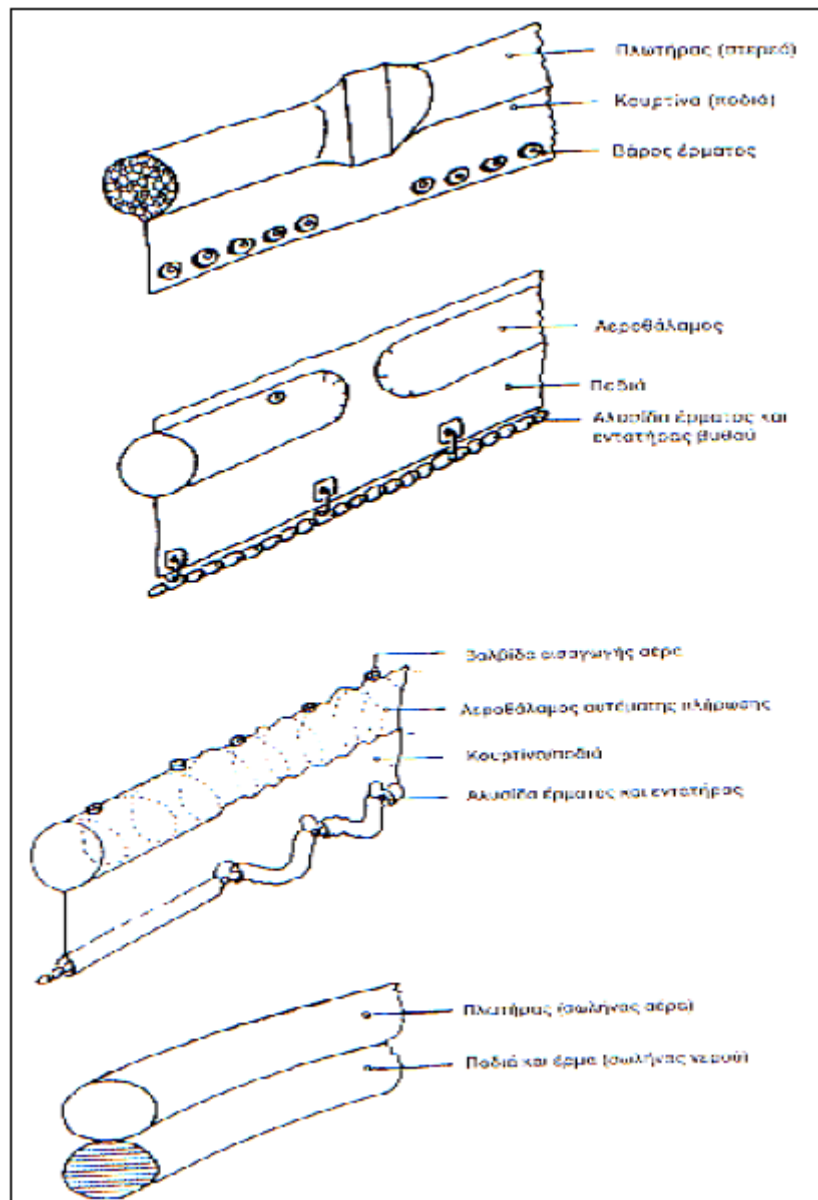
- Φράγματα τύπου φράκτου.
- Φράγματα τύπου κουρτίνας.

Τα φράγματα τύπου φράκτου (Εικόνα 2) έχουν ένα κάθετο παραπέτασμα που εκτείνεται πάνω και κάτω από την επιφάνεια του νερού και το οποίο ενεργεί συγχρόνως και σαν έξαλα και σαν ποδιά. Ο πλωτήρας προσαρτάται στο «φράκτη» ή ενσωματώνεται σ' αυτόν για να εξασφαλίζει την πλευστότητα του φράγματος. Η διατομή τους είναι συνήθως (αλλά όχι πάντα) πιο επίπεδη σε σύγκριση με τα φράγματα τύπου κουρτίνας. Τα φράγματα τύπου φράκτου διατηρούνται κάθετα προς την επιφάνεια του νερού με τη βοήθεια βαρών που προσαρτώνται στο κάτω μέρος της ποδιάς.

Τα φράγματα τύπου κουρτίνας (Εικόνα 3) κατασκευάζονται από διαμήκεις πλωτήρες που δρουν σαν έξαλα και το υποθαλάσσιο τμήμα τους κρέμεται από τους πλωτήρες. Συνήθως, το έρμα προσαρτάται στη βάση της ποδιάς για να την κρατάει στην κατακόρυφη θέση. Οι εντατήρες μπορεί να είναι ενσωματωμένοι στο φράγμα ή να έχουν προσαρτηθεί σ' αυτό. Σε ορισμένους τύπους φραγμάτων η αλυσίδα έρματος ενεργεί και σαν εντατήρας.



Εικόνα 2: Φράγματα τύπου φράκτου.



Εικόνα 3: Φράγματα τύπου κουρτίνας.

Ανάλογα με τη συμπεριφορά του υλικού κατασκευής, τα φράγματα διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

- Εύκαμπτα φράγματα.
- Ημιεύκαμπτα φράγματα.
- Δύσκαμπτα φράγματα.

Οι περισσότεροι τύποι φραγμάτων είναι της δεύτερης κατηγορίας (ημιεύκαμπτα φράγματα), που αποτελούν μία λύση, μεταξύ της απαιτούμενης ελαστικότητας και της απαιτούμενης αντοχής.

Ο τύπος φράγματος που θα επιλεγεί και ο τρόπος που θα χρησιμοποιηθεί εξαρτάται από αρκετούς παράγοντες, οι σημαντικότεροι εκ των οποίων είναι:

- Η θέση και το μέγεθος της πετρελαιοκηλίδας.
- Η κίνησή της.
- Οι μετεωρολογικές συνθήκες.
- Οι υδρολογικές συνθήκες.
- Η μορφολογία ξηράς και το σχήμα υδάτινης μάζας.
- Οι προτεραιότητες όσον αφορά την προστασία.

Τα φράγματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για:

- Εγκλωβισμό.
- Απόκλιση.
- Προστασία.
- Περισυλλογή.

Εγκλωβισμός: τα φράγματα αναπτύσσονται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να εμποδίζεται η εξάπλωση του πετρελαίου στην επιφάνεια της θάλασσας προκειμένου να περιοριστούν οι επιπτώσεις από τη διαρροή του πετρελαίου κοντά στη πηγή. Η χρησιμοποίηση της μεθόδου εγκλωβισμού βοηθά τον περιορισμό του πετρελαίου που διέρρευσε κοντά στη πηγή διαρροής και την παρεμπόδιση της εκ νέου προσβολής της ακτής από πετρέλαιο το οποίο έχει εγκλωβιστεί σε παραλίες, μικρούς κόλπους και εσοχές, σε λίμνες που δημιουργεί η παλίρροια ή εκβράζεται κατά τη διάρκεια των εργασιών απορρύπανσης.

Απόκλιση: η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται όταν πρέπει να γίνει εκτροπή της εξάπλωσης του πετρελαίου από μία ευαίσθητη περιοχή προς μία λιγότερο ευαίσθητη και πλέον κατάλληλη περιοχή για περισυλλογή του πετρελαίου.

Προστασία: όταν μία ιδιαίτερα ευαίσθητη περιοχή (περιβαλλοντικά, οικονομικά, τεχνολογικά) πρέπει να προστατευθεί από το πετρέλαιο, τότε εφαρμόζεται προστατευτική περίφραξη, που συνδυάζεται στη συνέχεια με ανάκτηση του πετρελαίου.

Περισυλλογή: η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται για τη συγκέντρωση του πετρελαίου που επιπλέει στην επιφάνεια της θάλασσας, τη διευκόλυνση της απομάκρυνσής του και την ελαχιστοποίηση της εξάπλωσης του.

Από τα προαναφερθέντα προκύπτει ότι υπάρχουν δύο διαφορετικοί τρόποι χρησιμοποίησης των φραγμάτων. Τα φράγματα χρησιμοποιούνται είτε με στατικό τρόπο (αγκυροβολημένα για εγκλωβισμό, εκτροπή και προστασία) είτε με κινητικό τρόπο για περισυλλογή.

Η απόδοση ενός φράγματος επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από ανέμους, κύματα και ρεύματα. Υπό την επίδραση αυτή, το πετρέλαιο που συγκρατήθηκε από ένα φράγμα έχει την τάση να συνεχίσει την κίνηση του που ανακόπηκε από την παρεμβολή του φράγματος στην πορεία του. Το πετρέλαιο μπορεί να διαφύγει είτε πάνω από τα έξαλα του φράγματος ή κάτω από την ποδιά.

Συνήθως, οι άνεμοι και τα κύματα προκαλούν τη διαφυγή πετρελαίου πάνω από το φράγμα, ενώ τα ρεύματα προκαλούν τη διαφυγή του κάτω απ' αυτά.

Ο μόνος τρόπος για ν' αντιμετωπιστεί το πρόβλημα της διαφυγής πετρελαίου πάνω από τα έξαλα είναι η αύξηση του μεγέθους του φράγματος (έξαλα), δηλαδή να χρησιμοποιηθούν μεγαλύτερα φράγματα αν αναμένεται ότι θα υπάρχει κυματισμός σε μία συγκεκριμένη περιοχή.

Πρέπει να τονισθεί ότι η ανάπτυξη μεγαλύτερου φράγματος απαιτεί περισσότερο χρόνο, προσωπικό και πρόσθετο εξοπλισμό.

3.2.2 Πετρελαιοσυλλέκτες (Skimmers)

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 αλλάζουν τα φυσικά ή και τα χημικά χαρακτηριστικά του.

Οι αρχές λειτουργίας των συσκευών περισυλλογής παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία. Σύμφωνα με την αρχή που χρησιμοποιείται για την περισυλλογή του πετρελαίου από την επιφάνεια της θάλασσας προσφέρει δυνατότητα διάκρισης. Έτσι μπορούμε να διακρίνουμε δύο μεγάλες κατηγορίες μηχανημάτων:

- **Μηχανικοί Πετρελαιοσυλλέκτες**

Οι συσκευές αυτού του τύπου βασίζονται στις ιδιότητες των πετρελαίων και των μιγμάτων πετρελαίου/νερού, καθώς και στη διαφορά πυκνότητας μεταξύ ρύπου και του νερού. Διακρίνονται σε τέσσερις βασικές υποκατηγορίες:

1. Πετρελαιοσυλλέκτες Άμεσης Αναρρόφησης:
Απορροφούν άμεσα το επιφανειακό στρώμα του ρύπου.
2. Πετρελαιοσυλλέκτες Τύπου WEIR:

Τοποθετούνται λίγο κάτω από την επιφάνεια του νερού και με τη βοήθεια της βαρύτητας το πετρέλαιο ρέει στο φρεάτιο του πετρελαιοσυλλέκτη, από όπου αντλείται στη δεξαμενή αποθήκευσης.

3. Πετρελαιοσυλλέκτες Φυγοκεντρικοί (Δίνης):

Η δίνη δημιουργείται είτε από την κίνηση του πετρελαιοσυλλέκτη, είτε από στροφέιο και συγκεντρώνει πετρέλαιο στο κέντρο της δίνης από όπου το πετρέλαιο αντλείται συνεχώς.

4. Πετρελαιοσυλλέκτες με Κυλιόμενο Ιμάντα:

Ένας κεκλιμένος κυλιόμενος ιμάντας από μη ελαιόφιλο υλικό μεταφέρει το πετρέλαιο στη περιοχή περισυλλογής.

• Ελαιόφιλοι Πετρελαιοσυλλέκτες

Η αρχή λειτουργίας βασίζεται στα χαρακτηριστικά ορισμένων υλικών που έχουν μεγαλύτερη συγγένεια στο πετρέλαιο παρά στο νερό. Τα υλικά είναι γνωστά ως ελαιόφιλα. Ανάλογα με τη μορφή της κινούμενης επιφάνειας στην οποία προσκολλάται το πετρέλαιο διακρίνονται τέσσερις υποκατηγορίες πετρελαιοσυλλεκτών:

1. Πετρελαιοσυλλέκτες Τύπου Τυμπάνου:

Το πετρέλαιο προσκολλάται σε τύμπανο το οποίο είναι ημιβυθιζόμενο σε οριζόντια θέση και φέρει επίστρωση από ελαιόφιλο υλικό.

2. Πετρελαιοσυλλέκτες Δίσκου:

Αποτελούνται από ένα μεταβλητό αριθμό περιστρεφόμενων δίσκων που είναι κατασκευασμένοι από ελαιόφιλο υλικό. Το πετρέλαιο που προσκολλάται στην επιφάνεια των δίσκων αφαιρείται με ξύστρες οι οποίες το οδηγούν σε περιοχή (δεξαμενή) άντλησης.

3. Ελαιόφιλοι Πετρελαιοσυλλέκτες Ιμάντα:

Το πετρέλαιο προσκολλάται σε ένα ημιβυθισμένο ιμάντα που έχει κατασκευασθεί από ελαιόφιλο υλικό και με την κίνηση του ιμάντα μεταφέρεται στο ανώτερο μέρος αυτού όπου αφαιρείται.

4. Ελαιόφιλοι Πετρελαιοσυλλέκτες Σχοινιού:

Διαθέτουν ελαιόφιλο σχοινί που επιπλέει και είτε περιστρέφεται μεταξύ δύο τροχαλιών ή σύρεται στην επιφάνεια της θάλασσας από σκάφος. Το πετρέλαιο συλλέγεται σε φρεάτιο από όπου αντλείται.

Με βάση την αυτονομία κίνησης, οι συσκευές περισυλλογής μπορούν να διακριθούν σε δύο κατηγορίες:

- Αυτοκινούμενες Μονάδες.
- Μη Αυτοκινούμενες.

Οι μονάδες περισυλλογής κατατάσσονται επίσης και ανάλογα με τη σχετική ταχύτητα της συσκευής σε σχέση με τη θάλασσα στις εξής κατηγορίες:

- Δυναμικούς Πετρελαιοσυλλέκτες.
- Στατικούς Πετρελαιοσυλλέκτες.

Πολλές σχεδιάσεις από πετρελαιοσυλλέκτες υπάρχουν αλλά οι περισσότερες έχουν μερικά βασικά χαρακτηριστικά που είναι μια συσκευή ανάκτησης του ρύπου, στοιχεία πλευστότητας, αντλία που μεταφέρει το ανακατωμένο πετρέλαιο σε δεξαμενή αποθήκευσης σε πλοίο ή στην ξηρά.

Υπάρχουν δύο διαφορετικοί τρόποι χρησιμοποίησης συσκευών περισυλλογής:

- Ανάκτηση πετρελαίου στην ανοιχτή θάλασσα

Η χρήση των πετρελαιοσυλλεκτών στην ανοικτή θάλασσα (όταν χρησιμοποιούνται από σκάφος) περιορίζεται ακόμη και κάτω από ευνοϊκές συνθήκες λόγω της ανεπάρκειας των ευκολιών αποθήκευσης.

- Ανάκτηση πετρελαίου κοντά στις ακτές (παράκτιες περιοχές, λιμάνια, κ.τ.λ.)

Οι πετρελαιοσυλλέκτες στην περίπτωση που το πετρέλαιο πλήττει την ακτή πρέπει να συλλέξουν την περισσότερη ποσότητα του ρύπου το οποίο εξακολουθεί να επιπλέει και να βρίσκεται κοντά στην ακτή.

Οι περισσότεροι τύποι πετρελαιοσυλλεκτών και των δύο κατηγοριών που περιγράφηκαν προηγουμένως είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν είτε μακριά, είτε κοντά στις ακτές, με εξαίρεση τα φράγματα περισυλλογής που χρησιμοποιούνται στην ανοικτή θάλασσα. Υπάρχουν περιοριστικοί παράγοντες που καθορίζουν τη χρήση των πετρελαιοσυσκευών και είναι:

- Η φύση του πετρελαίου που διέρρευσε.
- Το μέγεθος της κηλίδας.
- Οι συνθήκες θάλασσας.
- Η διάθεση ειδικευμένου προσωπικού, πηγών ενέργειας, βοηθητικού εξοπλισμού.
- Η διάθεση ευκολιών συντήρησης και επισκευών του εξοπλισμού.
- Η επάρκεια χρόνου.

Η απόδοση των πετρελαιοσυλλεκτών εξαρτάται πολύ από την κατάσταση της θάλασσας, δηλαδή ύψος κύματος και ταχύτητα ρεύματος. Τα σκουπίδια μπορεί να

αποτελέσουν εμπόδιο στην απόδοση ορισμένων τύπων συσκευών ανάκτησης και να προκαλέσουν ζημιά στη συσκευή.

Η χρήση διχτύων ψαρέματος για την περισυλλογή παχύρρευστων πετρελαιοειδών έχει αποδειχθεί αρκετά ικανοποιητική σε ορισμένες περιπτώσεις.

3.2.3 Σκάφη Περισυλλογής (Skimmer Vessels)

Είναι σκάφη ειδικού τύπου που έχουν προσαρμοσμένη με ειδική σχεδίαση κάποιο τύπο συσκευής περισυλλογής και χρησιμοποιούνται για την ανάκτηση του επιφανειακού στρώματος του ρύπου από τη θάλασσα.

Υπάρχουν πολλές σχεδιάσεις και μεγέθη σκαφών. Οι κύριοι τύποι αυτών των σκαφών που χρησιμοποιούνται έχουν ενσωματωμένη, με κάποια ειδική διάταξη, ανάλογη συσκευή, μηχανική ή ελαιοφιλή, για τη συλλογή του πετρελαίου. Άλλοι πάλι τύποι δέχονται διαφόρων ειδών συσκευές περισυλλογής. Οι μεγαλύτεροι τύποι σκαφών διαθέτουν και δεξαμενές απόθεσης του πετρελαίου, ενώ είναι ικανά για μεγαλύτερους ρυθμούς ανάκτησης, καλύτερη απόδοση και μπορούν να λειτουργήσουν και σε ταραγμένη θάλασσα.

Τα βασικά χαρακτηριστικά των σκαφών αυτών είναι η χρήση τους στην ανοιχτή θάλασσα. Η απόδοσή τους είναι αρκετά καλύτερη από αυτή των συσκευών περισυλλογής και μπορούν να χαρακτηρισθούν ανάλογα με το σύστημα ανάκτησης του ρύπου που χρησιμοποιούν. Η χρήση τους περιορίζεται στην ανοιχτή θάλασσα αλλά και σε κλειστούς κόλπου με αρκετό βάθος.

Συνήθως δεν έχουμε την πολυτέλεια να επιλέξουμε από ένα ευρύ φάσμα σκαφών καθώς τα μέσα αυτά είναι αρκετά ακριβά για την απόκτηση τους. Ωστόσο κατά την επιλογή θα πρέπει να λάβουμε υπόψη μας το σημείο εντοπισμού της κηλίδας και την ταχύτητα προσέγγισης των σκαφών ώστε να προλάβουμε την κηλίδα πριν αυτή πλήξει τις ακτές. Ακόμη λαμβάνουμε υπόψη μας την κατάσταση της θάλασσας και το μέγεθος ή την έκταση της ρύπανσης.

Υπάρχουν συνέχεια νέες σχεδιάσεις και το ενδιαφέρον για τα μέσα αυτά συνεχώς αυξάνει καθώς είναι ιδιαίτερα χρήσιμα σε πολύ δυσμενής καιρικές συνθήκες.

3.2.4 Απορροφητικά Υλικά (Sorbents)

Τα απορροφητικά είναι υλικά που χρησιμοποιούν απορροφητικές ή προσκολλητικές ιδιότητες προκειμένου να περισυλλέξουν ρευστά. Τα απορροφητικά υλικά είναι ειδικά σχεδιασμένα για να περισυλλέγουν πετρέλαιο από την επιφάνεια του νερού.

Τα υλικά αυτά διακρίνονται ανάλογα με την πρώτη ύλη κατασκευής τους στις εξής βασικές κατηγορίες :

- **Κατεργασμένα Φυτικά (Natural Organic Sorbents).**
- **Κατεργασμένα Ορυκτά (Mineral Sorbents).**
- **Συνθετικά- Πολυμερή (Synthetic Sorbents).**

Ανάλογα με τη μορφή διάθεσή τους, μπορούν να διαχωριστούν σε:

- Απορροφητικά Χύμα

Τα προϊόντα αυτά είναι συνήθως σκόνες, λεπτά σωματίδια και μικρού μεγέθους οργανικές ή ορυκτές ίνες, ή βιομηχανικά κατάλοιπα.

- Απορροφητικά Φράγματα και Μαξιλάρια και Φύλλα

Τα υλικά αυτά κατασκευάζονται με τη μορφή φραγμάτων, μαξιλαριών ή φύλλων και χρησιμοποιούνται για την καταπολέμηση μικρών διαρροών ή προς το τέλος των εργασιών καθαρισμού.

Τα απορροφητικά υλικά διασκορπίζονται (με εξαίρεση τα απορροφητικά φράγματα) στην κηλίδα, όπου αφήνονται να κορεστούν από το πετρέλαιο και στη συνέχεια περισυλλέγονται. Τέλος χρησιμοποιούνται συνήθως σε συνδυασμό και με άλλα μέσα απορρύπανσης.

Η απαιτούμενη ποσότητα απορροφητικών που απαιτείται για την καταπολέμηση σε μεγάλες κηλίδες καθιστούν τη χρήση δυνατή πρακτικά μόνο σε μικρές και μεσαίου μεγέθους κηλίδες (λίγοι τόνοι μέχρι μερικές δεκάδες τόνοι). Στις περιπτώσεις αυτές χρησιμοποιούνται για να αντιμετωπισθεί ρύπανση διαφορετικών μορφών, για τις οποίες άλλες μέθοδοι καταπολέμησης δεν είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν λόγω τεχνικών ή οικολογικών λόγων. Τέτοιες περιπτώσεις είναι η καταπολέμηση πετρελαίων μεγάλου ιξώδους και συνήθως κοντά στις ακτές. Σε πρώτη φάση τα απορροφητικά πρέπει να διασκορπισθούν πάνω στην επιφάνεια της κηλίδας. Τα απορροφητικά αφού κορεστούν συλλέγονται.

Τα σημαντικότερα μεγέθη που χρησιμοποιούνται για να χαρακτηρίσουν την απόδοση των απορροφητικών υλικών είναι τα εξής:

- Απορροφητική Ικανότητα (Recovery Capacity):

Είναι ο λόγος της συνολικής ποσότητας πετρελαίου που ανακτάται προς το βάρος του απορροφητικού.

- Απορροφητικότητα (Recovery Efficiency):

Είναι ο λόγος της ποσότητας ρύπου προς τη συνολική ποσότητα μίγματος νερού-πετρελαίου που ανακτάται. Χαρακτηρίζει το κατά πόσο το υλικό είναι ελαιοφιλικό.

- Χρόνος Κορεσμού (Recovery Rate):

Χαρακτηρίζει την ποσότητα που ανακτάται στη μονάδα του χρόνου.

Τα απορροφητικά που επιλέγονται θα πρέπει να έχουν καλές ελαιοφιλικές ιδιότητες. Αποτελεσματικά απορροφητικά είναι αβύθιστα και απωθούν το νερό. Επιπλέον μικρός χρόνος κορεσμού, μεγάλη απορροφητική ικανότητα (π.χ 70 φορές το βάρος τους) και επαρκή αντοχή για να συγκρατούν το πετρέλαιο και να αντέχουν κατά την ανάκτηση είναι βασικά για την απόδοση και αποτελεσματικότητά τους.

3.2.5 Χημικές Διασκορπιστικές Ουσίες (Χ.Δ.Ο.)

Τα διασκορπιστικά 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.

Χρησιμοποιούνται δύο τύποι διασκορπιστικών πετρελαίου. Αυτά συνήθως λέγονται "Συμβατικά" και "Συμπυκνωμένα" διασκορπιστικά αντίστοιχα. Τα συμβατικά διασκορπιστικά (που παλαιότερα ονομάζονταν διασκορπιστικά 2ης γενεάς) είναι συνήθως διαλύτες υδρογονανθρακικής βάσης και περιέχουν μίγμα γαλακτοποιητικών. Γενικά χρησιμοποιούνται αδιάλυτα όπως διατίθενται στο εμπόριο.

Τα συμπυκνωμένα διασκορπιστικά (που παλαιότερα ονομάζονταν διασκορπιστικά 3ης γενεάς) είναι μίγματα γαλακτοποιητών, διϋγραντών και οξυγονωμένων διαλυτών. Περιέχουν περισσότερα ενεργά συστατικά από τα συμβατικά διασκορπιστικά και γενικά επιφέρουν ταχύτερο και καλύτερο διασκορπισμό του πετρελαίου.

Από εργαστηριακές δοκιμές έχει αποδειχθεί ότι τα συμβατικά ή τα συμπυκνωμένα διασκορπιστικά, που έχουν διαλυθεί σε νερό μπορούν να διασκορπίσουν μέχρι 8πλάσιο όγκο πετρελαίου, ενώ τα συμπυκνωμένα (αδιάλυτα) διασκορπιστικά μπορούν να διασκορπίσουν μέχρι και 80πλάσιο όγκο πετρελαίου.

Ο βαθμός διασκορπισμού μίας κηλίδας πετρελαίου εξαρτάται κατά πολύ από το σημείο ροής της και το ιξώδες σε θερμοκρασία θάλασσας. Οι καιρικές συνθήκες και η γαλακτοποίηση αυξάνουν γρήγορα το ιξώδες και τον βαθμό ρευστότητας με επακόλουθο την αύξηση της αντίστασης στο διασκορπισμό. Η κατάσταση της θάλασσας, η θερμοκρασία και η αλατότητά της παίζουν επίσης κάποιο ρόλο. Οι χρήστες διασκορπιστικών πρέπει να εξετάσουν τις φυσικές ιδιότητες της συγκεκριμένης πετρελαιοκηλίδας, τις θερμοκρασίες θάλασσας που επικρατούν κατά το χρόνο της διαρροής, καθώς επίσης και την κατάσταση της θάλασσας και το διαθέσιμο τύπο διασκορπιστικών.

Στην ανοικτή θάλασσα είναι δυνατόν να εκτοξευθούν από πλοία και αεροσκάφη. Σε προστατευόμενες περιοχές είναι δυνατόν να εκτοξευθούν από φορητές συσκευές ή οχήματα που είναι εφοδιασμένα με ψεκαστικό εξοπλισμό και σε μερικές περιπτώσεις από αεροσκάφη. Είναι πολύ σημαντικό να γίνεται χρήση δοκιμασμένου εξοπλισμού και να ακολουθούνται οι οδηγίες των κατασκευαστών του εξοπλισμού και των διασκορπιστικών. Οι εργασίες εκτόξευσης διασκορπιστικών πρέπει να αρχίζουν όσο το δυνατό γρηγορότερα μετά την οριστική απόφαση για χρήση διασκορπιστικών. Πολλά πετρέλαια σχηματίζουν σταθερά γαλακτώματα νερού στο πετρέλαιο (chocolate mousse), των οποίων το ιξώδες είναι μεγαλύτερο από αυτό του αρχικού πετρελαίου. Το γαλακτοποιημένο πετρέλαιο είναι πολύ δύσκολο να διασκορπισθεί. Συνεπώς, η χρήση διασκορπιστικών θα πρέπει να γίνει πριν αρχίσει η εκτεταμένη γαλακτοποίηση του πετρελαίου.

Στη Μεσόγειο θάλασσα, που είναι μία ευαίσθητη περιοχή, η χρησιμοποίηση διασκορπιστικών στην παράκτια ζώνη δεν πρέπει να θεωρείται η καλύτερη επιλογή για την καταπολέμηση μίας σοβαρής ρύπανσης. Ωστόσο, επιλέγεται η καταπολέμιση με διασκορπιστικά, αν ύστερα από σοβαρές οικολογικές μελέτες προκύψει, ότι είναι αποδεκτή η τοπική χρησιμοποίησή τους.

3.3 Καταπολέμιση της ρύπανσης ακτών

Παρά τις διάφορες μεθόδους και τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την καταπολέμιση μιας πετρελαιοκηλίδας μακριά από τις ακτές, είναι πολύ πιθανό ένα τμήμα του πετρελαίου, μικρό ή μεγάλο να φθάσει στην ακτή. Όπως έχει αποδειχθεί από την προηγούμενη εμπειρία, ένας μεγάλος αριθμός πετρελαιοκηλίδων, ιδιαίτερα εκείνες που παρατηρούνται σε σχετικά μικρή απόσταση από την ακτή, προκαλούν τις περισσότερες φορές σημαντική ρύπανση των ακτών.

Η μέθοδος που θα χρησιμοποιηθεί για τον καθαρισμό των ακτών θα αποφασιστεί μετά την εκτίμηση μίας σειράς παραγόντων, στους οποίους περιλαμβάνονται:

- Ο τύπος και η ποιότητα του πετρελαίου που χύθηκε.
- Ο τύπος της ακτής που προσβλήθηκε.
- Η εποχή του έτους.
- Οι μετεωρολογικές συνθήκες.
- Η δυνατότητα προσπέλασης και το φορτίο ρύπου που είναι σε θέση να αφομοιώσει η περιοχή που έχει προσβληθεί από πετρέλαιο.
- Η ύπαρξη διαθέσιμου προσωπικού και υλικών.

Οποιαδήποτε μέθοδος καθαρισμού και εάν επιλεγεί για μία συγκεκριμένη περιοχή και προκειμένου να υπάρξει το επιθυμητό αποτέλεσμα, πρέπει να ληφθούν υπόψη ορισμένοι σημαντικοί παράγοντες, οι σπουδαιότεροι από τους οποίους αναφέρονται στη συνέχεια.

- **Σειρά εργασιών και ο παράγοντος χρόνος:** το πετρέλαιο που έχει προσβάλλει ένα συγκεκριμένο τμήμα της ακτής είναι δυνατό να επικαθίσει στην παραλία και να παραμείνει εκεί ή ένα μέρος του να επιπλέει κοντά στην ακτή. Επίσης οι ποσότητες του πετρελαίου μπορεί να ποικίλουν από ένα μεγάλο παχύ στρώμα μέχρι κομμάτια πετρελαίου διασπαρμένα. Συνεπώς οι προσπάθειες πρέπει να ακολουθούν μία από την παρακάτω σειρά εργασιών:
 - περισυλλογή μεγάλων ποσοτήτων πετρελαίου και ιδιαίτερα εκείνων που εξακολουθούν να επιπλέουν. Υπόψη ότι αν σε πρώτη φάση δεν γίνει αυτή η περισυλλογή, τότε ο άνεμος, τα κύματα, τα ρεύματα και η κίνηση της παλίρροιας θα μετατοπίσουν την κηλίδα σε άλλο μέρος της ακτής, το οποίο δεν είχε προσβληθεί ή είναι περισσότερο ευαίσθητο.
 - περισυλλογή του πετρελαίου που επικαθίσει στην παραλία.
 - περισυλλογή μικρών διάσπαρτων πετρελαιοκηλίδων. Αν το πετρέλαιο προσβάλλει την ακτή και αποφασισθεί ο καθαρισμός της, οι σχετικές εργασίες πρέπει να αρχίσουν έγκαιρα, αφού οποιαδήποτε καθυστέρηση θα έχει σαν αποτέλεσμα την σταθεροποίηση του πετρελαίου στην άμμο, τα βράχια ή την βλάστηση και αύξηση της ποσότητας του, που θα διεισδύσει βαθύτερα στο υλικό της παραλίας και επομένως θα είναι δυσκολότερη και δαπανηρότερη η περισυλλογή του.

3.3.1 Μέθοδοι καθαρισμού ακτών

Με βάση την πείρα που αποκτήθηκε από την αντιμετώπιση περιστατικών ρύπανσης κατά το παρελθόν, έχουν αναπτυχθεί ορισμένες βασικές μέθοδοι και

τεχνικές για τον καθαρισμό των ακτών που περιλαμβάνονται στις παρακάτω κατηγορίες:

- Περισυλλογή του πετρελαίου και των υλικών που προσβλήθηκαν από αυτό (χειρονακτικά και μηχανικά).
- Έκπλυση του πετρελαίου (με νερό, μερικές μη Μεσογειακές χώρες χρησιμοποιούν σε ορισμένες περιπτώσεις και Χ.Δ.Ο).
- Καύση του πετρελαίου και των υλικών που έχουν προσβληθεί από πετρέλαιο.
- Αποικοδόμηση του πετρελαίου με την επίδραση φυσικών φαινομένων.

1. ΧΕΙΡΟΝΑΚΤΙΚΗ ΠΕΡΙΣΥΛΛΟΓΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΠΟΥ ΠΡΟΣΒΛΗΘΗΚΑΝ ΜΕ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ

Η τεχνική αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε οποιοδήποτε τύπο ακτογραμμής για την περισυλλογή πετρελαίου και των υλικών που προσβλήθηκαν από αυτό, ειδικά όταν η προσβολή δεν είναι μεγάλης έκτασης. Είναι η μόνη εφαρμόσιμη μέθοδος καθαρισμού ακτών που δεν είναι προσπελάσιμες ή παρουσιάζουν οικολογική ευαισθησία. Η μέθοδος αυτή απαιτεί την χρησιμοποίηση μεγάλου αριθμού ατόμων και για αυτό είναι δαπανηρή.

Εξοπλισμός και υλικά που απαιτούνται

- Ξύστρες
- Τσουγκράνες
- Φτυάρια
- Βούρτσες
- Κουβάδες
- Πλαστικές ανθεκτικές σακούλες, δοχεία/βαρέλια
- Προστατευτική ενδυμασία (γάντια, μπότρες)
- Τρόφιμα, ποτά κ.λπ.

2. ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΠΕΡΙΣΥΛΛΟΓΗ ΥΛΙΚΩΝ ΠΟΥ ΠΡΟΣΒΛΗΘΗΚΑΝ ΑΠΟ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ

Διάφοροι τύποι χωματουργικών μηχανημάτων είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν με επιτυχία (π.χ. ερπυστριοφόρα οχήματα, οχήματα με ρόδες, φορτωτές κ.λπ.) για την απομάκρυνση, από την παραλία, πετρελαίου και των υλικών που προσβλήθηκαν από αυτό (άμμος, βότσαλα, χαλίκια, πέτρες). Η μέθοδος αυτή είναι λιγότερο επιλεκτική από την χειρονακτική. Η μέθοδος αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο σε ακτές που είναι προσπελάσιμες από την ξηρά και μπορούν να αντέξουν την κίνηση βαρέων οχημάτων. Η μηχανική περισυλλογή μπορεί να συνδυαστεί με την χειρονακτική περισυλλογή υλικών που έχουν προσβληθεί από πετρέλαιο.

Εξοπλισμός και υλικά που απαιτούνται

- Ερπυστριοφόρο όχημα
- Όχημα με ρόδες (γκρέιντερ)
- Ρυθμιζόμενη ζύστρα
- Φορτωτής
- Καύσιμα

3. ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΒΥΤΙΟΦΟΡΩΝ

Η μέθοδος αυτή, η οποία χρησιμοποιήθηκε στα περισσότερα σοβαρά περιστατικά ρύπανσης, συνίσταται στην αφαίρεση του πετρελαίου που είναι συσσωρευμένο σε εσοχές της ακτής και επιπλέει κοντά στην ακτογραμμή.

Εξοπλισμός και υλικό που απαιτούνται

- Βυτιοφόρα
- Σωλήνες
- Προστατευτικές ενδυμασίες
- Καύσιμα

4. ΧΡΗΣΗ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΑΚΤΩΝ

Τα μηχανήματα καθαρισμού ακτών έχουν κατασκευασθεί ειδικά για τον καθαρισμό της άμμου και των χαλικιών από κομμάτια σταθεροποιημένου πετρελαίου. Χρησιμοποιούνται επίσης και για τον καθαρισμό των ακτών από απορρίμματα. Τα μηχανήματα καθαρισμού ακτών μπορεί να είναι αυτοκινούμενα ή ρυμουλκούμενα από τρακτέρ. Η πλέον συνηθισμένη αρχή λειτουργίας τους είναι εκείνη κατά την οποία το στρώμα της άμμου που προσβλήθηκε από πετρέλαιο κοσκινίζεται και επιστρέφεται στην ακτή, ενώ τα κομμάτια της πίσσας και τα σκουπίδια οδηγούνται σε ρυμουλκούμενη ή ενσωματωμένη δεξαμενή απόθεσης σκουπιδιών.

Εξοπλισμός και υλικά που απαιτούνται

- Μηχάνημα καθαρισμού ακτών (τρακτέρ)
- Δεξαμενή απόθεσης σκουπιδιών
- Καύσιμα

5. ΑΜΜΟΒΟΛΗ

Η χρήση του εξοπλισμού αμμοβολής πρέπει να περιορίζεται σε τεχνικές κατασκευές, στις οποίες απαιτείται να γίνει τέλειος καθαρισμός. Περιστασιακά όμως μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μεγάλες πέτρες ή βράχια, που δεν είναι οικολογικά ευαίσθητα. Το πετρέλαιο που παραμένει, η άμμος και το υλικό που αποξέστηκε από τις επιφάνειες στις οποίες έγινε αμμοβολή πρέπει να περισυλλέγεται και να μεταφέρεται στο χώρο διάθεσης.

Εξοπλισμός και υλικά που απαιτούνται

- Μονάδα αμμοβολής
- Όχημα που εφοδιάζει την μονάδα
- Άμμος
- Καύσιμα

6. ΠΛΥΣΗ ΜΕ ΧΑΜΗΛΗ ΠΙΕΣΗ

Η πλύση με νερό (θάλασσας) χαμηλής πίεσης μπορεί να γίνει για την αφαίρεση ελαφρού και όχι πολύ παχύρρευστου πετρελαίου από κάθε μορφή ακτής. Δεν επηρεάζει σημαντικά το υπόστρωμα και ως εκ τούτο είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί ακόμη και σε πολύ ευαίσθητες περιοχές. Το πετρέλαιο που απομακρύνεται με τη μέθοδο αυτή μπορεί να προσβάλλει και άλλο τμήμα της ακτής, γι' αυτό πρέπει να εγκλωβίζεται με φράγματα ή να διοχετεύεται σε λακκούβες συγκέντρωσης και να συλλέγεται με συσκευές περισυλλογής, αντλίες, ή άλλες αναρροφητικές μονάδες.

Εξοπλισμός και υλικά που απαιτούνται

- Αντλίες
- Σωληνώσεις
- Μονάδα αναρρόφησης (πετρελαιοσυλλέκτης, αντλία, βυτιοφόρο)
- Φράγμα
- Καύσιμα

7. ΠΛΥΣΗ ΜΕ ΥΨΗΛΗ ΠΙΕΣΗ

Το πετρέλαιο που έχει προσκολληθεί σε ανώμαλες επιφάνειες μπορεί να απομακρυνθεί κατά τρόπο αποτελεσματικό, όταν εκτοξευτεί σε αυτό ψυχρό ή ζεστό νερό με πίεση. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται σε βραχώδεις ακτές εκεί που υπάρχουν μεγάλες πέτρες και τεχνικές κατασκευές. Το πετρέλαιο που αφαιρείται ενδέχεται να καταλήξει στη θάλασσα και να προσβάλει κάποιο άλλο τμήμα της ακτής. Γι' αυτό πρέπει να χρησιμοποιηθούν φράγματα ή συσκευές περισυλλογής, προκειμένου να περιορισθεί η εξάπλωση του πετρελαίου και να καταστεί δυνατή η αναρρόφηση του ή να γίνει χρήση απορροφητικών υλικών.

Εξοπλισμός και υλικά που απαιτούνται

- Μονάδα υψηλής πίεσης (αυτόνομη με θερμαντήρα)
- Εύκαμπτοι σωλήνες υψηλής πίεσης
- Ακροφύσια εκτόξευσης χειρός
- Φύλλα πλαστικής ύλης
- Φράγματα

- Μονάδες περισυλλογής, βυτία, αντλίες
- Απορροφητικά υλικά
- Προστατευτική ενδυμασία
- Καύσιμα

8. ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΜΕ ΑΤΜΟ

Τα πολύ παχύρρευστα πετρέλαια που υπέστησαν την επίδραση των καιρικών συνθηκών είναι δυνατόν να αφαιρεθούν από βράχια, μεγάλες πέτρες και τεχνικές κατασκευές με χρήση ατμού. Ο ατμός αυξάνει την θερμοκρασία του πετρελαίου και μειώνει το ιξώδες του με αποτέλεσμα να γίνεται λεπτόρρευστο. Με αυτή τη μέθοδο είναι πολύ πιθανό να καταστραφεί κάθε ζωντανός οργανισμός που ζει στην επιφάνεια που ρυπάνθηκε. Για αυτό πρέπει να χρησιμοποιείται μόνο όταν είναι απόλυτα αναγκαίο να αφαιρεθεί το πετρέλαιο και αφού γίνει εκτίμηση των πιθανών επιπτώσεων στο περιβάλλον. Η χρησιμοποίηση της μεθόδου αυτής ενδείκνυται μόνο σε τεχνικές κατασκευές.

Εξοπλισμός και υλικά που απαιτούνται

- Καθαριστήρας ατμού (τροφοδοτείται με γλυκό νερό)
- Ακροφύσια εκτόξευσης χειρός
- Πλαστικά φύλλα
- Φράγματα
- Συσκευές περισυλλογής, αντλίες, βυτία
- Γλυκό νερό
- Προστατευτική ενδυμασία
- Καύσιμα

9. ΚΑΥΣΗ

Αν και φαίνεται σαν μία λογική λύση για την περισυλλογή πετρελαίου από τις ακτές, η μέθοδος αυτή πολύ σπάνια χρησιμοποιείται. Εκτός από το γεγονός ότι είναι πολύ επιβλαβής για τη χλωρίδα και πανίδα, δεν είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική δεδομένου ότι το πετρέλαιο ψύχεται από το υπόστρωμα της παραλίας και δεν καίγεται πλήρως. Η ατελής καύση έχει σαν αποτέλεσμα την εκτεταμένη ατμοσφαιρική ρύπανση από την οποία είναι πολύ πιθανό να προσβληθούν γειτονικές περιοχές.

10. ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗ ΥΛΙΚΩΝ ΠΟΥ ΠΡΟΣΒΛΗΘΗΚΑΝ ΑΠΟ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ ΣΤΗ ΘΑΛΑΣΣΑ

Η μέθοδος αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον καθαρισμό ακτών με βότσαλα ή χαλίκια που δεν έχουν ρυπανθεί σοβαρά από πετρέλαιο, καθώς επίσης και σε ακτές με μεγάλες πέτρες. Η μέθοδος είναι αποτελεσματική πριν ή κατά τη

διάρκεια του χειμώνα όταν αναμένεται αρκετός κυματισμός. Το στρώμα του υλικού που προσβλήθηκε από πετρέλαιο, μετατοπίζεται στην άκρη της θάλασσας όπου με την επίδραση των κυμάτων και την κίνηση του υλικού, το πετρέλαιο ελευθερώνεται. Το υλικό που έχει μετατοπιστεί στη θάλασσα επιστρέφει στην ακτή υπό την επίδραση του κυματισμού και της παλίρροιας.

Εξοπλισμός και υλικά που απαιτούνται

- Ερπυστριοφόρα
- Καύσιμα

11. ΑΝΑΜΕΙΞΗ ΜΕ ΤΟ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ

Αν προσβληθεί ελαφρά μια ακτή με άμμο ή χαλίκια, η οποία δεν παρουσιάζει ενδιαφέρον από πλευράς αναψυχής, το πετρέλαιο αφήνεται να αποικοδομηθεί με την επίδραση των φυσικών φαινομένων. Με τη μέθοδο αυτή δεν επιδιώκεται η αφαίρεση του πετρελαίου από την παραλία, αλλά μόνο η αύξηση του ρυθμού της φυσικής αποικοδόμησης. Στη περίπτωση αυτή χρησιμοποιείται άροτρο ρυμουλκούμενο από τρακτέρ για την ομοιόμορφη ανάμειξη του ανώτερου υποστρώματος της άμμου ή των χαλικιών που προσβλήθηκαν, με το καθαρό υπόστρωμα.

Εξοπλισμός και υλικά που απαιτούνται

- Τρακτέρ
- Άροτρο
- Καύσιμα

12. ΑΠΟΦΥΓΗ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ

Σε ορισμένες περιπτώσεις η μόνη λύση για την αντιμετώπιση πετρελαίου που έχει επικαθίσει στην ακτή είναι να το αφήσουμε να αποικοδομηθεί χωρίς να γίνει καμιά επέμβαση. Η μέθοδος της φυσικής αποικοδόμησης του πετρελαίου δικαιολογείται στην περίπτωση που η οικολογική ευαισθησία της περιοχής είναι πολύ υψηλή και η χρησιμοποίηση οποιασδήποτε άλλης μεθόδου καθαρισμού θα προκαλέσει μεγαλύτερη ζημιά από αυτή που θα προκαλέσει το ίδιο το πετρέλαιο. Επίσης δικαιολογείται αν η περιοχή που προσβλήθηκε δεν έχει καμία οικονομική σημασία. Μερικές φορές όταν η περιοχή που προσβλήθηκε δεν είναι προσπελάσιμη από ξηράς ή από θάλασσα, το πετρέλαιο αφήνεται να αποικοδομηθεί με την επίδραση φυσικών φαινομένων. Η χρησιμοποίηση αυτής της μεθόδου μπορεί να εφαρμοστεί σε παραλίες υψηλού ενδιαφέροντος πριν ή κατά την διάρκεια του χειμώνα, όταν είναι σχεδόν βέβαιο ότι τα κύματα και η ενεργεία της παλίρροιας θα απομακρύνουν το εγκλωβισμένο πετρέλαιο πριν αρχίσει π.χ. η τουριστική περίοδος.

3.3.2 Παρατηρήσεις για διάφορες μορφές ακτών

Παρακάτω παρέχονται συνοπτικές παρατηρήσεις σχετικά με τις μεθόδους καθαρισμού που εφαρμόζονται στις συνηθέστερες μορφές ακτών.

1. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Συνήθως δεν είναι περιβαλλοντικά ευαίσθητες και συνεπώς οποιαδήποτε κατάλληλη μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Πιο αποτελεσματικοί τρόποι είναι η πλύση με χαμηλή και υψηλή πίεση, καθαρισμός με ατμό και αμμοβολή. Η χρήση Χ.Δ.Ο. μπορεί να είναι αποδεκτή αλλά η δραστηριότητα τους πρέπει να ελέγχεται πριν χρησιμοποιηθούν.

2. ΒΡΑΧΩΔΕΙΣ ΑΚΤΕΣ – ΛΟΦΟΙ

Η περίπτωση καθαρισμού πρέπει να εξετάζεται μόνο όταν είναι απαραίτητο. Η πλύση με υψηλή και χαμηλή πίεση μπορεί να δώσει καλά αποτελέσματα, αλλά αν επιλεγούν πιο δραστικές μέθοδοι πρέπει να αποφευχθεί η υπερβολική απόξεση των βράχων. Ο καθαρισμός κάθετων βράχων με τα χέρια εγκυμονεί κινδύνους για το προσωπικό και πρέπει να λαμβάνονται αυστηρά μέτρα ασφαλείας.

3. ΜΕΓΑΛΕΣ ΠΕΤΡΕΣ

Εφόσον απαιτείται συνίσταται ο χειρονακτικός καθαρισμός και πλύση, αλλά τα αποτελέσματα δεν είναι ικανοποιητικά. Αν επιλεγεί η μέθοδος της πλύσης, πρέπει να χρησιμοποιηθεί μόνο θαλασσινό νερό. Οι μεγάλες πέτρες είναι δυνατό να μετακινηθούν με βαριά μηχανήματα, αλλά αυτό είναι βέβαιο ότι θα έχει σαν αποτέλεσμα την αλλαγή του χαρακτήρα της παραλίας.

4. ΛΙΜΝΕΣ ΠΟΥ ΣΧΗΜΑΤΙΖΟΝΤΑΙ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΑΛΙΡΡΟΙΑ ΜΕ ΔΙΑΣΠΑΡΤΑ ΒΡΑΧΙΑ

Είναι μία από τις δυσκολότερες μορφές ακτής για καθαρισμό. Αν όμως δεν αφαιρεθεί το πετρέλαιο, μπορεί να προσβάλει πάλι άλλες περιοχές για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Η χρήση απορροφητικών υλικών, καθώς και ο καθαρισμός με τα χέρια ή με πλύση δίνουν ικανοποιητικά αποτελέσματα. Όταν γίνεται πλύση πρέπει να χρησιμοποιείται θαλασσινό νερό. Η χρησιμοποίηση φραγμάτων και πετρελαιοσυλλεκτών είναι απαραίτητη για να αποφευχθεί η προσβολή γειτονικών περιοχών.

5. ΧΑΛΙΚΙΑ, ΒΟΤΣΑΛΑ, ΛΕΙΑ ΒΡΑΧΙΑ, ΨΙΛΑ ΧΑΛΙΚΙΑ ΑΝΑΚΑΤΕΜΕΝΑ ΜΕ ΑΜΜΟ

Οι ακτές αυτές είναι δύσκολο να καθαριστούν, αλλά ο καθαρισμός τους είναι συνήθως αναπόφευκτος γιατί χρησιμοποιούνται για ψυχαγωγικούς σκοπούς. Συνήθως

επιλέγεται η χρησιμοποίηση χειρονακτικών μεθόδων απομάκρυνσης των υλικών που προσβλήθηκαν με πετρέλαιο. Αλλά και η πλύση με θαλασσινό νερό μπορεί να δώσει καλά αποτελέσματα, αν το ιξώδες του πετρελαίου δεν είναι πολύ υψηλό. Επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν όλες οι μέθοδοι φυσικού καθαρισμού. Αν η ακτή ρυπανθεί πριν αρχίσει η εποχή των άσχημων καιρικών συνθηκών και των μεγάλων κυμάτων, η απόφαση για μη επέμβαση (προκειμένου το πετρέλαιο να αποικοδομηθεί με φυσικά φαινόμενα) ή μετατόπιση των υλικών που ρυπάνθηκαν στην ακτογραμμή, που επηρεάζεται από τον κυματισμό, αποδίδουν πολύ καλά αποτελέσματα. Αν πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για τον καθαρισμό βαριά μηχανήματα πρέπει προηγουμένως να ελεγχθεί η αντοχή του εδάφους στο βάρος τους. Αν δεν γίνει αυτό η ακινητοποίηση των μηχανημάτων ή των οχημάτων που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά του υλικού που συλλέχθηκε μπορεί να δημιουργήσει σοβαρά προβλήματα. Επίσης είναι απαραίτητη η χρησιμοποίηση φραγμάτων και πετρελαιοσυλλεκτών για να εμποδιστεί η προσβολή γειτονικών ακτών, αν γίνει καθαρισμός με πλύση.

6. ΑΜΜΟΣ

Όταν η άμμος είναι ψιλή, προσβάλλεται ένα λεπτό στρώμα ακτής, αλλά και όταν ακόμη η άμμος είναι χονδρή το πετρέλαιο δεν διεισδύει βαθιά. Η προσφορότερη μέθοδος καθαρισμού είναι η αφαίρεση με μηχανήματα ή χειρονακτικά. Τα μηχανήματα δεν πρέπει να κυκλοφορούν πάνω στη λερωμένη άμμο για να αποφευχθεί η ταφή του πετρελαίου. Πρέπει να αφαιρούνται μόνο οι απόλυτα απαραίτητες ποσότητες άμμου. Αν αφαιρεθεί μεγάλη ποσότητα άμμου είναι δυνατόν να αντικατασταθεί με καθαρή, ιδίων χαρακτηριστικών. Η αντικατάσταση της άμμου με άλλη, που αποτελείται από λεπτότερους ή χονδρότερους κόκκους, θα έχει σαν αποτέλεσμα τη διάβρωση της παραλίας.

7. ΛΑΣΠΩΔΕΙΣ ΑΚΤΕΣ

Ο καθαρισμός αποφασίζεται μόνο όταν πρόκειται για ευαίσθητη περιβαλλοντική περιοχή. Συνιστάται η πλύση του πετρελαίου με νερό χαμηλής πίεσης, με την προϋπόθεση ότι το πετρέλαιο που ξεπλένεται θα εγκλωβίζεται και θα περισυλλέγεται. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται πετρελαιοσυλλέκτες και βυτία. Η χρήση βαρίων μηχανημάτων πρέπει να αποφεύγεται γιατί χώνουν το πετρέλαιο που συνήθως παραμένει στην επιφάνεια. Η χρήση απορροφητικών υλικών μπορεί επίσης να αποδώσει καλά αποτελέσματα. Συνήθως, η καλύτερη λύση είναι να αφήσουμε το πετρέλαιο να αποικοδομηθεί φυσικά.

8. ΥΦΑΛΜΥΡΑ ΕΛΗ ΜΕ ΒΛΑΣΤΗΣΗ

Περιβαλλοντικά, είναι η πλέον ευαίσθητη μορφή ακτής. Κάθε προσπάθεια καθαρισμού του έλους θα προκαλέσει μεγαλύτερη βλάβη στο σύστημα από ότι το ίδιο το πετρέλαιο. Αν είναι δυνατόν, πρέπει να δοθεί προτεραιότητα στην προστασία

των ελών με φράγματα. Πριν όμως γίνει οποιαδήποτε ενεργεία είναι, απαραίτητη η συμβουλή των οικολόγων. Η περισυλλογή του πετρελαίου με απορροφητικά υλικά (οργανικά) σε συνδυασμό με χειρονακτική περισυλλογή είναι μία πιθανή μέθοδος καθαρισμού, αλλά και αυτή μπορεί να προκαλέσει βλάβη στο περιβάλλον.

3.3.3 Χρήση χημικών διασκορπιστικών ουσιών στις ακτές

Η χρήση Χ.Δ.Ο σε επιχειρήσεις καθαρισμού ακτών είναι ένα από τα αμφιλεγόμενα θέματα στον τομέα της καταπολέμησης της ρύπανσης. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των Χ.Δ.Ο συχνά θεωρούνται περισσότερο επιβλαβείς από αυτές που προκαλεί το ίδιο το πετρέλαιο. Αν δεν υπάρχουν εθνικοί κανονισμοί για τη χρήση Χ.Δ.Ο στις ακτές, η χρήση τους πρέπει να αποφασίζεται μετά από συνεννόηση με αρμόδιες τοπικές αρχές ή με επιστήμονες που γνωρίζουν τις πιθανές επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον της περιοχής.

Αν όμως αποφασιστεί η χρήση Χ.Δ.Ο στις ακτές πρέπει να ληφθούν υπόψη τα εξής:

- Οι Χ.Δ.Ο δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται σε περιβαλλοντικά ευαίσθητες περιοχές, όπως υφάλμυρα έλη, εκβολές ποταμών, κοραλλιογενείς ύφαλοι, λίμνες κλπ.
- Η χρήση των Χ.Δ.Ο είναι περιττή σε ακτές με χαλίκια, βράχους κλπ, που είναι εκτεθειμένες στην ανοικτή θάλασσα.
- Η αποτελεσματικότητα των Χ.Δ.Ο πρέπει να δοκιμάζεται πριν από τη χρησιμοποίησή τους, ώστε η μέθοδος αυτή να εφαρμόζεται μόνον όταν είναι βέβαιο ότι θα βοηθήσει στο διασκορπισμό του πετρελαίου.
- Οι Χ.Δ.Ο πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο για πρόσθετο καθαρισμό αφού προηγουμένως αφαιρεθούν οι μεγάλες ποσότητες πετρελαίου με άλλες εφαρμόσιμες μεθόδους.
- Οι Χ.Δ.Ο είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν σε ακτές με άμμο και χαλίκια και σε προστατευόμενες βραχώδεις ακτές, οι οποίες πρέπει να καθαριστούν σε μεγάλη έκταση.
- Οι Χ.Δ.Ο μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε τεχνικές κατασκευές, αλλά όχι πολύ κοντά στις εισαγωγές νερού σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, διυλιστηρίων, εγκαταστάσεις αφαλάτωσης, προκειμένου να αποφευχθεί η είσοδος του διασκορπισμένου πετρελαίου στα συστήματα των εγκαταστάσεων αυτών.
- Τόσο οι Χ.Δ.Ο υδρογονανθρακικής βάσης (2^η γενεά) όσο και οι συμπτυκνωμένες (3^η γενεά) μπορούν να χρησιμοποιηθούν διαλυμένες (αραιωμένες) με θαλασσινό νερό.
- Οι Χ.Δ.Ο είναι δυνατό να εκτοξευθούν χειρονακτικά χρησιμοποιώντας φορητούς ψεκαστήρες ή ειδικά οχήματα εκτόξευσης Χ.Δ.Ο για ακτές. Σε ακτές που δεν είναι προσπελάσιμες πρέπει να εξεταστεί το ενδεχόμενο χρησιμοποίησης

αεροσκαφών. Οι Χ.Δ.Ο χρησιμοποιούνται πριν από την έναρξη της παλίρροιας ή μετά τη πλύση με μεγάλες ποσότητες θαλασσινού νερού.

- Οι Χ.Δ.Ο είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν με βούρτσες και μετά να ξεπλένονται, με νερό υπό πίεση (η μέθοδος αυτή είναι ιδιαίτερα εύχρηστη σε τεχνικές κατασκευές, μεγάλες πέτρες και βράχια).

Μερικές φορές η χρησιμοποίηση Χ.Δ.Ο δεν φέρνει αποτέλεσμα στο διασκορπισμό πετρελαίου αλλά μόνο το απομακρύνει από την παραλία. Στη περίπτωση αυτή το πετρέλαιο που απομακρύνθηκε πρέπει να εγκλωβίζεται με φράγμα και να περισυλλέγεται με συσκευή περισυλλογής (SKIMMER).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

**ΔΙΕΘΝΗΣ ΣΥΜΒΑΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΤΟΙΜΟΤΗΤΑ, ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ
ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ ΑΠΟ
ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ**

4.1 Εισαγωγή

Οι θαλάσσιες μεταφορές αποτελούν εδώ και χρόνια μία από τις πλέον παγκοσμιοποιημένες ανθρώπινες δραστηριότητες. Η ανάγκη για την θεσμοθέτηση ενός διεθνούς πλαισίου, εντός του οποίου θα λειτουργούν και θα ορίζονται, ικανοποιήθηκε το 1948, σε μία διάσκεψη που οργανώθηκε από τα Ηνωμένα Έθνη, με σκοπό την λήψη μέτρων για την ασφάλεια στη ναυτιλία. Στη διάσκεψη αυτή αποφασίστηκε η δημιουργία του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (International Maritime Organization, I.M.O.), του πρώτου διεθνούς φορέα με αποκλειστική ενασχόληση τα θέματα της ασφαλούς ναυσιπλοΐας και της διατήρησης και προστασίας του θαλάσσιου περιβάλλοντος.

Στόχος του Οργανισμού είναι η προώθηση της συνεργασίας μεταξύ των κρατών για θέματα που αφορούν την παγκόσμια ναυτιλία και η θεσμοθέτηση κανονισμών που θα γίνονται διεθνώς αποδεκτοί και θα εγγυώνται την ομαλή εκτέλεση των θαλάσσιων μεταφορών, με έμφαση στην διασφάλιση και προστασία της ανθρώπινης ζωής στη θάλασσα και του θαλάσσιου περιβάλλοντος.

Μία από τις συνθήκες που έχουν υπογραφεί από τον I.M.O. είναι και η Διεθνής Σύμβαση για την Ετοιμότητα, Συνεργασία και Αντιμετώπιση της Ρύπανσης της Θάλασσας από Πετρέλαιο (International Convention on Oil Pollution Preparedness, Response and Co-operation, 1990 – O.P.R.C.90), που υπογράφηκε στο Λονδίνο στις 30 Νοεμβρίου 1990. Η Σύμβαση αυτή μπορεί να θεωρηθεί και ως άμεση συνέπεια του ευρέως γνωστού ατυχήματος του “Exxon Valdez”, που συνέβη το 1989 στις ακτές της Αλάσκας, όπου χύθηκαν 36.000 τόνοι πετρελαιοειδών με αποτέλεσμα την πρόκληση τεράστιας οικολογικής καταστροφής. Οι βασικοί άξονες πάνω στους οποίους κινήθηκε η συγκεκριμένη συνθήκη είναι οι εξής:

- Καθιέρωση ύπαρξης πάνω στα πλοία σχεδίου αντιμετώπισης εκτάκτου ανάγκης ρύπανσης εξαιτίας διαρροής πετρελαίου.
- Καθιέρωση εγκατάστασης πάνω στα πλοία κατάλληλου εξοπλισμού για την αντιμετώπιση πιθανής διαρροής πετρελαιοειδών στη θάλασσα.
- Ενημέρωση, εξάσκηση και εξοικίωση των πληρωμάτων σε περιπτώσεις εκτάκτου ανάγκης.
- Αναγκαιότητα άμεσης αναφοράς συμβάντων ρύπανσης στην πλησιέστερη αρμόδια αρχή.

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει μία συνοπτική παρουσίαση του περιεχομένου της συνθήκης O.P.R.C.90 και των άρθρων της.

Το πρώτο άρθρο της Σύμβασης ουσιαστικά αποτελεί τη διακήρυξη της έναρξης της ισχύος της, που επιτυγχάνεται με την εναρμόνιση του κάθε κράτους μέλους με το περιεχόμενο αυτής και του Παραρτήματός της.

Στο δεύτερο άρθρο δίνεται η εννοιολογική σημασία των βασικών όρων που θα συναντούνται εντός της Σύμβασης. Τέτοιοι όροι είναι το πλοίο, το πετρέλαιο, το περιστατικό ρύπανσης, οι θαλάσσιες εγκαταστάσεις, τα λιμάνια, ο Οργανισμός, και ο Γενικός Γραμματέας του Οργανισμού.

Στο άρθρο 3 τονίζονται η σπουδαιότητα και αναγκαιότητα της ύπαρξης σχεδίων έκτακτης ανάγκης αντιμετώπισης ρύπανσης επάνω σε πλοία, λιμένες, θαλάσσιες εγκαταστάσεις και εγκαταστάσεις διακίνησης πετρελαίου. Όλες πλέον οι ενέργειες θα πρέπει να είναι σύμφωνες με τις υποδείξεις των σχεδίων έκτακτης ανάγκης.

Στο άρθρο 4 υπογραμμίζεται η σημασία της άμεσης και έγκαιρης αναφοράς πιθανών περιστατικών ρύπανσης από τα εμπλεκόμενα μέρη στους υπεύθυνους φορείς (λιμενικές αρχές, πλησιέστερα παράκτια κράτη, εθνικές αρμόδιες αρχές).

Το πέμπτο άρθρο πραγματεύεται τις ενέργειες που πρέπει να γίνουν αμέσως μετά τη λήψη της αναφοράς ρύπανσης. Οι ενέργειες αυτές περιλαμβάνουν την εκτίμηση του περιστατικού, της έκτασής του και των συνεπειών του, και την περαιτέρω ενημέρωση του I.M.O. ή των άμεσα θιγόμενων κρατών.

Στο άρθρο 6 ορίζεται ο τρόπος εσωτερικής οργάνωσης και λειτουργίας του κάθε κράτους μέλους του I.M.O. σε θέματα σχετικά με αντιμετώπιση θαλάσσιας ρύπανσης. Τονίζεται η ανάγκη για καθιέρωση εθνικής αρχής, εθνικού συντονιστή ενεργειών, και κατάρτιση εθνικού σχεδίου έκτακτης ανάγκης, όλα σχετικά με την αντιμετώπιση της ρύπανσης. Επίσης, επισημαίνεται το δικαίωμα του κάθε κράτους να υποχρεώνει όλες τις αρμόδιες πλευρές, που ασχολούνται με το θέμα της μεταφοράς και διακίνησης πετρελαίου, να φέρουν στοιχειώδη εξοπλισμό και τεχνογνωσία για την πρόληψη και αντιμετώπιση ρυπάνσεων. Τέλος, δίνεται ιδιαίτερη βαρύτητα στην ανάγκη ενημέρωσης του I.M.O. από το κάθε κράτος για την τεχνογνωσία και τα μέσα καταπολέμησης της ρύπανσης που διαθέτει.

Στο άρθρο 7 διευθετούνται ζητήματα που έχουν να κάνουν με τη δυνατότητα συνεργασίας μεταξύ κρατών σε θέματα αντιμετώπισης της ρύπανσης και με την άντληση οικονομικών πόρων από πλευράς του I.M.O. προς συνδρομή κρατών που ζήτησαν αρωγή από άλλα κράτη.

Οι βασικές συνιστώσες του άρθρου 8 είναι η συνεργασία μεταξύ των κρατών για την διενέργεια έρευνας, την παραγωγή γνώσης και την προώθηση της γνώσης αυτής μεταξύ τους. Η συγκεκριμένη γνώση έχει αντικείμενο την ανάπτυξη νέων τεχνικών και νέων μέσων αντιμετώπισης της ρύπανσης. Επιπλέον, ενθαρρύνεται, μέσω του I.M.O., η πραγματοποίηση διεθνών συμποσίων με στόχο την ανταλλαγή γνώσης, εμπειρίας και ιδεών στο θέμα της αντιμετώπισης της θαλάσσιας ρύπανσης.

Το άρθρο 9 επιβάλλει την παροχή εκπαίδευσης προσωπικού από ένα κράτος σε εκείνο που αιτεί βοήθεια. Επίσης, προωθεί τη συνεργασία των κρατών και την από κοινού συμμετοχή αυτών σε ερευνητικά προγράμματα.

Το άρθρο 10 τονίζει την υποχρέωση των κρατών να συνάπτουν διμερείς ή πολυμερείς συμφωνίες για την ετοιμότητα και αντιμετώπιση της ρύπανσης από πετρέλαιο, υπό το βλέμμα του I.M.O.

Το άρθρο 11 προστατεύει τα δικαιώματα της συγκεκριμένης σύμβασης θέτοντάς την ανεξάρτητη από διαφορετικές ερμηνείες άλλων συνθηκών.

Στο άρθρο 12 υπογραμμίζεται ο ρόλος του I.M.O. στην παροχή υπηρεσιών πληροφόρησης, μόρφωσης και εκπαίδευσης, τεχνικών υπηρεσιών και τεχνικής βοήθειας προς τα κράτη μέλη.

Το άρθρο 13 κατοχυρώνει το δικαίωμα των κρατών να αξιολογούν την αποτελεσματικότητα της συγκεκριμένης Σύμβασης, στα πλαίσια, όμως, του Οργανισμού.

Το άρθρο 14 αναφέρεται στη δυνατότητα τροποποίησης της Σύμβασης και στους τρόπους με τους οποίους αυτή συντελείται.

Το άρθρο 15 περιγράφει τις διαδικασίες υπογραφής, κύρωσης, αποδοχής, έγκρισης και προσχώρησης της Σύμβασης.

Το άρθρο 16 αναφέρεται στα απαιτούμενα για να τεθεί σε ισχύ η Σύμβαση.

Το άρθρο 17 διερευνά τις δυνατότητες καταγγελίας της Σύμβασης από ένα κράτος.

Στο άρθρο 18 περιγράφονται οι αρμοδιότητες και ο ρόλος του Γενικού Γραμματέα του Οργανισμού.

Το άρθρο 19 αναφέρει κάποια στοιχεία της Σύμβασης, όπως οι γλώσσες στις οποίες είναι γραμμένη και η ημερομηνία υπογραφής της.

Ακολουθεί το Παράρτημα της Σύμβασης, το οποίο διεισδύει στην εφαρμογή της και τον τρόπο υιοθέτησής της από το ελληνικό κράτος. Τα κύρια στοιχεία του περιεχομένου της επισημαίνονται ακολούθως.

Ως Αρμόδιες Αρχές στον ελλαδικό χώρο ορίζονται οι Λιμενικές Αρχές εσωτερικού και η Διεύθυνση Ελέγχου Εμπορικών Πλοίων του Υπουργείου Εμπορικής Ναυτιλίας.

Οι διατάξεις του παρόντος νόμου, της Σύμβασης, των προεδρικών διαταγμάτων και υπουργικών αποφάσεων, που εκδίδονται σε εκτέλεση του, εφαρμόζονται:

- (α) Στα ελληνικά πλοία.
- (β) Στα πλοία με ξένη σημαία που καταπλέουν σε ελληνικά λιμάνια και όρμους ή που βρίσκονται σε θαλάσσιο χώρο ελληνικής δικαιοδοσίας.
- (γ) Στις εγκαταστάσεις που βρίσκονται στην Ελλάδα, στις οποίες προσεγγίζουν πλοία.
- (δ) Στις εγκαταστάσεις έρευνας, εκμετάλλευσης και παραγωγής πετρελαίου στην ανοικτή θάλασσα, που υπάγονται στη δικαιοδοσία της Ελλάδας και
- (ε) Στα σκάφη απορρύπανσης, μηχανήματα, συσκευές και κάθε είδους εξοπλισμό απορρύπανσης που κατασκευάζεται στην Ελλάδα ή το εξωτερικό και προορίζεται για τις εγκαταστάσεις ή τα πλοία.

Εθνικός συντονιστής για την εφαρμογή του εθνικού σχεδίου έκτακτης ανάγκης ορίζεται το Κέντρο Συντονισμού Έρευνας και Διάσωσης (Κ.Σ.Ε.Δ.) του Υπουργείου Εμπορικής Ναυτιλίας. Ο εθνικός συντονιστής ειδικότερα:

- (α) Δέχεται τις αναφορές των προσώπων, φορέων και Αρχών, σε σχέση με οποιοδήποτε συμβάν που αφορά απόρριψη, κίνδυνο απόρριψης ή παρουσία πετρελαιοειδών ή άλλων επιβλαβών ουσιών στη θάλασσα.
- (β) Εκτιμά τη φύση, την έκταση και τις πιθανές συνέπειες του περιστατικού ρύπανσης και κινητοποιεί τις εμπλεκόμενες στο εθνικό σχέδιο έκτακτης ανάγκης Αρχές και φορείς για την έγκαιρη λήψη προληπτικών μέτρων ή μέτρων για την αντιμετώπιση του περιστατικού ρύπανσης.
- (γ) Τηρείται συνεχώς ενήμερος των ενεργειών για την αντιμετώπιση του περιστατικού ρύπανσης και παρέχει κάθε συνδρομή που απαιτείται για την αποτελεσματικότερη αντιμετώπιση του και τον περιορισμό των επιπτώσεων του στο περιβάλλον, σε συνεργασία με την αρμόδια υπηρεσία περιβάλλοντος του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων.

Για τη βεβαίωση της καλής κατάστασης και ασφαλούς, για την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος, λειτουργίας του εξοπλισμού των θαλάσσιων εγκαταστάσεων και των εγκαταστάσεων διακίνησης πετρελαιοειδών ή άλλων επιβλαβών ουσιών στα πλοία, απαιτείται πιστοποιητικό αρμόδιου ημεδαπού ή αλλοδαπού τεχνικού γραφείου ή της αρμόδιας τεχνικής υπηρεσίας της εγκατάστασης, με το οποίο να βεβαιώνεται η καλή και ασφαλής λειτουργία του εξοπλισμού αυτού. Η διάρκεια ισχύος του πιστοποιητικού δεν μπορεί να υπερβαίνει τη διετία από την έκδοση του, μετά τη λήξη της οποίας απαιτείται νέος έλεγχος για την επανέκδοση του πιστοποιητικού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΗΛΙΔΩΝ ΣΤΟΝ ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ

5.1 Παρουσίαση βάσης δεδομένων περιστατικών ρύπανσης στον ελλαδικό θαλάσσιο χώρο

Είναι προφανές ότι αν επιχειρηθεί η κατασκευή ενός μαθηματικού μοντέλου, το οποίο θα είναι σε θέση να εκτιμήσει, με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη προσέγγιση, το συνολικό κόστος αντιμετώπισης που προκύπτει από υποθετικά σενάρια πετρελαιοκηλίδων, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη όλοι οι παράγοντες που επηρεάζουν το κόστος και οι οποίοι έχουν προαναφερθεί και να στηριχτεί η όλη διαδικασία κατασκευής του μοντέλου, επάνω σε αυτούς.

Προκειμένου να εξεταστεί η αποτελεσματικότητα του μοντέλου, θα πρέπει να γίνει η εφαρμογή του σε περιπτώσεις κηλίδων που έχουν συμβεί και είναι γνωστά τα αποτελέσματα τους και κατόπιν να διαπιστωθεί αν αυτά επαληθεύονται, με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια, και από το ίδιο το μοντέλο. Γίνεται επομένως αντιληπτό ότι, η προσπάθεια κατασκευής ενός μοντέλου θα πρέπει να στηριχθεί σε ήδη καταγεγραμμένα συμβάντα κηλίδων. Είναι λοιπόν απαραίτητη η ύπαρξη μιας εκτεταμένης βάσης δεδομένων, από την οποία θα μπορεί να γίνει άντληση πληροφοριών και στοιχείων για ποικίλες περιπτώσεις πετρελαιοκηλίδων, που έχουν υπάρξει κατά καιρούς, με ξεχωριστά χαρακτηριστικά και αποτελέσματα η καθεμία, ώστε χρησιμοποιώντας αυτά τα ιστορικά στοιχεία να κατασκευαστεί το μοντέλο.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν το συνολικό κόστος καθαρισμού είναι αρκετοί, όπως είδαμε παραπάνω, δεν είναι τελείως ανεξάρτητοι μεταξύ τους, σχετίζονται και αλληλεξαρτώνται, ενώ ο κάθε παράγοντας μπορεί να έχει διαφορετική βαρύτητα και συνεισφορά στον καθορισμό του κόστους. Όλα αυτά μπορεί να δυσκολεύουν το έργο κατασκευής του μοντέλου, ωστόσο πρέπει να ληφθούν υπόψη.

Το μαθηματικό μοντέλο πρόβλεψης κόστους, που θα προκύψει, πρέπει να είναι ικανό να εφαρμόζεται και να δίνει απαντήσεις σε μία πληθώρα σεναρίων με διαφορετικά και ποικίλα χαρακτηριστικά. Επομένως ο αλγόριθμος θα πρέπει να έχει ως συνιστώσες του, όλους τους παράγοντες που καθορίζουν το κόστος καθαρισμού και αντιμετώπισης κηλίδων πετρελαίου.

Όπως ήδη αναφέρθηκε και παραπάνω η βάση δεδομένων, από την οποία θα συγκεντρωθούν τα απαραίτητα στοιχεία, θα πρέπει να έχει λεπτομερή ιστορικά στοιχεία για πετρελαιοκηλίδες που έχουν παρουσιαστεί στον ελλαδικό θαλάσσιο χώρο. Τα χαρακτηριστικά αυτών των κηλίδων, όπως γεωγραφική τοποθεσία, μέγεθος, είδος πετρελαιοειδών, μεθοδολογίες αντιμετώπισής τους και εκτιμηθέντα κόστη καθαρισμού και αντιμετώπισης τους, θα πρέπει να περιέχονται επαρκώς μέσα στη βάση δεδομένων, που επιθυμούμε να έχουμε.

Οι αρμόδιοι φορείς, από τους οποίους έγινε η αναζήτηση των απαραίτητων στοιχείων για την καταγραφή της βάσης δεδομένων, είναι οι ακόλουθοι:

- Η Διεύθυνση Προστασίας Θαλασσίου Περιβάλλοντος (Δ.Π.Θ.Π.), η οποία υπάγεται στο Υπουργείο Εμπορικής Ναυτιλίας, Αιγαίου και Νησιωτικής Πολιτικής και είναι αρμόδια για την πρόληψη, τον συντονισμό των εργασιών αντιμετώπισης των περιστατικών ρύπανσης και την επιβολή των προβλεπόμενων κυρώσεων στους παραβάτες.
- Μεγάλη ιδιωτική εταιρεία που ειδικεύεται στην αντιμετώπιση, παρακολούθηση και έλεγχο περιστατικών ρύπανσης σε θαλάσσιο χώρο χάρη στα τεχνικά μέσα που διαθέτει. Η συγκεκριμένη εταιρεία διατηρεί μία αξιολογημένη βάση δεδομένων από περιστατικά ρύπανσης από τη λειτουργία πλοίων, λιμένων και τερματικών σταθμών.

Σημειώνεται ότι κατά κύριο λόγο, η βάση δεδομένων απαρτίζεται από περιστατικά που απασχόλησαν την προαναφερθείσα ιδιωτική εταιρεία απορύπανσης, η οποία πολύ ευγενικά μας παραχώρησε τα απαραίτητα στοιχεία ώστε να καταστεί η ανάπτυξη του μοντέλου δυνατή. Ο λόγος σχετίζεται με τον σκοπό της διπλωματικής εργασίας που είναι η μελέτη και εκτίμηση του κόστους αντιμετώπισης κηλίδων από πλοία στον ελλαδικό θαλάσσιο χώρο. Επομένως μια βασική παράμετρος που περιέχεται στη βάση δεδομένων είναι το κόστος καθαρισμού των περιστατικών ρύπανσης. Άρα, η πλέον κατάλληλη πηγή πληροφόρησης για το συγκεκριμένο κόστος είναι η συγκεκριμένη ιδιωτική εταιρεία, η οποία σαν Α.Ε. προχωράει στην καταγραφή του κόστους αντιμετώπισης των περιστατικών με τα οποία ασχολείται. Τα συγκεκριμένα στοιχεία χρησιμοποιήθηκαν για ακαδημαϊκούς λόγους στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας και απαγορεύεται η δημοσιοποίησή τους σε τρίτους.

Το χρονικό διάστημα που καλύπτεται είναι για τα έτη 2000-2007. Σημειώνεται ότι τα στοιχεία από τη Δ.Π.Θ.Π. χρησιμοποιήθηκαν για να συμπληρωθούν κυρίως ελλιπή δεδομένα από τη βάση περιστατικών που προσέφερε η ιδιωτική εταιρεία αντιμετώπισης θαλάσσιας ρύπανσης.

5.1.1 Δομή της βάσης δεδομένων

Η βάση δεδομένων, που σχηματίστηκε για τους σκοπούς της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας, αποτελείται από 104 περιστατικά πρόκλησης κηλίδας στον ελλαδικό θαλάσσιο χώρο, κατά τα έτη 2000 έως 2007, την αντιμετώπιση των οποίων ανέλαβε και συντόνισε η συγκεκριμένη ιδιωτική εταιρεία.

Τα στοιχεία που περιλαμβάνονται στη βάση δεδομένων είναι τα ακόλουθα:

1. Ημερομηνία πρόκλησης του συμβάντος ρύπανσης.

Πρόκειται για την ακριβή ημερομηνία κατά την οποία σημειώθηκε το περιστατικό ρύπανσης.

2. Όνομα πλοίου.

3. Τύπος πλοίου.

4. Σημαία πλοίου.

5. Μεταφορική ικανότητα πλοίου (Deadweight-DWT).

6. Ολική χωρητικότητα πλοίου (Gross Tonnage-GRT).

7. Έτος κατασκευής πλοίου.

8. Φορτίο πλοίου.

9. Γεωγραφική τοποθεσία του συμβάντος.

Κατόπιν γίνεται διαχωρισμός των περιστατικών ανάλογα με τον γεωγραφικό τομέα στον οποίο σημειώθηκαν. Διακρίνονται οι εξής γεωγραφικοί τομείς:

- Σαρωνικός κόλπος,
- Αιγαίο,
- Ιόνιο.

10. Χαρακτηρισμός περιοχής.

Ανάλογα με τον χαρακτηρισμό και τη χρησιμότητα της περιοχής όπου σημειώθηκε το περιστατικό, διακρίνονται οι παρακάτω περιπτώσεις:

- Κοντά σε λιμάνι, PORT (Λιμάνι, Μαρίνα),
- Κοντά σε ακτή, NEARSHORE (Αγκυροβόλιο, Επισκευαστική περιοχή, Βιομηχανική Περιοχή, Τουριστική περιοχή),
- Σε ανοικτή θάλασσα, OFFSHORE (Περιοχή Αλιείας, Εν πλώ).

11. Καιρικές συνθήκες.

Πρόκειται για τις καιρικές συνθήκες που επικρατούσαν στην περιοχή κατά τη διάρκεια των επιχειρήσεων αντιμετώπισης και ελέγχου της κατάστασης. Διακρίνονται οι ακόλουθες γενικές κατηγορίες:

- Καλές,

- Μέτριες,
- Δυσμενείς.

12. Δυσκολία προσέγγισης.

Αναφέρεται στον βαθμό δυσκολίας προσέγγισης της περιοχής του συμβάντος και μεταφοράς των τεχνικών μέσων και εξοπλισμού αντιμετώπισης της κηλίδας, για λόγους που μπορεί να οφείλονται στις καιρικές συνθήκες, στην ιδιομορφία της περιοχής και στην μεγάλη απόσταση της περιοχής από τη βάση της εταιρείας που αναλαμβάνει την αντιμετώπιση του περιστατικού. Διακρίνονται οι ακόλουθες γενικές περιπτώσεις:

- Εύκολη,
- Μέτρια,
- Δύσκολη.

13. Αιτία ρύπανσης.

Η κατηγοριοποίηση που ακολουθείται περιγράφει την αιτία πρόκλησης του ατυχήματος και γίνεται από την εν λόγω ιδιωτική εταιρεία απορύπανσης:

- Διαρροή,
- Βύθιση,
- Προσάραξη,
- Απόρριψη,
- Σύγκρουση,
- Πυρκαγιά,
- Έκρηξη,
- Πρόσκρουση.

14. Είδος ρυπογόνου ουσίας.

Η κατηγοριοποίηση που ακολουθείται περιγράφει το είδος του πετρελαιοειδούς που προκάλεσε το περιστατικό ρύπανσης και γίνεται από την ιδιωτική εταιρεία απορύπανσης:

- Fuel oil (+Crude oil),
- Diesel oil,
- Light fuel oil,
- Slops.

15. Ένταση ρύπανσης.

Τα τρία ακόλουθα στοιχεία δίνουν μία εκτίμηση του μεγέθους της κάθε κηλίδας και αναφέρονται σε ό,τι αντιμετωπίστηκε και όχι σε όλο το μέγεθος της κηλίδας:

- Ποσότητα διαρρέοντος πετρελαιοειδούς (σε τόνους),
- Όγκος διαρρέοντος πετρελαιοειδούς (σε κυβικά μέτρα),
- Επιφάνεια διαρρέοντος πετρελαιοειδούς (σε τετραγωνικά μέτρα).

16. Χρόνος αντίδρασης.

Ως χρόνος αντίδρασης ορίζεται το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί από την ενημέρωση της υπεύθυνης εταιρείας, που αναλαμβάνει την αντιμετώπιση ενός περιστατικού ρύπανσης, έως την στιγμή που τα μέσα καταπολέμησης της ρύπανσης θα φτάσουν στο σημείο του προβλήματος και θα αρχίσουν τις εργασίες απορρύπανσης. Ο χρόνος αυτός περιλαμβάνει τα στάδια, ενημέρωσης της εταιρείας, κινητοποίησης του συστήματος (εργατικό δυναμικό και τεχνικά μέσα), φόρτωσης του απαραίτητου εξοπλισμού, σχεδιασμού της επιχείρησης, και μετάβασης ανθρώπινου δυναμικού και τεχνικών μέσων καταπολέμησης της ρύπανσης στο σημείο της ρύπανσης. Σημειώνεται δε, ότι ο χρόνος ενημέρωσης της εταιρείας μπορεί να μη συμπίπτει με το χρόνο που ξεσπά το περιστατικό (που προκαλείται η κηλίδα). Η κηλίδα μπορεί π.χ. να σχηματίστηκε στις 2:00 μ.μ. και η εταιρεία απορρύπανσης να ειδοποιήθηκε στις 6:00 μ.μ. Αυτό είναι πιθανόν να συμβεί αν ο πλοίαρχος του πλοίου στο οποίο συμβεί η διαρροή πετρελαιοειδών δεν αντιληφθεί έγκαιρα την πιθανότητα ρύπανσης ή αν ακόμη έχει διαπιστώσει το περιστατικό ρύπανσης και καθυστερεί όμως να το αναφέρει, επειδή το θεωρεί υποβαθμισμένο και δεν αντιλαμβάνεται τη σοβαρότητα της κατάστασης. Ο χρόνος αντίδρασης στη βάση δεδομένων μας δίνεται σε ώρες.

17. Μέσα αντιρύπανσης.

Σε όλες τις περιπτώσεις της βάσης δεδομένων έγινε χρήση μηχανικών μέσων καταπολέμησης της ρύπανσης από την ιδιωτική εταιρεία αντιμετώπισης θαλάσσιας ρύπανσης. Ορισμένα τέτοια μέσα είναι τα ακόλουθα:

- Πλωτά φράγματα (booms),
- Απορροφητικά υλικά (sorbents),
- Αυτοκινούμενοι ελαιοσυλλέκτες, σκάφη (oil skimmers),
- Αντλητικά συγκροτήματα (pumps),
- Πλύσιμο με νερό υψηλής πίεσεως (high pressure water).

18. Μήκος προσβληθείσας ακτής.

Πρόκειται για το μήκος της ακτής που προσβλήθηκε από την πετρελαιοκηλίδα, στις περιπτώσεις όπου η προκληθείσα ρύπανση έφτασε ως την ακτογραμμή.

19. Χρόνος αποκατάστασης.

Πρόκειται για τον χρόνο σε ημέρες που απαιτήθηκε για την ολοκλήρωση των εργασιών αντιμετώπισης και καθαρισμού της κηλίδας. Το στοιχείο αυτό

φανερώνει τη χρονική διάρκεια των επιχειρήσεων συντονισμού και καταπολέμησης της ρύπανσης και είναι ενδεικτικό για το κόστος αντιμετώπισης της κηλίδας. Ωστόσο, τα στοιχεία που δόθηκαν από την εταιρεία απορύπανσης είναι ιδιαίτερα ελλιπή ως προς αυτό το χαρακτηριστικό της βάσης δεδομένων.

20. Κόστος αντιρύπανσης.

Πρόκειται για το ολικό κόστος που στοίχισε η όλη διαδικασία αντιμετώπισης της ρύπανσης, όπως αυτό καθορίστηκε και δόθηκε από την ιδιωτική εταιρεία απορύπανσης. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα οικονομικά μεγέθη που θα αναφερθούν στην συγκεκριμένη εργασία έχουν ως έτος βάσης το έτος 2007. Ανάλογα με την τιμή κόστους αντιμετώπισης του κάθε περιστατικού της βάσης δεδομένων, έγινε κατάταξή του σε μία από τις ακόλουθες κατηγορίες:

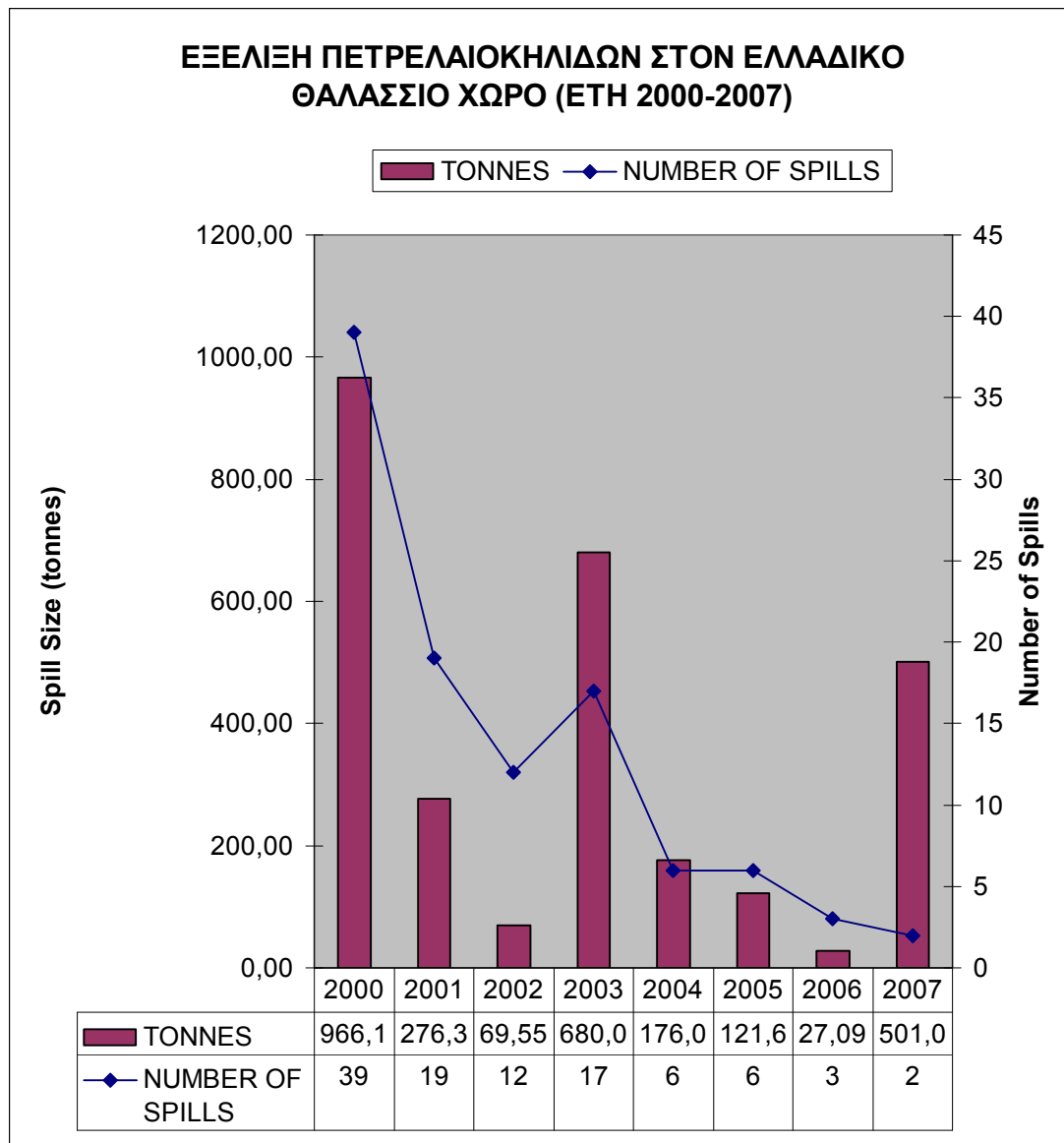
- Κατηγορία Α (0-50.000ευρώ),
- Κατηγορία Β (50.000-100.000ευρώ),
- Κατηγορία Γ (100.000-200.000ευρώ),
- Κατηγορία Δ (200.000-300.000ευρώ),
- Κατηγορία Ε (>300.000ευρώ).

5.1.2 Επεξεργασία της βάσης δεδομένων

Αξίζει να σημειωθεί ότι η επεξεργασία που γίνεται στη βάση δεδομένων, ουσιαστικά, αποτελεί μία απλή ανάλυση των στοιχείων της και σε καμία περίπτωση δεν αποτελεί στατιστική απεικόνιση της κατάστασης που επικρατεί στις ελληνικές θάλασσες.

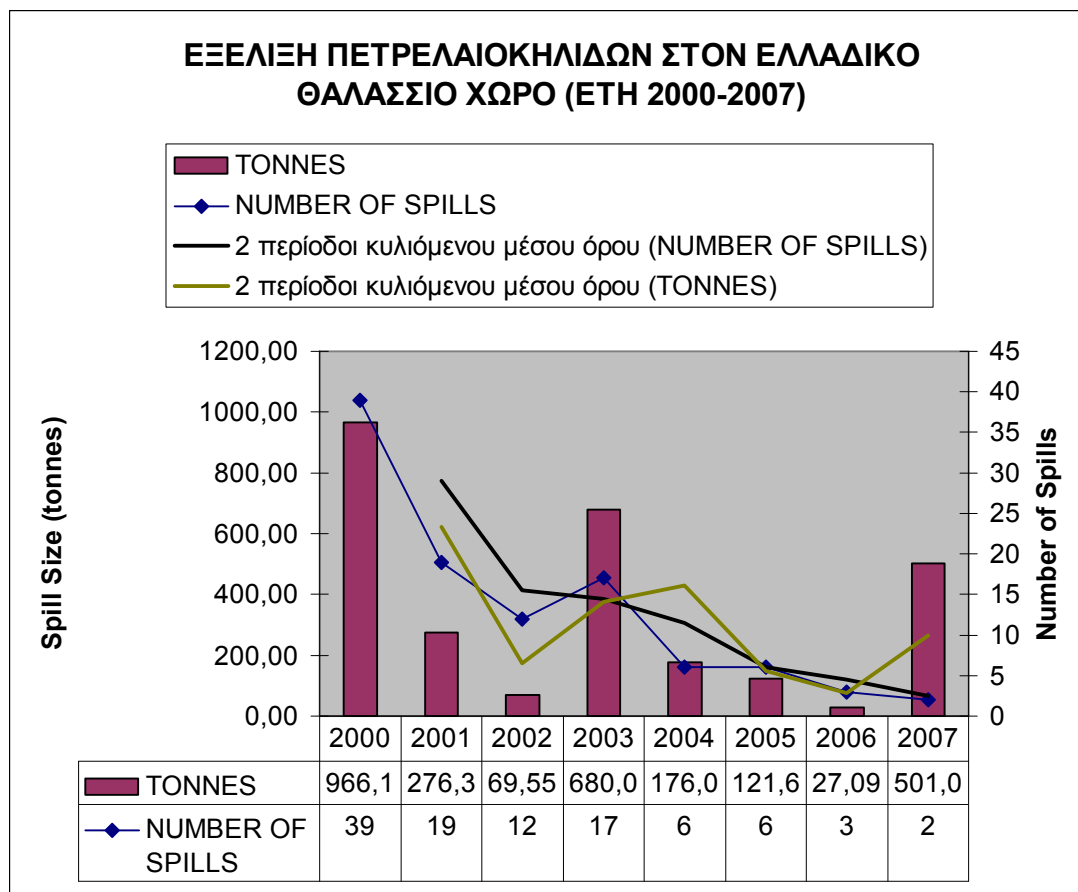
Περιστατικά πετρελαιοκηλίδων ανά έτος

Στο Σχήμα 1 παρουσιάζεται ο αριθμός περιστατικών κηλίδων και η συνολική ποσότητά τους ανά έτος στον ελλαδικό θαλάσσιο χώρο, την αντιμετώπιση των οποίων κλήθηκε να αναλάβει η ιδιωτική εταιρεία που μας εμπιστεύτηκε τα στοιχεία της, κατά το διάστημα 2000-2007. Αξίζει να σημειωθεί ότι στη βάση δεδομένων καταχωρήθηκαν περιστατικά με όσο το δυνατόν περισσότερες πληροφορίες. Επομένως, δεν περιλαμβάνονται όλα τα περιστατικά που απασχόλησαν την εν λόγω εταιρεία. Για τον λόγο αυτό, καθώς και επειδή ο αριθμός των περιστατικών που μας παρέδωσε η συγκεκριμένη εταιρεία για τα έτη 2005, 2006 και 2007 είναι περιορισμένος λόγω του ότι η καταγραφή περιστατικών, αυτά τα έτη, δεν έχει ολοκληρωθεί πλήρως, εκ μέρους της εταιρείας, δεν μπορούμε να οδηγηθούμε σε ασφαλή συμπεράσματα για την πορεία των κηλίδων τα τελευταία τρία έτη.



Σχήμα 1: Χρονική εξέλιξη κηλίδων.

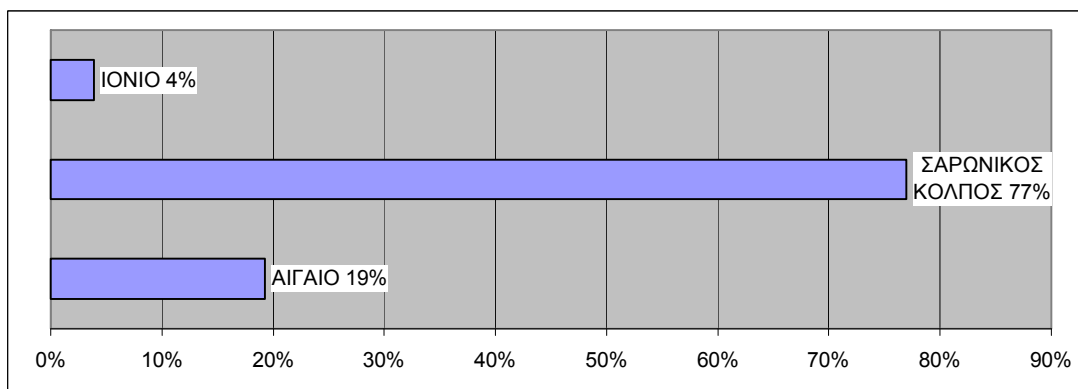
Εντούτοις τόσο από το Σχήμα 1, όσο και από το Σχήμα 2 είναι εμφανής η γενική τάση μείωσης των περιστατικών ρύπανσης από το έτος 2000 έως το 2004.



Σχήμα 2: Χρονική εξέλιξη κηλίδων με προσθήκη κυλιόμενου μέσου όρου.

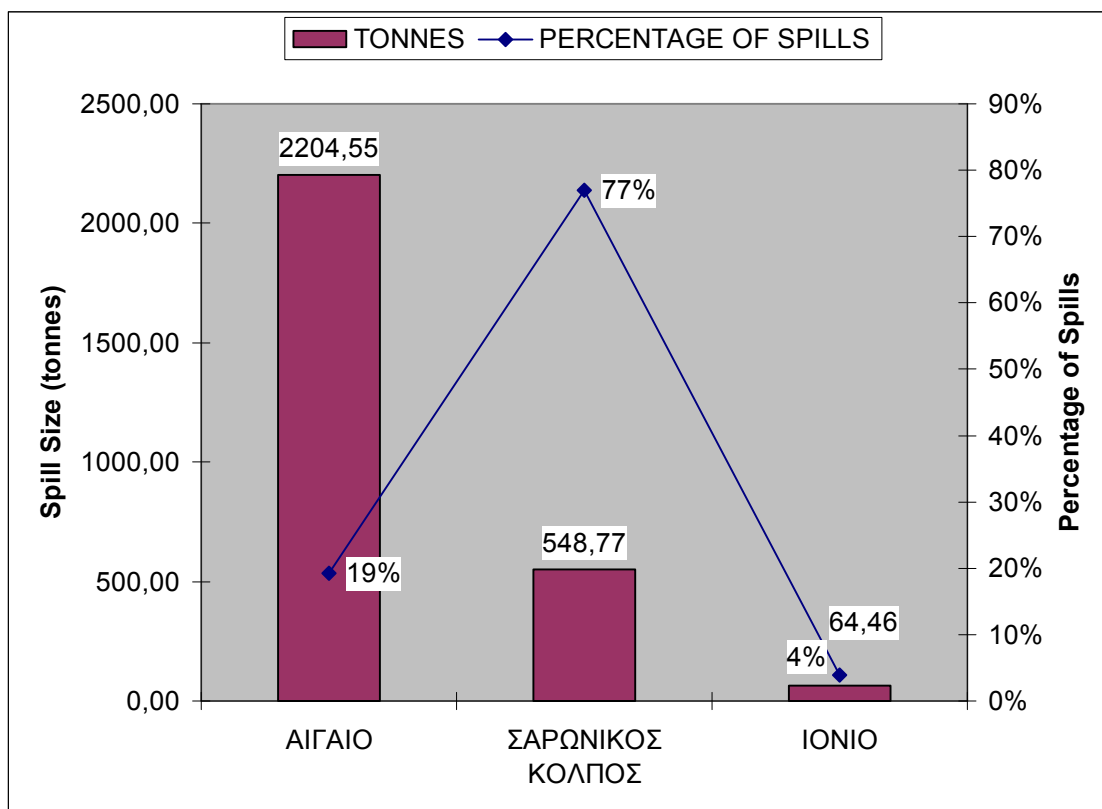
Περιστατικά πετρελαιοκηλίδων ανά γεωγραφική περιοχή

Στο Σχήμα 3 παρουσιάζεται το ποσοστό εμφάνισης περιστατικών ανά γεωγραφική περιοχή της Ελλάδας, για τα έτη 2000-2007, με στοιχεία που προέκυψαν από τη βάση δεδομένων.



Σχήμα 3: Ποσοστό εμφάνισης περιστατικών κηλίδων ανά γεωγραφική περιοχή κατά το διάστημα 2000-2007.

Ο μεγάλος αριθμός συμβάντων στην περιοχή του Σαρωνικού κόλπου οφείλεται στο γεγονός ότι αποτελεί την περιοχή με τη μεγαλύτερη θαλάσσια κυκλοφορία στην Ελλάδα. Ωστόσο, από το Σχήμα 4, διαφαίνεται ότι η συνολική ποσότητα πετρελαιοειδών όλων των κηλίδων στον Σαρωνικό κόλπο είναι πολύ μικρή σε σχέση με τον μεγάλο αριθμό περιστατικών. Αυτό αποδεικνύει ότι στη συγκεκριμένη περιοχή συμβαίνουν συνήθως περιστατικά ρυπάνσεων με μικρές ποσότητες πετρελαιοειδών, δηλαδή λαμβάνουν χώρα μικρές κηλίδες. Οι κηλίδες αυτές είναι ουσιαστικά λειτουργικές ρυπάνσεις, δηλαδή ρυπάνσεις που συμβαίνουν από τη συνήθη λειτουργία των πλοίων και όχι ατυχηματικές ρυπάνσεις. Η περιοχή του Σαρωνικού ευνοεί την πρόκληση τέτοιου είδους ρυπάνσεων λόγω της έντονης θαλάσσιας κυκλοφορίας και των βιομηχανικών δραστηριοτήτων που λαμβάνουν χώρα στην περιοχή. Αντίθετα σε ανοικτές θάλασσες, όπως είναι όλες οι υπόλοιπες περιοχές, οι κηλίδες που προκαλούνται είναι σχετικά μεγαλύτερες από ότι αυτές του Σαρωνικού.



Σχήμα 4: Ποσοστό εμφάνισης περιστατικών κηλίδων και συνολική ποσότητα κηλίδων ανά γεωγραφική περιοχή κατά το διάστημα 2000-2007.

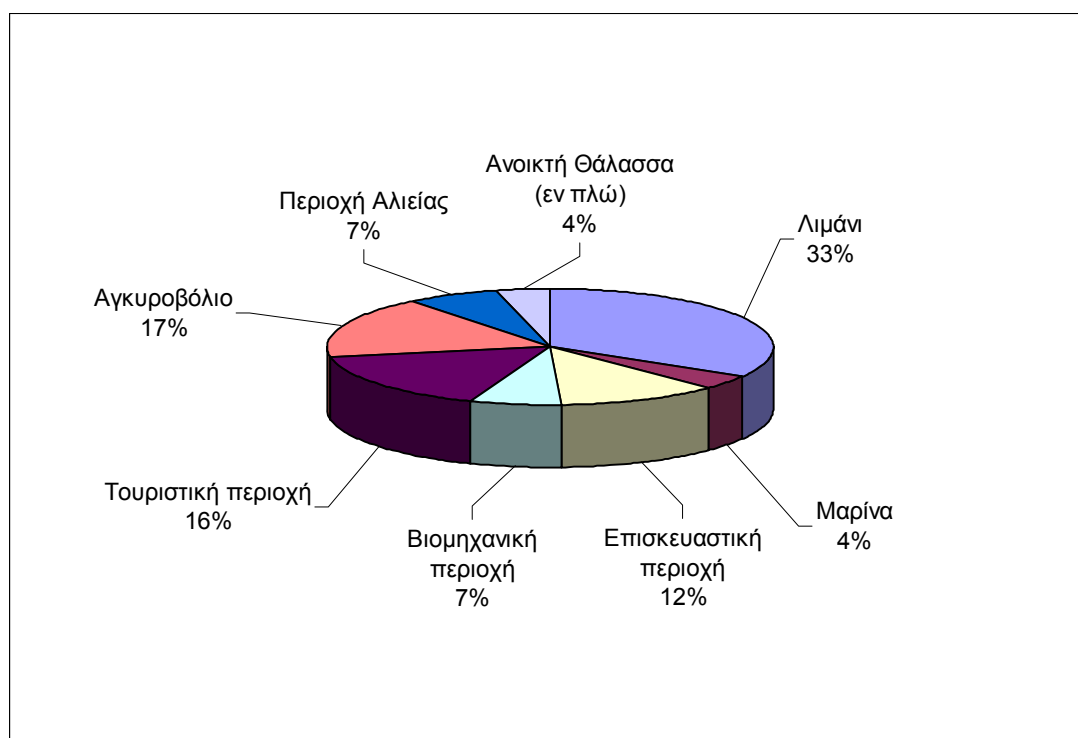
Η παρατήρηση αυτή μας οδηγεί στο εξής συμπέρασμα:

Η περιοχή του Σαρωνικού χαρακτηρίζεται από υψηλότερα επίπεδα ασφάλειας και προστασίας του περιβάλλοντος λόγω της αυξημένης κυκλοφορίας των πλοίων και

συνεπακόλουθα της αυξημένης πιθανότητας πρόκλησης λειτουργικών ρυπάνσεων, και λόγω της ήδη επιβαρυσμένης, από θέμα ρύπανσης, κατάστασης που επικρατεί στην περιοχή, εξαιτίας της λειτουργίας διυλιστηρίων, χώρων πετρέλευσης, και βιομηχανιών.

Περιστατικά πετρελαιοκηλίδων ανά είδος περιοχής

Στη συνέχεια ακολουθεί διάγραμμα (Σχήμα 5), όπου περιγράφονται οι τοποθεσίες στις οποίες συνέβησαν τα περιστατικά ρύπανσης της βάσης δεδομένων.



Σχήμα 5: Κατανομή περιστατικών ανά είδος περιοχής κατά το διάστημα 2000-2007.

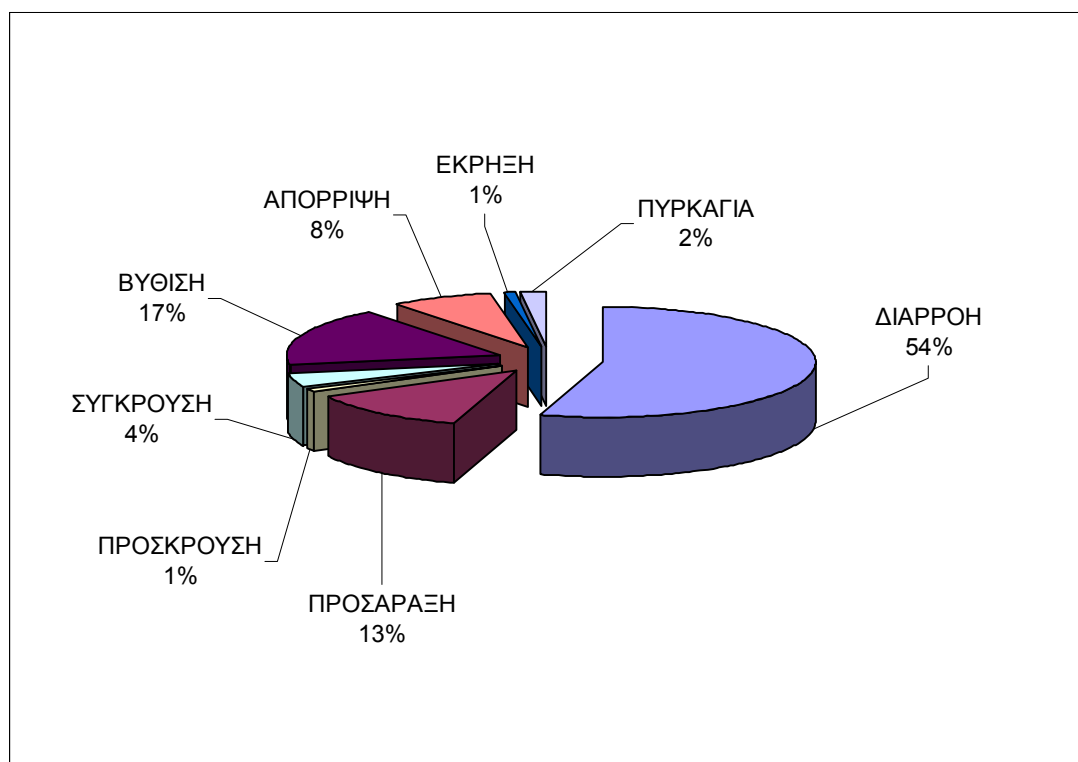
Όπως παρατηρείται από το παραπάνω διάγραμμα, το μεγαλύτερο ποσοστό των περιστατικών ρύπανσης λαμβάνει χώρα σε λιμάνια και γενικότερα κοντά σε ακτές. Επίσης σημαντικά είναι και τα ποσοστά ατυχημάτων σε αγκυροβόλια και σε επισκευαστικές και βιομηχανικές ζώνες. Όλα τα παραπάνω βρίσκουν εξήγηση στο γεγονός της αυξημένης θαλάσσιας κυκλοφορίας και στη φύση των δραστηριοτήτων που λαμβάνουν χώρα στις συγκεκριμένες περιοχές και που ευνοούν την δημιουργία λειτουργικών κηλίδων. Ειδικά στις περιπτώσεις που συμβαίνουν σε αγκυροβόλια, τα ατυχήματα συμβαίνουν, κυρίως, κατά τη διάρκεια της φορτοεκφόρτωσης από πλοία, που λόγω μεγέθους δεν μπορούν να προσεγγίσουν σε λιμάνι.

Περιστατικά πετρελαιοκηλίδων ανά αιτία ρύπανσης

Τα περιστατικά που καταγράφονται στη βάση δεδομένων έχουν ταξινομηθεί, με βάση την αιτία που προκάλεσε το ατύχημα, σε 8 κατηγορίες. Στον Πίνακα και στο διάγραμμα που ακολουθούν, παρουσιάζονται στοιχεία για τη συχνότητα εμφάνισης των συγκεκριμένων αιτιών, πάντα, σύμφωνα με την υπό μελέτη βάση δεδομένων.

Πίνακας 1: Κατανομή περιστατικών ανά αίτιο πρόκλησης ατυχήματος.

| ΑΙΤΙΟ ΠΡΟΚΛΗΣΗΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΟΣ | ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΩΝ | ΠΟΣΟΣΤΟ |
|-----------------------------------|-----------------------------|----------------|
| Διαρροή | 57 | 54% |
| Προσάραξη | 13 | 13% |
| Πρόσκρουση σε προβλήτα | 1 | 1% |
| Σύγκρουση | 4 | 4% |
| Βύθιση | 18 | 17% |
| Απόρριψη | 8 | 8% |
| Έκρηξη | 1 | 1% |
| Πυρκαγιά | 2 | 2% |
| ΣΥΝΟΛΟ | 104 | 100% |

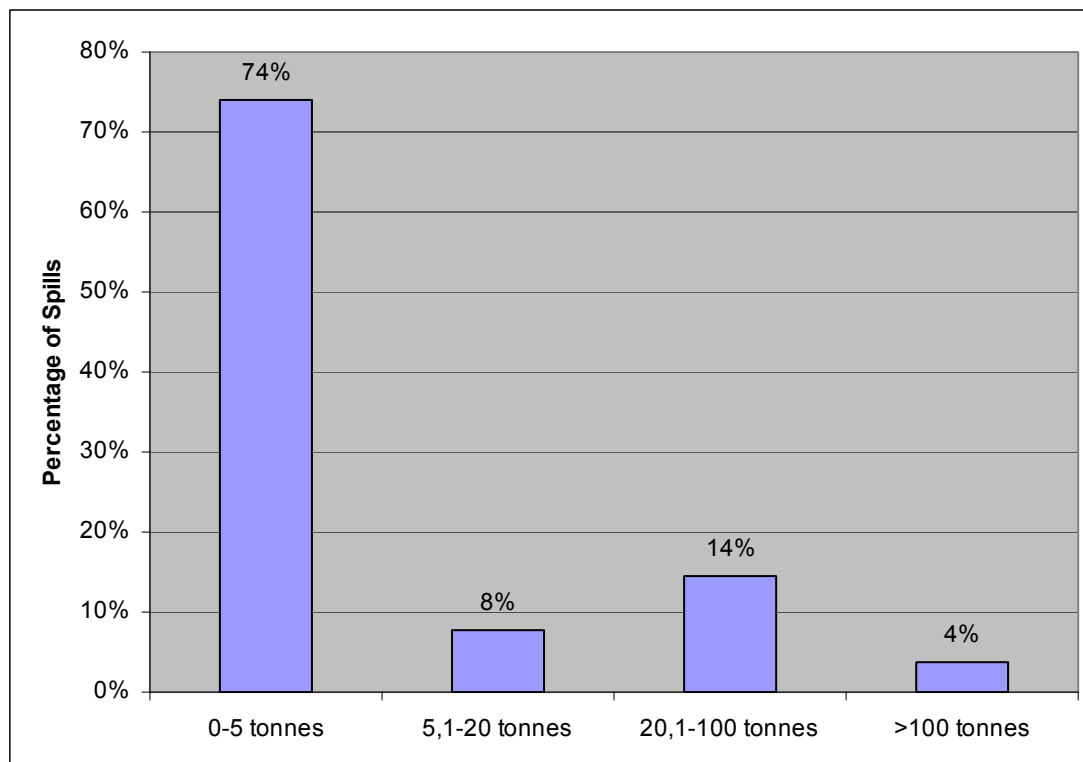


Σχήμα 6: Κατανομή περιστατικών ανά αίτιο πρόκλησης ατυχήματος.

Από το Σχήμα 6 γίνεται αντιληπτό ότι το μεγαλύτερο ποσοστό περιστατικών οφείλεται σε διαρροή. Προφανώς έτσι εξηγείται και ο μεγάλος αριθμός μικρών κηλίδων (0-5 tonnes) (λειτουργικών κηλίδων), που διαθέτει η βάση μας και που παρουσιάζεται στη συνέχεια.

Περιστατικά πετρελαιοκηλίδων ανά κατηγορία μεγέθους

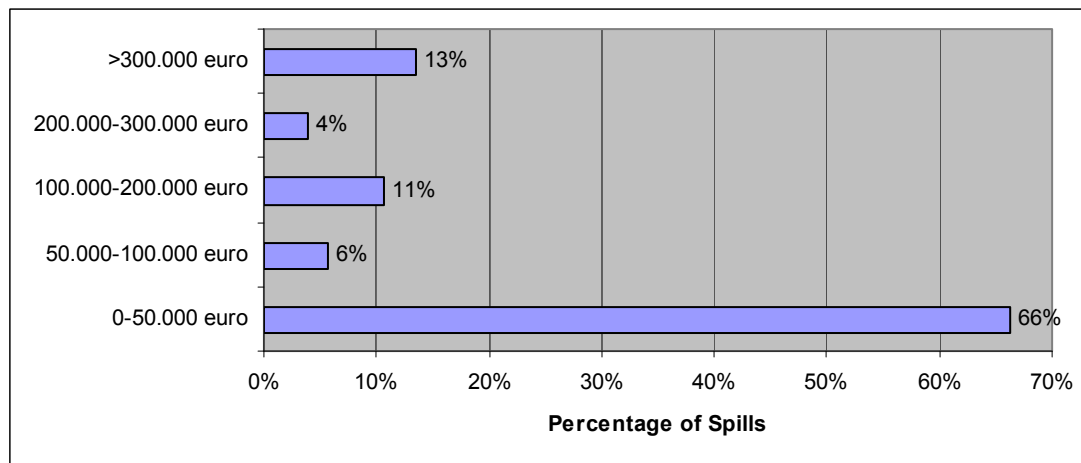
Στο Σχήμα 7, που ακολουθεί, φαίνεται καθαρά ότι το μεγαλύτερο ποσοστό της βάσης δεδομένων αποτελείται από σχετικά μικρές κηλίδες, ενώ αυτές που έχουν μέγεθος περισσότερο από 100tonnes είναι, ιδιαίτερα, περιορισμένες σε αριθμό. Αξίζει να σημειωθεί ότι η έλλειψη σημαντικών κηλίδων (μεγάλων σε μέγεθος) αποτέλεσε ένα από τα σοβαρότερα εμπόδια για την επίτευξη του στόχου της συγκεκριμένης εργασίας, που είναι η δημιουργία ενός μοντέλου, που θα προβλέπει το κόστος καθαρισμού μίας ενδεχόμενης κηλίδας στον ελλαδικό θαλάσσιο χώρο. Σίγουρα, η μη ύπαρξη στοιχείων, για εκτεταμένου μεγέθους περιστατικά ρύπανσης, θα μπορούσε να επηρεάσει την αξιοπιστία του μοντέλου πρόβλεψης, γι αυτό άλλωστε η κατασκευή του και ο έλεγχός του απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή και τεχνική.



Σχήμα 7: Ποσοστό εμφάνισης περιστατικών ρύπανσης ανά κατηγορία μεγέθους κηλίδας.

Περιστατικά πετρελαιοκηλίδων ανά κατηγορία κόστους

Στο Σχήμα 8, που ακολουθεί, διαφαίνεται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των κηλίδων της βάσης μας είχαν κόστος αντιμετώπισης μικρότερο των 50.000 ευρώ. Το γεγονός αυτό κρίνεται λογικό, αφού όπως παρατηρήσαμε παραπάνω οι περισσότερες κηλίδες που απαρτίζουν τη βάση δεδομένων είναι σχετικά περιορισμένου μεγέθους (0-5 tonnes).



Σχήμα 8: Ποσοστό εμφάνισης περιστατικών ρύπανσης ανά κατηγορία κόστους.

5.2 Παράγοντες καθορισμού του κόστους καθαρισμού και αντιμετώπισης κηλίδων

5.2.1 Επίδραση του είδους της ρυπογόνου ουσίας στη διαμόρφωση του κόστους

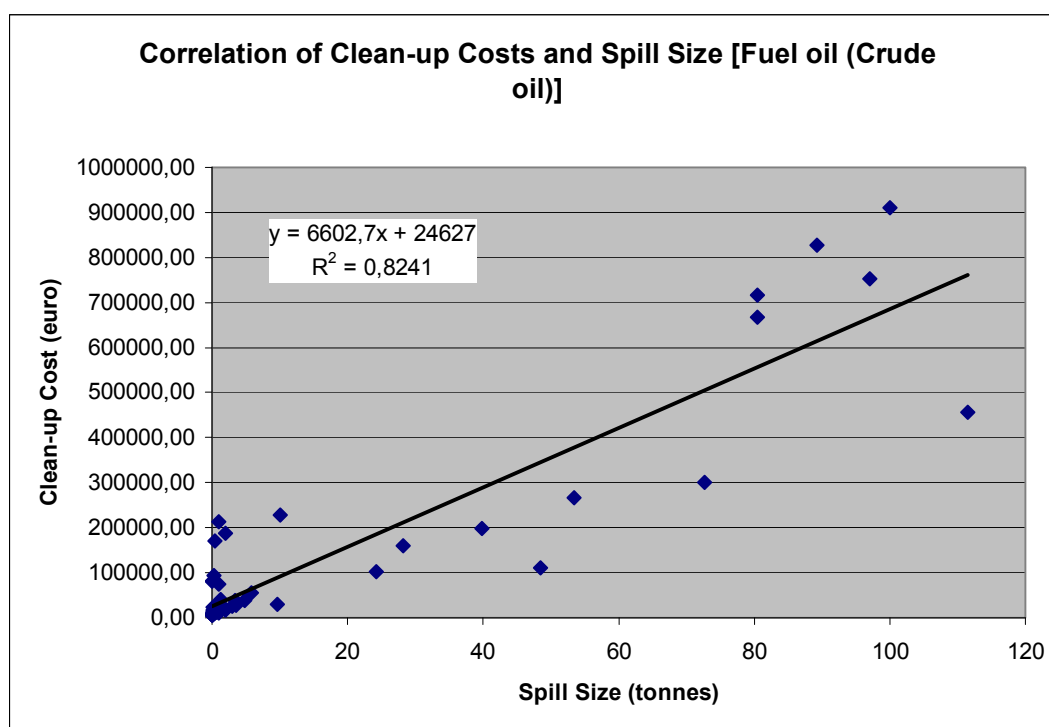
Το είδος της ρυπογόνου ουσίας που διαρρέει στη θάλασσα διαδραματίζει σπουδαίο ρόλο στον καθορισμό του κόστους αντιμετώπισης μίας κηλίδας. Γενικά ισχύει ότι όσο περισσότερο επίμονα είναι τα πετρελαιοειδή τόσο μεγαλύτερη εξάπλωση γνωρίζει η ρύπανση και συνεπακόλουθα τόσο δυσκολότερο γίνεται το έργο της απομάκρυνσης των πετρελαιοειδών.

Στη βάση δεδομένων που διαθέτουμε, υπάρχουν 4 κατηγορίες ρυπογόνων ουσιών. Οι κατηγορίες αυτές καθώς και το μέσο κόστος καθαρισμού κηλίδων με κριτήριο το είδος του πετρελαιοειδούς φαίνονται στον ακόλουθο Πίνακα.

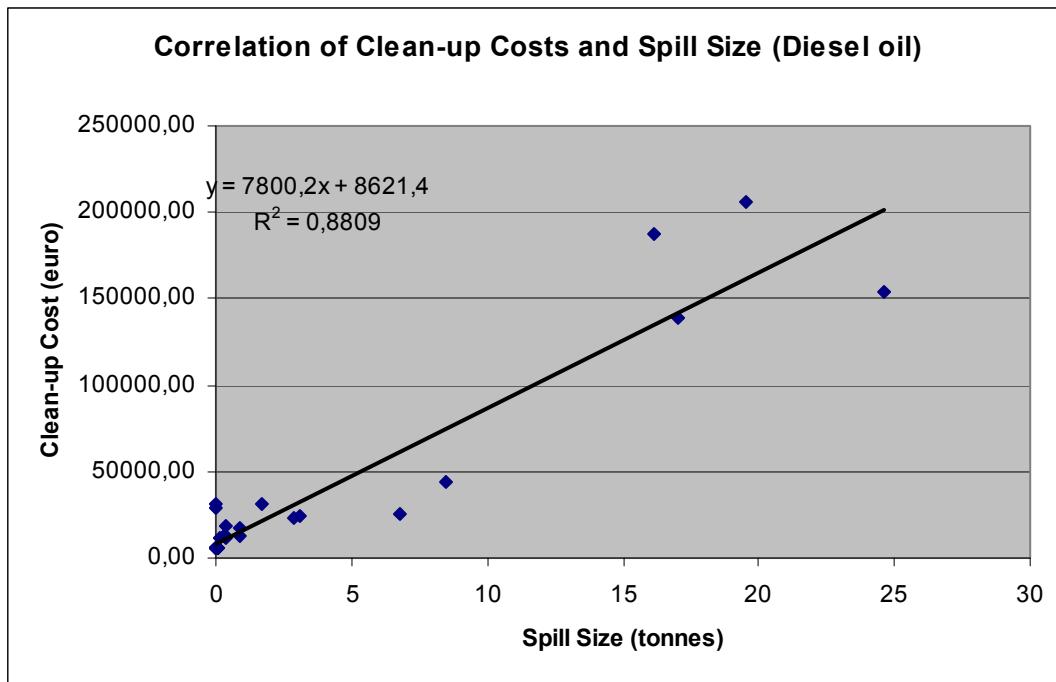
Πίνακας 2: Τιμές μέσου κόστους αντιμετώπισης κηλίδων ανά τόνο ρυπογόνου ουσίας για τα είδη των πετρελαιοειδών.

| Είδος ρυπογόνου ουσίας | Μέσο κόστος αντιμετώπισης κηλίδων ανά τόνο ρυπογόνου ουσίας (euro/ton) |
|------------------------|--|
| Fuel oil (Crude oil) | 31.229,70 |
| Diesel oil | 16.421,60 |
| Slops | 108.287,40 |
| Light fuel oil | 17.419,00 |

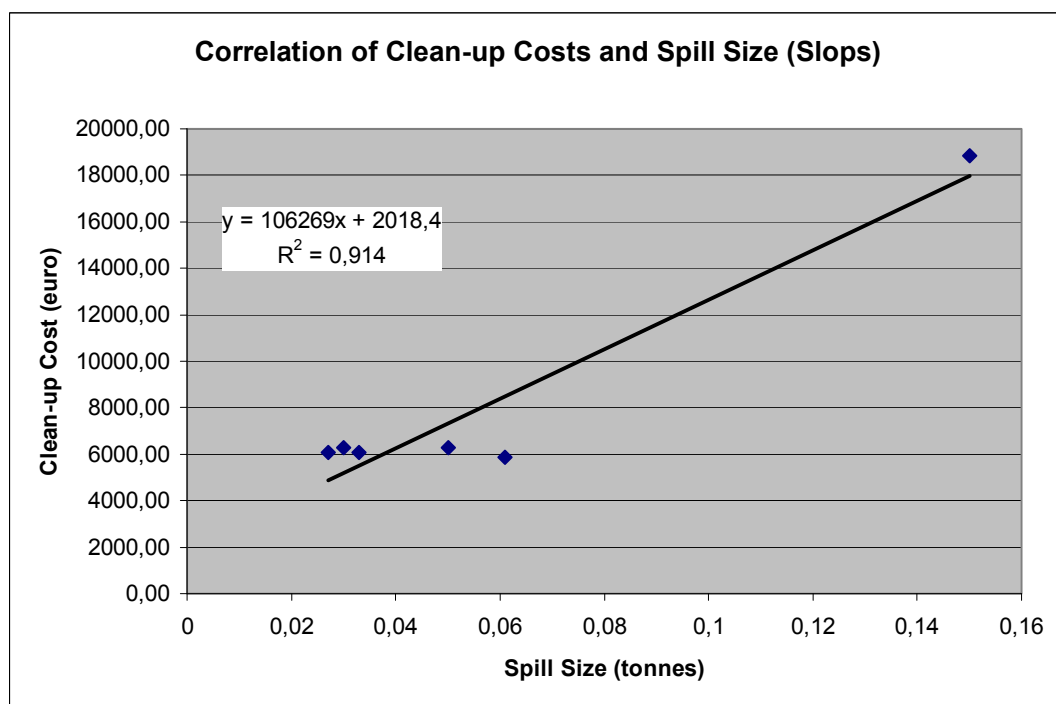
Τα παραπάνω ποσά προκύπτουν από τη συσχέτιση που υπάρχει μεταξύ μεγέθους κηλίδας και κόστους αντιμετώπισής της για το κάθε είδος ρυπογόνου ουσίας. Για το fuel oil (+crude oil) η συσχέτιση παρουσιάζεται στο Σχήμα 9. Αντίστοιχα και για τα άλλα είδη ακολουθούν τα επόμενα Σχήματα.



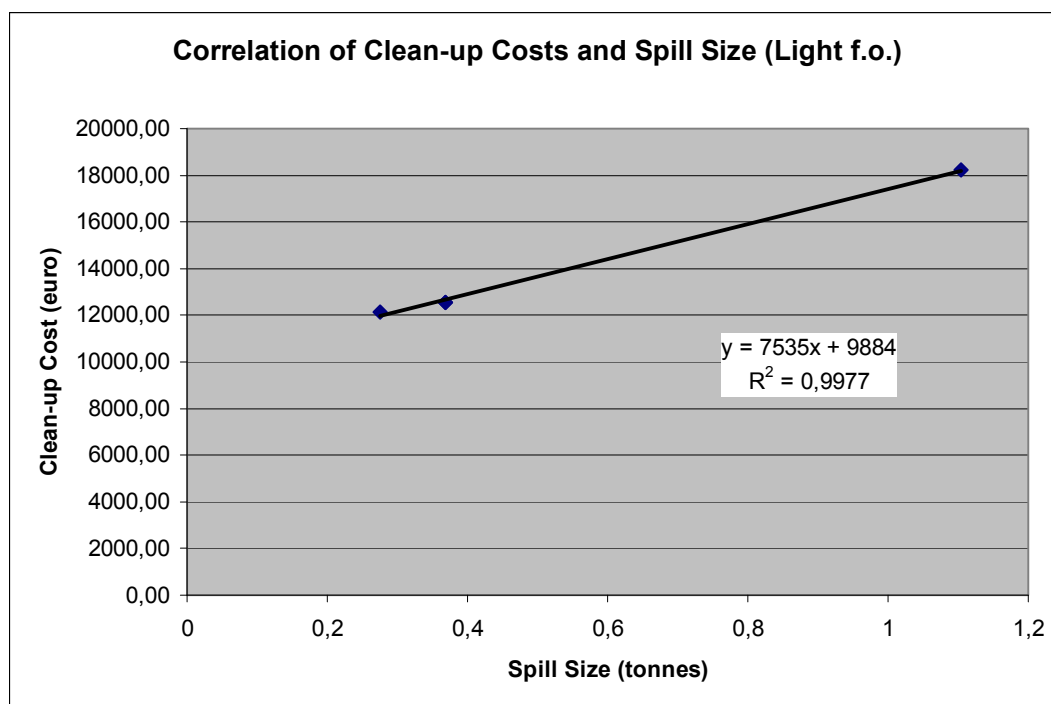
Σχήμα 9: Γραφική απεικόνιση της σχέσης μεταξύ κόστους αντιμετώπισης περιστατικών ρύπανσης και μεγέθους των εν λόγω περιστατικών, για τα περιστατικά, που προκαλούνται από Fuel Oil (+Crude Oil).



Σχήμα 10: Γραφική απεικόνιση της σχέσης μεταξύ κόστους αντιμετώπισης περιστατικών ρύπανσης και μεγέθους των εν λόγω περιστατικών, για τα περιστατικά, που προκαλούνται από Diesel Oil.



Σχήμα 11: Γραφική απεικόνιση της σχέσης μεταξύ κόστους αντιμετώπισης περιστατικών ρύπανσης και μεγέθους των εν λόγω περιστατικών, για τα περιστατικά, που προκαλούνται από Slops.



Σχήμα 12: Γραφική απεικόνιση της σχέσης μεταξύ κόστους αντιμετώπισης περιστατικών ρύπανσης και μεγέθους των εν λόγω περιστατικών, για τα περιστατικά, που προκαλούνται από Light Fuel Oil.

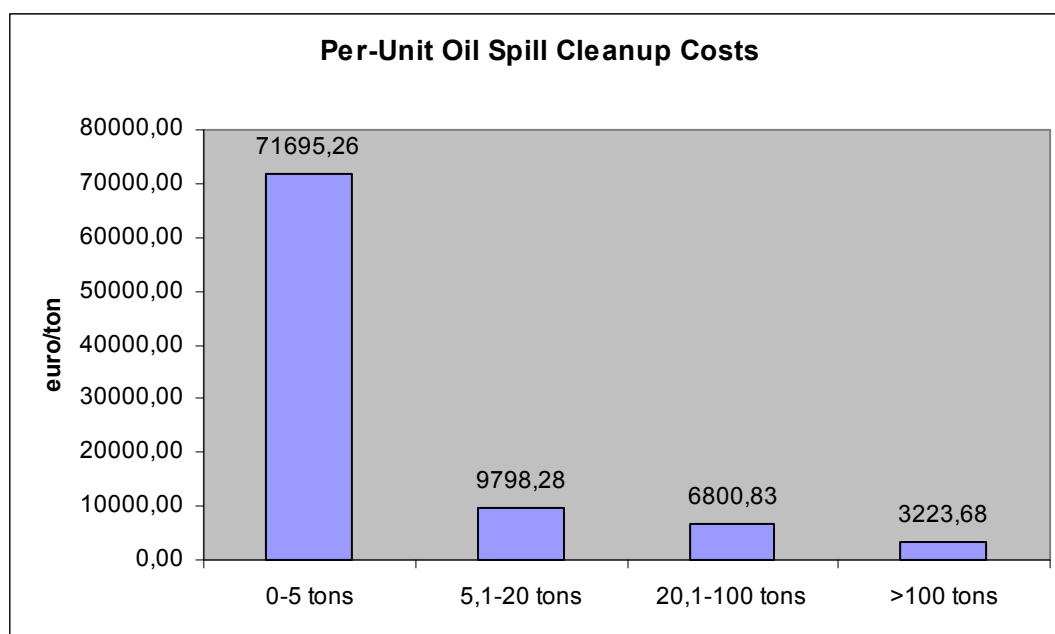
5.2.2 Επίδραση της ποσότητας της ρυπογόνου ουσίας στη διαμόρφωση του κόστους

Είναι λογικό ότι όσο μεγαλύτερη είναι μια κηλίδα, τόσο περισσότερο πετρέλαιο πρέπει να απομακρυνθεί και άρα τόσο ακριβότερη είναι και η όλη διαδικασία καθαρισμού. Ωστόσο το κόστος καθαρισμού, σε μία ανάλυση κόστους ανά μονάδα τόνου πετρελαίου που συλλέγεται, μειώνεται σημαντικά όσο αυξάνεται η ποσότητα των πετρελαιοειδών που πρέπει να συγκεντρωθούν από τη θάλασσα. Με άλλα λόγια, οι μικρότερες κηλίδες είναι πιο ακριβές να καθαριστούν από τις μεγαλύτερες, σε μία ανά μονάδα τόνου ανάλυση και όσο μεγαλύτερη είναι η κηλίδα τόσο μικρότερο το κόστος αντιμετώπισης και καθαρισμού. Το συμπέρασμα αυτό διατυπώνεται και από τις ανάλογες εργασίες που έχει πραγματοποιήσει η Etkin [1], μελετώντας το φαινόμενο του κόστους αντιμετώπισης κηλίδων σε παγκόσμια κλίμακα.

Στον παρακάτω Πίνακα, που προέκυψε κατόπιν επεξεργασίας της βάσης δεδομένων που διαθέτουμε, καθώς και στο Σχήμα που ακολουθεί, επαληθεύεται ακριβώς το παραπάνω συμπέρασμα.

Πίνακας 3: Τιμές μέσου κόστους αντιμετώπισης κηλίδων ανά τόνο ρυπογόνου ουσίας για τις κατηγορίες μεγέθους κηλίδας.

| Μέγεθος κηλίδας | Μέσο κόστος αντιμετώπισης κηλίδων ανά τόνο ρυπογόνου ουσίας (euro/ton) |
|-----------------|--|
| 0 – 5 ton | 71.695,26 |
| 5,1 – 20 ton | 9.798,28 |
| 20,1 – 100 ton | 6.800,83 |
| > 100 ton | 3.223,68 |



Σχήμα 13: Σχέση μεταξύ κατηγορίας μεγέθους κηλίδας και κόστους αντιμετώπισης ρύπανσης ανά μονάδα τόνου πετρελαιοειδούς, που συλλέγεται κατά την απορύπανση.

Μπορεί να παρατηρηθεί, επομένως, από τα στοιχεία της βάσης δεδομένων, ότι οι μικρές κηλίδες έχουν ένα υπέρογκο κόστος, σε μία ανάλυση ανά μονάδα ποσότητας ρυπογόνου ουσίας που συλλέγεται, σε σχέση με τις μεγαλύτερες κηλίδες. Όλα τα παραπάνω βρίσκουν την εξήγησή τους στα κόστη τα σχετικά με την επιλογή και κατάστροφη της στρατηγικής αντιμετώπισης, τη μεταφορά, εγκατάσταση και χρήση του εξοπλισμού αντιμετώπισης, καθώς και την εκτίμηση της όλης κατάστασης και του προβλήματος από ειδικούς. Συγκεκριμένα, μια μικρή κηλίδα απαιτεί το ίδιο ποσοστό επίβλεψης και προσωπικού με μία άλλη δέκα φορές μεγαλύτερη. Η κινητοποίηση του ανθρώπινου δυναμικού και του σχετικού εξοπλισμού αντιμετώπισης είναι δεδομένη, ακόμη και για μικρές κηλίδες, ενώ τα εργατικά πληρώματα και ο ενοικιασμένος εξοπλισμός κοστίζουν το ίδιο, είτε αυτά χρησιμοποιηθούν είτε όχι.

Στη συνέχεια (Πίνακας 4), παρατίθενται, ενδεικτικά, οι αντίστοιχες τιμές κόστους ανά μονάδα τόνου πετρελαιοειδούς, που συλλέγεται κατά την απορύπανση, για τις διάφορες τάξεις μεγέθους κηλίδων, που αποτελούν αποτέλεσμα της δουλειάς της Etkin [1]. Οι τιμές αυτές αφορούν περιστατικά ρύπανσης σε παγκόσμια κλίμακα, εξαιρουμένων αυτών που έχουν συμβεί στις Η.Π.Α.

Πίνακας 4: Τιμές μέσου κόστους αντιμετώπισης κηλίδων ανά τόνο ρυπογόνου ουσίας για τις κατηγορίες μεγέθους κηλίδας. Πηγή: Etkin [1].

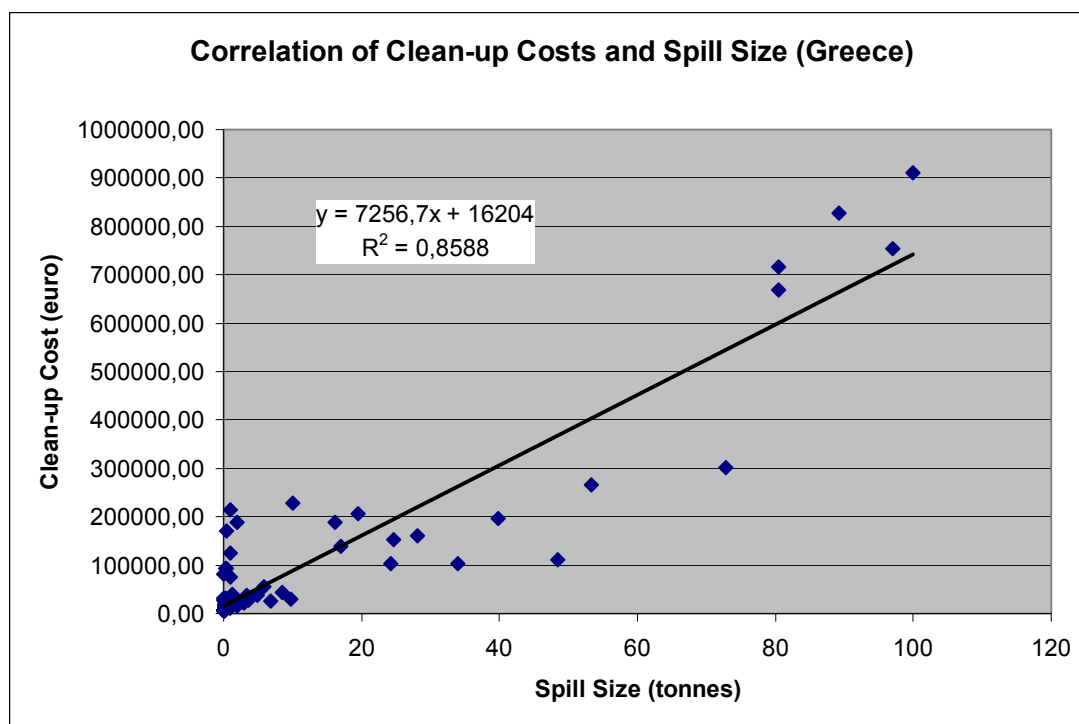
| Μέγεθος κηλίδας | Μέσο κόστος αντιμετώπισης κηλίδων ανά τόνο ρυπογόνου ουσίας (\$/ton) |
|--------------------|--|
| 0,34 – 3,4 ton | 77.896,33 |
| 3,4 – 17 ton | 31.035,34 |
| 17 – 34 ton | 10.687,65 |
| 34 - 340 ton | 9.757,86 |
| 340 – 1.700 ton | 6.390,95 |
| 1.700 – 3.400 ton | 3.686,74 |
| 3.400 – 34.000 ton | 2.367,69 |
| > 34.000 ton | 357,56 |

Συγκρίνοντας τις τιμές τις δικές μας (Πίνακας 3) με αυτές της Etkin (Πίνακας 4), παρατηρούμε ότι υπάρχει ταύτιση και ως προς τις τάσεις που σημειώνονται, αλλά και ως προς τις τάξεις μεγέθους του κόστους ανά μονάδα τόνου ρυπογόνου ουσίας, που συλλέγεται κατά την απορύπανση.

5.2.3 Επίδραση της γεωγραφικής τοποθεσίας του περιστατικού ρύπανσης στη διαμόρφωση του κόστους

Γενικά η αντιμετώπιση κηλίδων σε περισσότερο ανεπτυγμένα κράτη με υψηλά εργατικά κόστη, σύνθετους κανονισμούς αντιμετώπισης και υψηλά επίπεδα περιβαλλοντικής προστασίας κρίνεται και ως πιο δαπανηρή. Για παράδειγμα, η αντιμετώπιση κηλίδων στις Η.Π.Α. είναι πολύ πιο δαπανηρή από ότι σε άλλες χώρες και αυτό, όπως πιστεύεται, οφείλεται στην συνθήκη O.P.A. 90.

Από τα περιστατικά που διαθέτει η βάση δεδομένων επιχειρήσαμε να εξάγουμε μία τιμή μέσου κόστους ανά τόνο συλλεχθέντος πετρελαιοειδούς, που θα είναι αντιπροσωπευτική για τη χώρα μας. Η συγκεκριμένη τιμή προέκυψε από τη συσχέτιση μεταξύ μεγέθους κηλίδας και κόστους αντιμετώπισης αυτής, για όλα τα περιστατικά της βάσης δεδομένων (Σχήμα 14), και παρουσιάζεται στον Πίνακα 5.



Σχήμα 14: Γραφική απεικόνιση της σχέσης μεταξύ κόστους αντιμετώπισης περιστατικών ρύπανσης και μεγέθους των εν λόγω περιστατικών, για περιστατικά που συνέβησαν στον ελλαδικό θαλάσσιο χώρο το διάστημα 2000 – 2007.

Πίνακας 5: Τιμή μέσου κόστους αντιμετώπισης κηλίδων ανά τόνο ρυπογόνου ουσίας για την Ελλάδα.

| Γεωγραφική τοποθεσία | Μέσο κόστος αντιμετώπισης κηλίδων ανά τόνο ρυπογόνου ουσίας (euro/ton) |
|----------------------|--|
| Greece | 23.460,70 |

Η τιμή που έχει υπολογιστεί από την Etkin [1], για την Ελλάδα, παρουσιάζεται στον Πίνακα 6.

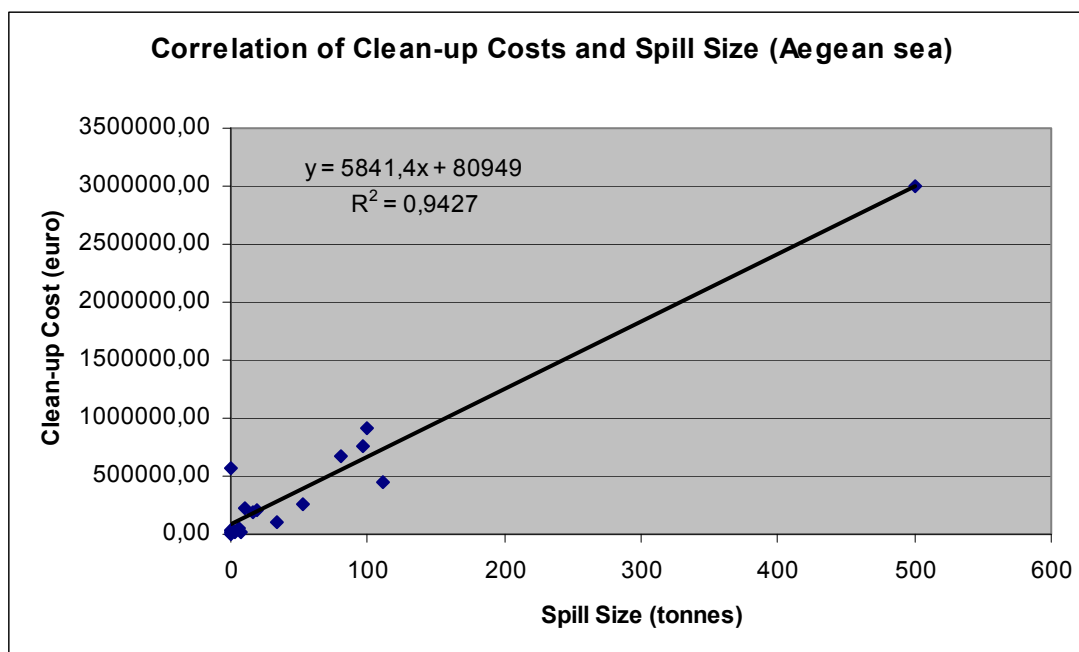
Πίνακας 6: Τιμή μέσου κόστους αντιμετώπισης κηλίδων ανά τόνο ρυπογόνου ουσίας για την Ελλάδα. Πηγή: Etkin [1].

| Γεωγραφική τοποθεσία | Μέσο κόστος αντιμετώπισης κηλίδων ανά τόνο ρυπογόνου ουσίας (\$/ton) |
|----------------------|--|
| Greece | 8.530,29 |

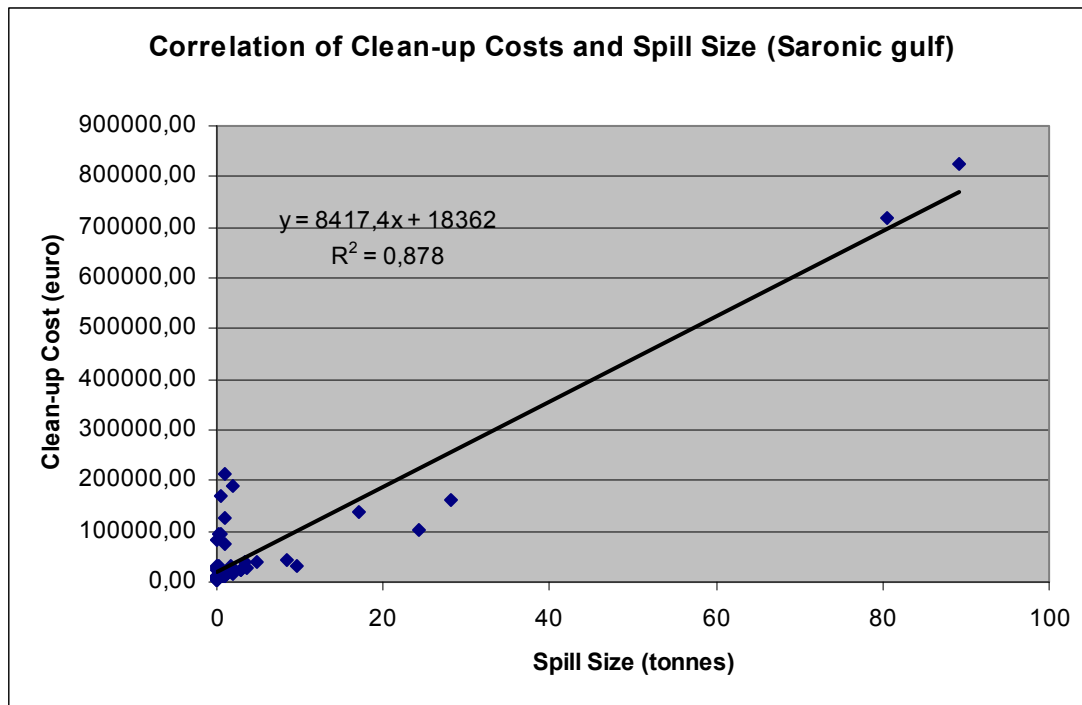
Η αλήθεια είναι, ότι υπάρχει σημαντική απόκλιση μεταξύ της τιμής που υπολογίσαμε εμείς και της τιμής που μας δίνει η Etkin. Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι η τιμή της Etkin αναφέρεται σε περιστατικά κηλίδων που συνέβησαν στη χώρα μας πριν το 1999. Είναι επίσης σίγουρο, ότι η συγκεκριμένη τιμή προέκυψε από σημαντικά περιστατικά (από κηλίδες μεγάλου μεγέθους), που έλαβαν χώρα στις

ελληνικές θάλασσες. Δηλαδή, η Etkin δεν έλαβε υπόψη της πολύ μικρά περιστατικά ρύπανσης, αλλά μόνο τα σημαντικότερα και τα πιο γνωστά και δημοφιλή. Αντιθέτως, η τιμή, που εξάχθηκε από τη βάση δεδομένων μας, αναφέρεται σε περιστατικά που σημειώθηκαν το διάστημα 2000 – 2007. Η συντριπτική πλειοψηφία των στοιχείων μας αφορά σχετικά μικρές κηλίδες (< 5ton), και είναι λογικό, όπως έχει εξηγηθεί παραπάνω, η συνεισφορά τόσων μικρών κηλίδων να αυξάνει το κόστος αντιμετώπισης ανά μονάδα τόνου πετρελαιοειδούς που συλλέγεται. Δηλαδή, η τιμή η δική μας βασίστηκε όχι μόνο σε σημαντικά και μεγάλα περιστατικά κηλίδων, αλλά κυρίως σε πολλές περιπτώσεις μικρών κηλίδων (λειτουργικών κηλίδων), γι αυτό και είναι αρκετά πιο αυξημένη από εκείνη της Etkin για την Ελλάδα. Επίσης, η δική μας τιμή, για τον ίδιο λόγο, μπορεί να κριθεί και ως πιο ρεαλιστική.

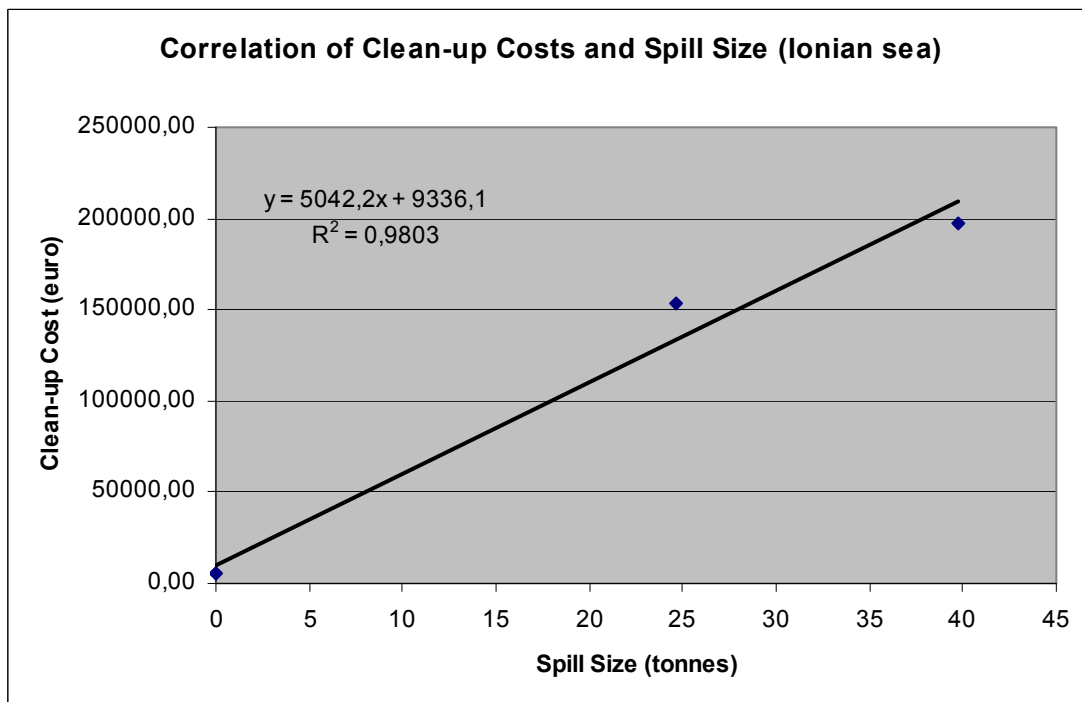
Κατόπιν έγινε προσπάθεια να γίνει διαχωρισμός της Ελλάδας σε γεωγραφικούς τομείς, ώστε να προκύψουν τιμές μέσου κόστους ανά τόνο πετρελαιοειδούς που συλλέγεται κατά την απορύπανση, που θα είναι χαρακτηριστικές του κάθε τομέα, και θα περιγράφουν τα περιστατικά, που συμβαίνουν σε αυτόν, με μεγαλύτερη προσέγγιση. Η συγκεκριμένη προσπάθεια έγινε για λόγους κατασκευής του μοντέλου. Τα αποτελέσματα προέκυψαν και πάλι από τη συσχέτιση μεγέθους κηλίδας και κόστους καθαρισμού (Σχήματα 15, 16, 17) για τις 3 διαφορετικές γεωγραφικές ζώνες που επιλέξαμε και παρουσιάζονται στον Πίνακα 7.



Σχήμα 15: Γραφική απεικόνιση της σχέσης μεταξύ κόστους αντιμετώπισης περιστατικών ρύπανσης και μεγέθους των εν λόγω περιστατικών, για τα περιστατικά που προκλήθηκαν στο Αιγαίο.



Σχήμα 16: Γραφική απεικόνιση της σχέσης μεταξύ κόστους αντιμετώπισης περιστατικών ρύπανσης και μεγέθους των εν λόγω περιστατικών, για τα περιστατικά που προκλήθηκαν στο Σαρωνικό κόλπο.



Σχήμα 17: Γραφική απεικόνιση της σχέσης μεταξύ κόστους αντιμετώπισης περιστατικών ρύπανσης και μεγέθους των εν λόγω περιστατικών, για τα περιστατικά που προκλήθηκαν στο Ιόνιο.

Πίνακας 7: Τιμές μέσου κόστους αντιμετώπισης κηλίδων ανά τόνο ρυπογόνου ουσίας για τις γεωγραφικές ζώνες της Ελλάδας.

| Γεωγραφικός τομέας | Μέσο κόστος αντιμετώπισης κηλίδων ανά τόνο ρυπογόνου ουσίας (euro/ton) |
|---------------------------|---|
| Αιγαίο | 86.790,40 |
| Σαρωνικός κόλπος | 26.779,40 |
| Ιόνιο | 14.378,30 |

Παρατηρείται ότι η τιμή που αφορά τον Σαρωνικό κόλπο είναι πολύ κοντά σε αυτή που χαρακτηρίζει την Ελλάδα (Πίνακας 5). Αυτό είναι λογικό, αφού όπως έχει προαναφερθεί, μεγάλο τμήμα των περιπτώσεων, που διαθέτει η βάση δεδομένων, που διαθέτουμε για την Ελλάδα, έχουν σημειωθεί στην περιοχή του Σαρωνικού κόλπου (80 από τα 104 περιστατικά). Άρα δικαιολογημένα οι τιμές για Σαρωνικό και Ελλάδα είναι σχεδόν οι ίδιες.

Από την άλλη πλευρά παρατηρούμε ότι το κόστος καθαρισμού σε περιοχές του Αιγαίου είναι ιδιαίτερα υψηλό. Ένας λόγος για το γεγονός αυτό είναι ότι το Αιγαίο θεωρείται τουριστική περιοχή και σε αντίθεση με τον Σαρωνικό κόλπο, δεν είναι, εξίσου, επιβαρυνμένη με πετρελαιοειδή. Σε τέτοιες περιοχές ακόμη και μία περιορισμένου μεγέθους κηλίδα θα απαιτήσει μια οργανωμένη και εκτεταμένη επιχείρηση αντιμετώπισης, πράγμα που συνεπάγεται και μεγαλύτερο κόστος καθαρισμού.

Τουριστική περιοχή θεωρείται και το Ιόνιο. Ωστόσο, το μέσο κόστος αντιμετώπισης κηλίδων στη συγκεκριμένη περιοχή είναι αρκετά μικρότερο από το αντίστοιχο του Αιγαίου. Το γεγονός αυτό οφείλεται στον περιορισμένο αριθμό περιστατικών ρύπανσης που διαθέτει η υπό μελέτη βάση δεδομένων.

5.2.4 Επίδραση του είδους της τοποθεσίας του περιστατικού ρύπανσης στη διαμόρφωση του κόστους

Είναι προφανές ότι κηλίδες που λαμβάνουν χώρα σε τοποθεσίες κοντά σε λιμάνια και ακτές είναι σημαντικά περισσότερο ακριβές, όσον αφορά τον καθαρισμό τους, σε σχέση με αυτές που συμβαίνουν σε ανοιχτές θάλασσες. Αυτό οφείλεται στις οικονομικές συνέπειες που επιφέρουν οι κηλίδες στις ακτές και στο γεγονός ότι οι απαιτήσεις καθαρισμού των ακτών είναι πολύ υψηλές. Επιπλέον μία κηλίδα που προκαλείται σε ανοιχτή θάλασσα προσφέρει, θεωρητικά, την επιλογή του να μην γίνει τίποτα ή να γίνουν πολύ λίγα, ως προς την αντιμετώπισή της, εξαιτίας του γεγονότος

ότι μπορεί να διαλυθεί από μόνη της χάρη στα θαλάσσια ρεύματα και τις επικρατούσες καιρικές συνθήκες. Αντιθέτως, κηλίδες, που προσεγγίζουν ακτές, οδηγούν σε άμεση και υποχρεωτική κινητοποίηση του μηχανισμού καταπολέμησης, ώστε να αποφευχθούν περαιτέρω καταστροφικές συνέπειες, που τις περισσότερες φορές αφορούν το περιβάλλον.

Τα περιστατικά της βάσης δεδομένων, ανάλογα με τη χρησιμότητα και το χαρακτηρισμό της περιοχής στην οποία σημειώθηκαν, κατατάχθηκαν σε τρεις κατηγορίες. Η κατηγορία Port περιέχει όσες περιπτώσεις σημειώθηκαν σε λιμάνι ή μαρίνα. Η κατηγορία Nearshore περιέχει όσες περιπτώσεις σημειώθηκαν σε αγκυροβόλιο, επισκευαστική περιοχή, βιομηχανική περιοχή και τουριστική περιοχή και τέλος η κατηγορία Offshore περιέχει όσα περιστατικά σημειώθηκαν σε ανοικτή θάλασσα (εν πλώ) και σε περιοχές αλιείας. Η μέση τιμή κόστους ανά ποσότητα ρυπογόνου ουσίας για τις ανωτέρω κατηγορίες φαίνεται στον Πίνακα 8.

Πίνακας 8: Τιμές μέσου κόστους αντιμετώπισης κηλίδων ανά τόνο ρυπογόνου ουσίας για τα είδη τοποθεσίας.

| Είδος τοποθεσίας | Μέσο κόστος αντιμετώπισης κηλίδων ανά τόνο ρυπογόνου ουσίας (euro/ton) |
|-------------------------|---|
| Port | 15.417,16 |
| Nearshore | 5.364,04 |
| Offshore | 5.028,39 |

Στον Πίνακα 9 παρουσιάζονται τα αντίστοιχα αποτελέσματα της εργασίας της Etkin [1], για περιστατικά κηλίδων σε παγκόσμια κλίμακα, εξαιρουμένων όσων συνέβησαν στις Η.Π.Α.

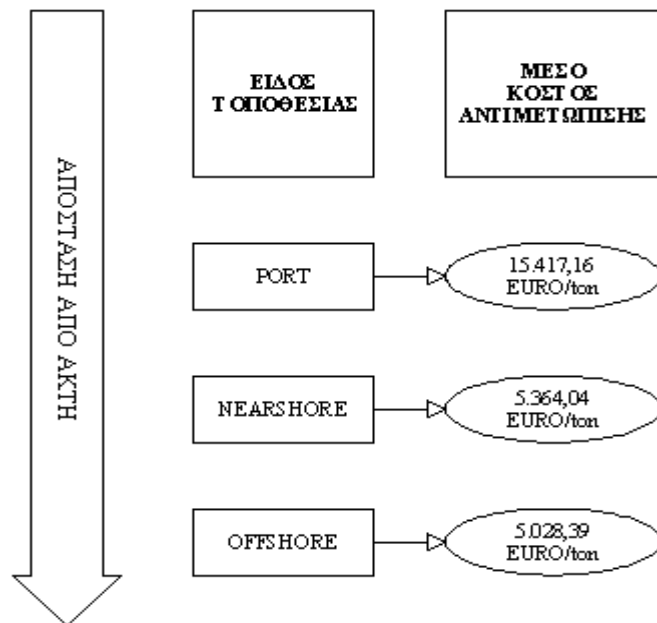
Πίνακας 9: Τιμές μέσου κόστους αντιμετώπισης κηλίδων ανά τόνο ρυπογόνου ουσίας για τα είδη τοποθεσίας. Πηγή: Etkin [1].

| Είδος τοποθεσίας | Μέσο κόστος αντιμετώπισης κηλίδων ανά τόνο ρυπογόνου ουσίας (\$/ton) |
|-------------------------|---|
| Port | 12.983,04 |
| Nearshore | 17.931,06 |
| Offshore | 8.570,10 |

Συγκρίνοντας τις τιμές τις δικές μας (Πίνακας 8) με αυτές της Etkin (Πίνακας 9), παρατηρούμε ταύτιση και ως προς τις τάσεις που επικρατούν σε σχέση με την

επίδραση του είδους της περιοχής στο ανά μονάδα τόνου κόστος απορύπανσης, αλλά και ως προς τις τάξεις μεγέθους των τιμών του ανά μονάδα τόνου κόστους.

Το Σχήμα 18 εκφράζει παραστατικά την τάση μείωσης του μέσου κόστους αντιρύπανσης ανά μονάδα τόνου ρυπογόνου ουσίας, όσο η απόσταση της κηλίδας από την ακτή αυξάνεται.



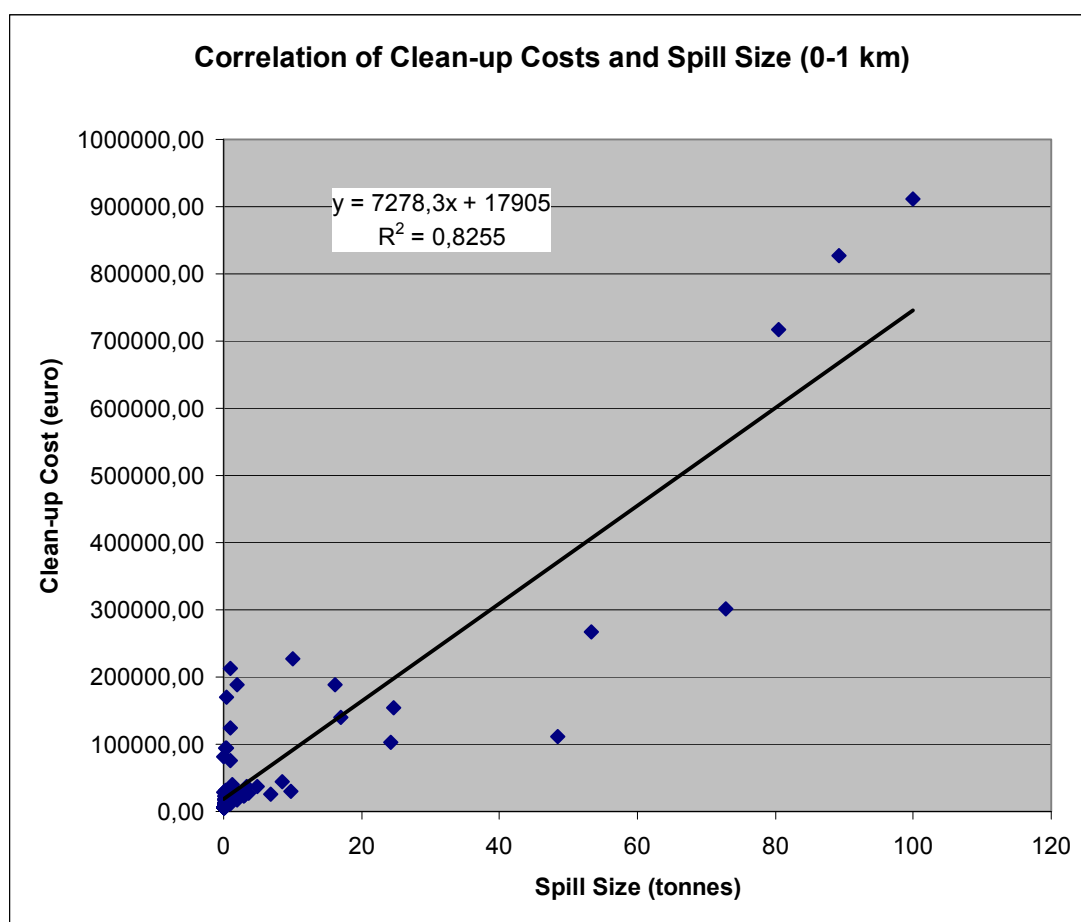
Σχήμα 18: Παραστατική απεικόνιση της επίδρασης του είδους της περιοχής, όπου σημειώνεται το περιστατικό ρύπανσης, στο κόστος απορύπανσης ανά μονάδα τόνου πετρελαιοειδούς που συλλέγεται κατά την απορύπανση.

5.2.5 Επίδραση του μήκους της προσβληθείσας ακτής του περιστατικού ρύπανσης στη διαμόρφωση του κόστους

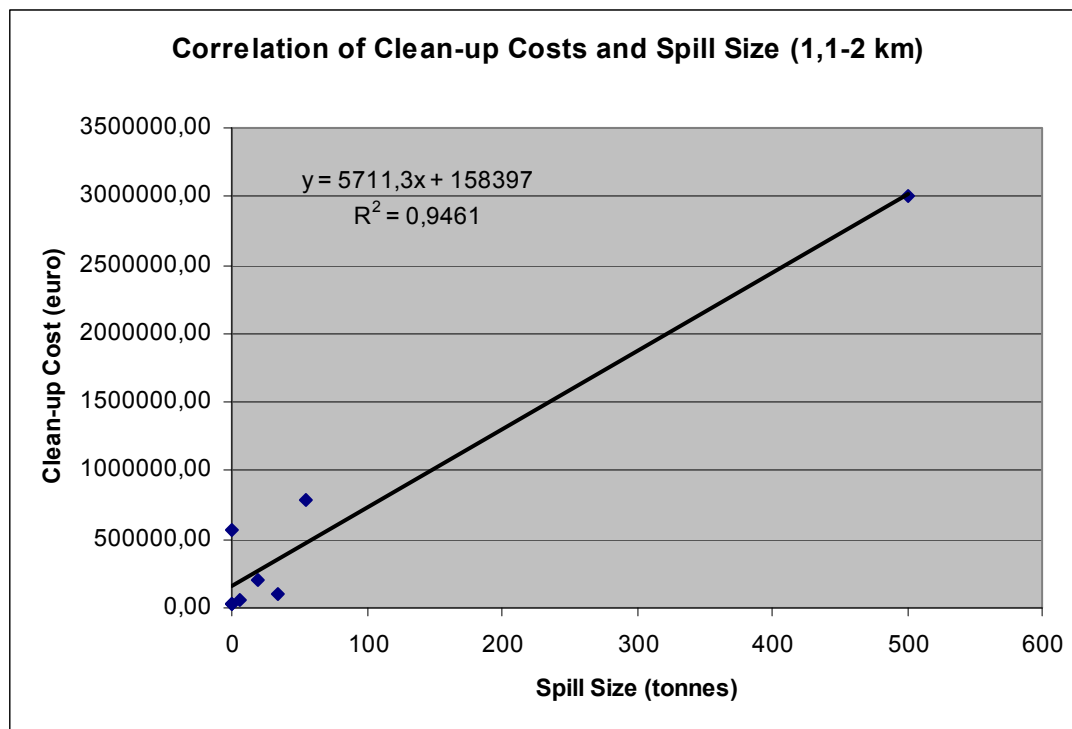
Όταν μια κηλίδα συμβαίνει κοντά σε ευαίσθητες ακτές, το πλέον δαπανηρό και ακριβό σημείο, σε μία επιχείρηση καθαρισμού, είναι να χρησιμοποιηθούν ο απαραίτητος εξοπλισμός, το απαραίτητο ανθρώπινο δυναμικό και όση ενέργεια απαιτείται, ώστε να κρατηθεί η κηλίδα μακριά από τις ευαίσθητες ακτές. Έχει διαπιστωθεί ότι σε περιπτώσεις κηλίδων, η επίδραση των οποίων έχει φθάσει ως την ακτογραμμή, ένα ποσοστό της τάξης του 90-99% του συνολικού κόστους καθαρισμού οφείλεται μόνο στις διαδικασίες καθαρισμού της ακτογραμμής, ιδιαίτερα, μάλιστα, όταν αυτές είναι χειρονακτικές. Επομένως το ακριβότερο κομμάτι, σε περιπτώσεις κηλίδων που ρυπαίνουν ακτές, το κατέχει ο καθαρισμός των ακτών και όχι ο καθαρισμός της θαλάσσιας περιοχής.

Τα περιστατικά ρυπάνσεων τα οποία περιέχονται στη βάση μας διακρίνονται, ανάλογα με την έκταση της ακτής που ρύπαναν, σε τρεις κατηγορίες. Αξίζει να σημειωθεί ότι το μέσο κόστος αντιμετώπισης κηλίδας ανά τόνο πετρελαιοειδούς, που συλλέγεται κατά την απορύπανση, για την κάθε κατηγορία, που υπολογίστηκε, αναφέρεται στο ολικό μέσο κόστος καθαρισμού όλης της κηλίδας ανά τόνο πετρελαιοειδούς, που συλλέγεται κατά την απορύπανση και όχι μόνο στο αντίστοιχο μέσο κόστος καθαρισμού των ακτών.

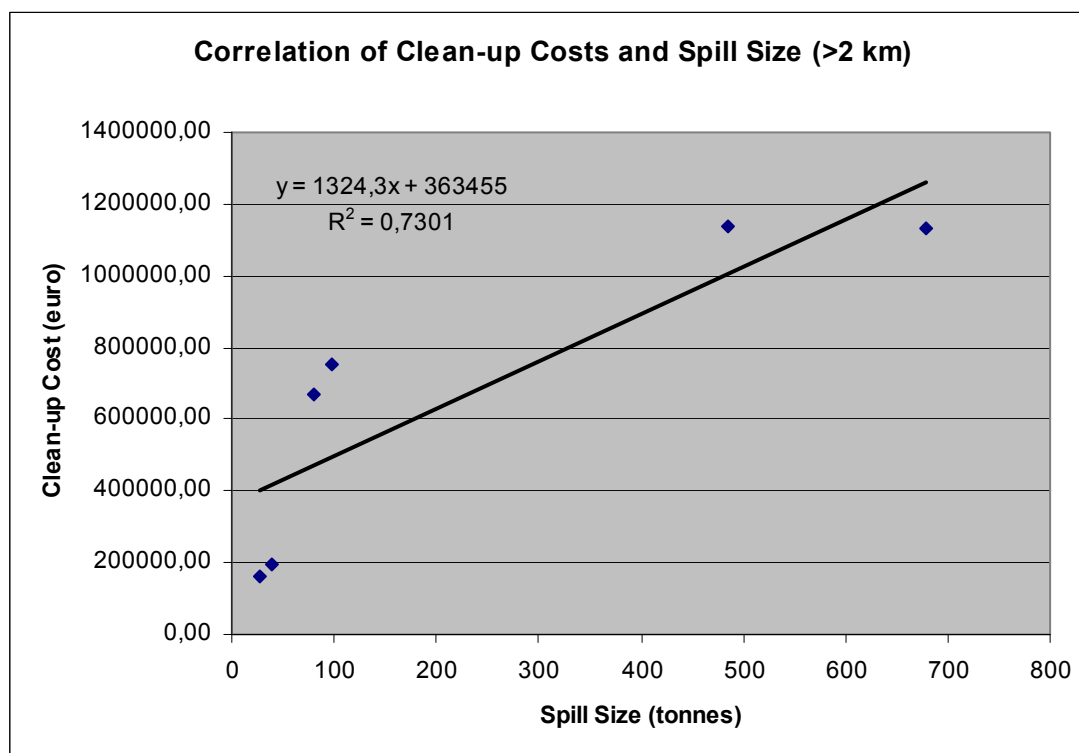
Οι τιμές κόστους προέκυψαν και πάλι από τη συσχέτιση μεγέθους κηλίδας και κόστους αντιμετώπισης κηλίδας (Σχήματα 19, 20, 21) για τις 3 διαφορετικές κατηγορίες που επιλέξαμε και παρουσιάζονται στον Πίνακα 10.



Σχήμα 19: Γραφική απεικόνιση της σχέσης μεταξύ κόστους αντιμετώπισης περιστατικών ρύπανσης και μεγέθους των εν λόγω περιστατικών, για τα περιστατικά που προσέβαλαν μήκος ακτογραμμής 0 – 1km .



Σχήμα 20: Γραφική απεικόνιση της σχέσης μεταξύ κόστους αντιμετώπισης περιστατικών ρύπανσης και μεγέθους των εν λόγω περιστατικών, για τα περιστατικά που προσέβαλαν μήκος ακτογραμμής 1,1 – 2km .

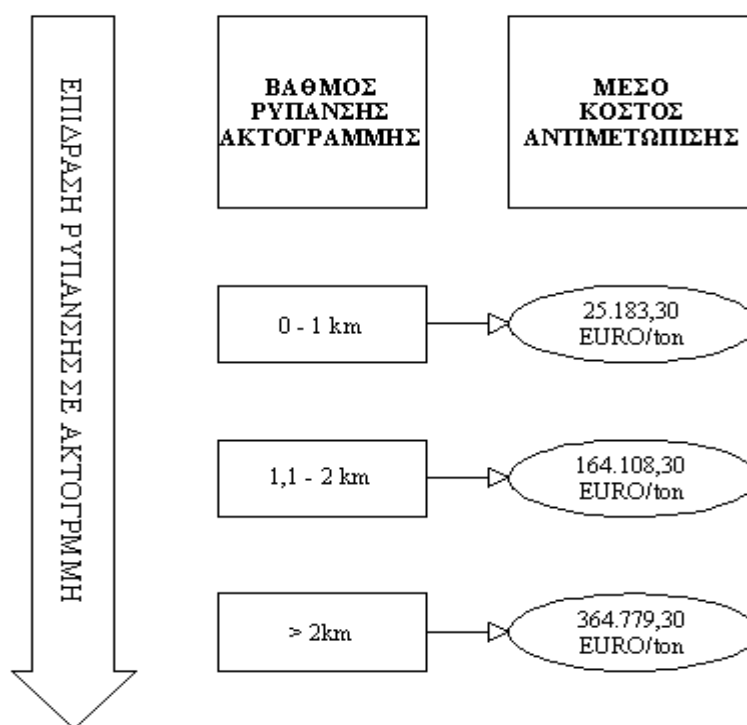


Σχήμα 21: Γραφική απεικόνιση της σχέσης μεταξύ κόστους αντιμετώπισης περιστατικών ρύπανσης και μεγέθους των εν λόγω περιστατικών, για τα περιστατικά που προσέβαλαν μήκος ακτογραμμής > 2 km .

Πίνακας 10: Τιμές μέσου κόστους αντιμετώπισης κηλίδων ανά τόνο ρυπογόνου ουσίας για τις κατηγορίες έκτασης μήκους προσβληθείσας ακτής.

| Μήκος προσβληθείσας ακτογραμμής | Μέσο κόστος αντιμετώπισης κηλίδων ανά τόνο ρυπογόνου ουσίας (euro/ton) |
|--|---|
| 0 – 1 km | 25.183,30 |
| 1,1 – 2 km | 164.108,30 |
| > 2 km | 364.779,30 |

Από τον Πίνακα 10 γίνεται αντιληπτό ότι όσο αυξάνεται το μήκος της ακτής που ρυπαίνεται από μία κηλίδα, τόσο ακριβότερη καθίσταται η αντιμετώπιση της και μάλιστα σε πολύ έντονο βαθμό. Το συγκεκριμένο συμπέρασμα κρίνεται λογικό, αφού όπως προαναφέρθηκε οι διαδικασίες καθαρισμού ακτών έχουν υπέρογκα κόστη λόγω των χειρονακτικών μεθόδων καθαρισμού που απαιτούν, του μεγάλου αριθμού ανθρώπινου δυναμικού που χρησιμοποιείται και της κοινωνικής ευαισθησίας για την προστασία των ακτών, η οποία απαιτεί υψηλά επίπεδα αντιμετώπισης του φαινομένου της ρύπανσης. Έτσι μια μικρή αύξηση, στο μήκος της ακτής που προσβάλλεται, εκτινάσσει κατακόρυφα το ολικό κόστος καθαρισμού. Μία διαφορετική απεικόνιση των παραπάνω μας προσφέρει το Σχήμα 22.



Σχήμα 22: Παραστατική απεικόνιση της επίδρασης του μήκους της ακτογραμμής, που προσβάλλεται από το περιστατικό ρύπανσης, στο κόστος απορύπανσης ανά μονάδα τόνου πετρελαιοειδούς που συλλέγεται κατά την απορύπανση.

Στον Πίνακα 11 παρουσιάζονται τα αντίστοιχα αποτελέσματα της εργασίας της Etkin [1] για περιστατικά κηλίδων σε παγκόσμια κλίμακα, εξαιρουμένων όσων συνέβησαν στις Η.Π.Α.

Πίνακας 11: Τιμές μέσου κόστους αντιμετώπισης κηλίδων ανά τόνο ρυπογόνου ουσίας για τις κατηγορίες έκτασης μήκους προσβληθείσας ακτής. Πηγή: Etkin [1].

| Μήκος προσβληθείσας ακτογραμμής | Μέσο κόστος αντιμετώπισης κηλίδων ανά τόνο ρυπογόνου ουσίας (\$/ton) |
|--|---|
| 0 – 1 km | 5.530,66 |
| 2 – 5 km | 6.150,37 |
| 8 - 15 km | 6.304,60 |
| 20 – 90 km | 6.863,19 |
| 100 km | 9.061,36 |
| 500 km | 10.404,21 |

Συγκρίνοντας τις τιμές τις δικές μας (Πίνακας 10) με αυτές της Etkin (Πίνακας 11), παρατηρούμε ταύτιση ως προς τις τάσεις που επικρατούν σε σχέση με την επίδραση του μήκους της ακτογραμμής, που προσβάλλεται από το περιστατικό ρύπανσης, στο ανά μονάδα τόνου κόστος απορύπανσης. Η μεγάλη διαφορά που παρατηρείται στις τάξεις μεγέθους του ανά μονάδα τόνου κόστους οφείλεται κατά πάσα πιθανότητα στην διαφορετικότητα των δύο βάσεων δεδομένων. Η δική μας αποτελείται από πρόσφατα γεγονότα ρύπανσης που σημειώθηκαν μόνο στην Ελλάδα, μπορεί να θεωρηθεί περιορισμένη σε αριθμό περιστατικών, ενώ λαμβάνει υπόψη της και σχετικά μικρές κηλίδες (λειτουργικές κηλίδες). Αντίθετα, η βάση δεδομένων της Etkin απαρτίζεται από περίπου 300 περιστατικά από όλο τον κόσμο, αφορά περιπτώσεις που έλαβαν χώρα πριν το 1999, και τέλος επικεντρώνεται μόνο στα πιο γνωστά, διάσημα και μεγάλα συμβάντα ρύπανσης.

5.2.6 Επίδραση της μεθόδου αντιμετώπισης του περιστατικού ρύπανσης στη διαμόρφωση του κόστους

Σε πολλές περιπτώσεις οι κηλίδες διαλύονται με φυσικό τρόπο και έτσι δεν προλαβαίνουν να απειλήσουν τις ακτές. Σε άλλες περιπτώσεις, λίγα μπορούν να γίνουν εξαιτίας των κακών καιρικών συνθηκών και άλλων καταστάσεων.

Η χρήση χημικών μέσων για την αντιμετώπιση των κηλίδων, έχει αποδειχθεί ότι, μειώνει σημαντικά το συνολικό κόστος αντιμετώπισης και καθαρισμού. Η

μείωση αυτή οφείλεται στο μειωμένο εργατικό κόστος και στο ακόμη πιο μειωμένο κόστος εξοπλισμού, που απαιτεί η εφαρμογή χημικών, σε σύγκριση με μηχανικές μεθόδους καθαρισμού. Σε ότι αφορά τις χειρονακτικές μεθόδους, εκεί τα εργατικά κόστη είναι υπέρογκα, εξαιτίας του μεγάλου αριθμού ανθρώπινου δυναμικού που απαιτείται. Το χαμηλό κόστος καθαρισμού, που επιτυγχάνουν τα χημικά μέσα, οφείλεται επίσης στη δραματική μείωση της επίδρασης των κηλίδων στην ακτογραμμή, γεγονός που μειώνει με τη σειρά του την ανάγκη για ακριβές χειρονακτικές μεθόδους καθαρισμού.

Η καύση των πετρελαιοειδών αποτελεί μία άλλη ελκυστική επιλογή, σχετικά πάντα με το κόστος, αν και η συγκεκριμένη μέθοδος δεν βρίσκει εφαρμογή συχνά, λόγω της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που προκαλεί.

Αξίζει να σημειωθεί ότι όλα τα περιστατικά, τα οποία κλήθηκε να αντιμετωπίσει η ιδιωτική εταιρεία απορύπανσης, και τα οποία αποτελούν τη βάση δεδομένων μας, αντιμετωπίστηκαν με χρήση μόνο μηχανικών μέσων καταπολέμησης της ρύπανσης. Αυτό οφείλεται κυρίως στην ελληνική νομοθεσία η οποία επιτρέπει τη χρήση χημικών μέσων μόνο σαν τελευταία λύση ανάγκης. Οπότε δεν έχει γίνει κανένας διαχωρισμός των περιστατικών, ανάλογα με τη μεθοδολογία αντιμετώπισης, αφού η μεθοδολογία ήταν πάντα η ίδια. Έτσι θεωρούμε το μέσο κόστος αντιμετώπισης κηλίδας με μηχανικά μέσα ίδιο με το μέσο κόστος που έχουμε ορίσει για την Ελλάδα και το οποίο φαίνεται στον ακόλουθο Πίνακα.

Πίνακας 12: Τιμή μέσου κόστους αντιμετώπισης κηλίδων ανά τόνο ρυπογόνου ουσίας για μηχανική καταπολέμηση της ρύπανσης.

| Μέθοδος αντιμετώπισης ρύπανσης | Μέσο κόστος αντιμετώπισης κηλίδων ανά τόνο ρυπογόνου ουσίας (euro/ton) |
|---------------------------------------|---|
| Mechanical | 23.460,70 |

Στον Πίνακα 13 παρουσιάζεται η αντίστοιχη τιμή της εργασίας της Etkin [1] για περιστατικά κηλίδων σε παγκόσμια κλίμακα εξαιρουμένων όσων συνέβησαν στις Η.Π.Α.

Πίνακας 13: Τιμή μέσου κόστους αντιμετώπισης κηλίδων ανά τόνο ρυπογόνου ουσίας για μηχανική καταπολέμηση της ρύπανσης. Πηγή: Etkin [1].

| Μέθοδος αντιμετώπισης ρύπανσης | Μέσο κόστος αντιμετώπισης κηλίδων ανά τόνο ρυπογόνου ουσίας (\$/ton) |
|---------------------------------------|---|
| Mechanical | 9.611,97 |

Η διαφορά που παρατηρείται στην τιμή τη δική μας (Πίνακας 12) και την τιμή της Etkin (Πίνακας 13) οφείλεται κατά πάσα πιθανότητα στην διαφορετικότητα των δύο βάσεων δεδομένων.

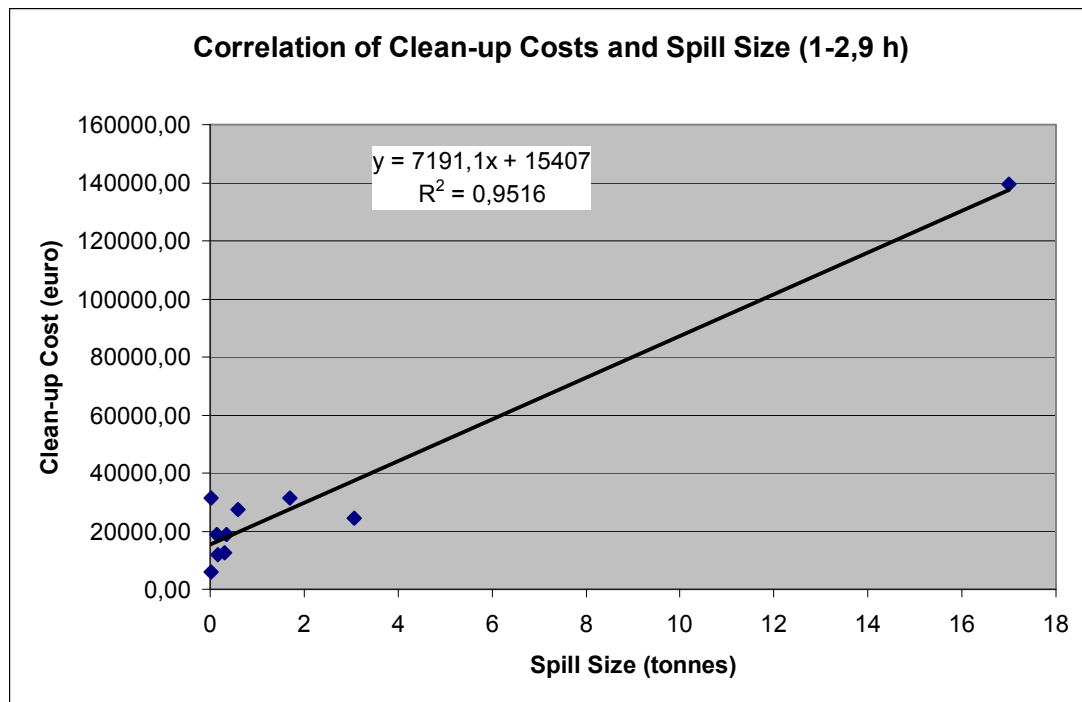
5.2.7 Επίδραση του χρόνου αντίδρασης για την αντιμετώπιση του περιστατικού ρύπανσης στη διαμόρφωση του κόστους

Όπως έχει προαναφερθεί, ο χρόνος αντίδρασης ορίζεται το χρονικό διάστημα πού μεσολαβεί από την ενημέρωση της υπεύθυνης εταιρείας, που αναλαμβάνει την αντιμετώπιση ενός περιστατικού ρύπανσης, έως την στιγμή που τα μέσα καταπολέμησης της ρύπανσης θα φτάσουν στο σημείο του προβλήματος και θα αρχίσουν τις εργασίες απορρύπανσης. Ο χρόνος αυτός περιλαμβάνει τα στάδια, ενημέρωσης της εταιρείας, κινητοποίησης του συστήματος (εργατικό δυναμικό και τεχνικά μέσα), φόρτωσης του απαραίτητου εξοπλισμού, σχεδιασμού της επιχείρησης, και μετάβασης ανθρώπινου δυναμικού και τεχνικών μέσων καταπολέμησης της ρύπανσης στο σημείο της ρύπανσης.

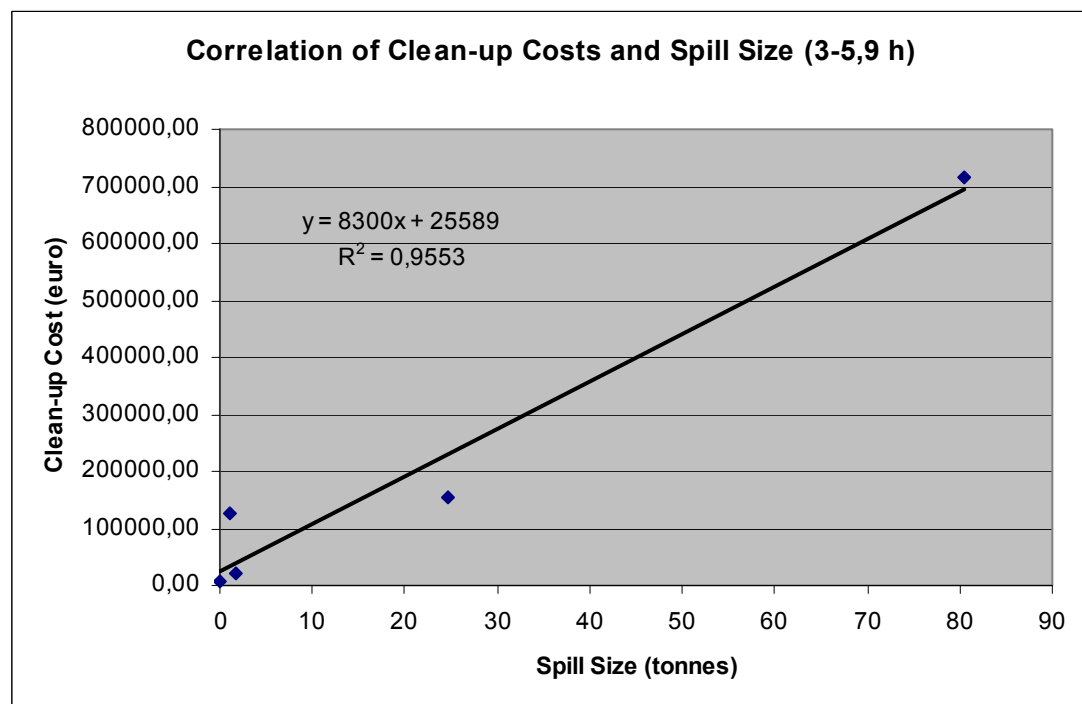
Λόγω της συμπεριφοράς του πετρελαίου όταν αυτό διαρρέει στο θαλασσινό νερό, η οποία έχει αναφερθεί και αναλυθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο, ο χρόνος αντίδρασης για να αντιμετωπιστεί μία κηλίδα μπορεί να κριθεί ως ρυθμιστικός παράγοντας για την πορεία της κηλίδας, την εξέλιξη, την ένταση και την αποτελεσματικότητα των εργασιών αντιμετώπισης και συνεπακόλουθα και τη διαμόρφωση του κόστους καθαρισμού της κηλίδας.

Είναι λογικό ότι καθυστερημένες αντιδράσεις, όταν δημιουργείται μία κηλίδα, δε λειτουργούν προς το συμφέρον του έργου αντιμετώπισης. Μπορεί να προκαλέσουν εξάπλωση της κηλίδας, να την οδηγήσουν προς τις ακτές, να οδηγήσουν τις καταστάσεις εκτός ελέγχου, να απαιτήσουν εντονότερες προσπάθειες καταπολέμησης συγκριτικά με το αν όλα λειτουργούσαν έγκαιρα και άμεσα, και τέλος να εκτινάξουν το κόστος σε υπερβολικά ύψη.

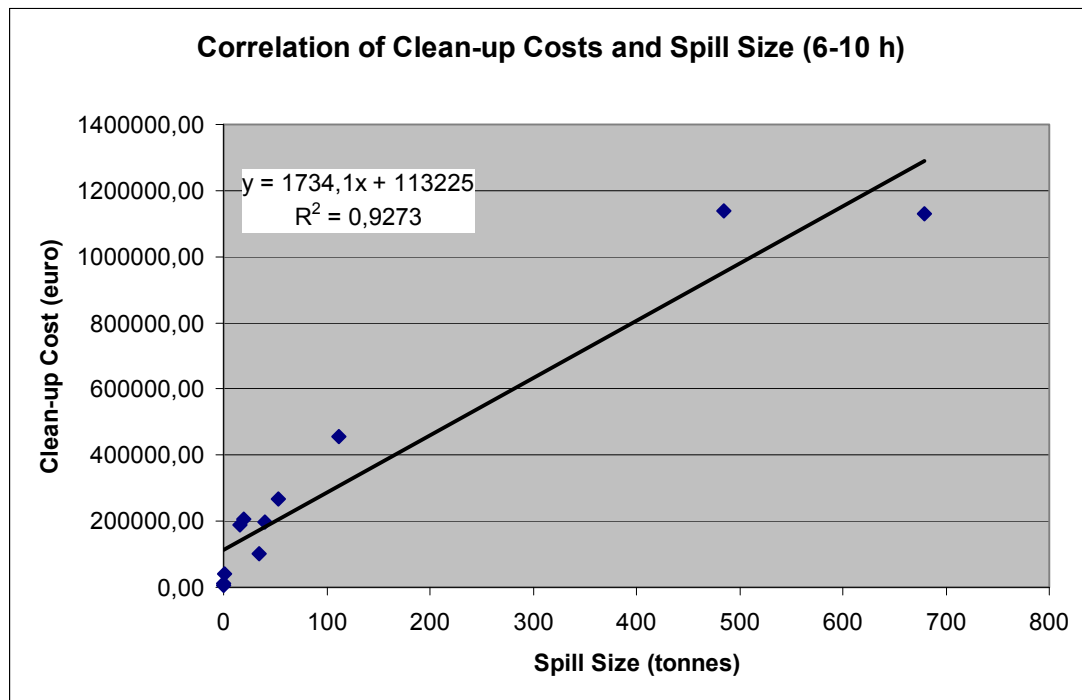
Στα περιστατικά της βάσης δεδομένων υπό εξέταση, έγινε μία προσπάθεια να γίνει διαχωρισμός αυτών σε κατηγορίες, ανάλογα με το χρόνο αντίδρασης, όπως μας τον έδωσε η ιδιωτική εταιρεία αντιμετώπισης της θαλάσσιας ρύπανσης, ώστε να εξαχθούν συμπεράσματα για το αν και κατά πόσο το συγκεκριμένο στοιχείο καθορίζει το κόστος. Οι τιμές κόστους προέκυψαν και πάλι από τη συσχέτιση μεγέθους κηλίδας και κόστους καθαρισμού (Σχήματα 23, 24, 25, 26) για τις 4 διαφορετικές κατηγορίες που επιλέξαμε και παρουσιάζονται στον Πίνακα 14.



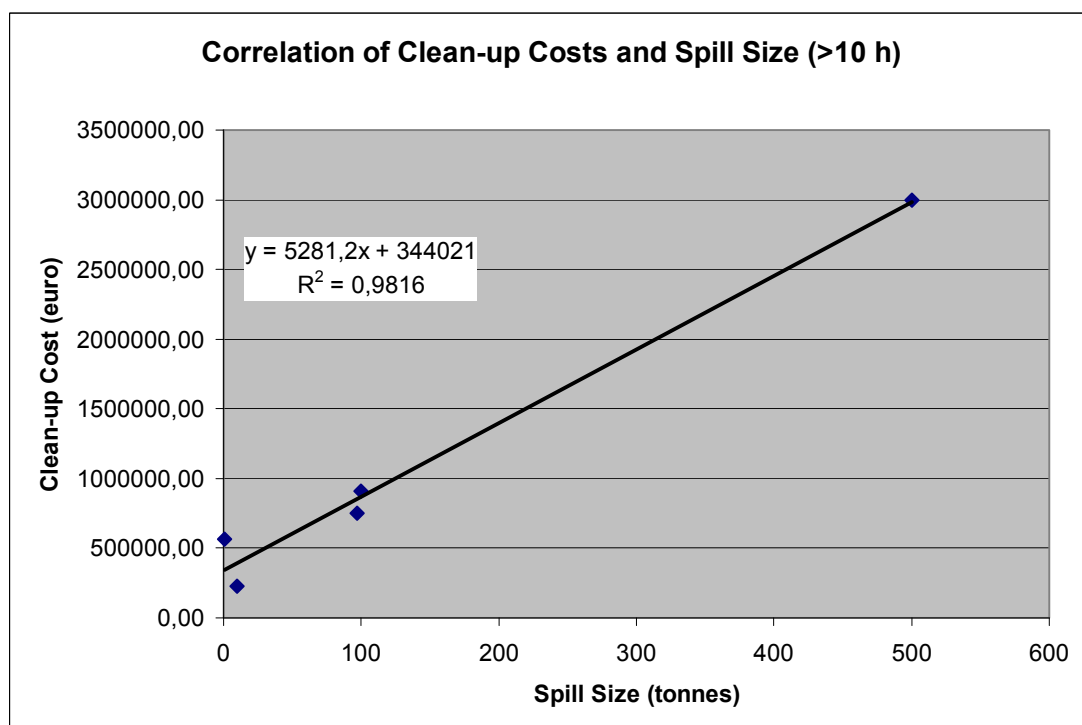
Σχήμα 23: Γραφική απεικόνιση της σχέσης μεταξύ κόστους αντιμετώπισης περιστατικών ρύπανσης και μεγέθους των εν λόγω περιστατικών, για τα περιστατικά με χρόνο αντίδρασης 1 – 2,9 h.



Σχήμα 24: Γραφική απεικόνιση της σχέσης μεταξύ κόστους αντιμετώπισης περιστατικών ρύπανσης και μεγέθους των εν λόγω περιστατικών, για τα περιστατικά με χρόνο αντίδρασης 3 – 5,9 h.



Σχήμα 25: Γραφική απεικόνιση της σχέσης μεταξύ κόστους αντιμετώπισης περιστατικών ρύπανσης και μεγέθους των εν λόγω περιστατικών, για τα περιστατικά με χρόνο αντίδρασης 6 – 10 h.



Σχήμα 26: Γραφική απεικόνιση της σχέσης μεταξύ κόστους αντιμετώπισης περιστατικών ρύπανσης και μεγέθους των εν λόγω περιστατικών, για τα περιστατικά με χρόνο αντίδρασης > 10 h.

Πίνακας 14: Τιμές μέσου κόστους αντιμετώπισης κηλίδων ανά τόνο ρυπογόνου ουσίας για τις κατηγορίες χρόνου αντίδρασης.

| Χρόνος αντίδρασης | Μέσο κόστος αντιμετώπισης κηλίδων ανά τόνο ρυπογόνου ουσίας (euro/ton) |
|-------------------|--|
| 1 – 2,9 h | 22.598,10 |
| 3 – 5,9 h | 33.889,00 |
| 6 – 10 h | 114.959,10 |
| > 10 h | 349.302,20 |

Από τον παραπάνω Πίνακα διαφαίνεται ότι ο χρόνος αντίδρασης για τα περιστατικά της βάσης δεδομένων διαδραματίζει ρόλο στην διαμόρφωση του κόστους. Πιο συγκεκριμένα, είναι εμφανής η τάση αύξησης του κόστους όσο ο χρόνος αντίδρασης επεκτείνεται, πράγμα που επαληθεύει την κοινή λογική που αναλύσαμε προηγουμένως. Επομένως, μπορούμε να στηριχτούμε στο συμπέρασμα που προκύπτει, πάντα όμως με κάθε επιφύλαξη τόσο γιατί η βάση μας είναι περιορισμένη σε αριθμό περιστατικών, όσο και επειδή κάποια στοιχεία, όπως ο χρόνος αντίδρασης, που μας δόθηκε από την ιδιωτική εταιρεία απορύπανσης, έχουν δοθεί προσεγγιστικά και δεν μπορούμε συνεπώς να μιλήσουμε γι αυτά με απόλυτη ακρίβεια και βεβαιότητα.

5.3 Παρουσίαση-περιγραφή του μοντέλου καθορισμού του κόστους αντιμετώπισης κηλίδων

Οι παράγοντες που επηρεάζουν το κόστος αντιμετώπισης και καθαρισμού πετρελαιοκηλίδων (cleanup cost of oil spills) είναι σύνθετοι και αλληλοεξαρτώμενοι. Κάθε περιστατικό κηλίδας που σημειώνεται, αποτελεί ένα μοναδικό γεγονός με ξεχωριστές συνθήκες, κάτω από τις οποίες λαμβάνει χώρα, και ξεχωριστά χαρακτηριστικά.

Μία προσέγγιση στο πρόβλημα της πρόβλεψης-εκτίμησης του κόστους αντιμετώπισης κηλίδας είναι να βασιστούμε σε περιστατικά, που έχουν σημειωθεί στο παρελθόν, να αναλύσουμε τη συνεισφορά των διαφόρων χαρακτηριστικών του κάθε συμβάντος στη διαμόρφωση του κόστους και με βάση αυτά να αναπτύξουμε έναν αλγόριθμο ικανό να υπολογίζει το κόστος αντιμετώπισης για υποθετικά ή και πραγματικά σενάρια κηλίδων.

Στην προκειμένη περίπτωση τα στοιχεία που επεξεργαστήκαμε, για την επίτευξη του στόχου μας, προήλθαν από τη βάση δεδομένων που έχουμε στη διάθεσή μας.

5.3.1 Δομή του μοντέλου εκτίμησης κόστους αντιμετώπισης κηλίδας

Κατά αντιστοιχία με τις εργασίες της Etkin [1],[2] στο μοντέλο μας έχουμε συμπεριλάβει όλους εκείνους τους παράγοντες που επιδρούν στο κόστος αντιμετώπισης κηλίδων και που είναι οι ακόλουθοι:

- Είδος ρυπογόνου ουσίας (oil type),
- Μέγεθος της κηλίδας (spill size),
- Γεωγραφική τοποθεσία (location),
- Είδος – χρησιμότητα – χαρακτηρισμός τοποθεσίας,
- Μήκος της προσβληθείσας ακτής (shoreline oiling),
- Μεθοδολογία αντιμετώπισης της κηλίδας και καταπολέμησης της ρύπανσης (cleanup strategy-methodology),
- Χρόνος αντίδρασης (time of reaction), ο οποίος αποτελεί την καινοτομία του μοντέλου μας σε σχέση με αυτό της Etkin.

Η συνεισφορά του καθενός από αυτούς τους παράγοντες στη διαμόρφωση του κόστους αντιμετώπισης των περιστατικών της βάσης δεδομένων έχει παρουσιαστεί προηγουμένως.

Ο αλγόριθμος που προέκυψε δίνεται και αναλύεται παρακάτω:

$$C_{PU} = C_{PU(G)} \times T_i \times S_i \times L_i \times O_i \times M_i \times R_i$$

και

$$C_T = C_{PU} \times A_i$$

όπου,

C_{PU} : κόστος αντιμετώπισης κηλίδας ανά μονάδα τόνου ρυπογόνου ουσίας για το σενάριο i (response cost per unit for scenario i),

$C_{PU(G)}$: κόστος αντιμετώπισης κηλίδας ανά μονάδα τόνου ρυπογόνου ουσίας για την Ελλάδα (response cost per unit for Greece),

T_i : συντελεστής βαρύτητας του είδους ρυπογόνου ουσίας (oil type modifier factor for scenario i),

S_i : συντελεστής βαρύτητας του μεγέθους της κηλίδας (spill size modifier factor for scenario i),

L_i : συντελεστής βαρύτητας της γεωγραφικής τοποθεσίας (location modifier factor for scenario i),

I_i : συντελεστής βαρύτητας του είδους της γεωγραφικής τοποθεσίας (type of location modifier factor for scenario i),

O_i : συντελεστής βαρύτητας του μήκους της προσβληθείσας ακτογραμμής (shoreline oiling modifier factor for scenario i),

M_i : συντελεστής βαρύτητας της μεθοδολογίας αντιμετώπισης της κηλίδας (cleanup methodology modifier factor for scenario i),

R_i : συντελεστής βαρύτητας του χρόνου αντίδρασης (time of reaction modifier factor for scenario i),

C_T : ολικό εκτιμηθέν κόστος αντιμετώπισης κηλίδας για το σενάριο i (estimated total response cost for scenario i),

A_i : ποσότητα ρυπογόνου ουσίας για το σενάριο i (specified spill amount for scenario i).

Όπως παρατηρείται το μοντέλο αποτελείται από δύο σχέσεις. Η πρώτη υπολογίζει το κόστος απορύπανσης ανά μονάδα τόνου ρυπογόνου ουσίας που συλλέγεται κατά την απορύπανση για τα διάφορα περιστατικά, ενώ η δεύτερη υπολογίζει το ολικό κόστος αντιμετώπισης της κηλίδας.

5.3.2 Καθορισμός των συντελεστών βαρύτητας του μοντέλου εκτίμησης κόστους αντιμετώπισης κηλίδας

Οι συντελεστές βαρύτητας που περιγράφηκαν παραπάνω προέκυψαν από την ανάλυση του μέσου κόστους ανά μονάδα ποσότητας ρυπογόνου ουσίας για τον κάθε παράγοντα. Μάλιστα προκύπτουν ως η ποσοστιαία διαφορά του μέσου κόστους του

κάθε είδους από τη μέση τιμή των μέσων κόστων όλων των ειδών της κάθε κατηγορίας παραγόντων.

Για παράδειγμα, ενδεικτικά αναφέρουμε ότι προκειμένου να υπολογίσουμε τον συντελεστή βαρύτητας που χαρακτηρίζει το Fuel oil (Diesel oil) φέρνουμε στη μνήμη μας τον Πίνακα 2.

Πίνακας 2: Τιμές μέσου κόστους αντιμετώπισης κηλίδων ανά τόνο ρυπογόνου ουσίας για τα είδη των πετρελαιοειδών.

| Είδος ρυπογόνου ουσίας | Μέσο κόστος αντιμετώπισης κηλίδων ανά τόνο ρυπογόνου ουσίας (euro/ton) |
|------------------------|--|
| Fuel oil (+Diesel oil) | 31.229,70 |
| Diesel oil | 16.421,60 |
| Slops | 108.287,40 |
| Light fuel oil | 17.419,00 |

Από τις τιμές του Πίνακα υπολογίζουμε τη μέση τιμή από τις μέσες τιμές κόστους όλων των ειδών της κατηγορίας ρυπογόνου ουσίας. Έτσι έχουμε:

$$\frac{31.229,70 + 16.421,60 + 108.287,40 + 17.419,00}{4} = 43.339,425$$

Κατόπιν υπολογίζουμε το λόγο του μέσου κόστους του Fuel oil (Diesel oil) ως προς τη μέση τιμή της κατηγορίας ρυπογόνου ουσίας που μόλις υπολογίστηκε. Έτσι προκύπτει ο συντελεστής βαρύτητας του Fuel oil (Diesel oil):

$$31.229,70 / 43.339,425 = \mathbf{0,72}$$

Ομοίως υπολογίζονται και οι υπόλοιποι συντελεστές βαρύτητας που παρουσιάζονται στον ακόλουθο συγκεντρωτικό Πίνακα.

Πίνακας 15: Συντελεστές βαρύτητας των παραγόντων διαμόρφωσης του κόστους απορύπανσης κηλίδων.

| Παράγοντας Κόστους | Μέσο κόστος αντιμετώπισης κηλίδων ανά τόνο ρυπογόνου ουσίας (euro/ton) | Συντελεστής Βαρύτητας |
|--|--|-----------------------|
| Είδος ρυπογόνου ουσίας (Oil type) | | |
| Fuel oil (+Crude oil) | 31.229,70 | 0,72 |

| | | |
|---|------------|-------------|
| Diesel oil | 16.421,60 | 0,38 |
| Slops | 108.287,40 | 2,50 |
| Light fuel oil | 17.419,00 | 0,40 |
| Μέγεθος κηλίδας (Spill size) | | |
| 0 – 5 ton | 71.695,26 | 3,13 |
| 5,1 – 20 ton | 9.798,28 | 0,43 |
| 20,1 – 100 ton | 6.800,83 | 0,30 |
| > 100 ton | 3.223,68 | 0,14 |
| Γεωγραφικός τομέας (Location) | | |
| Αιγαίο | 86.790,40 | 2,03 |
| Σαρωνικός κόλπος | 26.779,40 | 0,63 |
| Ιόνιο | 14.378,30 | 0,34 |
| Είδος τοποθεσίας (Type of location) | | |
| Port | 15.417,16 | 1,79 |
| Nearshore | 5.364,04 | 0,62 |
| Offshore | 5.028,39 | 0,58 |
| Μήκος προσβληθείσας ακτογραμμής (Shoreline oiling) | | |
| 0 – 1 km | 25.183,30 | 0,14 |
| 1,1 – 2 km | 164.108,30 | 0,89 |
| > 2 km | 364.779,30 | 1,98 |
| Μέθοδος αντιμετώπισης ρύπανσης (Cleanup strategy) | | |
| Mechanical | 23.460,70 | 1 |
| Χρόνος αντίδρασης (Time of reaction) | | |
| 0 – 0,9 h | 17.205,70 | 0,16 |
| 1 – 2,9 h | 22.598,10 | 0,21 |
| 3 – 5,9 h | 33.889,00 | 0,31 |
| 6 – 10 h | 114.959,10 | 1,07 |
| > 10 h | 349.302,20 | 3,25 |

5.3.3 Παραδείγματα εφαρμογής του μοντέλου εκτίμησης κόστους αντιμετώπισης κηλίδας

Στο σημείο αυτό μπορούμε να εφαρμόσουμε το μοντέλο μας για τα παρακάτω περιστατικά ρύπανσης που προέρχονται από τη βάση δεδομένων μας, να παρουσιάσουμε τα αποτελέσματά του και να τα συγκρίνουμε με τα πραγματικά. Τα στοιχεία για τα συγκεκριμένα περιστατικά, όπως έχουν καταχωρηθεί στη βάση δεδομένων, παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα.

Σημειώνεται ότι το περιστατικό ρύπανσης του πλοίου "GLUECKSBURG" έλαβε χώρα στη θαλάσσια περιοχή της Λεμεσού στην Κύπρο. Παρά το γεγονός αυτό κάναμε την παραδοχή ότι το συγκεκριμένο συμβάν κατηγοριοποιείται στην κατηγορία περιστατικών ρύπανσης που συνέβησαν στο Αιγαίο. Και αυτό γιατί αποτελεί το μοναδικό περιστατικό της βάσης δεδομένων που παρουσιάστηκε εκτός Ελλάδας.

Πίνακας 16: Περιστατικά ρύπανσης από τη βάση δεδομένων.

| Όνομα Πλοίου | GLUECKSBURG | AFRICA | SEA DIAMOND |
|---------------------------------------|--|--|--|
| Ημερομηνία Ατυχήματος | 8 / 5 / 2004 | 24 / 12 / 2003 | 5 / 4 / 2007 |
| Τύπος Πλοίου | C/S | Δ/Ξ | Cruiser |
| Σημαία Πλοίου | Μάλτα | Καμπότζη | Ελλάδα |
| DWT Πλοίου | 26.152 | - | - |
| GRT Πλοίου | 18.037 | 2.538 | 22.412 |
| Έτος Κατασκευής Πλοίου | 1988 | 1967 | 1986 |
| Φορτίο Πλοίου | Containers | Κενό | Επιβάτες |
| Περιοχή Περιστατικού | Λεμεσός (Αιγαίο) | Νήσος Μήλος (Αιγαίο) | Νήσος Σαντορίνη (Αιγαίο) |
| Χαρακτηρισμός Περιοχής | Λιμάνι | Τουριστική | Τουριστική |
| Καιρικές Συνθήκες | Καλές | Δυσμενείς | Καλές |
| Δυσκολία Προσέγγισης | Εύκολη | Δύσκολη | Εύκολη |
| Τύπος Ατυχήματος | Διαρροή | Προσάραξη | Προσάραξη-Βύθιση |
| Είδος Ρυπογόνου Ουσίας | Fuel oil | Diesel oil | Fuel oil |
| Ποσότητα (tonnes) | 0,5917 | 34 | 500 |
| Χρόνος Αντίδρασης (hours) | 2 | 8 | 12 |
| Μεθοδολογία Αντιμετώπισης | Skimmer / Sorbents (mechanical) | Booms / Pumps / Transfer (mechanical) | Skimmer / Booms / Sorbents (mechanical) |
| Μήκος Προσβληθείσας Ακτής (km) | 2 | 2 | 2 |
| Χρόνος Αποκατάστασης | - | 2 | 105 |

| | | | |
|---|------------------|-------------------|------------------|
| (days) | | | |
| Εκτιμώμενο Κόστος Αντιρύπανσης (euro), έτος βάσης 2007 | 27.557,57 | 102.481,10 | 4.000.000 |

Χρησιμοποιώντας τώρα τα κατάλληλα στοιχεία από τον Πίνακα 16, μπορούμε να εφαρμόσουμε τον αλγόριθμο του μοντέλου μας και να υπολογίσουμε έτσι τόσο το κόστος αντιρύπανσης ανά μονάδα τόνου ρυπογόνου ουσίας, όσο και το ολικό κόστος αντιρύπανσης. Η εφαρμογή του μοντέλου για τα τρία περιστατικά παρουσιάζεται στον ακόλουθο Πίνακα.

Πίνακας 17: Εφαρμογή του μοντέλου εκτίμησης κόστους αντιμετώπισης κηλίδας στα περιστατικά του Πίνακα 16.

| Όνομα Πλοίου | GLUECKSBURG | AFRICA | SEA DIAMOND |
|---|------------------|-------------------|------------------|
| C_{PU(G)} (euro/ton) (response cost per unit for Greece) | 23.460,70 | 23.460,70 | 23.460,70 |
| Oil type | Fuel oil | Diesel oil | Fuel oil |
| T_i (oil type modifier) | 0,72 | 0,38 | 0,72 |
| Spill size (tonnes) | 0,60 | 34 | 500 |
| Category of spill size | 0 – 5 tonnes | 20,1 – 100 tonnes | > 100 tonnes |
| S_i (spill size modifier) | 3,13 | 0,30 | 0,14 |
| Location | Λεμεσός | Νήσος Μήλος | Νήσος Σαντορίνη |
| Geographic zone | Αιγαίο | Αιγαίο | Αιγαίο |
| L_i (location modifier) | 2,03 | 2,03 | 2,03 |
| Type of location | Λιμάνι | Τουριστική | Τουριστική |
| Type of location (category) | Port | Nearshore | Nearshore |
| I_i (type of location modifier) | 1,79 | 0,62 | 0,62 |
| Shoreline oiling (km) | 2 | 2 | 2 |
| Category of shoreline | 1,1 – 2 km | 1,1 – 2 km | 1,1 – 2 km |

| | | | |
|--|--------------------|--------------------------|----------------------------|
| oiling | | | |
| O_i (shoreline oiling modifier) | 0,89 | 0,89 | 0,89 |
| Cleanup methodology | Skimmer / Sorbents | Booms / Pumps / Transfer | Skimmer / Booms / Sorbents |
| Category of cleanup methodology | Mechanical | Mechanical | Mechanical |
| M_i (cleanup methodology modifier) | 1 | 1 | 1 |
| Time of reaction (hours) | 2 | 8 | 12 |
| Category of time of reaction | 1 – 2,9 hours | 6 – 10 hours | > 10 hours |
| R_i (time of reaction modifier) | 0,21 | 1,07 | 3,25 |
| C_{PU} (euro/ton) (response cost per unit) (C_{PU} = C_{PU(G)} * T_i * S_i * L_i * I_i * O_i * M_i * R_i) | 35.906,76 | 3.205,59 | 8.609,20 |
| A_i (tonnes) (spill amount) | 0,60 | 34 | 500 |
| C_T (euro) (estimated total response cost) (C_T = C_{PU} * A_i) | 21.544,05 | 108.989,90 | 4.304.597,98 |

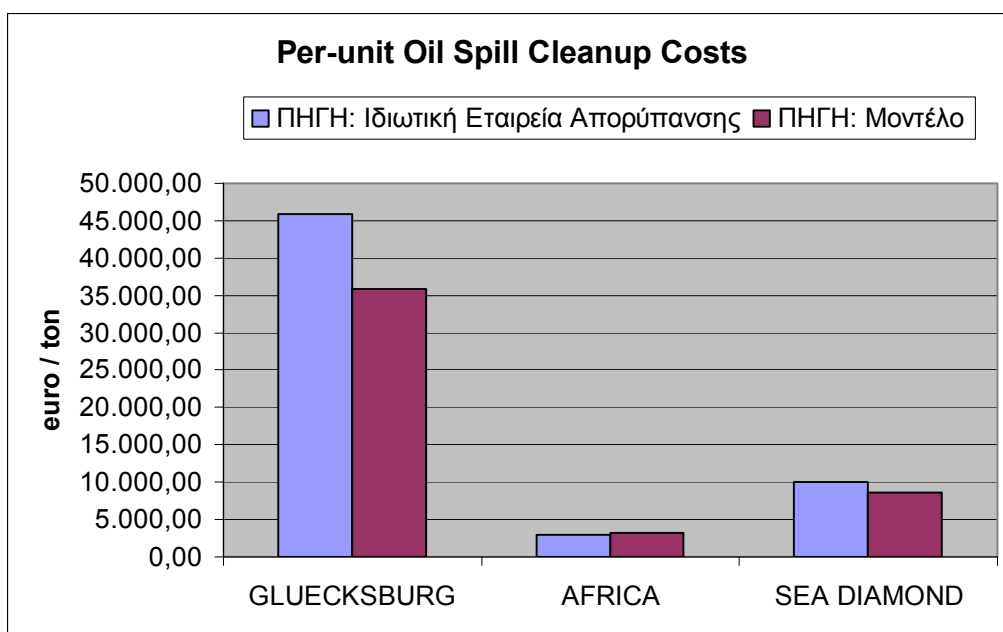
Στη συνέχεια παραθέτουμε το ολικό κόστος αντιρύπανσης των τριών περιστατικών έτσι όπως μας δόθηκε κατ' εκτίμηση από την ιδιωτική εταιρεία απορύπανσης και έτσι όπως υπολογίστηκε με εφαρμογή των αλγόριθμων του μοντέλου εκτίμησης κόστους αντιρύπανσης κηλίδας. Επίσης, δίνονται και τα αντίστοιχα κόστη απορύπανσης ανά μονάδα τόνου πετρελαιοειδούς που συλλέγεται.

Πίνακας 18: Αποτελέσματα του μοντέλου εκτίμησης κόστους αντιμετώπισης κηλίδας για τα περιστατικά του Πίνακα 16.

| Όνομα Πλοίου | GLUECKSBURG | AFRICA | SEA DIAMOND |
|---|--------------------|-------------------|---------------------|
| Εκτιμώμενο Κόστος Αντιρύπανσης (euro), έτος βάσης 2007, (Πηγή: Ιδιωτική Εταιρεία Απορύπανσης) | 27.557,57 | 102.481,10 | 5.000.000 |
| C_T (euro) (estimated total response cost),(Μοντέλο) | 21.544,05 | 108.989,90 | 4.304.597,98 |
| Εκτιμώμενο Κόστος Αντιρύπανσης ανά τόνο (euro / ton), έτος βάσης 2007, (Πηγή: Ιδιωτική Εταιρεία Απορύπανσης) | 45.929,28 | 3.014,15 | 10.000,00 |
| C_{PU} (euro/ton) (response cost per unit) (C_{PU} = C_{PU(G)} * T_i * S_i * L_i * I_i * O_i * M_i * R_i) ,(Μοντέλο) | 35.906,76 | 3.205,59 | 8.609,20 |

Παρατηρούμε ότι οι τιμές κόστους που προέκυψαν από το μοντέλο είναι όχι μόνο της ίδιας τάξης μεγέθους, αλλά προσεγγίζουν σε μεγάλο βαθμό τις πραγματικές τιμές κόστους. Αντίστοιχη εφαρμογή των αλγόριθμων του μοντέλου έγινε για όλα τα περιστατικά της βάσης δεδομένων και το αποτέλεσμα της επιτυχίας ως προς την πρόβλεψη του κόστους ανέρχεται γύρω στο 70%.

Το Σχήμα 27 μας δίνει και μία παραστατική απεικόνιση της σύγκρισης που παρουσιάστηκε στον Πίνακα 18, μεταξύ στοιχείων της ιδιωτικής εταιρείας απορύπανσης και αποτελεσμάτων του μοντέλου, όσον αφορά το κόστος απορύπανσης ανά μονάδα τόνου πετρελαιοειδούς που συλλέγεται κατά την απορύπανση.



Σχήμα 27: Αντιπαράθεση αποτελεσμάτων μοντέλου με πραγματικά στοιχεία.

Αξίζει να αναφερθεί ότι στη συνέχεια έγινε εφαρμογή του μοντέλου μας για περίπου 200 φανταστικά σενάρια πετρελαιοκηλίδων στον Ελλαδικό θαλάσσιο χώρο. Σκοπός της προσπάθειας αυτής ήταν η μελέτη της συμπεριφοράς του μοντέλου, η πιθανή διόρθωσή του και η καλύτερη εκπαίδευσή του. Δηλαδή, εξετάσαμε αν η συμπεριφορά του ήταν λογική ή όχι, αν τα αποτελέσματα που προέκυπταν μπορούσαν να κριθούν λογικά με βάση τα στοιχεία που του τοποθετούσαμε στο σύστημα.

Σίγουρα αδυναμίες υπήρξαν αρκετές, εντούτοις στο σημείο αυτό αξίζει να αναφέρουμε τις αντικειμενικές δυσκολίες του εγχειρήματός μας. Στην εξέλιξη του μοντέλου μας διαπιστώθηκε ότι, σίγουρα, μια βάση δεδομένων με 104 περιστατικά είναι τελικά αρκετά περιορισμένη σε αριθμό, με κίνδυνο η επεξεργασία της να μας δώσει αποτελέσματα με χαμηλό δείκτη αξιοπιστίας και βεβαιότητας. Η ανεπάρκεια της βάσης, λοιπόν, έθετε σε κίνδυνο την υπολογιστική ισχύ του μοντέλου μας. Παρά ταύτα, τουλάχιστον στο κομμάτι των συμπερασμάτων, κατορθώθηκε να προκύψουν κάποιες τάσεις πολύ χρήσιμες και αξιόλογες, που η αληθοφάνεια τους είναι αδιαμφισβήτητη και επιβεβαιώνεται και από τα συμπεράσματα της Etkin.

Η δεύτερη μεγάλη αντιξοότητα αποδείχθηκε ότι ήταν το μεγάλο ποσοστό περιστατικών με ιδιαίτερα μικρή ποσότητα συλλεχθέντος πετρελαιοειδούς. Περίπου το 75% των κηλίδων που είχαμε στη διάθεση μας είχαν μέγεθος μικρότερο των 5 τόνων. Το γεγονός αυτό έθετε σε αμφισβήτηση τη συμπεριφορά του μοντέλου στην περίπτωση μεγάλων κηλίδων.

Εξάλλου δεν πρέπει να ξεχνάμε το σκοπό αυτής της δουλειάς, που δεν είναι άλλος από την προσέγγιση του κόστους σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερο βαθμό και την απόκτηση μίας εικόνας για την τάξη μεγέθους αυτού, παρά η ακριβής πρόγνωσή του.

5.3.4 Εφαρμογή του μοντέλου εκτίμησης κόστους αντιμετώπισης κηλίδας σε ιστορικά περιστατικά ρυπάνσεων από πλοία στον Ελλαδικό θαλάσσιο χώρο

Στο σημείο αυτό μπορούμε να εφαρμόσουμε το μοντέλο μας για κάποια ιστορικά περιστατικά ρυπάνσης που συνέβησαν κατά καιρούς στον ελλαδικό θαλάσσιο χώρο, να παρουσιάσουμε τα αποτελέσματά του και να πάρουμε μία εικόνα της τάξης μεγέθους του κόστους αντιμετώπισης τους.

Αρχικά θα κάνουμε μια σύντομη αναφορά στα συγκεκριμένα περιστατικά:

- **Κρήτη (2/3/79)**

Περίπου 12.000 τόνοι διαρρέουν στους Καλούς Λιμένες της Κρήτης από το πετρελαιοφόρο "Μεσσηνιακή Φροντίς".

- **Πύλος (23/2/80)**

Ατύχημα στο πετρελαιοφόρο "Irenes Serenade" με αποτέλεσμα 40.000 τόνοι πετρελαίου να καταλήξουν στη θάλασσα.

- **Πύλος (9/10/93)**

800 τόνοι πετρελαίου διαρρέουν στην περιοχή από το πετρελαιοφόρο "Iliad". Τα ρεύματα παρασύρουν το πετρέλαιο έξω από τον προστατευμένο όρμο και μαυρίζει η μαγνητική παραλία της Βοϊδοκοιλιάς. Πετρέλαιο εντοπίζεται και σε άλλες ακτές. Στην προσπάθεια των δυτών να δουν τις επιπτώσεις από το πετρέλαιο που διέρρευσε από το "Iliad" ανακαλύπτουν ορατά ακόμα τα σημάδια από το προηγούμενο ατύχημα (13 χρόνια πριν). Το πετρέλαιο του "Irenes Serenade" βρέθηκε να καλύπτει σημεία του πυθμένα.

- **Σαρωνικός κόλπος (9/8/96)**

Ατύχημα στο πετρελαιοφόρο "Kriti Sea" στα διωλιστήρια της Motor Oil στους Άγιους Θεόδωρους κατά τη φορτοεκφόρτωση. Διαρροή 300 τόνων στη θάλασσα. Γίνεται σημαντική κινητοποίηση για την αντιμετώπιση της πετρελαιοκηλίδας που εκτός από τους Άγιους Θεόδωρους, φτάνει τις ακτές της Αίγινας και του Αγκιστριού. Ακολουθούν διαβεβαιώσεις για την έγκαιρη και ολοκληρωμένη αντιμετώπιση της πετρελαιοκηλίδας.

Ωστόσο, εξαιτίας της ιδιαιτερότητας των συγκεκριμένων περιστατικών, μας παραχωρείται το δικαίωμα να ορίσουμε κάποιες παραδοχές, για να είναι δυνατή η εφαρμογή του μοντέλου μας. Οι παραδοχές αυτές συνοψίζονται ακολούθως:

- Εξαιτίας του γεγονότος ότι τα συγκεκριμένα περιστατικά έχουν σημειωθεί αρκετά έως πολλά χρόνια πριν, δεν μπορούμε να εγγυηθούμε την αξιοπιστία κάποιων χαρακτηριστικών τους, όπως το μήκος ακτής που προσέβαλαν ή την ακριβή ποσότητα πετρελαιοειδούς που συλλέχτηκε, αν και κατά πόσο συλλέχτηκε. Για το λόγο αυτό κάνουμε δικές μας θεωρήσεις ως προς το μήκος της ακτής που καθαρίστηκε, με βάση πάντα τα όχι και τόσο ακριβή στοιχεία που διαθέτουμε. Τουλάχιστον χρησιμεύουν στην αποφυγή παράλογων θεωρήσεων.
- Εξαιτίας του γεγονότος ότι τα συγκεκριμένα περιστατικά έχουν σημειωθεί αρκετά έως πολλά χρόνια πριν και δεν είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε τι επικρατούσε τότε, ως προς την πρόοδο και τεχνολογία της αντιμετώπισης της θαλάσσιας ρύπανσης, θεωρούμε ότι το μοντέλο λειτουργεί, λαμβάνοντας υπόψη αυτά τα περιστατικά σαν να συνέβαιναν τη σημερινή εποχή και επιθυμώντας να δώσει απάντηση στο πόσο θα κόστιζε η αντιμετώπισή τους σήμερα.
- Λόγω του ότι δε γνωρίζουμε τα μέσα απορύπανσης που πιθανόν να χρησιμοποιήθηκαν στα συγκεκριμένα περιστατικά, θεωρούμε ότι η καταπολέμηση της ρύπανσης έγινε με μηχανικά μέσα αντιμετώπισης.
- Λόγω του ότι δε γνωρίζουμε τον χρόνο αντίδρασης σε αυτά τα συμβάντα κάνουμε δικές μας εκτιμήσεις, με βάση την πιθανή ταχύτητα και αμεσότητα των συστημάτων κινητοποίησης και αντιμετώπισης εκείνης της εποχής.

Τα χαρακτηριστικά των περιστατικών που θα αναλύσουμε παρουσιάζονται στον Πίνακα 19.

Πίνακας 19: Ιστορικά και δημοφιλή περιστατικά ρύπανσης που έχουν σημειωθεί στην Ελλάδα.

| Όνομα Πλοίου | IRENES SERENADE | ΜΕΣΣΗΝΙΑΚΗ ΦΡΟΝΤΙΣ | KRITI SEA | ILIAD |
|------------------------------|--------------------|-----------------------|--------------|---------------|
| Ημερομηνία Ατυχήματος | 23 / 2 / 1980 | 2 / 3 / 1979 | 9 / 8 / 1996 | 9 / 10 / 1993 |
| Τύπος Πλοίου | Δ/Ξ | Δ/Ξ | Δ/Ξ | Δ/Ξ |
| Σημαία Πλοίου | Ελλάδα | Λιβερία | Ελλάδα | Ελλάδα |
| DWT Πλοίου | 105.460 | 155.250 | 123.436 | 83.466 |
| GRT Πλοίου | - | 76.149 | 62.678 | 39.995 |
| Έτος Κατασκευής Πλοίου | - | 1977 | 1974 | 1975 |
| Φορτίο Πλοίου | Crude oil | Crude oil | Oil | Oil |
| Περιοχή | Πύλος (Ιόνιο) | Καλοί Λιμένες | Άγιοι | N. |

| | | | | |
|--------------------------------|--------------------------|------------------|---|---------------------------|
| Περιστατικού | | Κρήτης (Αιγαίο) | Θεόδωροι, Ίσθμια (Σαρωνικός) | Σφακτηρία (Πύλος) (Ιόνιο) |
| Χαρακτηρισμός Περιοχής | Τουριστική | Τουριστική | Motor Oil (Βιομηχανική) | Τουριστική |
| Τύπος Ατυχήματος | Πυρκαγιά, Έκρηξη, Βύθιση | Προσάραξη | Διαρροή κατά την πετρέλευση (λειτουργική ρύπανση) | Προσάραξη |
| Είδος Ρυπογόνου Ουσίας | Libyan Crude oil | Libyan Crude oil | Light Crude oil | Crude oil |
| Ποσότητα (tonnes) | 40.000 | 12.000 | 300 | 800 |
| Χρόνος Αντίδρασης (hours) | 10 | 10 | 1 | 10 |
| Μεθοδολογία Αντιμετώπισης | (mechanical) | (mechanical) | (mechanical) | (mechanical) |
| Μήκος Προσβληθείσας Ακτής (km) | 2 | 1 | 0 | 5 |

Χρησιμοποιώντας τώρα τα κατάλληλα στοιχεία από τον Πίνακα 19, μπορούμε να εφαρμόσουμε τον αλγόριθμο του μοντέλου μας και να υπολογίσουμε έτσι τόσο το κόστος απορύπανσης ανά μονάδα τόνου ρυπογόνου ουσίας, όσο και το ολικό κόστος απορύπανσης. Η εφαρμογή του μοντέλου για τα παραπάνω περιστατικά παρουσιάζεται στον ακόλουθο Πίνακα.

Πίνακας 20: Εφαρμογή του μοντέλου εκτίμησης κόστους αντιμετώπισης κηλίδας στα περιστατικά του Πίνακα 19.

| | | | | |
|--|------------------|---------------------|-----------------|-----------|
| Όνομα Πλοίου | IRENES SERENADE | ΜΕΣΣΗΝΙ ΑΚΗ ΦΡΟΝΤΙΣ | KRITI SEA | ILIAD |
| $C_{PU(G)}$ (euro/ton) (response cost per unit for Greece) | 23.460,70 | 23.460,70 | 23.460,70 | 23.460,70 |
| Oil type | Libyan Crude oil | Libyan Crude oil | Light Crude oil | Crude oil |
| T_i | 0,72 | 0,72 | 0,40 | 0,72 |

Μελέτη του κόστους καταπολέμησης πετρελαιοκηλίδων στον ελλαδικό χώρο 118

| | | | | |
|---|---------------|----------------------|-------------------------|----------------------|
| (oil type modifier) | | | | |
| Spill size (tonnes) | 40.000 | 12.000 | 300 | 800 |
| Category of spill size | > 100 tonnes | > 100 tonnes | > 100 tonnes | > 100 tonnes |
| S_i (spill size modifier) | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,14 |
| Location | Πύλος | Καλοί Λιμένες Κρήτης | Άγιοι Θεόδωροι, Ίσθμια | Ν. Σφακτηρία (Πύλος) |
| Geographic zone | Ιόνιο | Αιγαίο | Σαρωνικός | Ιόνιο |
| L_i (location modifier) | 0,34 | 2,03 | 0,63 | 0,34 |
| Type of location | Τουριστική | Τουριστική | Motor Oil (Βιομηχανική) | Τουριστική |
| Type of location (category) | Nearshore | Nearshore | Nearshore | Nearshore |
| l_i (type of location modifier) | 0,62 | 0,62 | 0,62 | 0,62 |
| Shoreline oiling (km) | 2 | 1 | 0 | 5 |
| Category of shoreline oiling | 1,1 – 2 km | 0 – 1 km | 0 – 1 km | > 2 km |
| O_i (shoreline oiling modifier) | 0,89 | 0,14 | 0,14 | 1,98 |
| Category of cleanup methodology | Mechanical | Mechanical | Mechanical | Mechanical |
| M_i (cleanup methodology modifier) | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Time of reaction (hours) | 10 | 10 | 1 | 10 |
| Category of time of reaction | 6 – 10 hours | 6 – 10 hours | 1 – 2 hours | 6 – 10 hours |
| R_i (time of reaction modifier) | 1,07 | 1,07 | 0,21 | 1,07 |
| C_{PU} (euro/ton) (response cost per | 474,73 | 445,86 | 15,09 | 1.056,14 |

| | | | | |
|---|-------------------|------------------|-----------------|-------------------|
| unit) ($C_{PU} = C_{PU(G)} * T_i * S_i$ $* L_i * I_i * O_i * M_i * R_i$) | | | | |
| A_i (tonnes) (spill amount) | 40.000 | 12.000 | 300 | 800 |
| C_T (euro) (estimated total response cost) ($C_T = C_{PU} * A_i$) | 18.989.165 | 5.350.351 | 4.526,16 | 844.911,19 |

Στη συνέχεια παραθέτουμε, μόνα τους, το ολικό κόστος απορύπανσης των παραπάνω περιστατικών και το κόστος ανά ποσότητα πετρελαιοειδούς που συλλέγεται κατά την απορύπανση, έτσι όπως υπολογίστηκε με εφαρμογή των αλγόριθμων του μοντέλου εκτίμησης κόστους απορύπανσης κηλίδας.

Πίνακας 21: Αποτελέσματα του μοντέλου εκτίμησης κόστους αντιμετώπισης κηλίδας για τα περιστατικά του Πίνακα 19.

| Όνομα Πλοίου | IRENES SERENADE | ΜΕΣΣΗΝΙΑΚΗ ΦΡΟΝΤΙΣ | KRITI SEA | ILIAD |
|--|----------------------------|-------------------------------|----------------------|-------------------|
| C_T (euro) (estimated total response cost),(Μοντέλο) | 18.989.165 | 5.350.351 | 4.526,16 | 844.911,19 |
| C_{PU} (euro/ton) (response cost per unit) ($C_{PU} = C_{PU(G)} * T_i * S_i * L_i * I_i * O_i * M_i * R_i$) ,(Μοντέλο) | 474,73 | 445,86 | 15,09 | 1.056,14 |

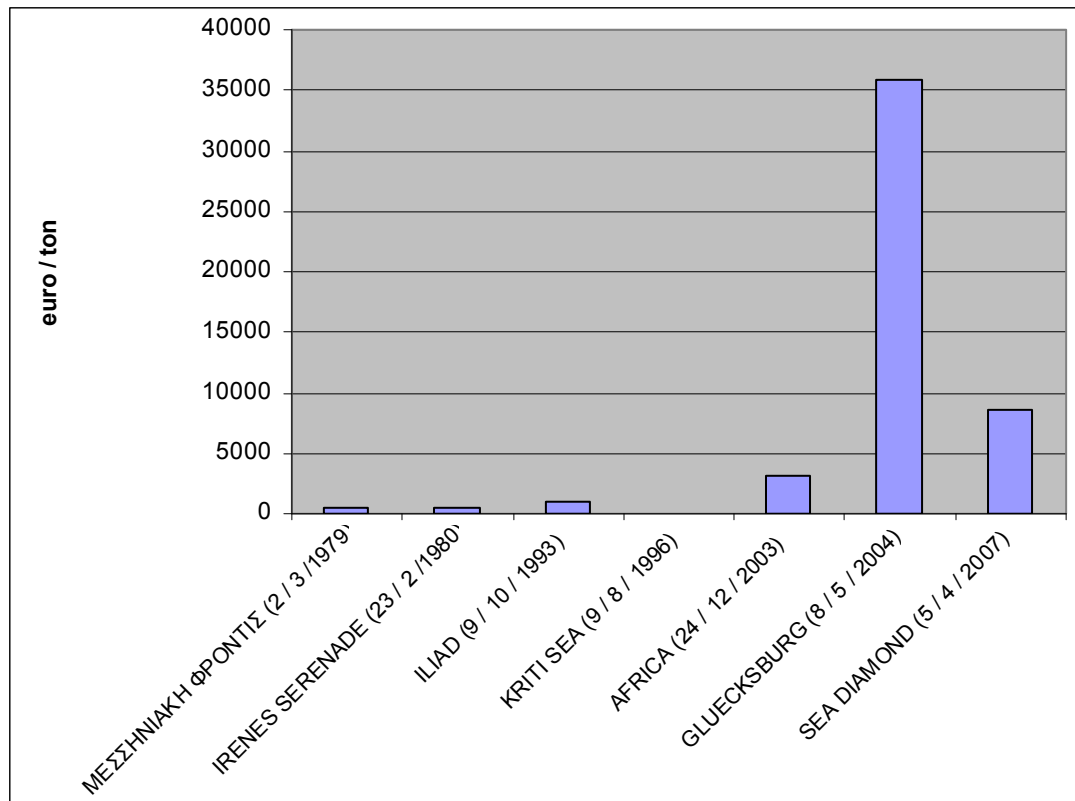
Σχόλια, παρατηρήσεις, συμπεράσματα.

- Στις περιπτώσεις των πλοίων Irenes Seranade, Μεσσηνιακή Φροντίς και Iliad, που συνέβησαν αντίστοιχα σε Πύλο, Κρήτη και Πύλο, θεωρήσαμε ότι ο χρόνος αντίδρασης ήταν 10 ώρες, εξαιτίας του γεγονότος ότι την εποχή, που συνέβησαν αυτές οι κηλίδες, σίγουρα ο βαθμός ετοιμότητας και η ταχύτητα

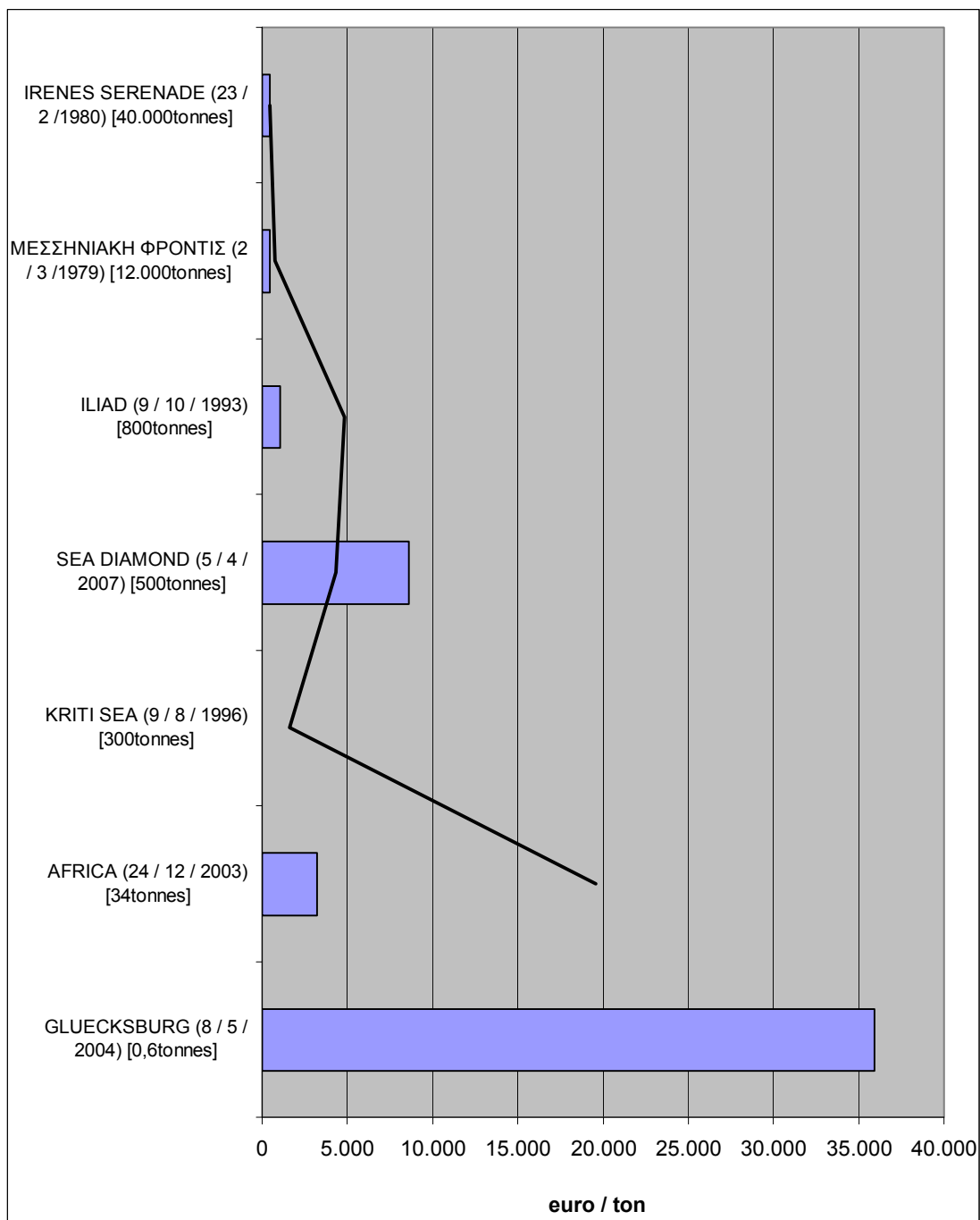
κινητοποίησης του μηχανισμού αντιμετώπισης ρύπανσης δεν θα ήταν τα ίδια με τις σημερινές συνθήκες. Αντίθετα η αντίδραση στην περίπτωση του Kriti Sea θεωρήθηκε άμεση γιατί συνέβη σε βιομηχανική ζώνη στο Σαρωνικό και συνάμα η φύση της περιοχής ίσως να μαρτυρά και την ύπαρξη στο σημείο του ατυχήματος πιθανού εξοπλισμού απορύπανσης.

- Παρατηρείται ότι η πιο ακριβή κηλίδα είναι τελικά αυτή του Irenes Serenade, με μεγάλη διαφορά και ακολουθεί αυτή του πλοίου "Μεσσηνιακής Φροντίς". Είναι λογικό το γεγονός αυτό, με βάση όσα έχουμε πει για την επίδραση του μεγέθους της κηλίδας στο κόστος απορύπανσης. Και οι δύο αυτές κηλίδες είχαν τεράστιες ποσότητες πετρελαιοειδούς (40.000ton και 12.000ton αντίστοιχα), πράγμα που εκτινάσσει το ολικό κόστος αντιμετώπισης της ρύπανσης. Εντούτοις, αυτές οι τεράστιες ποσότητες είναι που χαμηλώνουν κατά πολύ το κόστος αντιμετώπισης ανά μονάδα τόνου πετρελαιοειδούς που συλλέγεται κατά την απορύπανση. Και οι δύο κηλίδες έχουν πολύ χαμηλά αυτό το στοιχείο, γύρω στα 400 ευρώ /τόνο. Αντίθετα η περίπτωση του πλοίου Πιαδ έχει μεγαλύτερο κόστος ανά μονάδα τόνου και αυτό οφείλεται στο ότι είναι κατά πολύ μικρότερη η κηλίδα (800 ton). Επαληθεύεται για άλλη μια φορά ο κανόνας που θέλει τις μεγάλες κηλίδες να είναι ακριβότερες από τις μικρές σε μία ανάλυση κόστους απορύπανσης και φθηνότερες σε μία ανάλυση κόστους απορύπανσης ανά μονάδα τόνου ρυπογόνου ουσίας που συλλέγεται κατά την απορύπανση.
- Το υψηλό κόστος ανά μονάδα τόνου του ατυχήματος του "Πιαδ", δικαιολογείται επίσης και από το γεγονός της μεγάλου μήκους ακτογραμμής που προσβλήθηκε στην περίπτωση αυτή. Στη αντίπερα όχθη το γεγονός ότι κατά τη διαρροή πετρελαιοειδών, που σημειώθηκε στο πλοίο "Kriti Sea", δεν απειλήθηκε και δεν ρυπάνθηκε ακτογραμμή, συνηγορεί στο πολύ χαμηλό κόστος απορύπανσης αυτού του περιστατικού.
- Ένας επιπλέον λόγος για το μικρό κόστος του περιστατικού ρύπανσης που προκάλεσε το πλοίο "Kriti Sea", ήταν και το είδος της ρυπογόνου ουσίας (light crude oil), το οποίο είναι ελαφρύτερο από το είδος των άλλων περιστατικών (crude oil), δεν είναι τόσο επίμονο, αντιμετωπίζεται ευκολότερα και άρα συνεισφέρει λιγότερο στο κόστος απορύπανσης.

Στη συνέχεια επιχειρήθηκε η γραφική απεικόνιση όλων των παραπάνω πραγματικών περιστατικών που αναλύθηκαν, με βάση το κόστος αντιμετώπισης της ρύπανσης που προκάλεσαν ανά τόνο πετρελαιοειδούς που συλλέχτηκε κατά την απορύπανσή τους. Το Σχήμα 28 παραθέτει τα περιστατικά κατά αύξουσα χρονολογική σειρά και το Σχήμα 29 κατά αύξουσα σειρά μεγέθους της κηλίδας.



Σχήμα 28: Αποτελέσματα μοντέλου για τα περιστατικά που αναλύθηκαν κατά χρονολογική σειρά εμφάνισής τους. Κόστος αντιμετώπισης κηλίδων ανά τόνο πετρελαιοειδούς που συλλέχτηκε κατά την απορύπανση.



Σχήμα 29: Αποτελέσματα μοντέλου για τα περιστατικά που αναλύθηκαν κατά σειρά μεγέθους της κηλίδας, με προσθήκη κυλιόμενου μέσου όρου. Κόστος αντιμετώπισης κηλίδων ανά τόνο πετρελαιοειδούς που συλλέχτηκε κατά την απορύπανση.

Από το Σχήμα 29 γίνεται εμφανής ακόμη μία φορά η επίδραση του μεγέθους της κηλίδας στο κόστος αντιμετώπισής της ανά μονάδα τόνου. Η γραμμή τάσης αποδεικνύει ότι αύξηση του μεγέθους της κηλίδας οδηγεί σε μείωση του κόστους απορύπανσης ανά μονάδα τόνου πετρελαιοειδούς που συλλέγεται κατά την απορύπανση.

5.3.5 Ανάλυση ευαισθησίας περιστατικών θαλάσσιας ρύπανσης

Στην συγκεκριμένη ενότητα επιχειρήθηκε να αναλυθεί η συμπεριφορά του μοντέλου εκτίμησης του κόστους αντιμετώπισης κηλίδων, όταν μεταβάλλονται οι παράγοντες που είναι υπεύθυνοι για τη διαμόρφωση αυτού του κόστους. Επιλέχθηκαν τα περιστατικά ρύπανσης των πλοίων "AFRICA" και "SEA DIAMOND", για τα οποία εφαρμόστηκε το μοντέλο σε πιθανά σενάρια με διαφορετικά χαρακτηριστικά κηλίδας, ώστε να παρατηρηθούν οι μεταβολές στο κόστος απορύπανσης των περιστατικών και στο κόστος απορύπανσης ανά μονάδα τόνου πετρελαιοειδούς που συλλέγεται κατά την απορύπανση. Τα σενάρια που υποθέσαμε, για τον κάθε παράγοντα που επηρεάζει το κόστος, παρουσιάζονται ξεχωριστά στη συνέχεια.

Επίδραση της γεωγραφικής περιοχής του περιστατικών ρύπανσης των πλοίων "AFRICA" και "SEA DIAMOND" στη διαμόρφωση του κόστους απορύπανσης.

Το περιστατικά που αναλύονται έλαβαν χώρα στη γεωγραφική περιοχή του Αιγαίου. Αξίζει να δούμε τις μεταβολές του κόστους απορύπανσης και του κόστους απορύπανσης ανά μονάδα τόνου πετρελαιοειδούς που συλλέγεται κατά την απορύπανση, εάν υποθέσουμε ότι τα συγκεκριμένα συμβάντα, με τα ίδια ακριβώς χαρακτηριστικά, λαμβάνουν χώρα στην περιοχή του Σαρωνικού ή του Ιονίου. Στον Πίνακα 22 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα τόσο του πραγματικού περιστατικού όσο και των δύο υποθετικών σεναρίων (Σαρωνικός, Ιόνιο) για την περίπτωση του πλοίου "AFRICA", όπως προέκυψαν πάντα από την εφαρμογή του μοντέλου εκτίμησης του κόστους αντιμετώπισης κηλίδων.

Πίνακας 22: Εφαρμογή του μοντέλου εκτίμησης κόστους αντιμετώπισης κηλίδας για υποθετικά σενάρια του πλοίου "AFRICA", με μεταβολή της γεωγραφικής περιοχής του περιστατικού.

| | REAL | SCENARIO 1 | SCENARIO 2 |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|
| Όνομα Πλοίου | AFRICA | AFRICA | AFRICA |
| C_{PU(G)} (euro/ton) (response cost per unit for Greece) | 23.460,70 | 23.460,70 | 23.460,70 |
| Oil type | Diesel oil | Diesel oil | Diesel oil |
| T_i (oil type modifier) | 0,38 | 0,38 | 0,38 |
| Spill size (tonnes) | 34 | 34 | 34 |
| Category of spill size | 20,1 – 100 tonnes | 20,1 – 100 | 20,1 – 100 tonnes |

| | | | |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | | tonnes | |
| S_i (spill size modifier) | 0,30 | 0,30 | 0,30 |
| Location | Νήσος Μήλος | | |
| Geographic zone | Αιγαίο | Σαρωνικός | Ιόνιο |
| L_i (location modifier) | 2,03 | 0,63 | 0,34 |
| Type of location | Τουριστική | Τουριστική | Τουριστική |
| Type of location (category) | Nearshore | Nearshore | Nearshore |
| I_i (type of location modifier) | 0,62 | 0,62 | 0,62 |
| Shoreline oiling (km) | 2 | 2 | 2 |
| Category of shoreline oiling | 1,1 – 2 km | 1,1 – 2 km | 1,1 – 2 km |
| O_i (shoreline oiling modifier) | 0,89 | 0,89 | 0,89 |
| Cleanup methodology | Booms / Pumps / Transfer | Booms / Pumps / Transfer | Booms / Pumps / Transfer |
| Category of cleanup methodology | Mechanical | Mechanical | Mechanical |
| M_i (cleanup methodology modifier) | 1 | 1 | 1 |
| Time of reaction (hours) | 8 | 8 | 8 |
| Category of time of reaction | 6 – 10 hours | 6 – 10 hours | 6 – 10 hours |
| R_i (time of reaction modifier) | 1,07 | 1,07 | 1,07 |
| C_{PU} (euro/ton) (response cost per unit) ($C_{PU} = C_{PU(G)} * T_i * S_i * L_i * I_i * O_i * M_i * R_i$) | 3.205,59 | 994,84 | 536,90 |
| A_i (tonnes) | 34 | 34 | 34 |

| | | | |
|--|-------------------|------------------|------------------|
| (spill amount) | | | |
| C_T (euro) (estimated total response cost) (C _T = C _{PU} * A _i) | 108.989,90 | 33.824,45 | 18.254,47 |

(Σημειώνεται ότι με χρώμα τονίζονται οι υποθέσεις των σεναρίων.)

Τα αποτελέσματα του παραπάνω Πίνακα συνοψίζονται στον ακόλουθο Πίνακα.

Πίνακας 23: Αποτελέσματα του μοντέλου εκτίμησης κόστους αντιμετώπισης κηλίδας για τα υποθετικά σενάρια του Πίνακα 22.

| | REAL | SCENARIO 1 | SCENARIO 2 |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|
| Όνομα Πλοίου | AFRICA | AFRICA | AFRICA |
| C_T (euro) (estimated total response cost),(Μοντέλο) | 108.989,90 | 33.824,45 | 18.254,47 |
| C_{PU} (euro/ton) (response cost per unit) (C _{PU} = C _{PU(G)} * T _i * S _i * L _i * I _i * O _i * M _i * R _i) ,(Μοντέλο) | 3.205,59 | 994,84 | 536,90 |

Στον Πίνακα 24 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα τόσο του πραγματικού περιστατικού όσο και των δύο υποθετικών σεναρίων (Σαρωνικός, Ιόνιο) για την περίπτωση του πλοίου "SEA DIAMOND", όπως προέκυψαν πάντα από την εφαρμογή του μοντέλου εκτίμησης του κόστους αντιμετώπισης κηλίδων.

Πίνακας 24: Εφαρμογή του μοντέλου εκτίμησης κόστους αντιμετώπισης κηλίδας για υποθετικά σενάρια του πλοίου "SEA DIAMOND", με μεταβολή της γεωγραφικής περιοχής του περιστατικού.

| | REAL | SCENARIO 1 | SCENARIO 2 |
|---|--------------------|--------------------|--------------------|
| Όνομα Πλοίου | SEA DIAMOND | SEA DIAMOND | SEA DIAMOND |
| C_{PU(G)} (euro/ton) (response cost per unit) | 23.460,70 | 23.460,70 | 23.460,70 |

| | | | |
|--|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| for Greece) | | | |
| Oil type | Fuel oil | Fuel oil | Fuel oil |
| T_i (oil type modifier) | 0,72 | 0,72 | 0,72 |
| Spill size (tonnes) | 500 | 500 | 500 |
| Category of spill size | > 100 tonnes | > 100 tonnes | > 100 tonnes |
| S_i (spill size modifier) | 0,14 | 0,14 | 0,14 |
| Location | Νήσος Σαντορίνη | | |
| Geographic zone | Αιγαίο | Σαρωνικός | Ιόνιο |
| L_i (location modifier) | 2,03 | 0,63 | 0,34 |
| Type of location | Τουριστική | Τουριστική | Τουριστική |
| Type of location (category) | Nearshore | Nearshore | Nearshore |
| l_i (type of location modifier) | 0,62 | 0,62 | 0,62 |
| Shoreline oiling (km) | 2 | 2 | 2 |
| Category of shoreline oiling | 1,1 – 2 km | 1,1 – 2 km | 1,1 – 2 km |
| O_i (shoreline oiling modifier) | 0,89 | 0,89 | 0,89 |
| Cleanup methodology | Skimmer / Booms / Sorbents | Skimmer / Booms / Sorbents | Skimmer / Booms / Sorbents |
| Category of cleanup methodology | Mechanical | Mechanical | Mechanical |
| M_i (cleanup methodology modifier) | 1 | 1 | 1 |
| Time of reaction (hours) | 12 | 12 | 12 |
| Category of time of reaction | > 10 hours | > 10 hours | > 10 hours |
| R_i (time of reaction modifier) | 3,25 | 3,25 | 3,25 |

| | | | |
|--|---------------------|---------------------|-------------------|
| C_{PU} (euro/ton) (response cost per unit) (C_{PU} = C_{PU(G)} * T_i * S_i * L_i * I_i * O_i * M_i * R_i) | 8.609,20 | 2.671,82 | 1.441,93 |
| A_i (tonnes) (spill amount) | 500 | 500 | 500 |
| C_T (euro) (estimated total response cost) (C_T = C_{PU} * A_i) | 4.304.597,98 | 1.335.909,72 | 720.967,15 |

(Σημειώνεται ότι με χρώμα τονίζονται οι υποθέσεις των σεναρίων.)

Τα αποτελέσματα του παραπάνω Πίνακα συνοψίζονται στον ακόλουθο Πίνακα.

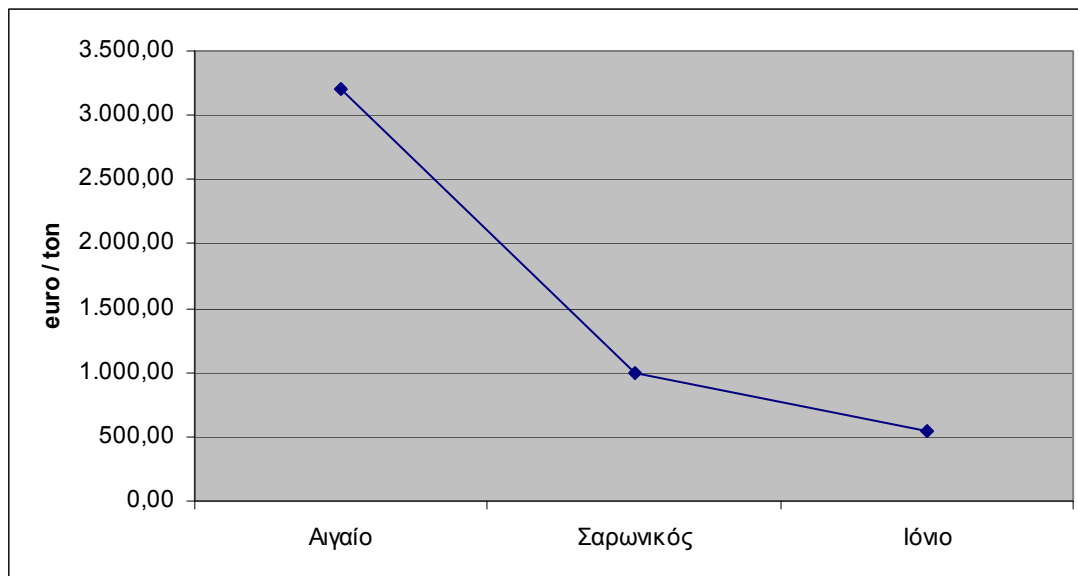
Πίνακας 25: Αποτελέσματα του μοντέλου εκτίμησης κόστους αντιμετώπισης κηλίδας για τα υποθετικά σενάρια του Πίνακα 24.

| | REAL | SCENARIO 1 | SCENARIO 2 |
|---|---------------------|---------------------|--------------------|
| Όνομα Πλοίου | SEA DIAMOND | SEA DIAMOND | SEA DIAMOND |
| C_T (euro) (estimated total response cost),(Μοντέλο) | 8.609,20 | 2.671,82 | 1.441,93 |
| C_{PU} (euro/ton) (response cost per unit) (C_{PU} = C_{PU(G)} * T_i * S_i * L_i * I_i * O_i * M_i * R_i) ,(Μοντέλο) | 4.304.597,98 | 1.335.909,72 | 720.967,15 |

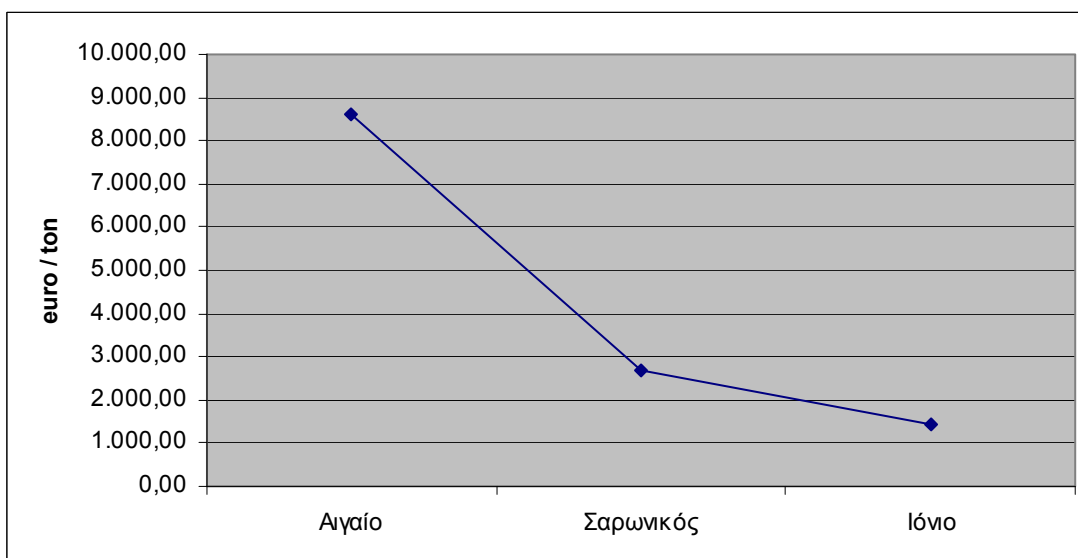
Από τους Πίνακες 23 και 25 παρατηρούμε ότι η αντιμετώπιση του συγκεκριμένων περιστατικών ρύπανσης στο Αιγαίο είναι ακριβότερη από την αντίστοιχη αν τα περιστατικά συμβούν στον Σαρωνικό ή στο Ιόνιο. Το συμπέρασμα αυτό ταυτίζεται με την γενικότερη τάση, η οποία έχει προαναφερθεί και διαπιστωθεί από το μοντέλο εκτίμησης κόστους απορύπανσης, και η οποία θέλει το κόστος καθαρισμού κηλίδων σε περιοχές του Αιγαίου να είναι ιδιαίτερα υψηλό. Ένας λόγος για το γεγονός αυτό, όπως έχουμε εξηγήσει προηγουμένως είναι ότι το Αιγαίο

θεωρείται τουριστική περιοχή και σε αντίθεση με τον Σαρωνικό κόλπο, δεν είναι ιδιαίτερα επιβαρυνμένη με πετρελαιοειδή. Σε τέτοιες περιοχές ακόμη και μία περιορισμένου μεγέθους κηλίδα θα απαιτήσει μια οργανωμένη και εκτεταμένη επιχείρηση αντιμετώπισης, πράγμα που συνεπάγεται και μεγαλύτερο κόστος καθαρισμού.

Τα Σχήματα 30, 31 μας δίνουν μία γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων του μοντέλου για τα σενάρια που αναλύθηκαν.



Σχήμα 30: Αντιπαράθεση πραγματικού περιστατικού ρύπανσης του πλοίου "AFRICA", που συνέβη στο Αιγαίο, με υποθετικά σενάρια (Σαρωνικός – Ιόνιο).



Σχήμα 31: Αντιπαράθεση πραγματικού περιστατικού ρύπανσης του πλοίου "SEA DIAMOND", που συνέβη στο Αιγαίο, με υποθετικά σενάρια (Σαρωνικός – Ιόνιο).

Επίδραση του είδους – χρησιμότητας – χαρακτηρισμού της περιοχής των περιστατικών ρύπανσης των πλοίων “AFRICA” και “SEA DIAMOND” στη διαμόρφωση του κόστους απορύπανσης.

Τα περιστατικά που αναλύονται έλαβαν χώρα σε τουριστικές περιοχές του Αιγαίου και άρα εντάσσονται στην κατηγορία “nearshore”. Πόσο θα κόστιζε η αντιμετώπιση του ίδιων περιστατικών αν αυτά συνέβαιναν μέσα σε λιμάνι ή σε ανοιχτή θάλασσα; Αξίζει να δούμε τις μεταβολές του κόστους απορύπανσης και του κόστους απορύπανσης ανά μονάδα τόνου πετρελαιοειδούς που συλλέγεται κατά την απορύπανση, για τις δύο αυτές υποθετικές περιπτώσεις. Στον Πίνακα 26 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα τόσο του πραγματικού περιστατικού (nearshore) όσο και των δύο υποθετικών σεναρίων (port, offshore), για την περίπτωση του πλοίου “AFRICA”, όπως προέκυψαν πάντα από την εφαρμογή του μοντέλου εκτίμησης του κόστους αντιμετώπισης κηλίδων.

Πίνακας 26: Εφαρμογή του μοντέλου εκτίμησης κόστους αντιμετώπισης κηλίδας για υποθετικά σεναρία του πλοίου “AFRICA”, με μεταβολή του είδους της περιοχής του περιστατικού.

| | REAL | SCENARIO 1 | SCENARIO 2 |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|
| Όνομα Πλοίου | AFRICA | AFRICA | AFRICA |
| $C_{PU(G)}$ (euro/ton) (response cost per unit for Greece) | 23.460,70 | 23.460,70 | 23.460,70 |
| Oil type | Diesel oil | Diesel oil | Diesel oil |
| T_i (oil type modifier) | 0,38 | 0,38 | 0,38 |
| Spill size (tonnes) | 34 | 34 | 34 |
| Category of spill size | 20,1 – 100 tonnes | 20,1 – 100 tonnes | 20,1 – 100 tonnes |
| S_i (spill size modifier) | 0,30 | 0,30 | 0,30 |
| Location | Νήσος Μήλος | Νήσος Μήλος | Νήσος Μήλος |
| Geographic zone | Αιγαίο | Αιγαίο | Αιγαίο |
| L_i (location modifier) | 2,03 | 2,03 | 2,03 |
| Type of location | Τουριστική | Λιμάνι | Ανοιχτή θάλασσα |
| Type of location (category) | Nearshore | Port | Offshore |
| I_i (type of location) | 0,62 | 1,79 | 0,58 |

| | | | |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| modifier) | | | |
| Shoreline oiling (km) | 2 | 2 | 2 |
| Category of shoreline oiling | 1,1 – 2 km | 1,1 – 2 km | 1,1 – 2 km |
| O_i (shoreline oiling modifier) | 0,89 | 0,89 | 0,89 |
| Cleanup methodology | Booms / Pumps / Transfer | Booms / Pumps / Transfer | Booms / Pumps / Transfer |
| Category of cleanup methodology | Mechanical | Mechanical | Mechanical |
| M_i (cleanup methodology modifier) | 1 | 1 | 1 |
| Time of reaction (hours) | 8 | 8 | 8 |
| Category of time of reaction | 6 – 10 hours | 6 – 10 hours | 6 – 10 hours |
| R_i (time of reaction modifier) | 1,07 | 1,07 | 1,07 |
| C_{PU} (euro/ton) (response cost per unit) (C_{PU} = C_{PU(G)} * T_i * S_i * L_i * I_i * O_i * M_i * R_i) | 3.205,59 | 9.254,83 | 2.998,77 |
| A_i (tonnes) (spill amount) | 34 | 34 | 34 |
| C_T (euro) (estimated total response cost) (C_T = C_{PU} * A_i) | 108.989,90 | 314.664,38 | 101.958,29 |

(Σημειώνεται ότι με χρώμα τονίζονται οι υποθέσεις των σεναρίων.)

Τα αποτελέσματα του παραπάνω Πίνακα συνοψίζονται στον ακόλουθο Πίνακα.

Πίνακας 27: Αποτελέσματα του μοντέλου εκτίμησης κόστους αντιμετώπισης κηλίδας για τα υποθετικά σενάρια του Πίνακα 26.

| | REAL | SCENARIO 1 | SCENARIO 2 |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|
| Όνομα Πλοίου | AFRICA | AFRICA | AFRICA |
| C_T (euro) (estimated total response cost),(Μοντέλο) | 108.989,90 | 314.664,38 | 101.958,29 |
| C_{PU} (euro/ton) (response cost per unit) ($C_{PU} = C_{PU(G)} * T_i * S_i * L_i * I_i * O_i * M_i * R_i$),(Μοντέλο) | 3.205,59 | 9.254,83 | 2.998,77 |

Στον Πίνακα 28 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα τόσο του πραγματικού περιστατικού (nearshore) όσο και των δύο υποθετικών σεναρίων (port, offshore), για την περίπτωση του πλοίου "SEA DIAMOND", όπως προέκυψαν πάντα από την εφαρμογή του μοντέλου εκτίμησης του κόστους αντιμετώπισης κηλίδων.

Πίνακας 28: Εφαρμογή του μοντέλου εκτίμησης κόστους αντιμετώπισης κηλίδας για υποθετικά σενάρια του πλοίου "SEA DIAMOND", με μεταβολή του είδους της περιοχής του περιστατικού.

| | REAL | SCENARIO 1 | SCENARIO 2 |
|--|--------------------|--------------------|--------------------|
| Όνομα Πλοίου | SEA DIAMOND | SEA DIAMOND | SEA DIAMOND |
| C_{PU(G)} (euro/ton) (response cost per unit for Greece) | 23.460,70 | 23.460,70 | 23.460,70 |
| Oil type | Fuel oil | Fuel oil | Fuel oil |
| T_i (oil type modifier) | 0,72 | 0,72 | 0,72 |
| Spill size (tonnes) | 500 | 500 | 500 |
| Category of spill size | > 100 tonnes | > 100 tonnes | > 100 tonnes |
| S_i (spill size modifier) | 0,14 | 0,14 | 0,14 |
| Location | Νήσος Σαντορίνη | Νήσος Σαντορίνη | Νήσος Σαντορίνη |
| Geographic zone | Αιγαίο | Αιγαίο | Αιγαίο |
| L_i | 2,03 | 2,03 | 2,03 |

| | | | |
|--|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| (location modifier) | | | |
| Type of location | Τουριστική | Λιμάνι | Ανοιχτή θάλασσα |
| Type of location (category) | Nearshore | Port | Offshore |
| I_i (type of location modifier) | 0,62 | 1,79 | 0,58 |
| Shoreline oiling (km) | 2 | 2 | 2 |
| Category of shoreline oiling | 1,1 – 2 km | 1,1 – 2 km | 1,1 – 2 km |
| O_i (shoreline oiling modifier) | 0,89 | 0,89 | 0,89 |
| Cleanup methodology | Skimmer / Booms / Sorbents | Skimmer / Booms / Sorbents | Skimmer / Booms / Sorbents |
| Category of cleanup methodology | Mechanical | Mechanical | Mechanical |
| M_i (cleanup methodology modifier) | 1 | 1 | 1 |
| Time of reaction (hours) | 12 | 12 | 12 |
| Category of time of reaction | > 10 hours | > 10 hours | > 10 hours |
| R_i (time of reaction modifier) | 3,25 | 3,25 | 3,25 |
| C_{PU} (euro/ton) (response cost per unit) ($C_{PU} = C_{PU(G)} * T_i * S_i * L_i * I_i * O_i * M_i * R_i$) | 8.609,20 | 24.855,58 | 8.053,76 |
| A_i (tonnes) (spill amount) | 500 | 500 | 500 |
| C_T (euro) (estimated total response cost) ($C_T = C_{PU} * A_i$) | 4.304.597,98 | 12.427.790,94 | 4.026.881,98 |

(Σημειώνεται ότι με χρώμα τονίζονται οι υποθέσεις των σεναρίων.)

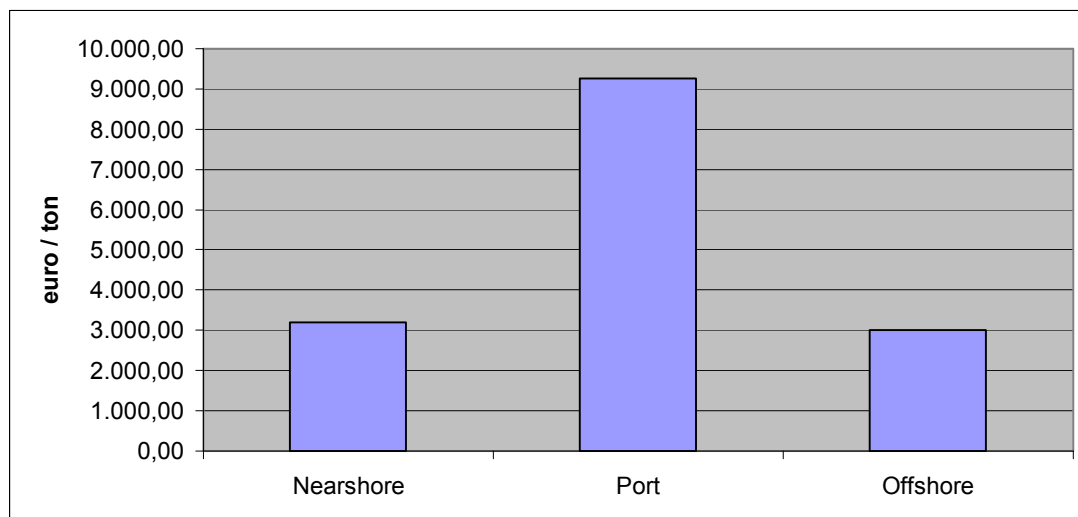
Τα αποτελέσματα του παραπάνω Πίνακα συνοψίζονται στον ακόλουθο Πίνακα.

Πίνακας 29: Αποτελέσματα του μοντέλου εκτίμησης κόστους αντιμετώπισης κηλίδας για τα υποθετικά σενάρια του Πίνακα 28.

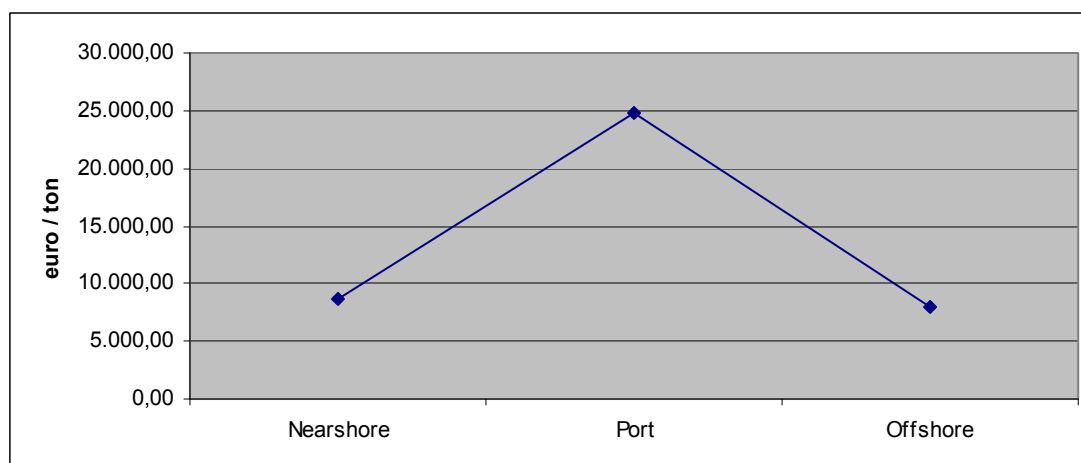
| | REAL | SCENARIO 1 | SCENARIO 2 |
|---|---------------------|----------------------|---------------------|
| Όνομα Πλοίου | SEA DIAMOND | SEA DIAMOND | SEA DIAMOND |
| C_T (euro) (estimated total response cost),(Μοντέλο) | 4.304.597,98 | 12.427.790,94 | 4.026.881,98 |
| C_{PU} (euro/ton) (response cost per unit) (C_{PU} = C_{PU(G)} * T_i * S_i * L_i * I_i * O_i * M_i * R_i) ,(Μοντέλο) | 8.609,20 | 24.855,58 | 8.053,76 |

Το συμπέρασμα που έχει διατυπωθεί σε προηγούμενη ενότητα, ότι κηλίδες που λαμβάνουν χώρα σε τοποθεσίες κοντά σε λιμάνια και ακτές είναι σημαντικά περισσότερο ακριβές, όσον αφορά τον καθαρισμό τους, σε σχέση με αυτές που συμβαίνουν σε ανοιχτές θάλασσες, αποτυπώνεται καθαρά και στα δεδομένα των Πινάκων 27 και 29. Όπως έχει αναλυθεί, η τάση αυτή οφείλεται στις οικονομικές συνέπειες που επιφέρουν οι κηλίδες στις ακτές και στο γεγονός ότι οι απαιτήσεις καθαρισμού των ακτών είναι πολύ υψηλές. Επιπλέον, μία κηλίδα που προκαλείται σε ανοιχτή θάλασσα προσφέρει, θεωρητικά, την επιλογή του να μην γίνει τίποτα ή να γίνουν πολύ λίγα, ως προς την αντιμετώπισή της, εξαιτίας του γεγονότος ότι μπορεί να διαλυθεί από μόνη της χάρη στα θαλάσσια ρεύματα και τις επικρατούσες καιρικές συνθήκες. Αντιθέτως, κηλίδες, που προσεγγίζουν ακτές, οδηγούν σε άμεση και υποχρεωτική κινητοποίηση του μηχανισμού καταπολέμησης, ώστε να αποφευχθούν περαιτέρω καταστροφικές συνέπειες, που τις περισσότερες φορές αφορούν το περιβάλλον.

Τα Σχήματα 32, 33 μας δίνουν μία γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων του μοντέλου για τα σενάρια που αναλύθηκαν.



Σχήμα 32: Αντιπαράθεση πραγματικού περιστατικού ρύπανσης του πλοίου "AFRICA", που συνέβη σε τουριστική περιοχή (nearshore), με υποθετικά σενάρια (port – offshore).



Σχήμα 33: Αντιπαράθεση πραγματικού περιστατικού ρύπανσης του πλοίου "SEA DIAMOND", που συνέβη σε τουριστική περιοχή (nearshore), με υποθετικά σενάρια (port – offshore).

Επίδραση του μήκους της προσβληθείσας ακτής των περιστατικών ρύπανσης των πλοίων "AFRICA" και "SEA DIAMOND" στη διαμόρφωση του κόστους απορύπανσης.

Το περιστατικό του πλοίου "AFRICA", που αναλύεται έφτασε ως τις ακτές της νήσου Μήλου και συγκεκριμένα προκάλεσε τη ρύπανση ακτογραμμής μήκους 2 km. Την ίδια, σε έκταση ακτογραμμής (2 km), ρύπανση προκάλεσε και το πλοίο "SEA DIAMOND", στο νησί της Σαντορίνης. Επιδίωξή μας είναι να μελετήσουμε τις μεταβολές του κόστους απορύπανσης και του κόστους απορύπανσης ανά μονάδα

τόνου πετρελαιοειδούς που συλλέγεται κατά την απορύπανση, για την περίπτωση που τα συγκεκριμένα περιστατικά δεν προσέβαλαν ακτογραμμή και για την περίπτωση που προσέβαλαν 4 km ακτογραμμής. Στον Πίνακα 30 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα τόσο του πραγματικού περιστατικού (2 km) όσο και των δύο υποθετικών σεναρίων (0 km, 4 km), για την περίπτωση του πλοίου "AFRICA", όπως προέκυψαν πάντα από την εφαρμογή του μοντέλου εκτίμησης του κόστους αντιμετώπισης κηλίδων.

Πίνακας 30: Εφαρμογή του μοντέλου εκτίμησης κόστους αντιμετώπισης κηλίδας για υποθετικά σενάρια του πλοίου "AFRICA", με μεταβολή του μήκους της προσβληθείσας ακτής του περιστατικού.

| | REAL | SCENARIO 1 | SCENARIO 2 |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|
| Όνομα Πλοίου | AFRICA | AFRICA | AFRICA |
| $C_{PU(G)}$ (euro/ton) (response cost per unit for Greece) | 23.460,70 | 23.460,70 | 23.460,70 |
| Oil type | Diesel oil | Diesel oil | Diesel oil |
| T_i (oil type modifier) | 0,38 | 0,38 | 0,38 |
| Spill size (tonnes) | 34 | 34 | 34 |
| Category of spill size | 20,1 – 100 tonnes | 20,1 – 100 tonnes | 20,1 – 100 tonnes |
| S_i (spill size modifier) | 0,30 | 0,30 | 0,30 |
| Location | Νήσος Μήλος | Νήσος Μήλος | Νήσος Μήλος |
| Geographic zone | Αιγαίο | Αιγαίο | Αιγαίο |
| L_i (location modifier) | 2,03 | 2,03 | 2,03 |
| Type of location | Τουριστική | Τουριστική | Τουριστική |
| Type of location (category) | Nearshore | Nearshore | Nearshore |
| I_i (type of location modifier) | 0,62 | 0,62 | 0,62 |
| Shoreline oiling (km) | 2 | 0 | 4 |
| Category of shoreline oiling | 1,1 – 2 km | 0 - 1 km | > 2 km |
| O_i (shoreline oiling) | 0,89 | 0,14 | 1,98 |

| | | | |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| modifier) | | | |
| Cleanup methodology | Booms / Pumps / Transfer | Booms / Pumps / Transfer | Booms / Pumps / Transfer |
| Category of cleanup methodology | Mechanical | Mechanical | Mechanical |
| M_i (cleanup methodology modifier) | 1 | 1 | 1 |
| Time of reaction (hours) | 8 | 8 | 8 |
| Category of time of reaction | 6 – 10 hours | 6 – 10 hours | 6 – 10 hours |
| R_i (time of reaction modifier) | 1,07 | 1,07 | 1,07 |
| C_{PU} (euro/ton) (response cost per unit) (C_{PU} = C_{PU(G)} * T_i * S_i * L_i * I_i * O_i * M_i * R_i) | 3.205,59 | 504,25 | 7.131,53 |
| A_i (tonnes) (spill amount) | 34 | 34 | 34 |
| C_T (euro) (estimated total response cost) (C_T = C_{PU} * A_i) | 108.989,90 | 17.144,48 | 242.471,91 |

(Σημειώνεται ότι με χρώμα τονίζονται οι υποθέσεις των σεναρίων.)

Τα αποτελέσματα του παραπάνω Πίνακα συνοψίζονται στον ακόλουθο Πίνακα.

Πίνακας 31: Αποτελέσματα του μοντέλου εκτίμησης κόστους αντιμετώπισης κηλίδας για τα υποθετικά σενάρια του Πίνακα 30.

| | REAL | SCENARIO 1 | SCENARIO 2 |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|
| Όνομα Πλοίου | AFRICA | AFRICA | AFRICA |
| C_T (euro) (estimated total response cost),(Μοντέλο) | 108.989,90 | 17.144,48 | 242.471,91 |

| | | | |
|---|-----------------|---------------|-----------------|
| C_{PU} (euro/ton) (response cost per unit) $(C_{PU} = C_{PU(G)} * T_i * S_i * L_i * I_i * O_i * M_i * R_i)$,(Μοντέλο) | 3.205,59 | 504,25 | 7.131,53 |
|---|-----------------|---------------|-----------------|

Στον Πίνακα 32 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα τόσο του πραγματικού περιστατικού (2 km) όσο και των δύο υποθετικών σεναρίων (0 km, 4 km), για την περίπτωση του πλοίου ‘‘SEA DIAMOND’’, όπως προέκυψαν πάντα από την εφαρμογή του μοντέλου εκτίμησης του κόστους αντιμετώπισης κηλίδων.

Πίνακας 32: Εφαρμογή του μοντέλου εκτίμησης κόστους αντιμετώπισης κηλίδας για υποθετικά σενάρια του πλοίου ‘‘SEA DIAMOND’’, με μεταβολή του μήκους της προσβληθείσας ακτής του περιστατικού.

| | REAL | SCENARIO 1 | SCENARIO 2 |
|--|--------------------|--------------------|--------------------|
| Όνομα Πλοίου | SEA DIAMOND | SEA DIAMOND | SEA DIAMOND |
| $C_{PU(G)}$ (euro/ton) (response cost per unit for Greece) | 23.460,70 | 23.460,70 | 23.460,70 |
| Oil type | Fuel oil | Fuel oil | Fuel oil |
| T_i (oil type modifier) | 0,72 | 0,72 | 0,72 |
| Spill size (tonnes) | 500 | 500 | 500 |
| Category of spill size | > 100 tonnes | > 100 tonnes | > 100 tonnes |
| S_i (spill size modifier) | 0,14 | 0,14 | 0,14 |
| Location | Νήσος Σαντορίνη | Νήσος Σαντορίνη | Νήσος Σαντορίνη |
| Geographic zone | Αιγαίο | Αιγαίο | Αιγαίο |
| L_i (location modifier) | 2,03 | 2,03 | 2,03 |
| Type of location | Τουριστική | Τουριστική | Τουριστική |
| Type of location (category) | Nearshore | Nearshore | Nearshore |
| I_i (type of location | 0,62 | 0,62 | 0,62 |

| | | | |
|--|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| modifier) | | | |
| Shoreline oiling (km) | 2 | 0 | 4 |
| Category of shoreline oiling | 1,1 – 2 km | 0 - 1 km | > 2 km |
| O_i (shoreline oiling modifier) | 0,89 | 0,14 | 1,98 |
| Cleanup methodology | Skimmer / Booms / Sorbents | Skimmer / Booms / Sorbents | Skimmer / Booms / Sorbents |
| Category of cleanup methodology | Mechanical | Mechanical | Mechanical |
| M_i (cleanup methodology modifier) | 1 | 1 | 1 |
| Time of reaction (hours) | 12 | 12 | 12 |
| Category of time of reaction | > 10 hours | > 10 hours | > 10 hours |
| R_i (time of reaction modifier) | 3,25 | 3,25 | 3,25 |
| C_{PU} (euro/ton) (response cost per unit) (C_{PU} = C_{PU(G)} * T_i * S_i * L_i * I_i * O_i * M_i * R_i) | 8.609,20 | 1.354,26 | 19.153,04 |
| A_i (tonnes) (spill amount) | 500 | 500 | 500 |
| C_T (euro) (estimated total response cost) (C_T = C_{PU} * A_i) | 4.304.597,98 | 677.127,77 | 9.576.521,35 |

(Σημειώνεται ότι με χρώμα τονίζονται οι υποθέσεις των σεναρίων.)

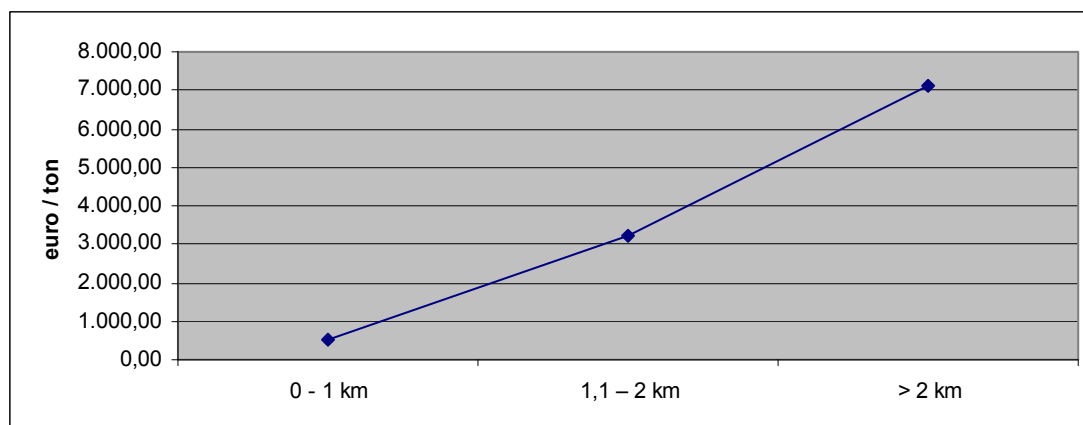
Τα αποτελέσματα του παραπάνω Πίνακα συνοψίζονται στον ακόλουθο Πίνακα.

Πίνακας 33: Αποτελέσματα του μοντέλου εκτίμησης κόστους αντιμετώπισης κηλίδας για τα υποθετικά σενάρια του Πίνακα 32.

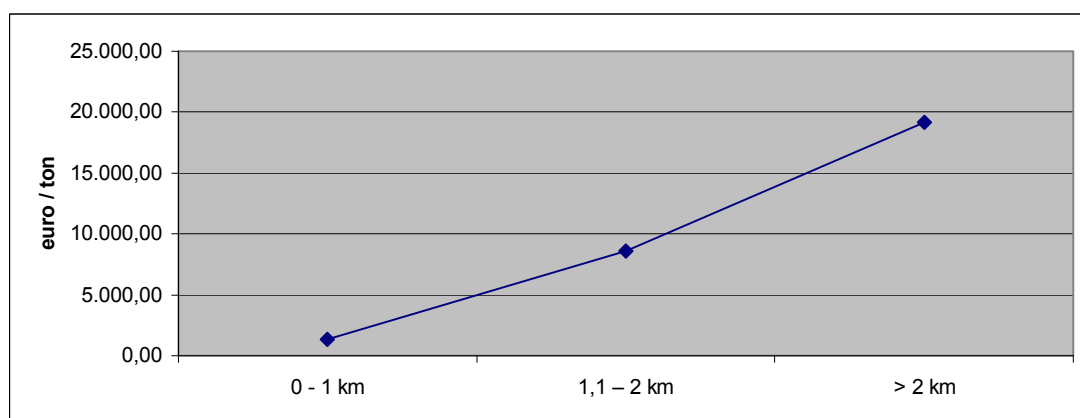
| | REAL | SCENARIO 1 | SCENARIO 2 |
|---|---------------------|--------------------|---------------------|
| Όνομα Πλοίου | SEA DIAMOND | SEA DIAMOND | SEA DIAMOND |
| C_T (euro) (estimated total response cost),(Μοντέλο) | 4.304.597,98 | 677.127,77 | 9.576.521,35 |
| C_{PU} (euro/ton) (response cost per unit) (C_{PU} = C_{PU(G)} * T_i * S_i * L_i * I_i * O_i * M_i * R_i) ,(Μοντέλο) | 8.609,20 | 1.354,26 | 19.153,04 |

Το συμπέρασμα που έχει διατυπωθεί σε προηγούμενη ενότητα, ότι όσο αυξάνεται το μήκος της ακτής που ρυπαίνεται από μία κηλίδα, τόσο ακριβότερη καθίσταται η αντιμετώπιση της, επαληθεύεται και από τα δεδομένα των Πινάκων 31 και 33. Μάλιστα, παρατηρείται από τη σύγκριση του πραγματικού περιστατικού του πλοίου "AFRICA" (2 km) και του σεναρίου 1 (0 km), ότι όντως το κόστος καθαρισμού μόνο των ακτών αντιπροσωπεύει ένα ποσοστό της τάξης του 85 % του ολικού κόστους αντιμετώπισης της κηλίδας. Ειδικότερα στο σενάριο 1, όπου υποθέσαμε ότι δεν είχαμε καθόλου ρύπανση ακτής, το ολικό κόστος αντιμετώπισης της κηλίδας ανήλθε στο ποσό των 17.144 ευρώ. Αντίθετα, το πραγματικό συμβάν, που επηρέασε ακτογραμμή μήκους 2 km, θα κόστιζε να αντιμετωπιστεί το 2007 (έτος βάσης) γύρω στα 108.990 ευρώ. Δηλαδή, αν υποθέσουμε ότι από αυτό το κόστος (108.990 ευρώ), το ποσό των 17.144 ευρώ διατέθηκε για τον καθαρισμό της κηλίδας στη θάλασσα, το υπόλοιπο ποσό (91.846 ευρώ) διατέθηκε για τον καθαρισμό της ακτής. Επομένως, ένα ποσοστό της τάξης του 84 % του ολικού κόστους αντιμετώπισης της κηλίδας αφορά το κόστος το σχετικό με τον καθαρισμό των ακτών και μόνο το υπόλοιπο 16 % αντιπροσωπεύει το κόστος το σχετικό με την αντιμετώπιση της κηλίδας στη θάλασσα. Προφανώς επαληθεύεται και η άποψη της κ. Etkin [2], που θέλει τις διαδικασίες καθαρισμού των ακτών, σε περίπτωση κηλίδας, υπεύθυνες για το 90 – 99 % του ολικού κόστους αντιμετώπισης της κηλίδας.

Τα Σχήματα 34, 35 μας δίνουν μία γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων του μοντέλου για τα σενάρια που αναλύθηκαν.



Σχήμα 34: Αντιπαράθεση πραγματικού περιστατικού ρύπανσης του πλοίου "AFRICA", που προκάλεσε τη ρύπανση ακτογραμμής μήκους 2 km, με υποθετικά σενάρια (0 km – 4 km).



Σχήμα 35: Αντιπαράθεση πραγματικού περιστατικού ρύπανσης του πλοίου "SEA DIAMOND", που προκάλεσε τη ρύπανση ακτογραμμής μήκους 2 km, με υποθετικά σενάρια (0 km – 4 km).

Επίδραση του μεγέθους των περιστατικών ρύπανσης των πλοίων "AFRICA", "GLUECKSBURG" και "SEA DIAMOND" στη διαμόρφωση του κόστους απορύπανσης.

Το περιστατικό του πλοίου "AFRICA" που αναλύεται είχε μέγεθος κηλίδας 34 τόνων. Στην ενότητα αυτή επινοούνται διαφορετικά σενάρια του ίδιου περιστατικού, με μεταβολή του μεγέθους της κηλίδας, έτσι ώστε να μελετηθούν οι μεταβολές στο κόστος απορύπανσης και στο κόστος απορύπανσης ανά μονάδα τόνου πετρελαιοειδούς που συλλέγεται κατά την απορύπανση. Στον Πίνακα 34 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα τόσο του πραγματικού περιστατικού (34 ton) όσο και των τριών υποθετικών σεναρίων (1 ton, 15 ton, 120 ton), όπως προέκυψαν, πάντα, από την εφαρμογή του μοντέλου εκτίμησης του κόστους αντιμετώπισης κηλίδων.

Πίνακας 34: Εφαρμογή του μοντέλου εκτίμησης κόστους αντιμετώπισης κηλίδας για υποθετικά σενάρια του πλοίου "AFRICA", με μεταβολή του μεγέθους (ποσότητα πετρελαιοειδούς) του περιστατικού.

| | REAL | SCENARIO 1 | SCENARIO 2 | SCENARIO 3 |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Όνομα Πλοίου | AFRICA | AFRICA | AFRICA | AFRICA |
| $C_{PU(G)}$ (euro/ton) (response cost per unit for Greece) | 23.460,70 | 23.460,70 | 23.460,70 | 23.460,70 |
| Oil type | Diesel oil | Diesel oil | Diesel oil | Diesel oil |
| T_i (oil type modifier) | 0,38 | 0,38 | 0,38 | 0,38 |
| Spill size (tonnes) | 34 | 1 | 15 | 120 |
| Category of spill size | 20,1 – 100 tonnes | 0 - 5 tonnes | 5,1 – 20 tonnes | > 100 tonnes |
| S_i (spill size modifier) | 0,30 | 3,13 | 0,43 | 0,14 |
| Location | Νήσος Μήλος | Νήσος Μήλος | Νήσος Μήλος | Νήσος Μήλος |
| Geographic zone | Αιγαίο | Αιγαίο | Αιγαίο | Αιγαίο |
| L_i (location modifier) | 2,03 | 2,03 | 2,03 | 2,03 |
| Type of location | Τουριστική | Τουριστική | Τουριστική | Τουριστική |
| Type of location (category) | Nearshore | Nearshore | Nearshore | Nearshore |
| l_i (type of location modifier) | 0,62 | 0,62 | 0,62 | 0,62 |
| Shoreline oiling (km) | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Category of shoreline oiling | 1,1 – 2 km | 1,1 – 2 km | 1,1 – 2 km | 1,1 – 2 km |
| O_i | 0,89 | 0,89 | 0,89 | 0,89 |

Μελέτη του κόστους καταπολέμησης πετρελαιοκηλίδων στον ελλαδικό χώρο 142

| | | | | |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| (shoreline oiling modifier) | | | | |
| Cleanup methodology | Booms / Pumps / Transfer | Booms / Pumps / Transfer | Booms / Pumps / Transfer | Booms / Pumps / Transfer |
| Category of cleanup methodology | Mechanical | Mechanical | Mechanical | Mechanical |
| M_i (cleanup methodology modifier) | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Time of reaction (hours) | 8 | 8 | 8 | 8 |
| Category of time of reaction | 6 – 10 hours | 6 – 10 hours | 6 – 10 hours | 6 – 10 hours |
| R_i (time of reaction modifier) | 1,07 | 1,07 | 1,07 | 1,07 |
| C_{PU} (euro/ton) (response cost per unit) (C_{PU} = C_{PU(G)} * T_i * S_i * L_i * I_i * O_i * M_i * R_i) | 3.205,59 | 33.444,94 | 4.594,67 | 1.495,94 |
| A_i (tonnes) (spill amount) | 34 | 1 | 15 | 120 |
| C_T (euro) (estimated total response cost) (C_T = C_{PU} * A_i) | 108.989,90 | 33.444,94 | 68.920,08 | 179.512,77 |

(Σημειώνεται ότι με χρώμα τονίζονται οι υποθέσεις των σεναρίων.)

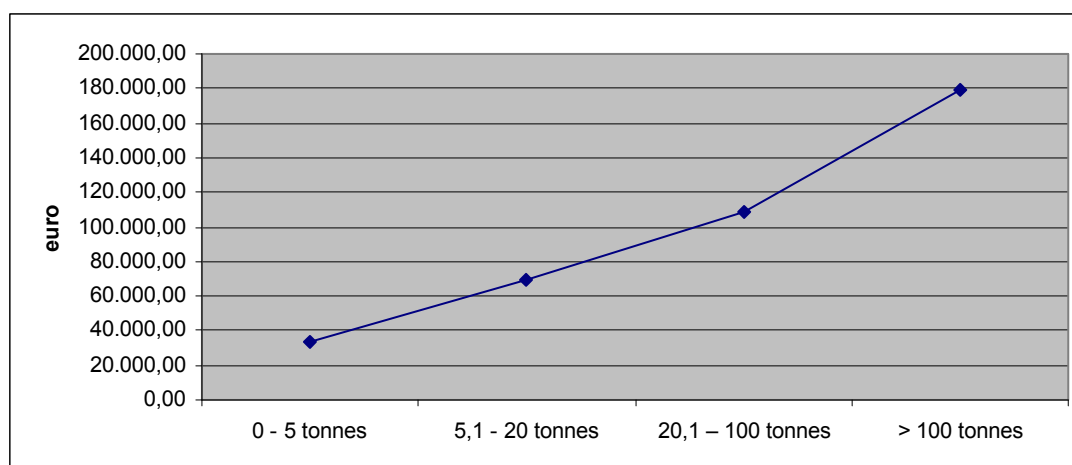
Τα αποτελέσματα του παραπάνω Πίνακα συνοψίζονται στον ακόλουθο Πίνακα.

Πίνακας 35: Αποτελέσματα του μοντέλου εκτίμησης κόστους αντιμετώπισης κηλίδας για τα υποθετικά σενάρια του Πίνακα 34.

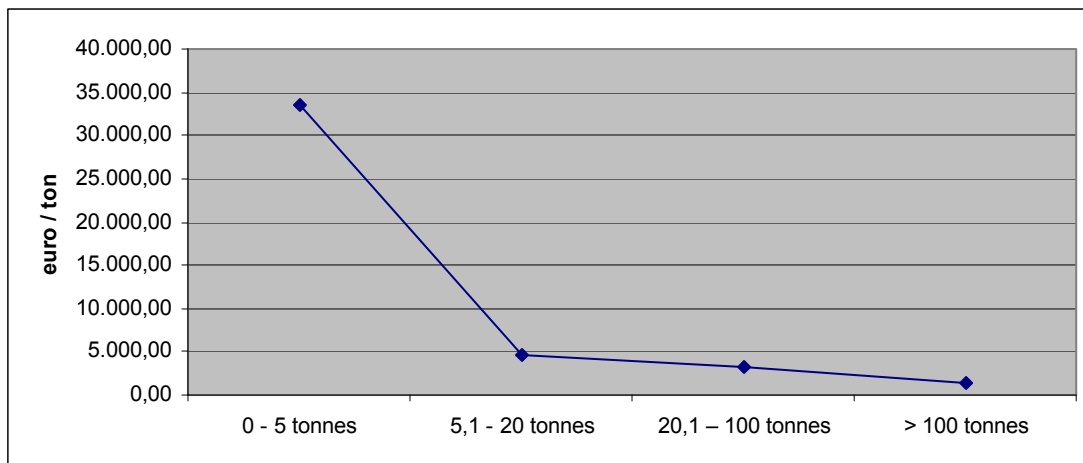
| | REAL | SCENARIO 1 | SCENARIO 2 | SCENARIO 3 |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Όνομα Πλοίου | AFRICA | AFRICA | AFRICA | AFRICA |
| C_T (euro) (estimated total response cost),(Μοντέλο) | 108.989,90 | 33.444,94 | 68.920,08 | 179.512,77 |
| C_{PU} (euro/ton) (response cost per unit) (C _{PU} = C _{PU(G)} * T _i * S _i * L _i * I _i * O _i * M _i * R _i) ,(Μοντέλο) | 3.205,59 | 33.444,94 | 4.594,67 | 1.495,94 |

Από τα δεδομένα του Πίνακα 35, επαληθεύεται ο γενικότερος κανόνας που έχει διατυπωθεί από την κ.Etkin [1], και έχει αναλυθεί σε προηγούμενη παράγραφο της παρούσας εργασίας, όπως μας προέκυψε και από την επεξεργασία της βάσης δεδομένων που διαθέτουμε. Ο κανόνας αυτός θέλει το κόστος απορύπανσης της κηλίδας να αυξάνεται όσο αυξάνεται και η ποσότητα πετρελαιοειδούς που συλλέγεται κατά την απούπανση. Ωστόσο, το κόστος απορύπανσης ανά μονάδα τόνου πετρελαιοειδούς που συλλέγεται κατά την απορύπανση μειώνεται με την αύξηση της ποσότητας πετρελαιοειδούς που συλλέγεται.

Τα Σχήματα 36, 37 μας δίνουν μία γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων του μοντέλου για τα σενάρια που αναλύθηκαν.



Σχήμα 36 (προηγούμενη σελίδα): Αντιπαράθεση πραγματικού περιστατικού ρύπανσης του πλοίου "AFRICA" (34 ton), με υποθετικά σενάρια (1 ton, 15 ton, 120 ton). Μεταβολή του κόστους απορύπανσης της κηλίδας.



Σχήμα 37: Αντιπαράθεση πραγματικού περιστατικού ρύπανσης του πλοίου "AFRICA" (34 ton), με υποθετικά σενάρια (1 ton, 15 ton, 120 ton). Μεταβολή του κόστους απορύπανσης της κηλίδας ανά μονάδα τόνου πετρελαιοειδούς που συλλέγεται κατά την απορύπανση.

Κατόπιν γίνεται η ανάλυση της συμπεριφοράς του μοντέλου, όταν μεταβάλλεται ο ίδιος παράγοντας (μέγεθος κηλίδας), και για τα άλλα δύο περιστατικά ρύπανσης, με τα οποία είχαμε ασχοληθεί σε προηγούμενη ενότητα. Τα αποτελέσματα για την περίπτωση του πλοίου "GLUECKSBURG" παρουσιάζονται στον Πίνακα 36, ενώ για την περίπτωση του πλοίου "SEA DIAMOND" παρουσιάζονται στον Πίνακα 37.

Πίνακας 36: Εφαρμογή του μοντέλου εκτίμησης κόστους αντιμετώπισης κηλίδας για υποθετικά σενάρια του πλοίου "GLUECKSBURG", με μεταβολή του μεγέθους (ποσότητα πετρελαιοειδούς) του περιστατικού.

| | REAL | SCENARIO 1 | SCENARIO 2 | SCENARIO 3 |
|---|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Όνομα Πλοίου | GLUECKSBURG | GLUECKSBURG | GLUECKSBURG | GLUECKSBURG |
| C_{PU(G)} (euro/ton) (response cost per unit for Greece) | 23.460,70 | 23.460,70 | 23.460,70 | 23.460,70 |
| Oil type | Fuel oil | Fuel oil | Fuel oil | Fuel oil |
| T_i (oil type) | 0,72 | 0,72 | 0,72 | 0,72 |

Μελέτη του κόστους καταπολέμησης πετρελαιοκηλίδων στον ελλαδικό χώρο 145

| | | | | |
|--|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| modifier) | | | | |
| Spill size (tonnes) | 0,60 | 10 | 60 | 200 |
| Category of spill size | 0 – 5 tonnes | 5,1 – 20 tonnes | 20,1 – 100 tonnes | > 100 tonnes |
| S_i (spill size modifier) | 3,13 | 0,43 | 0,30 | 0,14 |
| Location | Λεμεσός | Λεμεσός | Λεμεσός | Λεμεσός |
| Geographic zone | Αιγαίο | Αιγαίο | Αιγαίο | Αιγαίο |
| L_i (location modifier) | 2,03 | 2,03 | 2,03 | 2,03 |
| Type of location | Λιμάνι | Λιμάνι | Λιμάνι | Λιμάνι |
| Type of location (category) | Port | Port | Port | Port |
| l_i (type of location modifier) | 1,79 | 1,79 | 1,79 | 1,79 |
| Shoreline oiling (km) | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Category of shoreline oiling | 1,1 – 2 km | 1,1 – 2 km | 1,1 – 2 km | 1,1 – 2 km |
| O_i (shoreline oiling modifier) | 0,89 | 0,89 | 0,89 | 0,89 |
| Cleanup methodology | Skimmer / Sorbents | Skimmer / Sorbents | Skimmer / Sorbents | Skimmer / Sorbents |
| Category of cleanup methodology | Mechanical | Mechanical | Mechanical | Mechanical |
| M_i (cleanup methodology) | 1 | 1 | 1 | 1 |

Μελέτη του κόστους καταπολέμησης πετρελαιοκηλίδων στον ελλαδικό χώρο 146

| | | | | |
|--|------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| modifier) | | | | |
| Time of reaction (hours) | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Category of time of reaction | 1 – 2,9 hours | 1 – 2,9 hours | 1 – 2,9 hours | 1 – 2,9 hours |
| R_i (time of reaction modifier) | 0,21 | 0,21 | 0,21 | 0,21 |
| C_{PU} (euro/ton) (response cost per unit) (C_{PU} = C_{PU(G)} * T_i * S_i * L_i * I_i * O_i * M_i * R_i) | 35.906,76 | 4.932,88 | 3.441,54 | 1.606,05 |
| A_i (tonnes) (spill amount) | 0,60 | 10 | 60 | 200 |
| C_T (euro) (estimated total response cost) (C_T = C_{PU} * A_i) | 21.544,05 | 49.328,77 | 206.492,53 | 321.210,60 |

(Σημειώνεται ότι με χρώμα τονίζονται οι υποθέσεις των σεναρίων.)

Πίνακας 37: Εφαρμογή του μοντέλου εκτίμησης κόστους αντιμετώπισης κηλίδας για υποθετικά σενάρια του πλοίου "SEA DIAMOND", με μεταβολή του μεγέθους (ποσότητα πετρελαιοειδούς) του περιστατικού.

| | REAL | SCENARIO 1 | SCENARIO 2 | SCENARIO 3 |
|---|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Όνομα Πλοίου | SEA DIAMOND | SEA DIAMOND | SEA DIAMOND | SEA DIAMOND |
| C_{PU(G)} (euro/ton) (response cost per unit for Greece) | 23.460,70 | 23.460,70 | 23.460,70 | 23.460,70 |
| Oil type | Fuel oil | Fuel oil | Fuel oil | Fuel oil |

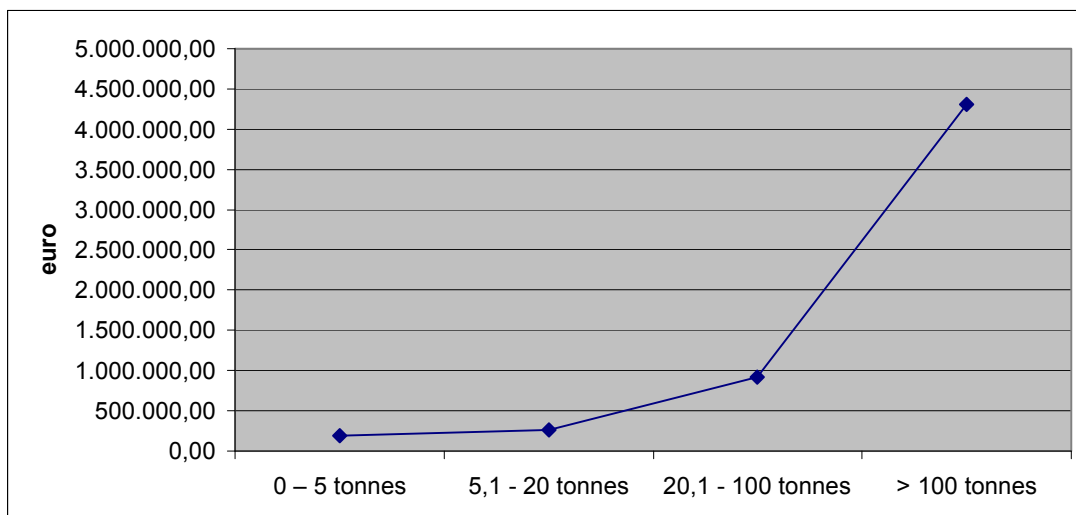
Μελέτη του κόστους καταπολέμησης πετρελαιοκηλίδων στον ελλαδικό χώρο 147

| | | | | |
|---|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| T_i (oil type modifier) | 0,72 | 0,72 | 0,72 | 0,72 |
| Spill size (tonnes) | 500 | 1 | 10 | 50 |
| Category of spill size | > 100 tonnes | 0 – 5 tonnes | 5,1 - 20 tonnes | 20,1 - 100 tonnes |
| S_i (spill size modifier) | 0,14 | 3,13 | 0,43 | 0,30 |
| Location | Νήσος Σαντορίνη | Νήσος Σαντορίνη | Νήσος Σαντορίνη | Νήσος Σαντορίνη |
| Geographic zone | Αιγαίο | Αιγαίο | Αιγαίο | Αιγαίο |
| L_i (location modifier) | 2,03 | 2,03 | 2,03 | 2,03 |
| Type of location | Τουριστική | Τουριστική | Τουριστική | Τουριστική |
| Type of location (category) | Nearshore | Nearshore | Nearshore | Nearshore |
| l_i (type of location modifier) | 0,62 | 0,62 | 0,62 | 0,62 |
| Shoreline oiling (km) | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Category of shoreline oiling | 1,1 – 2 km | 1,1 – 2 km | 1,1 – 2 km | 1,1 – 2 km |
| O_i (shoreline oiling modifier) | 0,89 | 0,89 | 0,89 | 0,89 |
| Cleanup methodology | Skimmer / Booms / Sorbents | Skimmer / Booms / Sorbents | Skimmer / Booms / Sorbents | Skimmer / Booms / Sorbents |
| Category of cleanup methodology | Mechanical | Mechanical | Mechanical | Mechanical |
| M_i | 1 | 1 | 1 | 1 |

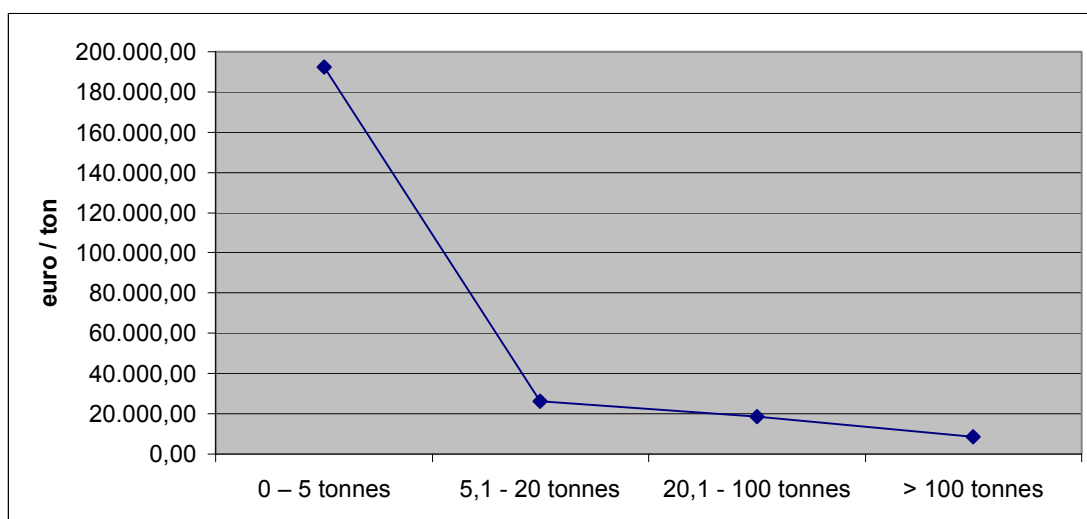
| | | | | |
|--|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| (cleanup methodology modifier) | | | | |
| Time of reaction (hours) | 12 | 12 | 12 | 12 |
| Category of time of reaction | > 10 hours | > 10 hours | > 10 hours | > 10 hours |
| R_i (time of reaction modifier) | 3,25 | 3,25 | 3,25 | 3,25 |
| C_{PU} (euro/ton) (response cost per unit) (C_{PU} = C_{PU(G)} * T_i * S_i * L_i * I_i * O_i * M_i * R_i) | 8.609,20 | 192.477,02 | 26.442,53 | 18.448,28 |
| A_i (tonnes) (spill amount) | 500 | 1 | 10 | 50 |
| C_T (euro) (estimated total response cost) (C_T = C_{PU} * A_i) | 4.304.597,98 | 192.477,02 | 264.425,30 | 922.413,85 |

(Σημειώνεται ότι με χρώμα τονίζονται οι υποθέσεις των σεναρίων.)

Τα Σχήματα 38, 39 μας δίνουν μία γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων του μοντέλου για τα σεναρία που αναλύθηκαν, για την περίπτωση του πλοίου "SEA DIAMOND".



Σχήμα 38: Αντιπαράθεση πραγματικού περιστατικού ρύπανσης του πλοίου “SEA DIAMOND” (500 ton), με υποθετικά σενάρια (1 ton, 10 ton, 50 ton). Μεταβολή του κόστους απορύπανσης της κηλίδας.



Σχήμα 39: Αντιπαράθεση πραγματικού περιστατικού ρύπανσης του πλοίου “SEA DIAMOND” (500 ton), με υποθετικά σενάρια (1 ton, 10 ton, 50 ton). Μεταβολή του κόστους απορύπανσης της κηλίδας ανά μονάδα τόνου πετρελαιοειδούς που συλλέγεται κατά την απορύπανση.

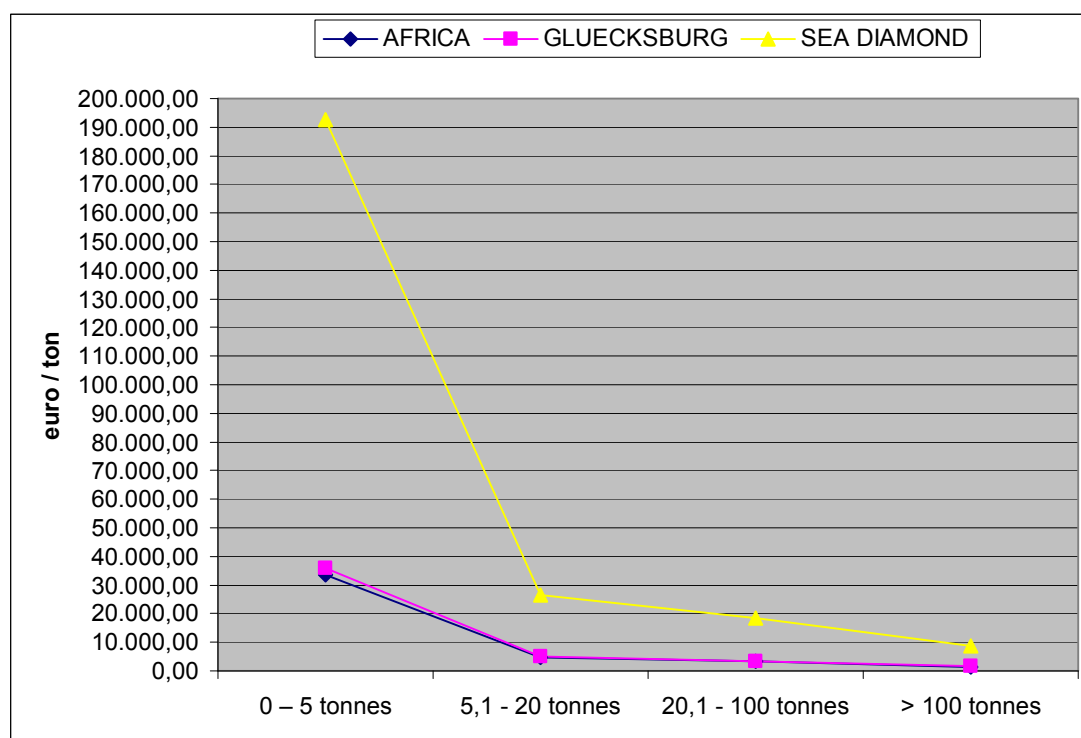
Ο Πίνακας 38 συνοψίζει, για τα τρία περιστατικά ρύπανσης που εξετάσαμε, τις τιμές κόστους απορύπανσης ανά μονάδα τόνου συλλεχθέντος πετρελαιοειδούς κατά την απορύπανση, όπως αυτές προέκυψαν από την εφαρμογή του μοντέλου εκτίμησης του κόστους αντιμετώπισης κηλίδας.

Πίνακας 38: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα του μοντέλου εκτίμησης κόστους αντιμετώπισης κηλίδας για τα υποθετικά σενάρια που αναλύθηκαν με μεταβολή του μεγέθους της κηλίδας.

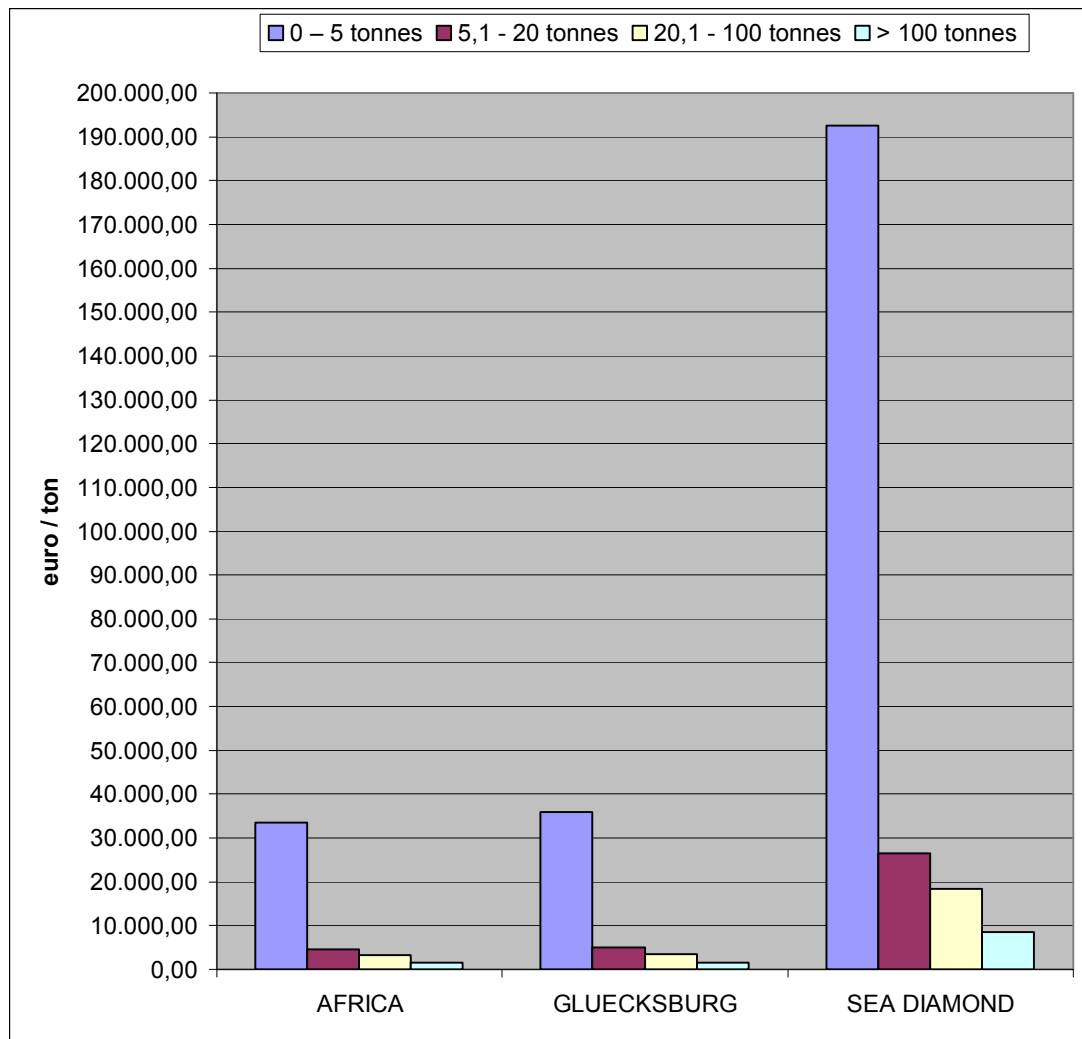
| | 0 – 5 tonnes | 5,1 – 20 tonnes | 20,1 – 100 tonnes | > 100 tonnes |
|--------------------|--------------|-----------------|-------------------|--------------|
| AFRICA | 33.444,94 | 4.594,67 | 3.205,59 | 1.495,94 |
| GLUECKSBURG | 35.906,76 | 4.932,88 | 3.441,54 | 1.606,05 |
| SEA DIAMOND | 192.477,02 | 26.442,53 | 18.448,28 | 8.609,20 |

(Με κόκκινο χρώμα σημειώνονται οι τιμές των πραγματικών περιστατικών, όπως υπολογίστηκαν από το μοντέλο εκτίμησης κόστους αντιμετώπισης κηλίδας. Όλες οι άλλες τιμές αφορούν τα υποθετικά σενάρια των περιστατικών.)

Τα Σχήματα 40, 41 δίνουν την γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων του μοντέλου εκτίμησης του κόστους απορύπανσης κηλίδας για τα τρία περιστατικά ρύπανσης στα οποία εφαρμόστηκε.



Σχήμα 40: Μεταβολή του κόστους απορύπανσης της κηλίδας ανά μονάδα τόνου πετρελαιοειδούς που συλλέγεται κατά την απορύπανση. Απεικόνιση των αποτελεσμάτων του μοντέλου εκτίμησης κόστους αντιμετώπισης κηλίδας για τα διάφορα σενάρια στα οποία εφαρμόστηκε.



Σχήμα 41: Μεταβολή του κόστους απορύπανσης της κηλίδας ανά μονάδα τόνου πετρελαιοειδούς που συλλέγεται κατά την απορύπανση. Απεικόνιση των αποτελεσμάτων του μοντέλου εκτίμησης κόστους αντιμετώπισης κηλίδας για τα διάφορα σενάρια στα οποία εφαρμόστηκε.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

**ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ, ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΟΚΙΜΗ ΝΕΥΡΩΝΙΚΟΥ
ΔΙΚΤΥΟΥ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ
ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΗΛΙΔΩΝ ΣΤΟΝ ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ**

6.1 Εισαγωγή

Τα νευρωνικά δίκτυα αποτελούν μία σχετικά νέα περιοχή στις φυσικές επιστήμες, καθώς έχουν γίνει γνωστά και έχουν αναπτυχθεί σε διεθνές επίπεδο μόνο κατά τις τελευταίες δεκαετίες. Το κύριο χαρακτηριστικό τους είναι ότι οι πρώτες αρχές και λειτουργίες τους βασίζονται και εμπνέονται από το νευρικό σύστημα των ζώντων οργανισμών, αλλά η μελέτη και η χρήση τους έχει προχωρήσει πολύ πέρα από τους βιολογικούς οργανισμούς. Σήμερα τα νευρωνικά δίκτυα χρησιμοποιούνται για να λύσουν κάθε είδους προβλήματα με ηλεκτρονικό υπολογιστή. Η φιλοσοφία τους όμως είναι διαφορετική από αυτή των ηλεκτρονικών υπολογιστών. Η λειτουργία τους προσπαθεί να συνδυάσει τον τρόπο σκέψης του ανθρώπινου εγκεφάλου με τον αφηρημένο μαθηματικό τρόπο σκέψης.

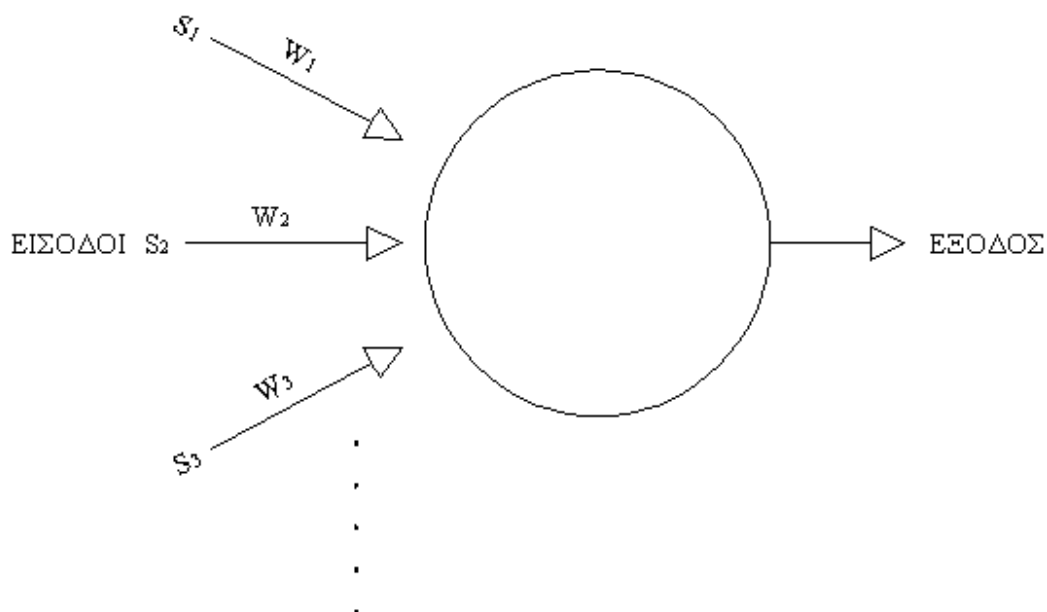
Όπως προαναφέρθηκε, η έμπνευση για τα νευρωνικά δίκτυα ξεκινά από την βιολογία. Όλοι οι ζώντες οργανισμοί διαθέτουν ένα νευρικό σύστημα το οποίο είναι υπεύθυνο για μία πλειάδα από εργασίες, όπως είναι η επαφή με τον εξωτερικό κόσμο, η μάθηση και η μνήμη. Το νευρικό σύστημα αυτών των οργανισμών αποτελείται από πολλά νευρωνικά δίκτυα που εξειδικεύονται σε αυτές τις διεργασίες. Η κεντρική μονάδα του νευρικού συστήματος είναι ο εγκέφαλος ο οποίος αποτελείται επίσης από νευρωνικά δίκτυα. Κάθε νευρωνικό δίκτυο αποτελείται από ένα αριθμό μονάδων, που λέγονται νευρώνες ή νευρώνια. Ο νευρώνας αποτελεί μία ανεξάρτητη μονάδα του δικτύου. Ο ρόλος του είναι να επεξεργάζεται συνεχώς και ασταμάτητα πληροφορίες, λαμβάνοντας και στέλλοντας σήματα σε άλλους νευρώνες. Τα νευρωνικά δίκτυα των ζώντων οργανισμών ονομάζονται βιολογικά νευρωνικά δίκτυα.

Οι διεργασίες που επιτελούνται από τα βιολογικά νευρωνικά δίκτυα είναι συνάμα περίπλοκες αλλά και τόσο χρήσιμες στην καθημερινή ζωή του ανθρώπου. Μερικές από αυτές είναι εργασίες ρουτίνας για τον ανθρώπινο εγκέφαλο, όπως η αναγνώριση μίας εικόνας ή μίας φωνής. Τέτοιες όμως εργασίες που το μυαλό πραγματοποιεί με μεγάλη ευκολία, οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές δεν μπορούν να τις διατελέσουν, παρότι είναι πολύ πιο γρήγοροι από τον ανθρώπινο εγκέφαλο. Το γεγονός αυτό οφείλεται στη διαφορετική δομή των υπολογιστών από αυτή του μυαλού. Το ερώτημα που τίθεται είναι λογικό: είναι δυνατή η κατασκευή ενός υπολογιστή με δομή παρόμοια με αυτή του εγκεφάλου, έτσι ώστε να πετύχουμε αυτό που θέλουμε; Αυτό έχει οδηγήσει στο να γίνουν κάποιες σκέψεις μήπως είναι εφικτό να δημιουργηθούν κάποια μοντέλα του νευρωνικού συστήματος του ανθρώπου, τα οποία θα περιέχουν όλα τα χαρακτηριστικά που είναι γνωστά μέχρι σήμερα και τα οποία θα μπορούσαν από μόνα τους να επιτελέσουν τις εργασίες αυτές, με τον ίδιο τρόπο που γίνονται στα βιολογικά νευρωνικά δίκτυα. Τα δίκτυα αυτά ονομάζονται τεχνητά νευρωνικά δίκτυα (artificial neural networks, ANN). Η βασική διαφορά από

τα βιολογικά δίκτυα είναι ότι τα συγκεκριμένα δίκτυα παίρνουν γνώσεις (μαθαίνουν) με την εξάσκηση και την εμπειρία, όπως και οι άνθρωποι άλλωστε, αλλά διαφέρουν στο ότι δεν ακολουθούν ορισμένους προκαθορισμένους κανόνες, που είναι χαρακτηριστικό των υπολογιστών.

6.1.1 Ένα απλό νευρωνικό δίκτυο

Ένα νευρωνικό δίκτυο αποτελείται από ένα αριθμό στοιχείων, τους νευρώνες. Σε κάθε νευρώνα καταφθάνει ένας αριθμός σημάτων, τα οποία έρχονται σαν είσοδος σε αυτόν. Ο νευρώνας έχει μερικές πιθανές καταστάσεις στις οποίες μπορεί να βρεθεί η εσωτερική του δομή που δέχεται τα σήματα εισόδου και, τέλος, έχει μία μόνο έξοδο, η οποία είναι συνάρτηση των σημάτων εισόδου (Σχήμα 42). Κάθε σήμα που μεταδίδεται από ένα νευρώνα σε έναν άλλο μέσα στο νευρωνικό δίκτυο συνδέεται με την τιμή βάρους w , και η οποία υποδηλώνει πόσο στενά είναι συνδεδεμένοι οι δύο νευρώνες που συνδέονται με το βάρος αυτό. Ουσιαστικά το βάρος φανερώνει πόσο σημαντική είναι η συνεισφορά του συγκεκριμένου σήματος στη διαμόρφωση της δομής του δικτύου για τους δύο νευρώνες τους οποίους συνδέει. Όταν το w είναι μεγάλο (μικρό), τότε η συνεισφορά του σήματος είναι μεγάλη (μικρή).



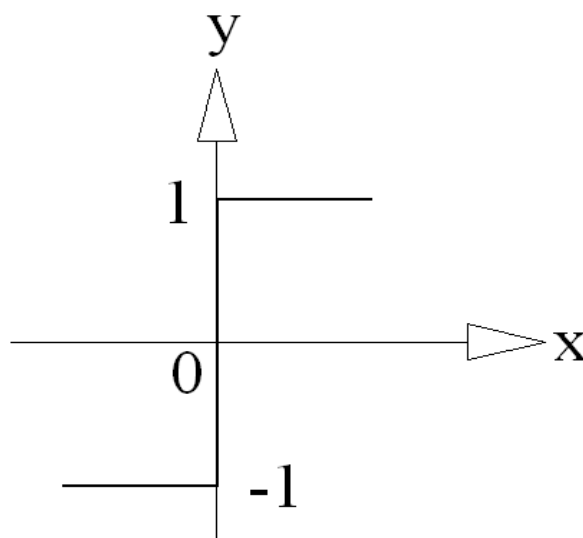
Σχήμα 42: Ένας νευρώνας (κύκλος) με πολλές εισόδους (S_1, S_2, S_3, \dots), αντίστοιχα βάρη (W_1, W_2, W_3, \dots) και μία έξοδο.

6.1.2 Μετάδοση του σήματος μέσα στο νευρωνικό δίκτυο

Η διαδικασία μετάδοσης του σήματος από νευρώνα σε νευρώνα γίνεται με τον ακόλουθο τρόπο: όλα τα σήματα που φθάνουν σε έναν νευρώνα μαζεύονται (αθροίζονται), υπόκεινται σε μία διαδικασία, παράγεται ως αποτέλεσμα της διαδικασίας μία έξοδος και αυτό είναι το σήμα το οποίο μεταδίδεται περαιτέρω στους επόμενους νευρώνες. Ο τρόπος αυτός αποτελεί το γενικό κανόνα, όμως υπάρχουν ειδικότερα δύο διαδικασίες μετάδοσης.

Η πρώτη είναι δυαδική. Στην περίπτωση αυτή ένας νευρώνας μπορεί να βρεθεί σε μία από δύο δυνατές καταστάσεις: να είναι ενεργός ή να είναι αδρανής. Όταν ένας νευρώνας δέχεται διάφορα σήματα, τότε υπολογίζει μία ποσότητα x από όλα τα δεδομένα που έχει και συγκρίνει την τιμή της ποσότητας αυτής με μία τιμή κατωφλίου, θ , η οποία είναι χαρακτηριστική και ορισμένη από την αρχή για τον νευρώνα αυτόν. Αν η τιμή της ποσότητας αυτής είναι μεγαλύτερη από την τιμή κατωφλίου, τότε λέμε ότι ο νευρώνας ενεργοποιείται. Αν είναι μικρότερη, τότε ο νευρώνας παραμένει αδρανής, δηλαδή δεν μεταδίδει κανένα σήμα περαιτέρω στο δίκτυο. Επειδή ο νευρώνας εδώ δρα ως δυαδικό στοιχείο, γι αυτό η έξοδος του, $f(x)$ (1.1), θα είναι 1 όταν είναι ενεργοποιημένος και 0 όταν είναι αδρανής:

$$f(x) = \begin{cases} 1, & x > \theta \\ 0, & x < \theta \end{cases} \quad (1.1)$$



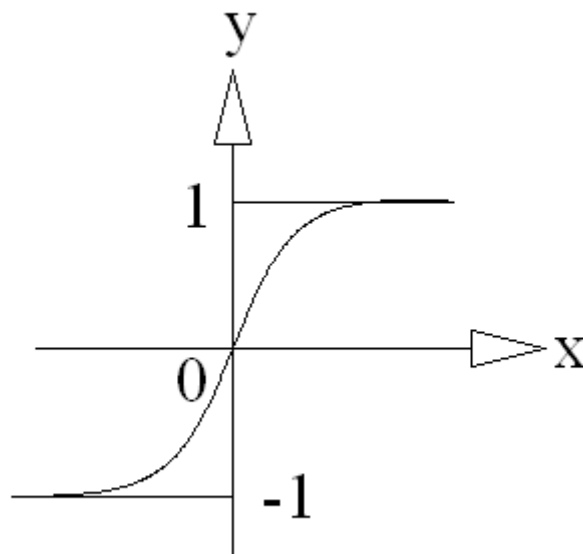
Σχήμα 43: Συνάρτηση κατωφλίου.

Στην δεύτερη διαδικασία μετάδοσης δεν υπάρχει χαρακτηριστική τιμή κατωφλίου με την οποία γίνεται η σύγκριση της συνάρτησης $f(x)$. Η συγκεκριμένη

συνάρτηση έχει τώρα μία ειδική μορφή. Χρησιμοποιούμε όλες τις τιμές των εισόδων και τις τιμές των βαρών, w , και υπολογίζουμε αριθμητικά την $f(x)$. Ένα παράδειγμα μορφής της συνάρτησης αυτής είναι το εξής:

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (1.2)$$

Η συνάρτηση (1.2) λέγεται σιγμοειδής συνάρτηση, είναι η πιο ευρύτατα χρησιμοποιούμενη συνάρτηση και φαίνεται στο Σχήμα 44.



Σχήμα 44: Σιγμοειδής συνάρτηση.

Η γενική ονομασία της συνάρτησης $f(x)$ είναι συνάρτηση μεταφοράς (transfer function), ή συνάρτηση ενεργοποίησης (activation function). Το κοινό χαρακτηριστικό που έχουν αυτές οι συναρτήσεις είναι ότι πρέπει να είναι πάντοτε μη γραμμικές. Δεν αρκούν γραμμικές συναρτήσεις, γιατί τότε η έξοδος θα ήταν ευθέως ανάλογη με την είσοδο, κάτι που δεν μπορεί να συμβεί στα νευρωνικά δίκτυα.

6.1.3 Τρόποι εκπαίδευσης νευρωνικών δικτύων

Ο πρωταρχικός σκοπός της λειτουργίας ενός τεχνητού νευρωνικού δικτύου είναι να είναι σε θέση να λύνει από μόνο του συγκεκριμένα προβλήματα που του παρουσιάζουμε. Προκειμένου όμως να επιτευχθεί αυτό, πρέπει το νευρωνικό δίκτυο να εκπαιδευθεί κατάλληλα. Αυτό είναι και το βασικό χαρακτηριστικό γνώρισμα των νευρωνικών δικτύων, ότι δηλαδή μαθαίνουν ή εκπαιδεύονται.

Τι εννοούμε όμως όταν λέμε ότι ένα νευρωνικό δίκτυο εκπαιδεύεται; Τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα δέχονται ορισμένες εισόδους (inputs) και αντίστοιχα δίνουν ορισμένες εξόδους (outputs). Όταν λέμε εισόδους / εξόδους εννοούμε ότι παρουσιάζουμε στο δίκτυο κάποια σήματα τα οποία έχουν αριθμητικές τιμές. Οι αριθμοί αυτοί που δίνονται στην είσοδο του δικτύου αποτελούν κάποιο πρότυπο. Για ένα πρόβλημα μπορεί να απαιτούνται πολλά πρότυπα. Σε κάθε πρότυπο αντιστοιχεί και μία σωστή απάντηση, η οποία είναι το σήμα που πρέπει να πάρουμε στην έξοδο ή αλλιώς ο στόχος. Η εκπαίδευση πραγματοποιείται με το να παρουσιάσουμε μία ομάδα από τέτοια πρότυπα στο δίκτυο, αντιπροσωπευτικά ή παρόμοια με αυτά που θέλουμε να μάθει το δίκτυο. Αυτό σημαίνει ότι δίνουμε στο δίκτυο ως εισόδους κάποια πρότυπα για τα οποία ξέρουμε ποια πρέπει να είναι η έξοδος στο δίκτυο, ξέρουμε δηλαδή ποιος είναι ο στόχος, τι πρέπει να δίνει το δίκτυο ως απάντηση στα πρότυπα που του παρουσιάζουμε. Ουσιαστικά είναι σαν να δίνουμε στο δίκτυο μία ερώτηση και ακολούθως να του δίνουμε την απάντηση που αντιστοιχεί. Το δίκτυο χρησιμοποιεί την κατάλληλη συνάρτηση μεταφοράς $f(x)$ για να μεταδίδει το σήμα σε όλη τη δομή του, από την είσοδο ως την έξοδο. Κατά τη διάρκεια της εκπαίδευσης το μόνο πράγμα που αλλάζει είναι οι τιμές των βαρών των συνδέσεων των νευρώνων. Το δίκτυο με τα δεδομένα αυτά τροποποιεί την εσωτερική του δομή ώστε να μπορεί να κάνει την ίδια αντιστοιχία που του δώσαμε εμείς. Ενώ αρχικά ξεκινάει με τιμές στα βάρη w που είναι τυχαίες, κατά τη διάρκεια της εκπαίδευσης μεταβάλλει τις τιμές αυτές, μέχρι να εκπαιδευθεί πλήρως. Ακολούθως, αφού βρει τη σωστή εσωτερική του δομή, τότε θα μπορεί να λύνει και άλλα ανάλογα προβλήματα τα οποία δεν τα έχει δει προηγουμένως, δηλαδή δεν έχει εκπαιδευθεί στα πρότυπα των προβλημάτων αυτών. Οποσδήποτε όμως, θα πρέπει τα προβλήματα αυτά να είναι της ίδιας φύσης και των ίδιων χαρακτηριστικών όπως αυτά της εκπαίδευσης και όχι διαφορετικά.

Υπάρχουν δύο τρόποι με τους οποίους πραγματοποιούνται οι αλλαγές στα βάρη, κατά τη διάρκεια της εκπαίδευσης ενός δικτύου. Ο ένας τρόπος είναι η εποπτευόμενη μάθηση και ο άλλος η μη εποπτευόμενη μάθηση.

Η εποπτευόμενη μάθηση είναι ο πιο διαδεδομένος τρόπος στην εκπαίδευση των νευρωνικών δικτύων. Αρχικά δίνουμε τις τιμές των εισόδων και των στόχων που πρέπει να μάθει το δίκτυο, δηλαδή παρουσιάζουμε τα πρότυπα στο δίκτυο. Ξεκινούμε με τυχαίες τιμές στα βάρη w . Κατά τη διαδικασία εκπαίδευσης το δίκτυο αλλάζει τις τιμές των βαρών διορθώνοντας αυτές ανάλογα με το σφάλμα που παίρνουμε. Σαν σφάλμα νοείται η διαφορά από τον στόχο. Ο σκοπός μας εδώ είναι τελικά να ελαχιστοποιήσουμε τη διαφορά (το σφάλμα) μεταξύ της επιθυμητής εξόδου και της τρέχουσας τιμής της εξόδου μετά από διαδοχικές αλλαγές των βαρών (ανακυκλώσεις διορθώσεων). Μερικές φορές η διαδικασία αυτή μπορεί να απαιτεί μεγάλους αριθμούς διορθώσεων και επομένως μεγάλους υπολογιστικούς χρόνους.

Στην μη εποπτευόμενη εκπαίδευση απλώς δίνουμε την πληροφορία στο δίκτυο, αλλά δεν δίνουμε αντίστοιχους στόχους όπως προηγουμένως και έτσι δε γίνεται κανένας έλεγχος ή σύγκριση για την πορεία του σφάλματος. Το δίκτυο δε χρησιμοποιεί κάποια εξωτερική παράμετρο για την αλλαγή των βαρών. Χρησιμοποιεί έναν εσωτερικό έλεγχο, ψάχνει να βρει κάποιες τάσεις ή κανονικότητα στα σήματα εισόδου και προσπαθεί ώστε οι έξοδοι να έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά όπως και οι εισοδοί. Λέμε ότι έτσι έχουμε αυτό-εποπτευόμενη εκπαίδευση διότι το δίκτυο ελέγχει τον εαυτό του και διορθώνει τα σφάλματα στα δεδομένα με ένα μηχανισμό ανάδρασης. Ο τρόπος αυτός δε συναντάται τόσο συχνά όπως η εποπτευόμενη μάθηση και δεν είναι απόλυτα κατανοητός, αλλά είναι πολύ χρήσιμος σε ορισμένες καταστάσεις που δεν υπάρχουν δεδομένα στο πρόβλημα.

Σε όλες τις περιπτώσεις όταν το σύστημα σταματάει να αλλάζει τις τιμές των βαρών, τότε θεωρούμε ότι η εκπαίδευση έχει επιτευχθεί. Αυτό συμβαίνει επειδή το λάθος στην έξοδο γίνεται μηδέν ή είναι πολύ κοντά στο μηδέν.

6.1.4 Σύγχρονες εφαρμογές των νευρωνικών δικτύων

Οι εφαρμογές των νευρωνικών δικτύων έχουν αυξηθεί τα τελευταία χρόνια δίνοντας μεγάλες υποσχέσεις για ακόμα πιο ευρεία χρησιμοποίησή τους τα επόμενα χρόνια. Οι εφαρμογές αυτές περιλαμβάνουν αναγνώριση προτύπων, υπολογισμός συναρτήσεων, βελτιστοποίηση, πρόβλεψη, αυτόματο έλεγχο και πολλά άλλα θέματα.

Μία πολύ ενδιαφέρουσα εφαρμογή των νευρωνικών δικτύων συναντάται στις τραπεζικές εργασίες, όπου μία δύσκολη απόφαση είναι ο υπολογισμός του παράγοντα επικινδυνότητας στις αιτήσεις για στεγαστικά δάνεια. Από τα δεκάδες στοιχεία που περιέχει μία τέτοια αίτηση, η τράπεζα θέλει να ξέρει τι πιθανότητα υπάρχει ο πελάτης να αδυνατεί να ανταποκριθεί στις πληρωμές του συμβολαίου. Για το λόγο αυτό τα στοιχεία που ενδιαφέρουν την τράπεζα είναι κυρίως το εισόδημα και η φερεγγυότητα του δανειολήπτη. Αν ο δανειολήπτης έχει και μεγάλο εισόδημα και είναι και πολύ φερέγγυος, η πιθανότητα να πληρωθεί το δάνειο είναι πολύ μεγάλη. Αν αντίστοιχα ο δανειολήπτης έχει μικρό εισόδημα και χαμηλή φερεγγυότητα, η πιθανότητα πλήρωσης του δανείου είναι μικρή. Για τις δύο αυτές περιπτώσεις, η απόφαση της τράπεζας είναι μάλλον εύκολη για το αν θα δώσει το δάνειο. Τι γίνεται όμως όταν τα πράγματα δεν είναι και τόσο ξεκάθαρα; Ένα πρόγραμμα νευρωνικού δικτύου, που λέγεται "Νέστωρ" εκπαιδεύεται σε μερικές χιλιάδες αιτήσεις, από τις οποίες οι μισές εγκρίθηκαν και οι μισές απορρίφθηκαν από την τράπεζα με απόφαση των υπαλλήλων της. Συγκρίνοντας με τα πραγματικά δεδομένα, για μία νέα αίτηση δανείου που γίνεται στην τράπεζα, το σύστημα ψάχνει να βρει στοιχεία και να αποφασίσει τι

ακριβώς αποτελεί παράγοντα μεγάλης επικινδυνότητας. Τελικά, παίρνει μία απόφαση να δώσει ή να μη δώσει το δάνειο, η οποία έχει μεγαλύτερο ποσοστό επιτυχίας από άλλες μεθόδους.

Η παραπάνω εφαρμογή αναφέρθηκε ενδεικτικά για την κατανόηση των δυνατοτήτων των νευρωνικών δικτύων. Όπως προαναφέρθηκε τα νευρωνικά δίκτυα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πολλούς τομείς, όπως είναι η βιολογία, οι επιχειρήσεις, η ιατρική, η στρατιωτική τέχνη, τα χρηματοοικονομικά, η βιομηχανία και το περιβάλλον.

6.2 Εφαρμογή των νευρωνικών δικτύων στο πρόβλημα της εκτίμησης του κόστους αντιμετώπισης πετρελαιοκηλίδων στον ελλαδικό χώρο

Μία εναλλακτική επιλογή, στην προσπάθειά μας να υπολογίσουμε το κόστος αντιμετώπισης πετρελαιοκηλίδων που προκαλούνται από πλοία στον ελλαδικό θαλάσσιο χώρο, αποτέλεσε η επιστήμη των νευρωνικών δικτύων και η εφαρμογή της στο συγκεκριμένο πρόβλημα.

Στηριχτήκαμε στις βασικές αρχές των νευρωνικών δικτύων, προκειμένου να υλοποιήσουμε τη σκέψη μας και να καταφέρουμε να εισαγάγουμε το πρόβλημα μας στα νευρωνικά δίκτυα. Όπως γνωρίζουμε, μία βασική ιδιότητα των νευρωνικών δικτύων είναι να εκπαιδεύονται και να μαθαίνουν. Αφού κατορθωθεί αυτό, τα δίκτυα είναι σε θέση να χρησιμοποιούν τη συγκεκριμένη μάθηση-εμπειρία που έχουν λάβει από την εκπαίδευσή τους και να προχωρούν σε εκτιμήσεις-προβλέψεις σε νέα προβλήματα που τους παρουσιάζουμε. Είναι αυτονόητο ότι οποιοδήποτε νέο πρόβλημα θελήσουμε να τους παρουσιάσουμε, αυτό πρέπει να είναι της ίδιας φύσης και να έχει σχέση με τα αρχικά προβλήματα με τα οποία εκπαιδεύτηκαν τα δίκτυα.

Η αρχική μας σκέψη ήταν, λοιπόν, να κατασκευάσουμε ένα δίκτυο με το οποίο θα μπορούσαμε να εκτιμήσουμε το κόστος αντιμετώπισης σε μελλοντικά σενάρια κηλίδων. Αποφασίσαμε ότι το συγκεκριμένο δίκτυο θα εκπαιδευτεί με τον εποπτευόμενο τρόπο μάθησης. Επομένως, στόχος μας ήταν να διακρίνουμε ποια θα είναι τα στοιχεία εισόδου (inputs) και ποια τα στοιχεία εξόδου (outputs), τα οποία θα τοποθετούσαμε στο δίκτυο, ώστε αυτό να εκπαιδευτεί καταλλήλως. Τα στοιχεία εισόδου είναι όλοι εκείνοι οι παράγοντες που επηρεάζουν και διαμορφώνουν το κόστος απορύπανσης κηλίδων, ενώ το στοιχείο εξόδου είναι το ολικό κόστος αντιμετώπισης των κηλίδων. Τα συγκεκριμένα στοιχεία θα τα αντλούσαμε από τη βάση δεδομένων που έχουμε δημιουργήσει. Δηλαδή, το κάθε περιστατικό ρύπανσης,

που περιέχεται στη βάση δεδομένων, αποτελεί ένα πρότυπο το οποίο θα εισαχθεί στο δίκτυο, με σκοπό την εκπαίδευσή του. Αφού εισαχθούν όλα τα περιστατικά της βάσης δεδομένων στο δίκτυο, αυτό θα έχει τη δυνατότητα να διερευνήσει και να αναλύσει τη σχέση που υπάρχει μεταξύ των στοιχείων εισόδου και του στοιχείου εξόδου του κάθε περιστατικού. Αφού κατανοήσει τη συγκεκριμένη σχέση, το δίκτυο θεωρείται πλέον ότι έχει εκπαιδευτεί, ότι έχει αποκτήσει λογική και εμπειρία και είναι πλέον σε θέση να υπολογίσει το στοιχείο εξόδου (αποτελεσμα) ενός νέου προβλήματος που του παρουσιάζουμε προς επίλυση.

Για την υλοποίηση της προσπάθειας που περιγράφηκε χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό 'NeuroSolutions 5', που αποτελεί ένα πακέτο χρήσης νευρωνικών δικτύων από υπολογιστή. Οι διαδικασίες κατασκευής του δικτύου (building), εκπαίδευσης (training) και δοκιμής αυτού (testing), όπως αυτές πραγματοποιήθηκαν στο συγκεκριμένο πρόγραμμα, αναλύονται στη συνέχεια.

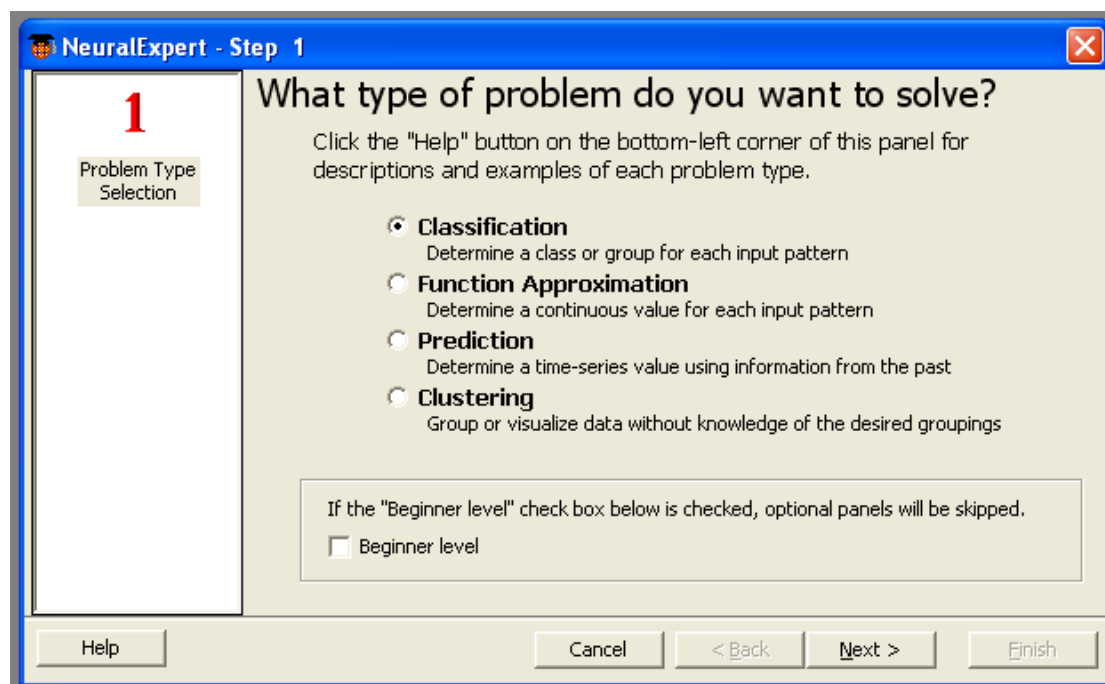
6.2.1 Εφαρμογή του προγράμματος 'NeuroSolutions 5' για την κατασκευή, εκπαίδευση και δοκιμή νευρωνικού δικτύου εκτίμησης κόστους αντιμετώπισης πετρελαιοκηλίδας στον ελλαδικό χώρο

Κατασκευή του νευρωνικού δικτύου.

Προκειμένου να κατασκευάσουμε το επιθυμητό νευρωνικό δίκτυο, χρησιμοποιήσαμε την επιλογή του προγράμματος 'NeuroSolutions 5' που ονομάζεται 'NeuralExpert'.

Το πρώτο βήμα στην διαδικασία κατασκευής του δικτύου ήταν να αποφασίσουμε τι είδους πρόβλημα επιζητούσαμε να λύσουμε (Εικόνα 4). Καθορίσαμε, λοιπόν, ότι πρόκειται για ένα πρόβλημα ταξινόμησης προτύπων αφού σκοπός της όλης διαδικασίας ήταν η ταξινόμηση ενός δεδομένου αριθμού εισόδων (παράγοντες διαμόρφωσης κόστους αντιμετώπισης κηλίδας) σε ένα σταθερό σύνολο δεδομένων κατηγοριών (τιμές κόστους απορύπανσης). Το νευρωνικό δίκτυο θα εκπαιδευόταν με το σύνολο ζευγών 'πρότυπο εισόδου-κατηγορία' και ακολούθως θα καλούταν να ταξινομήσει νέα πρότυπα που δεν έχει δει προηγουμένως.

Το επόμενο βήμα είναι να τοποθετήσουμε στο δίκτυο όλα τα πρότυπα (περιστατικά ρύπανσης της βάσης δεδομένων). Τα περιστατικά τοποθετήθηκαν μέσω ενός αρχείου txt που δημιουργήθηκε για να παρέχει τις απαραίτητες πληροφορίες στο δίκτυο.



Εικόνα 4: Πρόβλημα ταξινόμησης προτύπων.

Οι πληροφορίες που εισαγάγαμε στο δίκτυο αφορούσαν τους παράγοντες καθορισμού του κόστους απορύπανσης των περιστατικών και το κόστος απορύπανσης αυτών. Θυμίζουμε ότι οι παράγοντες που αναφέραμε είναι οι ακόλουθοι:

- Είδος ρυπογόνου ουσίας (oil type),
- Μέγεθος της κηλίδας (spill size),
- Γεωγραφική τοποθεσία (location),
- Είδος – χρησιμότητα – χαρακτηρισμός τοποθεσίας (type of location),
- Μήκος της προσβληθείσας ακτής (shoreline oiling),
- Μεθοδολογία αντιμετώπισης της κηλίδας και καταπολέμησης της ρύπανσης (cleanup strategy-methodology),
- Χρόνος αντίδρασης (time to response).

Για τις περιπτώσεις του κάθε παράγοντα από τους παραπάνω ορίστηκε μία ποσοτική σταθερά, χαρακτηριστική της κάθε περίπτωσης, όπως φαίνεται στον Πίνακα 39.

Για τις τιμές κόστους των περιστατικών ρύπανσης αποφασίστηκε αυτές να κατηγοριοποιηθούν σε τρεις κατηγορίες ως εξής :

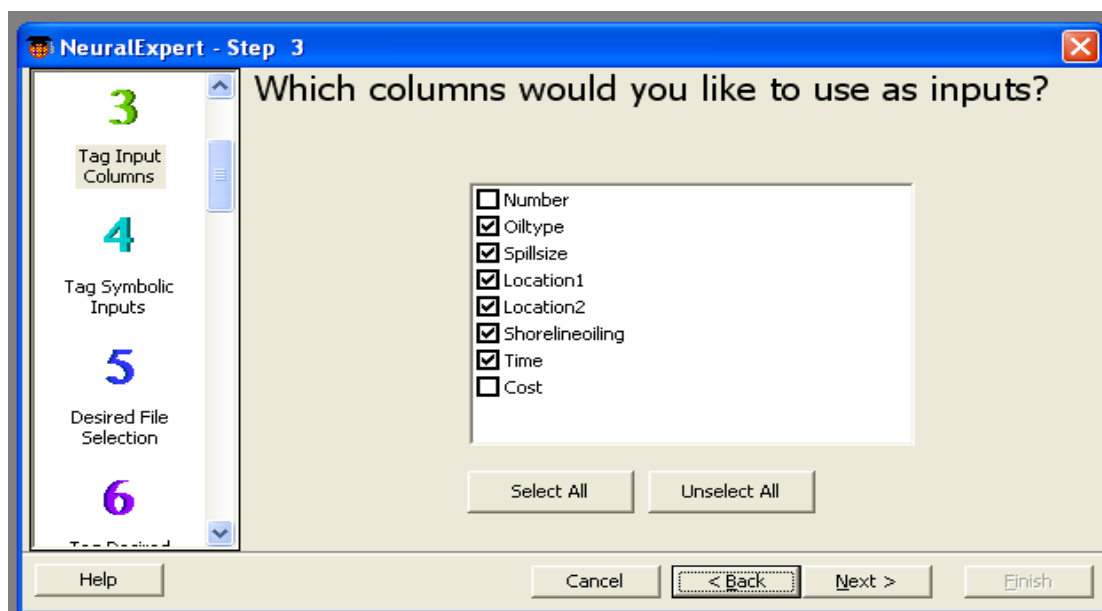
- Κατηγορία A : 0 – 50.000 ευρώ
- Κατηγορία B : 50.000 – 200.000 ευρώ
- Κατηγορία C : > 200.000 ευρώ

Πίνακας 39: Καθορισμός των ποσοτικών σταθερών των δεδομένων εισόδου.

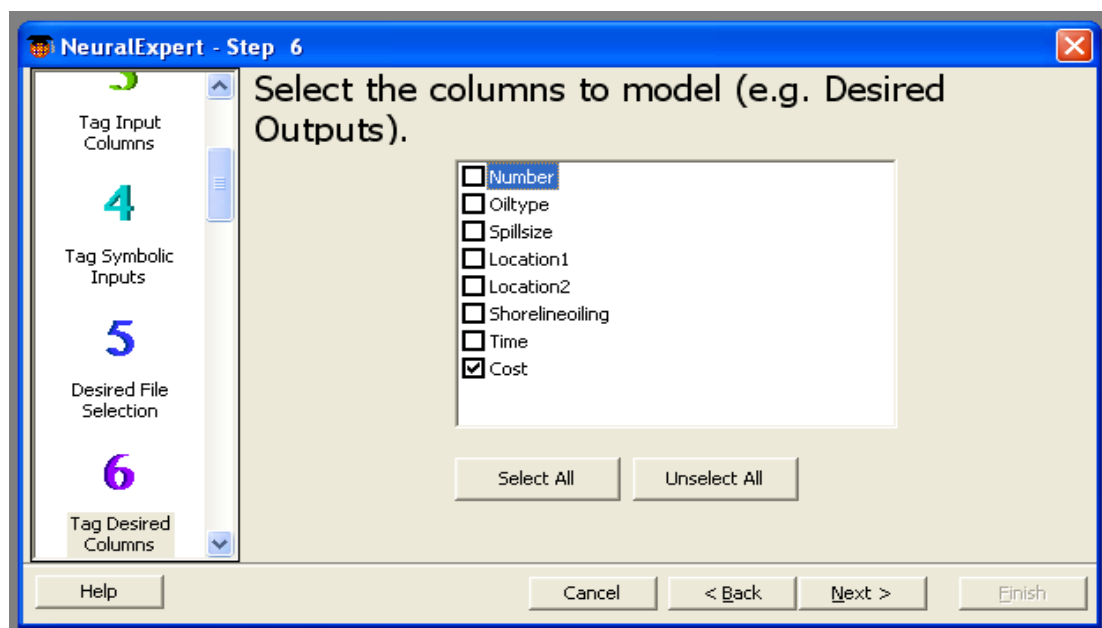
| oil type | spill size | location | type of location | shoreline oiling | cleanup strategy | time to response |
|-----------------------------|--------------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| Fuel oil + Crude oil (1) | 0 – 5 tonnes (1) | Αιγαίο (1) | PORT (1) | 0 – 1 km (1) | Mechanical (1) | 1 – 2,9 h (1) |
| Diesel oil (2) | 5,1 – 20 tonnes (2) | Σαρωνικός (2) | NEARSHORE (2) | 1,1 – 2 km (2) | | 3 – 5,9 h (2) |
| Slops (3) | 20,1 – 100 tonnes (3) | Ιόνιο (3) | OFFSHORE (3) | > 2 km (3) | | 6 – 10 h (3) |
| Light fuel oil (4) | > 100 tonnes (4) | | | | | > 10 h (4) |

Γίνεται σαφές λοιπόν ότι ένα περιστατικό ρύπανσης της βάσης δεδομένων αποτελεί ένα πρότυπο που χρησιμεύει για την εκπαίδευση του δικτύου. Το κάθε λοιπόν πρότυπο εισάχθηκε στο δίκτυο με τη βοήθεια των ποσοτικών σταθερών του Πίνακα 39 και τη βοήθεια της ποιοτικής σταθεράς του κόστους (A, B, C).

Επόμενη κίνηση μας ήταν να ορίσουμε στο δίκτυο ποια δεδομένα θα αναγνωρίζει σαν στοιχεία εισόδου (Εικόνα 5) και ποια σαν επιθυμητά στοιχεία εξόδου (Εικόνα 6).

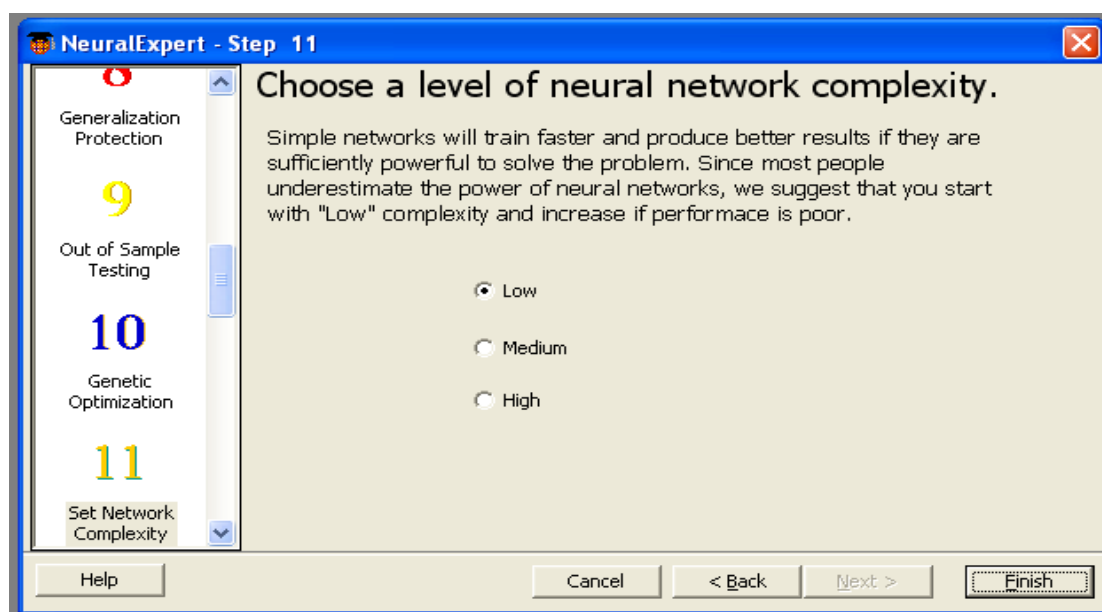


Εικόνα 5: Δεδομένα εισόδου του νευρικού δικτύου.



Εικόνα 6: Επιθυμητές έξοδοι του νευρωνικού δικτύου.

Λόγω του γεγονότος ότι τα νευρωνικά δίκτυα για να εκπαιδευτούν ικανοποιητικά χρειάζονται έναν όσο το δυνατόν μεγαλύτερο αριθμό προτύπων (περιστατικών), τα οποία πρέπει να μάθουν και επειδή η βάση δεδομένων αποτελείται από περίπου 100 περιστατικά, επιλέγουμε το δίκτυο που θα κατασκευαστεί να έχει απλή δομή. Συνήθως ακόμη και χίλια πρότυπα δεν είναι σε ορισμένες περιπτώσεις αρκετά για την εκπαίδευση ενός δικτύου. Για το λόγο αυτό και επειδή τα στοιχεία εισόδου που θέσαμε στο δίκτυο είναι αρκετά σε αριθμό, η απλή δομή του δικτύου είναι η πιο κατάλληλη επιλογή για το πρόβλημά μας (Εικόνα 7).

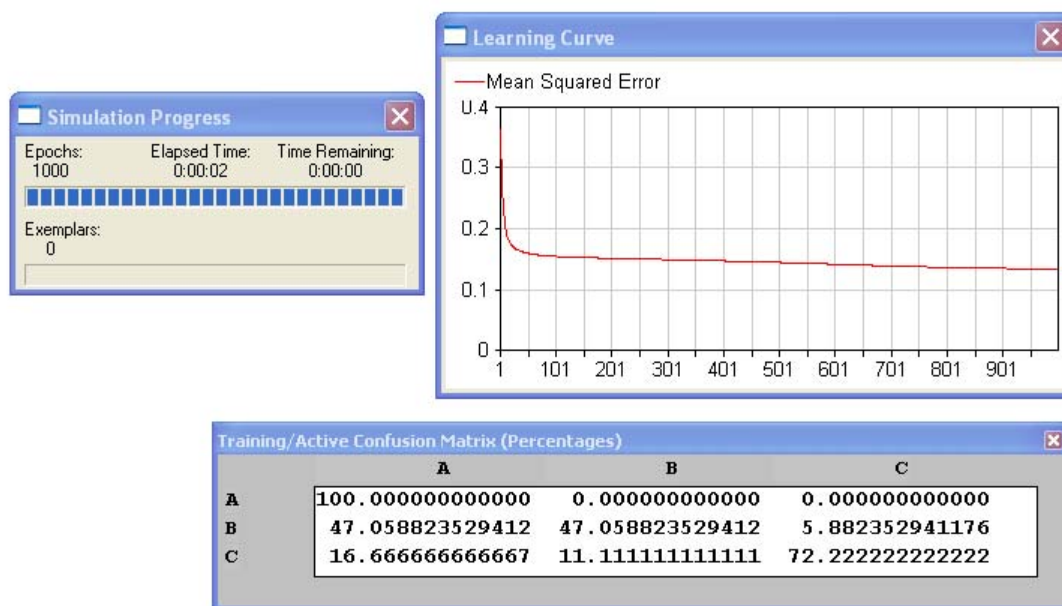


Εικόνα 7: Απλή δομή του νευρωνικού δικτύου.

Το νευρωνικό δίκτυο είναι πλέον έτοιμο να δημιουργηθεί. Επόμενο βήμα είναι η εκπαίδευσή του.

Εκπαίδευση του νευρωνικού δικτύου.

Η εκπαίδευση του νευρωνικού δικτύου που δημιουργήθηκε έγινε πάλι με χρήση του ίδιου περιβάλλοντος "NeuralExpert" του συγκεκριμένου λογισμικού που χρησιμοποιήθηκε. Τα αποτελέσματα της εκπαίδευσης φαίνονται στην Εικόνα 8.



Εικόνα 8: Αποτελέσματα εκπαίδευσης του νευρωνικού δικτύου.

Από αυτά προκύπτει ότι το δίκτυο που κατασκευάσαμε έχει ένα σφάλμα περίπου 13% στην αναγνώριση της πραγματικής τιμής κόστους απορύπανσης όλων των περιστατικών της βάσης δεδομένων με τα οποία εκπαιδεύτηκε. Ειδικότερα, τα περιστατικά ρύπανσης που είχαν κόστος απορύπανσης, που συγκαταλέγεται στην κατηγορία A, αναγνωρίστηκαν με ποσοστό επιτυχίας 100%. Αξίζει να αναφερθεί ότι τα συγκεκριμένα περιστατικά αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό της βάσης δεδομένων (69 από τα συνολικά 104 περιστατικά ανήκουν στην κατηγορία A). Οι κηλίδες της βάσης δεδομένων που ανήκουν στην κατηγορία B είναι συνολικά 17 σε σύνολο 104 περιστατικών. Αυτές αναγνωρίζονται από το δίκτυο σε ένα ποσοστό της τάξης του 47,06 %. Τέλος τα περιστατικά της κατηγορίας C, που είναι 18 σε σύνολο 104, αναγνωρίζονται σε ποσοστό της τάξης του 72,22 %.

Τα αποτελέσματα της εκπαίδευσης του νευρωνικού δικτύου συνοψίζονται στον Πίνακα 40.

Πίνακας 40: Αποτελέσματα εκπαίδευσης του νευρωνικού δικτύου.

| | Αριθμός περιστατικών στη βάση δεδομένων | Ποσοστό επιτυχίας αναγνώρισης του νευρωνικού δικτύου | Αριθμός περιστατικών που αναγνωρίζονται σωστά από το νευρωνικό δίκτυο | Συνολικό ποσοστό επιτυχίας αναγνώρισης περιστατικών από το νευρωνικό δίκτυο |
|--|---|--|---|---|
| Κατηγορία κόστους απορύπανσης κηλίδων A | 69 | 100 % | 69 | |
| Κατηγορία κόστους απορύπανσης κηλίδων B | 17 | 47,06 % | 8 | |
| Κατηγορία κόστους απορύπανσης κηλίδων C | 18 | 72,22 % | 13 | |
| TOTAL | 104 | | 90 | 86,53 % |

Από τον παραπάνω Πίνακα επαληθεύεται και το μέσο σφάλμα που παρουσιάζει το νευρωνικό δίκτυο και που για την ακρίβεια είναι 13,47 %. Η τιμή αυτή φαίνεται και στο διάγραμμα της Εικόνας 8. Αξίζει να παρατηρηθεί ότι το χαμηλό ποσοστό αναγνώρισης των προτύπων της κατηγορίας κόστους B οφείλεται στο γεγονός ότι η συγκεκριμένη κατηγορία είναι η ενδιάμεση. Έτσι, το νευρωνικό δίκτυο αναγνωρίζει ένα ποσοστό της κατηγορίας αυτής σαν A και ένα άλλο σαν C. Τις κατηγορίες A και C τις αναγνωρίζει με μεγάλη επιτυχία, γιατί πρόκειται για τις ακραίες κατηγορίες που έχουν πολύ μεγάλη διαφορά μεταξύ τους (A: <50.000euro, C: > 200.000euro). Είναι λογικό ότι τα περιστατικά που ανήκουν σε αυτές, προκειμένου να έχουν τόσο μεγάλη διαφορά κόστους, έχουν και πολύ διαφορετικούς παράγοντες διαμόρφωσης αυτού του κόστους. Παρατηρείται, λοιπόν, ότι το νευρωνικό δίκτυο έχει αντιληφθεί έγκαιρα αυτές τις διαφορές και δεν δυσκολεύεται να ταξινομήσει τα πρότυπα, ανάλογα με τους παράγοντες διαμόρφωσης του κόστους απορύπανσης, στις κατηγορίες A και C. Επομένως η εκπαίδευση του δικτύου ως προς τα συγκεκριμένα πρότυπα κρίνεται ικανοποιητική. Η δυσκολία του δικτύου έγκειται στην αναγνώριση των προτύπων της κατηγορίας κόστους B, η οποία ως ενδιάμεση των A και C περιλαμβάνει αντιστοίχως και πρότυπα με ενδιάμεσους παράγοντες

διαμόρφωσης του κόστους. Το πιθανότερο είναι ότι τα πρότυπα της κατηγορίας κόστους B, το δίκτυο τα ταξινομεί συχνά σαν A και C. Το γεγονός αυτό αποδεικνύει την ανάγκη για μεγαλύτερη εκπαίδευση του δικτύου ως προς τα πρότυπα της B. Εξάλλου, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 40, το ποσοστό των προτύπων της κατηγορίας B, με το οποίο εκπαιδεύτηκε το δίκτυο, ήταν μικρό (μόλις 17 από τα 104 πρότυπα).

Δοκιμή του νευρωνικού δικτύου.

Η δοκιμή του νευρωνικού δικτύου πραγματοποιήθηκε για γνωστά και σημαντικά περιστατικά ρύπανσης ώστε να διαπιστωθεί κατά πόσο το δίκτυο είναι σε θέση να επαληθεύσει τις πραγματικές τιμές κόστους απορύπανσης των συγκεκριμένων περιστατικών όπως αυτές υπολογίστηκαν με το μαθηματικό μοντέλο του πέμπτου κεφαλαίου. Ωστόσο, η πρόβλεψη του νευρωνικού δικτύου θα αφορά την κατηγορία κόστους του περιστατικού και όχι το κόστος αντιμετώπισής του.

Στον Πίνακα 41 φαίνονται τα περιστατικά ρύπανσης που δόθηκαν στο νευρωνικό δίκτυο, μαζί με τα στοιχεία τους, όπως αυτά ακριβώς διαβάστηκαν από το δίκτυο και σύμφωνα πάντα με τις ποσοτικές σταθερές του Πίνακα 39.

Πίνακας 41: Εφαρμογή του νευρωνικού δικτύου εκτίμησης κόστους αντιμετώπισης κηλίδας για συγκεκριμένα περιστατικά ρύπανσης.

| Όνομα Πλοίου | oil type | spill size | location | type of location | shoreline oiling | cleanup strategy | time to response | Clean up cost |
|---------------------|-----------------|-------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------|
| GLUECKSBURG | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | A |
| AFRICA | 2 | 3 | 1 | 2 | 2 | 1 | 3 | B |
| SEA DIAMOND | 1 | 4 | 1 | 2 | 2 | 1 | 4 | C |
| IRENES SERENADE | 1 | 4 | 3 | 2 | 2 | 1 | 3 | C |
| ΜΕΣΣΗΝΙΑΚΗ ΦΡΟΝΤΙΣ | 1 | 4 | 1 | 2 | 1 | 1 | 3 | C |
| KRITI SEA | 4 | 4 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | A |
| ILIAD | 1 | 4 | 3 | 2 | 3 | 1 | 3 | C |

Στον Πίνακα 42 φαίνονται τα αποτελέσματα (outputs) του νευρωνικού δικτύου ως προς την εκτίμηση της κατηγορίας κόστους απορύπανσης των περιστατικών που του ζητήσαμε να αναλύσει. Ουσιαστικά, εδώ προβάλλονται τα ποσοστά επιτυχίας πρόβλεψης, από το νευρωνικό δίκτυο, της πραγματικής

κατηγορίας κόστους του κάθε περιστατικού και συνάμα φαίνεται πως ανέλυσε το νευρωνικό δίκτυο το κάθε περιστατικό και σε ποιες κατηγορίες κόστους το ταξινόμησε και με τι βαρύτητα.

Πίνακας 42: Εφαρμογή του νευρωνικού δικτύου εκτίμησης κόστους αντιμετώπισης κηλίδας για συγκεκριμένα περιστατικά ρύπανσης.

| Όνομα Πλοίου | Κατηγορίες κόστους αντιμετώπισης κηλίδων | | | Πραγματική κατηγορία κόστους | Ποσοστό επιτυχίας πρόβλεψης πραγματικής κατηγορίας κόστους |
|-----------------------|--|------|------|------------------------------|--|
| | A | B | C | | |
| GLUECKSBURG | 69 % | 12 % | 19 % | A | 69 % |
| AFRICA | 2 % | 15 % | 83 % | B | 15 % |
| SEA DIAMOND | 1 % | 7 % | 92 % | C | 92 % |
| IRENES SERENADE | 2 % | 41 % | 57 % | C | 57 % |
| ΜΕΣΣΗΝΙΑΚΗ ΦΡΟΝΤΙΣ | 2 % | 5 % | 93 % | C | 93 % |
| KRITI SEA | 2 % | 96 % | 2 % | A | 2 % |
| ILIAD | 2 % | 59 % | 39 % | C | 39 % |

Από τη μελέτη των αποτελεσμάτων του Πίνακα 42, μπορούν να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα για τη λειτουργία του δικτύου, τη συμπεριφορά του, τις αδυναμίες του και το κατά πόσο έχει εκπαιδευτεί σωστά. Αναλύοντας το κάθε περιστατικό ρύπανσης, χωριστά, εξηγούμε παρακάτω τη συμπεριφορά του:

- Το ποσοστό εκτίμησης, από το νευρωνικό δίκτυο, της πραγματικής κατηγορίας κόστους του περιστατικού ρύπανσης του πλοίου "GLUECKSBURG", ανέρχεται στο 69% και μπορεί να κριθεί ως ικανοποιητικό. Το υπόλοιπο 31 %, με το οποίο το δίκτυο το ταξινομεί σε μεγαλύτερες κατηγορίες κόστους, οφείλεται στο ότι το συγκεκριμένο συμβάν προκλήθηκε στο Αιγαίο, όπου το κόστος απορύπανσης είναι το μεγαλύτερο από τις άλλες περιοχές (βλ. 5.2.3), συνέβη μέσα σε λιμάνι, όπου επίσης η αντιμετώπιση ρύπανσης είναι η ακριβότερη (βλ. 5.2.4), ενώ συγχρόνως προσέβαλε και σημαντικό μήκος ακτής (2^η κατηγορία) (βλ. 5.2.5). Επομένως, διαπιστώνουμε ότι το συγκεκριμένο περιστατικό είχε αρκετά στοιχεία αύξησης του κόστους αντιμετώπισης του. Άρα, δικαιολογημένα το νευρωνικό δίκτυο το ταξινομεί και σε μεγαλύτερου κόστους κατηγορίες.
- Το ποσοστό εκτίμησης, από το νευρωνικό δίκτυο, της πραγματικής κατηγορίας κόστους του περιστατικού ρύπανσης του πλοίου "AFRICA",

ανέρχεται στο 15 % και μπορεί να κριθεί μη ικανοποιητικό. Από τον Πίνακα 42 φαίνεται η τάση του νευρωνικού δικτύου να το ταξινομήσει στην κατηγορία κόστους C (83 %). Αυτό εξηγείται από τέσσερα στοιχεία. Πρώτον το μέγεθος του συγκεκριμένου περιστατικού ήταν αρκετά μεγάλο (3^η κατηγορία), κατά δεύτερον σημειώθηκε στην "ακριβή" περιοχή του Αιγαίου, κατά τρίτον προσέβαλε σημαντικό μήκος ακτής (2^η κατηγορία), και τέλος, καθυστέρησε σημαντικά η αντιμετώπισή του (3^η κατηγορία). Όλοι αυτοί οι παράγοντες αυξάνουν κατακόρυφα το κόστος αντιμετώπισης μίας κηλίδας, όπως έχει αναλυθεί στις σχετικές ενότητες του πέμπτου κεφαλαίου, με αποτέλεσμα να οδηγούν το νευρωνικό δίκτυο στη θέση να το ταξινομεί σε μεγαλύτερου κόστους κατηγορία.

- Το ποσοστό εκτίμησης, από το νευρωνικό δίκτυο, της πραγματικής κατηγορίας κόστους του περιστατικού ρύπανσης του πλοίου "SEA DIAMOND", ανέρχεται στο 92 % και μπορεί να κριθεί ως ιδιαίτερα υψηλό. Παρατηρείται ότι το νευρωνικό δίκτυο δεν δυσκολεύεται ιδιαίτερα να ταξινομήσει το συγκεκριμένο περιστατικό στην υψηλότερη κατηγορία κόστους αντιμετώπισης. Και αυτό γιατί εδώ τα πράγματα είναι περισσότερο ξεκάθαρα για το δίκτυο. Το συγκεκριμένο περιστατικό χαρακτηρίζεται από ακριβού κόστους παράγοντες διαμόρφωσης του κόστους, που σε πολλές κατηγορίες είναι και οι ακριβότεροι (μέγεθος κηλίδας, περιοχή, χρόνος αντίδρασης). Έτσι, είναι σχετικά εύκολο για το δίκτυο να τοποθετήσει αυτό το συμβάν στην μεγαλύτερη κατηγορία κόστους.
- Το ποσοστό εκτίμησης, από το νευρωνικό δίκτυο, της πραγματικής κατηγορίας κόστους του περιστατικού ρύπανσης του πλοίου "IRENES SERENADE", ανέρχεται στο 57 %. Μπορούμε να πούμε ότι το περιμέναμε υψηλότερο, αφού και μόνο το γεγονός ότι πρόκειται για μία τεράστια κηλίδα 40.000 τόνων είναι υπεραρκετό για το θέσει στην μεγαλύτερη κατηγορία κόστους. Ωστόσο, δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι το δίκτυο είναι κατασκευασμένο για να διαβάζει κατηγορίες μεγέθους (κατηγορία > 100 τόνων, στη συγκεκριμένη περίπτωση) και όχι ακριβή μεγέθη (40.000τόνοι). Η υποβάθμιση λοιπόν του συγκεκριμένου περιστατικού ως προς το κόστος αντιμετώπισής του, από το νευρωνικό δίκτυο, οφείλεται στο γεγονός ότι η κηλίδα αυτή έλαβε χώρα στην περιοχή του Ιονίου, που διαθέτει το χαμηλότερο μέσο κόστος απορύπανσης (βλ. 5.2.3).
- Το ποσοστό εκτίμησης, από το νευρωνικό δίκτυο, της πραγματικής κατηγορίας κόστους του περιστατικού ρύπανσης του πλοίου "ΜΕΣΣΗΝΙΑΚΗ ΦΡΟΝΤΙΣ", ανέρχεται στο 93 % και μπορεί να κριθεί ως ιδιαίτερα υψηλό. Οι λόγοι της τόσο έγκυρης ταξινόμησης του συγκεκριμένου περιστατικού, από το νευρωνικό δίκτυο, συμπίπτουν με τους λόγους της περίπτωσης του "SEA DIAMOND".

- Το ποσοστό εκτίμησης, από το νευρωνικό δίκτυο, της πραγματικής κατηγορίας κόστους του περιστατικού ρύπανσης του πλοίου ‘‘KRITI SEA’’, ανέρχεται στο 2 % και μπορεί να κριθεί ιδιαίτερα χαμηλό. Ο λόγος είναι ένας και αφορά την κατηγορία μεγέθους της κηλίδας. Όλα τα περιστατικά της βάσης δεδομένων που άνηκαν στην κατηγορία του μεγαλύτερου μεγέθους άνηκαν συγχρόνως και στην κατηγορία του μεγαλύτερου κόστους απορύπανσης. Είναι γεγονός ότι με αυτά τα περιστατικά εκπαιδεύτηκε το δίκτυο. Έτσι, έχει μάθει όταν βλέπει κηλίδα που ανήκει στην κατηγορία μεγαλύτερου μεγέθους να την κατατάσσει αυτομάτως και στην κατηγορία του μεγαλύτερου κόστους. Αυτό γίνεται και στην προκειμένη περίπτωση.
- Το ποσοστό εκτίμησης, από το νευρωνικό δίκτυο, της πραγματικής κατηγορίας κόστους του περιστατικού ρύπανσης του πλοίου ‘‘ILIAD’’, ανέρχεται στο 39 %. Ο λόγος είναι ο ίδιος με αυτόν της περίπτωσης του πλοίου ‘‘IRENES SERENADE’’.

6.2.2 Συμπεράσματα

Το ποσοστό της τάξης του 86,53 %, που σημειώθηκε κατά την εκπαίδευση του νευρωνικού δικτύου, και που αφορά το κατά πόσο επιτυχής ήταν η προσπάθεια του συγκεκριμένου δικτύου στο να επιβεβαιώσει τα περιστατικά της βάσης δεδομένων, κρίνεται ιδιαίτερα υψηλό και ενισχύει την αξιοπιστία της εφαρμογής του στο πρόβλημα της εκτίμησης του κόστους αντιμετώπισης κηλίδων στον ελλαδικό χώρο.

Εντούτοις, αξίζει να αναφερθεί το βασικό εμπόδιο στη χρήση του νευρωνικού δικτύου στο πρόβλημά μας. Αυτό δεν είναι άλλο από την περιορισμένη σε αριθμό συμβάντων, τουλάχιστον για τις ανάγκες των νευρωνικών δικτύων, βάση δεδομένων που διαθέτουμε. Ο μικρός αριθμός προτύπων που θέτουμε στο δίκτυο για να εκπαιδευτεί σε συνδυασμό με τα πολλά σε αριθμό στοιχεία εισόδου που θέτουμε για το κάθε πρότυπο, σίγουρα, δυσκολεύει το νευρωνικό δίκτυο στο έργο του που είναι να κατανοήσει τη σχέση μεταξύ των στοιχείων εισόδου όλων των προτύπων και των επιδιωκόμενων αποτελεσμάτων. Αν η βάση δεδομένων είχε πολλαπλάσιο αριθμό περιστατικών ή αν για το κάθε πρότυπο τα στοιχεία που εισαγάγουμε στο δίκτυο ήταν 3 και όχι 7, τότε σίγουρα το έργο της εκπαίδευσής του καθίσταται αμέσως ευκολότερο.

Επομένως, μπορούμε να ισχυριστούμε ότι ένα μοντέλο εκτίμησης κόστους αντιμετώπισης κηλίδας, βασισμένο στα νευρωνικά δίκτυα αποτελεί μια εναλλακτική επιλογή με ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Η ιδέα είναι από μόνη της αρκετά πρωτοποριακή

και καινοτόμα. Πραγματικά η χρήση των νευρωνικών δικτύων μπορεί να δώσει εντυπωσιακά αποτελέσματα και για πολλούς κρίνεται και ως πιο ενδιαφέρουσα από τα συνήθη μαθηματικά μοντέλα. Αν η εκπαίδευση του δικτύου που χρησιμοποιήσαμε συνεχιστεί σε μεγαλύτερο βαθμό, τότε η υπολογιστική ισχύς του δικτύου θα είναι πραγματικά εντυπωσιακή, μακριά από μαθηματικούς τύπους και άλλες πρακτικές. Άρα, περαιτέρω ανάπτυξη του νευρωνικού δικτύου που δημιουργήσαμε, πέρα από τα πλαίσια της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας, είναι μια ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα προοπτική για εξέταση και υλοποίηση. Η πρόταση, λοιπόν, για μελλοντική εργασία επάνω στο νευρωνικό δίκτυο θα διερευνήσει σε μεγαλύτερο βάθος τις δυνατότητες που κρύβουν τα νευρωνικά δίκτυα και θα εξάγει ασφαλέστερα συμπεράσματα για το κατά πόσο η εφαρμογή τους μπορεί να δώσει λύσεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

7.1 Γενικά συμπεράσματα

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο συνοψίζονται τα κύρια συμπεράσματα της διπλωματικής εργασίας. Τα συμπεράσματα αυτά προέκυψαν τόσο από την μελέτη και ανάλυση του μαθηματικού μοντέλου εκτίμησης κόστους αντιμετώπισης πετρελαιοκηλίδων στον ελλαδικό χώρο, που παρουσιάστηκε στο πέμπτο κεφάλαιο, όσο και από τη μελέτη και ανάλυση του αντίστοιχου νευρωνικού δικτύου, που παρουσιάστηκε στο έκτο κεφάλαιο.

Τα συμπεράσματα, λοιπόν, από την ανάλυση του πρώτου, κατά σειρά εμφάνισης τους στο αντίστοιχο κεφάλαιο, είναι τα ακόλουθα:

- Η συνολική ποσότητα πετρελαιοειδών όλων των κηλίδων της βάσης δεδομένων στον Σαρωνικό κόλπο είναι πολύ μικρή σε σχέση με τον μεγάλο αριθμό περιστατικών. Αυτό αποδεικνύει ότι στη συγκεκριμένη περιοχή συμβαίνουν συνήθως περιστατικά ρυπάνσεων με μικρές ποσότητες πετρελαιοειδών, δηλαδή λαμβάνουν χώρα μικρές κηλίδες. Οι κηλίδες αυτές είναι ουσιαστικά λειτουργικές ρυπάνσεις, δηλαδή ρυπάνσεις που συμβαίνουν από τη συνήθη λειτουργία των πλοίων και όχι ατυχηματικές ρυπάνσεις. Η περιοχή του Σαρωνικού ευνοεί την πρόκληση τέτοιου είδους ρυπάνσεων λόγω της έντονης θαλάσσιας κυκλοφορίας και των βιομηχανικών δραστηριοτήτων που λαμβάνουν χώρα στην περιοχή. Αντίθετα σε ανοικτές θάλασσες, όπως είναι όλες οι υπόλοιπες περιοχές, οι κηλίδες που προκαλούνται είναι σχετικά μεγαλύτερες από ότι αυτές του Σαρωνικού.
- Το μεγαλύτερο ποσοστό των περιστατικών ρύπανσης της βάσης δεδομένων λαμβάνει χώρα σε λιμάνια και γενικότερα κοντά σε ακτές. Επίσης σημαντικά είναι και τα ποσοστά ατυχημάτων σε αγκυροβόλια και σε επισκευαστικές και βιομηχανικές ζώνες. Όλα τα παραπάνω βρίσκουν εξήγηση στο γεγονός της αυξημένης θαλάσσιας κυκλοφορίας και στη φύση των δραστηριοτήτων που λαμβάνουν χώρα στις συγκεκριμένες περιοχές και που ευνοούν την δημιουργία λειτουργικών κηλίδων.
- Από τα στοιχεία της βάσης δεδομένων, προκύπτει ότι οι μικρές κηλίδες έχουν ένα υπέρογκο κόστος, σε μία ανάλυση ανά μονάδα ποσότητας ρυπογόνου ουσίας που συλλέγεται, σε σχέση με τις μεγαλύτερες κηλίδες. Όλα τα παραπάνω βρίσκουν την εξήγησή τους στα κόστη τα σχετικά με την επιλογή και κατάστροφη της στρατηγικής αντιμετώπισης, τη μεταφορά, εγκατάσταση και χρήση του εξοπλισμού αντιμετώπισης, καθώς και την εκτίμηση της όλης κατάστασης και του προβλήματος από ειδικούς. Συγκεκριμένα, μια μικρή κηλίδα απαιτεί σημαντικό ποσοστό επίβλεψης και προσωπικού. Η κινητοποίηση του ανθρώπινου δυναμικού και του σχετικού εξοπλισμού αντιμετώπισης είναι δεδομένη, ακόμη και για μικρές κηλίδες, ενώ τα εργατικά

πληρώματα και ο ενοικιασμένος εξοπλισμός κοστίζουν το ίδιο, είτε αυτά χρησιμοποιηθούν είτε όχι.

- Υπάρχει σημαντική απόκλιση μεταξύ της τιμής που υπολογίσαμε εμείς και της τιμής που μας δίνει η Etkin για το μέσο κόστος αντιμετώπισης των κηλίδων ανά μονάδα μεγέθους κηλίδας, που αφορά την Ελλάδα. Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι η τιμή της Etkin αναφέρεται σε περιστατικά κηλίδων που συνέβησαν στη χώρα μας πριν το 1999. Είναι επίσης σίγουρο, ότι η συγκεκριμένη τιμή προέκυψε από σημαντικά περιστατικά (από κηλίδες μεγάλου μεγέθους), που έλαβαν χώρα στις ελληνικές θάλασσες. Δηλαδή, η Etkin δεν έλαβε υπόψη της πολύ μικρά περιστατικά ρύπανσης, αλλά μόνο τα σημαντικότερα και τα πιο γνωστά και δημοφιλή. Αντιθέτως, η τιμή, που εξάχθηκε από τη βάση δεδομένων μας, αναφέρεται σε περιστατικά που σημειώθηκαν το διάστημα 2000 – 2007. Η συντριπτική πλειοψηφία των στοιχείων μας αφορά σχετικά μικρές κηλίδες (< 5ton), και είναι λογικό, η συνεισφορά τόσων μικρών κηλίδων να αυξάνει το κόστος αντιμετώπισης ανά μονάδα τόνου πετρελαιοειδούς που συλλέγεται. Δηλαδή, η τιμή η δική μας βασίστηκε όχι μόνο σε σημαντικά και μεγάλα περιστατικά κηλίδων, αλλά κυρίως σε πολλές περιπτώσεις μικρών κηλίδων (λειτουργικών κηλίδων), γι αυτό και είναι αρκετά πιο αυξημένη από εκείνη της Etkin για την Ελλάδα. Επίσης, η δική μας τιμή, για τον ίδιο λόγο, μπορεί να κριθεί και ως πιο ρεαλιστική.
- Η τιμή μέσου κόστους αντιμετώπισης κηλίδων που αφορά τον Σαρωνικό κόλπο είναι πολύ κοντά σε αυτή που χαρακτηρίζει την Ελλάδα. Αυτό είναι λογικό, αφού μεγάλο τμήμα των περιπτώσεων, που διαθέτει η βάση δεδομένων, που διαθέτουμε για την Ελλάδα, έχουν σημειωθεί στην περιοχή του Σαρωνικού κόλπου (80 από τα 104 περιστατικά). Άρα, δικαιολογημένα οι τιμές για Σαρωνικό και Ελλάδα είναι σχεδόν οι ίδιες. Από την άλλη πλευρά το κόστος καθαρισμού σε περιοχές του Αιγαίου είναι ιδιαίτερα υψηλό. Ένας λόγος για το γεγονός αυτό είναι ότι το Αιγαίο θεωρείται τουριστική περιοχή και σε αντίθεση με τον Σαρωνικό κόλπο, δεν είναι, εξίσου, επιβαρυνμένη με πετρελαιοειδή. Σε τέτοιες περιοχές ακόμη και μία περιορισμένου μεγέθους κηλίδα θα απαιτήσει μια οργανωμένη και εκτεταμένη επιχείρηση αντιμετώπισης, πράγμα που συνεπάγεται και μεγαλύτερο κόστος καθαρισμού.
- Κηλίδες που λαμβάνουν χώρα σε τοποθεσίες κοντά σε λιμάνια και ακτές είναι σημαντικά περισσότερο ακριβές, όσον αφορά τον καθαρισμό τους, σε σχέση με αυτές που συμβαίνουν σε ανοιχτές θάλασσες. Αυτό οφείλεται στις οικονομικές συνέπειες που επιφέρουν οι κηλίδες στις ακτές και στο γεγονός ότι οι απαιτήσεις καθαρισμού των ακτών είναι πολύ υψηλές. Επιπλέον μία κηλίδα που προκαλείται σε ανοιχτή θάλασσα προσφέρει, θεωρητικά, την επιλογή του να μην γίνει τίποτα ή να γίνουν πολύ λίγα, ως προς την

αντιμετώπισή της, εξαιτίας του γεγονότος ότι μπορεί να διαλυθεί από μόνη της χάρη στα θαλάσσια ρεύματα και τις επικρατούσες καιρικές συνθήκες. Αντιθέτως, κηλίδες, που προσεγγίζουν ακτές, οδηγούν σε άμεση και υποχρεωτική κινητοποίηση του μηχανισμού καταπολέμησης, ώστε να αποφευχθούν περαιτέρω καταστροφικές συνέπειες, που τις περισσότερες φορές αφορούν το περιβάλλον.

- Όσο αυξάνεται το μήκος της ακτής που ρυπαίνεται από μία κηλίδα, τόσο ακριβότερη καθίσταται η αντιμετώπιση της και μάλιστα σε πολύ έντονο βαθμό. Το συγκεκριμένο συμπέρασμα κρίνεται λογικό, αφού οι διαδικασίες καθαρισμού ακτών έχουν υπέρογκα κόστη λόγω των χειρονακτικών μεθόδων καθαρισμού που απαιτούν, του μεγάλου αριθμού ανθρώπινου δυναμικού που χρησιμοποιείται και της κοινωνικής ευαισθησίας για την προστασία των ακτών, η οποία απαιτεί υψηλά επίπεδα αντιμετώπισης του φαινομένου της ρύπανσης. Έτσι μια μικρή αύξηση, στο μήκος της ακτής που προσβάλλεται, εκτινάσσει κατακόρυφα το ολικό κόστος καθαρισμού.
- Ο χρόνος αντίδρασης για τα περιστατικά της βάσης δεδομένων διαδραματίζει ρόλο στην διαμόρφωση του κόστους. Πιο συγκεκριμένα, είναι εμφανής η τάση αύξησης του κόστους όσο ο χρόνος αντίδρασης επεκτείνεται. Είναι λογικό ότι καθυστερημένες αντιδράσεις, όταν δημιουργείται μία κηλίδα, δε λειτουργούν προς το συμφέρον του έργου αντιμετώπισης. Μπορεί να προκαλέσουν εξάπλωση της κηλίδας, να την οδηγήσουν προς τις ακτές, να οδηγήσουν τις καταστάσεις εκτός ελέγχου, να απαιτήσουν εντονότερες προσπάθειες καταπολέμησης συγκριτικά με το αν όλα λειτουργούσαν έγκαιρα και άμεσα, και τέλος να εκτινάξουν το κόστος σε υπερβολικά ύψη.
- Στην εξέλιξη του μοντέλου μας διαπιστώθηκε ότι, σίγουρα, μια βάση δεδομένων με 104 περιστατικά είναι τελικά αρκετά περιορισμένη σε αριθμό, με κίνδυνο η επεξεργασία της να μας δώσει αποτελέσματα με χαμηλό δείκτη αξιοπιστίας και βεβαιότητας. Η ανεπάρκεια της βάσης, λοιπόν, έθετε σε κίνδυνο την υπολογιστική ισχύ του μοντέλου μας. Παρά ταύτα, τουλάχιστον στο κομμάτι των συμπερασμάτων, κατορθώθηκε να προκύψουν κάποιες τάσεις πολύ χρήσιμες και αξιόλογες, που η αληθοφάνεια τους είναι αδιαμφισβήτητη και επιβεβαιώνεται και από τα συμπεράσματα της Etkin. Η δεύτερη μεγάλη αντιξοότητα αποδείχθηκε ότι ήταν το μεγάλο ποσοστό περιστατικών με ιδιαίτερα μικρή ποσότητα συλλεχθέντος πετρελαιοειδούς. Περίπου το 75% των κηλίδων που είχαμε στη διάθεση μας είχαν μέγεθος μικρότερο των 5 τόνων. Το γεγονός αυτό έθετε σε αμφισβήτηση τη συμπεριφορά του μοντέλου στην περίπτωση μεγάλων κηλίδων.

Τα συμπεράσματα που αφορούν το νευρωνικό δίκτυο, που αναπτύχθηκε για την εκτίμηση του κόστους αντιμετώπισης πετρελαιοκηλίδων στον ελλαδικό χώρο, παρουσιάζονται στη συνέχεια με τη σειρά που εμφανίστηκαν στο έκτο κεφάλαιο:

- Προκύπτει ότι το δίκτυο που κατασκευάσαμε έχει ένα σφάλμα περίπου 13% στην αναγνώριση της πραγματικής τιμής κόστους απορύπανσης όλων των περιστατικών της βάσης δεδομένων με τα οποία εκπαιδεύτηκε. Ειδικότερα, τα περιστατικά ρύπανσης που είχαν κόστος απορύπανσης, που συγκαταλέγεται στην κατηγορία A, αναγνωρίστηκαν με ποσοστό επιτυχίας 100%. Αξίζει να αναφερθεί ότι τα συγκεκριμένα περιστατικά αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό της βάσης δεδομένων (69 από τα συνολικά 104 περιστατικά ανήκουν στην κατηγορία A). Οι κηλίδες της βάσης δεδομένων που ανήκουν στην κατηγορία B είναι συνολικά 17 σε σύνολο 104 περιστατικών. Αυτές αναγνωρίζονται από το δίκτυο σε ένα ποσοστό της τάξης του 47,06 %. Τέλος τα περιστατικά της κατηγορίας C, που είναι 18 σε σύνολο 104, αναγνωρίζονται σε ποσοστό της τάξης του 72,22 %.
- Αξίζει να παρατηρηθεί ότι το χαμηλό ποσοστό αναγνώρισης των προτύπων της κατηγορίας κόστους B οφείλεται στο γεγονός ότι η συγκεκριμένη κατηγορία είναι η ενδιάμεση. Έτσι, το νευρωνικό δίκτυο αναγνωρίζει ένα ποσοστό της κατηγορίας αυτής σαν A και ένα άλλο σαν C. Τις κατηγορίες A και C τις αναγνωρίζει με μεγάλη επιτυχία, γιατί πρόκειται για τις ακραίες κατηγορίες που έχουν πολύ μεγάλη διαφορά μεταξύ τους (A: < 50.000euro, C: > 200.000euro). Είναι λογικό ότι τα περιστατικά που ανήκουν σε αυτές, προκειμένου να έχουν τόσο μεγάλη διαφορά κόστους, έχουν και πολύ διαφορετικούς παράγοντες διαμόρφωσης αυτού του κόστους. Παρατηρείται, λοιπόν, ότι το νευρωνικό δίκτυο έχει αντιληφθεί έγκαιρα αυτές τις διαφορές και δεν δυσκολεύεται να ταξινομήσει τα πρότυπα, ανάλογα με τους παράγοντες διαμόρφωσης του κόστους απορύπανσης, στις κατηγορίες A και C. Επομένως η εκπαίδευση του δικτύου ως προς τα συγκεκριμένα πρότυπα κρίνεται ικανοποιητική. Η δυσκολία του δικτύου έγκειται στην αναγνώριση των προτύπων της κατηγορίας κόστους B, η οποία ως ενδιάμεση των A και C περιλαμβάνει αντιστοίχως και πρότυπα με ενδιάμεσους παράγοντες διαμόρφωσης του κόστους. Το πιθανότερο είναι ότι τα πρότυπα της κατηγορίας κόστους B, το δίκτυο τα ταξινομεί συχνά σαν A και C. Το γεγονός αυτό αποδεικνύει την ανάγκη για μεγαλύτερη εκπαίδευση του δικτύου ως προς τα πρότυπα της B. Εξάλλου, το ποσοστό των προτύπων της κατηγορίας B, με το οποίο εκπαιδεύτηκε το δίκτυο, ήταν μικρό (μόλις 17 από τα 104 πρότυπα).
- Το ποσοστό της τάξης του 86,53 %, που σημειώθηκε κατά την εκπαίδευση του νευρωνικού δικτύου, και που αφορά το κατά πόσο επιτυχής ήταν η προσπάθεια του συγκεκριμένου δικτύου στο να επιβεβαιώσει τα περιστατικά

της βάσης δεδομένων, κρίνεται ιδιαίτερα υψηλό και ενισχύει την αξιοπιστία της εφαρμογής του στο πρόβλημα της εκτίμησης του κόστους αντιμετώπισης κηλίδων στον ελλαδικό χώρο.

- Αξίζει να αναφερθεί το βασικό εμπόδιο στη χρήση του νευρωνικού δικτύου στο πρόβλημά μας. Αυτό δεν είναι άλλο από την περιορισμένη σε αριθμό συμβάντων, τουλάχιστον για τις ανάγκες των νευρωνικών δικτύων, βάση δεδομένων που διαθέτουμε. Ο μικρός αριθμός προτύπων που θέτουμε στο δίκτυο για να εκπαιδευτεί σε συνδυασμό με τα πολλά σε αριθμό στοιχεία εισόδου που θέτουμε για το κάθε πρότυπο, σίγουρα, δυσκολεύει το νευρωνικό δίκτυο στο έργο του που είναι να κατανοήσει τη σχέση μεταξύ των στοιχείων εισόδου όλων των προτύπων και των επιδιωκόμενων αποτελεσμάτων. Αν η βάση δεδομένων είχε πολλαπλάσιο αριθμό περιστατικών ή αν για το κάθε πρότυπο τα στοιχεία που εισαγάγουμε στο δίκτυο ήταν 3 και όχι 7, τότε σίγουρα το έργο της εκπαίδευσής του καθίσταται αμέσως ευκολότερο.
- Μπορούμε να ισχυριστούμε ότι ένα μοντέλο εκτίμησης κόστους αντιμετώπισης κηλίδας, βασισμένο στα νευρωνικά δίκτυα αποτελεί μια εναλλακτική επιλογή με ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Η ιδέα είναι από μόνη της αρκετά πρωτοποριακή και καινοτόμα. Πραγματικά η χρήση των νευρωνικών δικτύων μπορεί να δώσει εντυπωσιακά αποτελέσματα και για πολλούς κρίνεται και ως πιο ενδιαφέρουσα από τα συνήθη μαθηματικά μοντέλα. Αν η εκπαίδευση του δικτύου που χρησιμοποιήσαμε συνεχιστεί σε μεγαλύτερο βαθμό, τότε η υπολογιστική ισχύς του δικτύου θα είναι πραγματικά εντυπωσιακή, μακριά από μαθηματικούς τύπους και άλλες πρακτικές. Άρα, περαιτέρω ανάπτυξη του νευρωνικού δικτύου που δημιουργήσαμε, πέρα από τα πλαίσια της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας, είναι μια ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα προοπτική για εξέταση και υλοποίηση. Η πρόταση, λοιπόν, για μελλοντική εργασία επάνω στο νευρωνικό δίκτυο θα διερευνήσει σε μεγαλύτερο βάθος τις δυνατότητες που κρύβουν τα νευρωνικά δίκτυα και θα εξάγει ασφαλέστερα συμπεράσματα για το κατά πόσο η εφαρμογή τους μπορεί να δώσει λύσεις.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

8.1 Βιβλιογραφία

- [1]. Etkin D.S. (2000), "Worldwide Analysis of Marine Oil Spill Cleanup Cost Factors", Presented at: Arctic and Marine Oilspill Program Technical Seminar (June 2000).
- [2]. Etkin D.S. (1999), "Estimating Cleanup Costs for Oil Spills", International Oil Spill Conference, (Paper #168).
- [3]. White I.C., "Factors Affecting the Cost of Oil Spills".
- [4]. White I.C., Molloy F.C., "Factors that Determine the Cost of Oil Spills".
- [5]. Etkin D.S., Intertanko, "For Safe Transport, Cleaner Seas and Free Competition".
- [6]. Etkin D.S., (2001), "Comparative Methodologies for Estimating On-water Response Costs for Marine Oil Spills", International Oil Spill Conference, pp. 1281 – 1289.
- [7]. ITOPF, OIL TANKER SPILL STATISTICS:2005
- [8]. ITOPF, (2002), Technical Information Paper: "FATE OF MARINE OIL SPILLS".
- [9]. ITOPF, (2005), Technical Information Paper: "THE USE OF CHEMICAL DISPERSANTS TO TREAT OIL SPILLS".
- [10]. ITOPF, (2001), Technical Information Paper: "AERIAL OBSERVATION OF OIL".
- [11]. Etkin D.S., "Methodologies for Estimating Shoreline Cleanup Costs". Proceedings of 24th Arctic and Marine Oilspill Program Technical Seminar, pp.647-70.
- [12]. Lentz S.A., Felleman F., (2003), "Oil Spill Prevention:A Proactive Approach", International Oil Spill Conference 2003.
- [13]. McCay D.F., Whittier N., Sankaranarayanan S., Jennings J., Etkin D.S., "Modeling Fates and Impacts for Bio-Economic Analysis of Hypothetical Oil Spill Scenarios in San Francisco Bay", Proceedings of 25th Arctic and Marine Oilspill Program Technical Seminar, Environment Canada, Calgary, AB, Canada, 2002.

[14]. Etkin D.S., "Cleanup Costs for Oil Spills in Ports", Port Technology International, pp. 237 – 241.

[15]. White I.C., "Oil Spill Response-Experience, Trends and Challenges".

[16]. Etkin D.S., (2003), "Financial Implications of Hypothetical San Francisco Bay Oil Spill Scenarios : Response, Socioeconomic, and Natural Resource Damage Costs", International Oil Spill Conference 2003, pp. 1 – 15.

[17]. Etkin D.S., (1998), "Factors in the Dispersant Use Decision – Making Process : A Historical Overview and Look to the Future", Proceedings of 21th Arctic and Marine Oilspill Program Technical Seminar, pp.281-304.

[18]. Etkin D.S., (1999), "Oil Spill Dispersants : From Technology to Policy", Cutter Information Corp., Arlington, Massachusetts, USA, pp. 306.

[19]. Moller, T.H., H.D. Parker, and J.A. Nichols, "Comparative Costs of Oil Spill Cleanup Techniques", Proceedings of the 1987 International Oilspill Conference, pp. 123 – 127.

[20]. Etkin D.S., (1998), "Financial Costs of Oil Spills in the United States", Cutter Information Corp., Arlington, Massachusetts, USA, pp. 346.

[21]. Etkin D.S., (1998), "Financial Costs of Oil Spills Worldwide", Cutter Information Corp., Arlington, Massachusetts, USA, pp. 368.

[22]. U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE, National Oceanic and Atmospheric Administration, "Assessing the Social Costs of Oil Spills: The AMOCO CADIZ Case Study", July 1983.

[23]. ΚΑΥΚΟΥΛΑΣ Α., "Αντιμετώπιση Ρύπανσης της Θάλασσας", Διεύθυνση Προστασίας Θαλασσίου Περιβάλλοντος, Πειραιάς 2001.

[24]. Τζαφέστας Σ.Γ., "Υπολογιστική Νοημοσύνη", Τόμος Α: Μεθοδολογίες, Αθήνα 2002.

[25]. Αργυράκης Π., "Νευρωνικά Δίκτυα και Εφαρμογές", Ελληνικό ανοικτό πανεπιστήμιο, Πάτρα 2001.

[26]. Τριανταφύλλου Γ., Βεργέτης Μ., "Περιβάλλον και Ανάπτυξη", Ε.Μ.Π. 2004.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

**ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΔΙΕΘΝΟΥΣ ΣΥΜΒΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΤΟΙΜΟΤΗΤΑ,
ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΗΣ
ΘΑΛΑΣΣΑΣ ΑΠΟ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ**

**(INTERNATIONAL CONVENTION ON OIL POLLUTION
PREPAREDNESS, RESPONSE AND CO-OPERATION 1990 –
O.P.R.C. 90)**

ΔΙΕΘΝΗΣ ΣΥΜΒΑΣΗ
ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΤΟΙΜΟΤΗΤΑ, ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ
ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΗΣ
ΘΑΛΑΣΣΑΣ ΑΠΟ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ,
Λονδίνο 30 Νοεμβρίου 1990

ΤΑ ΜΕΡΗ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΣΥΜΒΑΣΗΣ,

ΕΧΟΝΤΑΣ ΣΥΝΕΙΔΗΣΗ της ανάγκης προστασίας του φυσικού περιβάλλοντος γενικά και του θαλάσσιου Περιβάλλοντος ειδικότερα,

ΑΝΑΓΝΩΡΙΖΟΝΤΑΣ τη σοβαρή απειλή που δημιουργούν στο θαλάσσιο Περιβάλλον το περιστατικά ρύπανσης από πετρέλαιο από πλοία, θαλάσσιες εγκαταστάσεις μακριά από την ακτή, λιμάνια και εγκαταστάσεις διακίνησης πετρελαίου,

ΕΧΟΝΤΑΣ ΥΠΟΨΗ τη σπουδαιότητα των μέτρων προστασίας και πρόληψης για την αποφυγή της ρύπανσης από πετρέλαιο στο αρχικό στάδιο και την ανάγκη ακριβούς εφαρμογής των υπαρχόντων διεθνών οργάνων που αναφέρονται στην ασφάλεια της ναυσιπλοΐας και την πρόληψη ρύπανσης της θάλασσας και συγκεκριμένα τη Διεθνή Σύμβαση για την Ασφάλεια της Ανθρωπίνης Ζωής στη Θάλασσα, του 1974, όπως τροποποιήθηκε και τη Διεθνή Σύμβαση Πρόληψης της Ρύπανσης της θάλασσας από πλοία, του 1973, και του σχετικού με αυτή Πρωτοκόλλου του 1978, όπως τροποποιήθηκε, καθώς επίσης την ταχεία ανάπτυξη αυξημένων κριτηρίων σχεδιασμού, λειτουργίας και συντήρησης των πλοίων που μεταφέρουν πετρέλαιο και των θαλάσσιων εγκαταστάσεων μακριά από την ακτή,

ΕΧΟΝΤΑΣ ΕΠΙΣΗΣ ΥΠΟΨΗ ότι στην περίπτωση ενός περιστατικού ρύπανσης από πετρέλαιο, είναι ουσιαστική η άμεση και αποτελεσματική ενέργεια για να ελαχιστοποιηθεί η ζημιά η οποία μπορεί να προκληθεί από ένα τέτοιο περιστατικό,

ΔΙΔΟΝΤΑΣ ΕΜΦΑΣΗ στη σπουδαιότητα της αποτελεσματικής προετοιμασίας για την καταπολέμηση των περιστατικών ρύπανσης από πετρέλαιο και το σημαντικό ρόλο που από την άποψη αυτή διαδραματίζουν οι βιομηχανίες πετρελαίου και η ναυτιλία,

ΑΝΑΓΝΩΡΙΖΟΝΤΑΣ ΠΑΡΑΠΕΡΑ τη σπουδαιότητα της αμοιβαίας βοήθειας και της διεθνούς συνεργασίας σε θέματα που περιλαμβάνουν την ανταλλαγή πληροφοριών αναφορικά με τις δυνατότητες των Κρατών για την αντιμετώπιση περιστατικών ρύπανσης από πετρέλαιο, την προπαρασκευή σχεδίων έκτακτης

ανάγκης αντιμετώπισης της ρύπανσης από πετρέλαιο, την ανταλλαγή εκθέσεων σχετικά με αξιοσημείωτα περιστατικά, τα οποία μπορούν να επηρεάσουν το θαλάσσιο περιβάλλον ή τις ακτές και τα συναφή συμφέροντα των Κρατών, καθώς και την έρευνα και ανάπτυξη των μέσων για την αντιμετώπιση της ρύπανσης του θαλάσσιου περιβάλλοντος από πετρέλαιο,

ΛΑΜΒΑΝΟΝΤΑΣ ΥΠΟΨΗ την αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει» σαν γενική αρχή της διεθνούς νομοθεσίας περιβάλλοντος,

ΛΑΜΒΑΝΟΝΤΑΣ ΕΠΙΣΗΣ ΥΠΟΨΗ τη σπουδαιότητα των διεθνών οργάνων για την ευθύνη και αποζημίωση των ζημιών ρύπανσης από πετρέλαιο, που περιλαμβάνουν τη Διεθνή Σύμβαση περί Αστικής Ευθύνης για Ζημιές Ρύπανσης από Πετρέλαιο, του 1969 και τη Διεθνή Σύμβαση περί Ίδρυσης Διεθνούς Κεφαλαίου Αποζημίωσης Ζημιών Ρύπανσης από Πετρέλαιο, του 1971, καθώς και την επιτακτική ανάγκη ταχείας θέσεως σε ισχύ των Πρωτοκόλλων 1984. των πιο πάνω Διεθνών Συμβάσεων.

ΛΑΜΒΑΝΟΝΤΑΣ ΠΑΡΑΠΕΡΑ ΥΠΟΨΗ τη σπουδαιότητα διμερών και πολυμερών συμφωνιών και διευθετήσεων που περιλαμβάνουν περιφερειακές συμβάσεις και συμφωνίες.

ΕΧΟΝΤΑΣ ΥΠΟΨΗ τις σχετικές διατάξεις της Σύμβασης των Ηνωμένων Εθνών για το Δίκαιο της θάλασσας και ειδικότερα το τμήμα XII αυτής,

ΑΝΤΙΛΑΜΒΑΝΟΜΕΝΑ την ανάγκη προώθησης της διεθνούς συνεργασίας και ανάπτυξης των υφιστάμενων εθνικών, περιφερειακών και παγκόσμιων δυνατοτήτων αναφορικά με την ετοιμότητα και αντιμετώπιση της ρύπανσης από πετρέλαιο, λαμβάνοντας υπόψη τις ειδικές ανάγκες των αναπτυσσόμενων χωρών και ιδιαίτερα εκείνες των μικρών νησιωτικών Κρατών,

ΘΕΩΡΩΝΤΑΣ ότι οι σκοποί αυτοί μπορούν να επιτευχθούν καλύτερα με τη σύναψη μιας Διεθνούς Σύμβασης για την Ετοιμότητα, Συνεργασία και Αντιμετώπιση της Ρύπανσης από Πετρέλαιο.

ΣΥΜΦΩΝΗΣΑΝ τα ακόλουθα:

ΑΡΘΡΟ 1

Γενικές διατάξεις

(1) Τα Μέρη αναλαμβάνουν, μεμονωμένα ή από κοινού, να λάβουν όλα τα κατάλληλα μέτρα σύμφωνα με τις διατάξεις της παρούσας Σύμβασης και του

Παραρτήματος αυτής, για την ετοιμότητα και αντιμετώπιση ενός περιστατικού ρύπανσης από πετρέλαιο.

(2) Το Παράρτημα αυτής της Σύμβασης θα αποτελεί αναπόσπαστο μέρος της Σύμβασης και οποιαδήποτε αναφορά σε αυτήν αποτελεί ταυτόχρονα αναφορά στο Παράρτημα.

(3) Η Σύμβαση αυτή δεν θα έχει εφαρμογή σε οποιοδήποτε πολεμικό πλοίο ή βοηθητικό σκάφος του πολεμικού ναυτικού ή σε άλλο πλοίο που ανήκει σε ένα Κράτος ή είναι αντικείμενο εκμετάλλευσης αυτού και χρησιμοποιείται κατά το συγκεκριμένο χρόνο μόνο για μη εμπορική κυβερνητική υπηρεσία.

Όμως, κάθε Μέρος θα εξασφαλίζει με τη λήψη κατάλληλων μέτρων που δεν παρακωλύουν τις λειτουργίες ή τις λειτουργικές δυνατότητες τέτοιων πλοίων που ανήκουν ή εκμεταλλεύονται από αυτό, ότι τα πλοία αυτά ενεργούν κατά τρόπο συνεπή, όσο είναι εύλογο και πρακτικά δυνατό, σύμφωνα με τις διατάξεις αυτής της Σύμβασης.

ΑΡΘΡΟ 2

Ορισμοί

Για τους σκοπούς της Σύμβασης αυτής:

(1) «Πετρέλαιο» σημαίνει το πετρέλαιο σε οποιαδήποτε μορφή, περιλαμβανομένου του αργού πετρελαίου, του καύσιμου πετρελαίου, των βαρέων καταλοίπων, των απόβλητων πετρελαίου, και των προϊόντων διύλισης αυτού.

(2) «Περιστατικό ρύπανσης από πετρέλαιο» σημαίνει ένα περιστατικό ή σειρά περιστατικών που έχουν κοινή προέλευση, το οποίο προκαλεί ή ενδέχεται να προκαλέσει απόρριψη πετρελαίου, η οποία αποτελεί ή πιθανόν να αποτελέσει απειλή για το θαλάσσιο Περιβάλλον ή τις ακτές ή τα συναφή συμφέροντα ενός ή περισσότερων Κρατών και το οποίο απαιτεί κατεπείγουσες ενέργειες ή άλλη άμεση αντιμετώπιση.

(3) «Πλοίο» σημαίνει σκάφος παντός τύπου που λειτουργεί με οποιονδήποτε τρόπο στο θαλάσσιο περιβάλλον και περιλαμβάνει υδροπτέρυγα και αερόστρωμα σκάφη, καταδύομενα και επιπλέοντα σκάφη παντός τύπου.

(4) «Θαλάσσια εγκατάσταση μακριά από την ακτή» σημαίνει κάθε μόνιμη ή επιπλέοντα εγκατάσταση μακριά από την ακτή ή κατασκευή που προορίζεται για δραστηριότητες έρευνας, εκμετάλλευσης ή παραγωγής φυσικού αερίου ή πετρελαίου ή φορτοεκφορτώσεις πετρελαίου.

(5) «Θαλάσσια λιμάνια και εγκαταστάσεις διακίνησης πετρελαίου» σημαίνει τις εγκαταστάσεις εκείνες, που παρουσιάζουν κίνδυνο πρόκλησης περιστατικού ρύπανσης από πετρέλαιο και περιλαμβάνει μεταξύ των άλλων τα θαλάσσια λιμάνια, τις εγκαταστάσεις πετρελαίου, τα δίκτυα αγωγών και οποιεσδήποτε άλλες ευκολίες διακίνησης πετρελαίου.

(6) «Οργανισμός» είναι ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός.

(7) «Γενικός Γραμματέας» είναι ο Γενικός Γραμματέας του Οργανισμού.

ΑΡΘΡΟ 3

Σχέδια έκτακτης ανάγκης αντιμετώπισης ρύπανσης

(1) (α) Κάθε Μέρος θα απαιτεί από τα πλοία που φέρουν τη σημαία του να έχουν επί του πλοίου σχέδιο έκτακτης ανάγκης αντιμετώπισης της ρύπανσης από πετρέλαιο, όπως προβλέπεται και σύμφωνα με τις διατάξεις που έχουν υιοθετηθεί για το σκοπό αυτόν * από τον Οργανισμό.

(β) Κάθε πλοίο που απαιτείται, σύμφωνα με την υποπαράγραφο (α), να είναι εφοδιασμένο με σχέδιο έκτακτης ανάγκης αντιμετώπισης της ρύπανσης από πετρέλαιο, υπόκειται κατά τη διάρκεια της παραμονής του σε λιμάνι ή σε θαλάσσια εγκατάσταση μακριά από την ακτή υπό τη δικαιοδοσία ενός Μέρους, σε έλεγχο από ειδικά εξουσιοδοτημένα όργανα αυτού του Μέρους, σύμφωνα με τις πρακτικές που προβλέπονται από τις υφιστάμενες διεθνείς συμφωνίες ** ή την εθνική του νομοθεσία.

(2) Κάθε Μέρος θα απαιτεί όπως οι χειριστές των θαλάσσιων εγκαταστάσεων υπό τη δικαιοδοσία του διαθέτουν σχέδια έκτακτης ανάγκης αντιμετώπισης ρύπανσης από πετρέλαιο, τα οποία να είναι συντονισμένα με το εθνικό σύστημα που έχει συσταθεί σύμφωνα με το Άρθρο 6 και που έχουν εγκριθεί σύμφωνα με τις προβλεπόμενες διαδικασίες από την αρμόδια εθνική αρχή.

(3) Κάθε Μέρος θα απαιτεί, αν το θεωρεί απαραίτητο, όπως η αρχή ή οι ορισθέντες χειριστές των θαλάσσιων λιμένων και των εγκαταστάσεων διακίνησης πετρελαίου υπό τη δικαιοδοσία του, διαθέτουν σχέδια έκτακτης ανάγκης αντιμετώπισης της ρύπανσης από πετρέλαιο ή συναφείς σχεδιασμούς, τα οποία να είναι συντονισμένα με το εθνικό σύστημα, που έχει συσταθεί σύμφωνα με το Άρθρο 6 και έχουν εγκριθεί σύμφωνα με τις προβλεπόμενες διαδικασίες από την αρμόδια εθνική αρχή.

ΑΡΘΡΟ 4

Διαδικασίες αναφοράς ρύπανσης από πετρέλαιο

(1) Κάθε Μέρος πρέπει να:

(α) απαιτεί όπως πλοίαρχοι ή άλλα πρόσωπα που διοικούν τα πλοία που φέρουν τη σημαία του και πρόσωπα που διοικούν τις θαλάσσιες εγκαταστάσεις στην περιοχή δικαιοδοσίας του, αναφέρουν χωρίς καθυστέρηση κάθε συμβάν επί του πλοίου τους ή της θαλάσσιας εγκατάστασης, που αφορά απόρριψη ή πιθανότητα απόρριψης πετρελαίου:

* Οι διατάξεις που έχουν υιοθετηθεί από τον Οργανισμό αναφέρονται στον Κανονισμό 26 του Παραρτήματος I της Διεθνούς Σύμβασης για την Πρόληψη της Ρύπανσης της θάλασσας από πλοία, του 1973 και του σχετικού με αυτή Πρωτοκόλλου 1978, όπως τροποποιήθηκε (MARPOL 73/78).

** Υφιστάμενες διεθνείς συμφωνίες αναφέρονται στο άρθρο 5 και 7 της Δ.Σ. MARPOL 73/78.

(i) στην περίπτωση πλοίου, στο πλησιέστερο παράκτιο Κράτος.

(ii) στην περίπτωση θαλάσσιας εγκατάστασης μακριά από την ακτή, στο παράκτιο Κράτος στη δικαιοδοσία του οποίου ανήκει η μονάδα,

(β) απαιτεί όπως πλοίαρχοι ή άλλα πρόσωπα που διοικούν πλοία που φέρουν τη σημαία του, καθώς και πρόσωπα που διοικούν θαλάσσιες εγκαταστάσεις μακριά από την ακτή στην περιοχή δικαιοδοσίας του, αναφέρουν χωρίς καθυστέρηση τη διαπίστωση οποιουδήποτε συμβάντος που αφορά τη διενέργεια απόρριψης πετρελαίου ή την παρουσία πετρελαίου στη θάλασσα:

(i) στην περίπτωση πλοίου, στο πλησιέστερο παράκτιο Κράτος.

(ii) στην περίπτωση θαλάσσιας εγκατάστασης, στο παράκτιο Κράτος στη δικαιοδοσία του οποίου ανήκει η μονάδα,

(γ) απαιτεί, όπως πρόσωπα που διοικούν θαλάσσιους λιμένες και εγκαταστάσεις διακίνησης πετρελαίου που βρίσκονται στην περιοχή δικαιοδοσίας του, αναφέρουν χωρίς καθυστέρηση στην αρμόδια εθνική αρχή κάθε συμβάν που αφορά απόρριψη ή πιθανότητα απόρριψης πετρελαίου ή παρουσία πετρελαίου στη θάλασσα.

(δ) παρέχει σαφείς οδηγίες στα πλοία ή αεροσκάφη του που διενεργούν ναυτιλιακούς ελέγχους, καθώς και σε άλλες αρμόδιες υπηρεσίες ή πρόσωπα, να αναφέρουν χωρίς καθυστέρηση τη διαπίστωση οποιουδήποτε συμβάντος στη θάλασσα ή σε θαλάσσιο λιμένα ή σε εγκατάσταση διακίνησης πετρελαίου, που αφορά απόρριψη πετρελαίου ή παρουσία πετρελαίου στην αρμόδια εθνική αρχή ή κατά περίπτωση, στο πλησιέστερο παράκτιο Κράτος,

(ε) απαιτεί όπως οι Κυβερνήτες αεροσκαφών της πολιτικής αεροπορίας αναφέρουν χωρίς καθυστέρηση τη διαπίστωση οποιουδήποτε συμβάντος στη θάλασσα που αφορά απόρριψη πετρελαίου ή παρουσία πετρελαίου στο πλησιέστερο παράκτιο Κράτος.

(2) Οι αναφορές σύμφωνα με την παράγραφο (1) (α)

(i) θα γίνονται σύμφωνα με τις απαιτήσεις που καταρτίστηκαν από τον Οργανισμό^{*} και θα βασίζονται στις οδηγίες και τις γενικές αρχές που υιοθετήθηκαν από αυτόν^{**}. Οι αναφορές της παραγράφου (1) (α) (ii), (β), (γ) και (δ) θα γίνονται σύμφωνα με τις οδηγίες και τις γενικές αρχές που υιοθετήθηκαν από τον Οργανισμό στην έκταση που αυτές έχουν εφαρμογή^{**}.

* Οι απαιτήσεις που καταρτίστηκαν από τον Οργανισμό· αναφέρονται στο άρθρο 8 και το Πρωτόκολλο I της Δ.Σ. MARPOL 73/78.

** Οδηγίες και γενικές αρχές που υιοθετήθηκαν από τον Οργανισμό· αφορούν τις Γενικές αρχές για τα συστήματα αναφοράς πλοίων συμπεριλαμβανομένων των οδηγιών για την αναφορά συμβάντων που αναφέρονται σε επικίνδυνα εμπορεύματα, επιβλαβείς ουσίες και /ή θαλάσσιους ρυπαντές· που υιοθετήθηκαν από τον Οργανισμό με την απόφαση A 648 (16).

ΑΡΘΡΟ 5

Ενέργειες με τη λήψη αναφοράς ρύπανσης
από πετρέλαιο

(1) Οποτεδήποτε ένα Μέρος λαμβάνει αναφορά σύμφωνα με το άρθρο 4 ή πληροφορία ρύπανσης προερχόμενη από άλλες πηγές, πρέπει να:

(α) εκτιμά το συμβάν προκειμένου να διαπιστωθεί αν πρόκειται περί περιστατικού ρύπανσης από πετρέλαιο,

(β) εκτιμά τη φύση την έκταση και τις πιθανές συνέπειες του περιστατικού ρύπανσης από πετρέλαιο και

(γ) πληροφορεί στη συνέχεια χωρίς καθυστέρηση όλα τα Κράτη των οποίων τα συμφέροντα επηρεάζονται ή ενδέχεται να επηρεαστούν από ένα τέτοιο περιστατικό ρύπανσης από πετρέλαιο, παρέχοντας:

(i) λεπτομέρειες των εκτιμήσεων του και κάθε ενέργειας που έχει λάβει ή που σκοπεύει να λάβει για την αντιμετώπιση του περιστατικού και

(ii) περαιτέρω πληροφορίες που απαιτούνται μέχρις ότου περατωθούν οι ενέργειες που λήφθηκαν για την αντιμετώπιση του περιστατικού ή μέχρις ότου αποφασιστεί κοινή αντιμετώπιση του περιστατικού από το εμπλεκόμενα Κράτη.

(2) Σε περίπτωση που επιβάλλεται λόγω της σοβαρότητας του περιστατικού ρύπανσης από πετρέλαιο, το Μέρος οφείλει να παρέχει απευθείας στον Οργανισμό ή κατά περίπτωση, μέσω του σχετικού περιφερειακού Οργανισμού ή συμφωνιών, τις πληροφορίες που αναφέρονται στην παράγραφο (1) (β) και (γ).

(3) Σε περίπτωση που επιβάλλεται λόγω της σοβαρότητας του περιστατικού ρύπανσης από πετρέλαιο, τα άλλα Κράτη που επηρεάζονται από αυτό καλούνται να πληροφορούν απευθείας τον Οργανισμό ή κατά περίπτωση μέσω του σχετικού περιφερειακού Οργανισμού ή συμφωνιών, τις εκτιμήσεις τους για την έκταση της απειλής στα συμφέροντα τους, καθώς και για κάθε ενέργεια που λήφθηκε ή πρόκειται να ληφθεί.

(4) Τα Μέρη οφείλουν να χρησιμοποιούν, όσο αυτό είναι πρακτικά δυνατό, το σύστημα αναφοράς ρύπανσης από πετρέλαιο που καταρτίστηκε από τον Οργανισμό*, όταν ανταλλάσσουν πληροφορίες και επικοινωνούν με άλλα Κράτη και με τον Οργανισμό.

ΑΡΘΡΟ 6

Εθνικά και περιφερειακά συστήματα ετοιμότητας και αντιμετώπισης

* Το σύστημα αναφοράς ρύπανσης από πετρέλαιο που καταρτίστηκε από τον Οργανισμό περιέχεται στο Εγχειρίδιο για την Ρύπανση από Πετρέλαιο, Μέρος II –Σχεδιασμός Έκτακτης Ανάγκης Προσάρτημα 2, που καταρτίστηκε από την Επιτροπή Προστασίας του Θαλάσσιου Περιβάλλοντος του Οργανισμού.

(1) Κάθε Μέρος θα καθιερώσει ένα εθνικό σύστημα για την άμεση και αποτελεσματική αντιμετώπιση των περιστατικών ρύπανσης από πετρέλαιο. Το σύστημα αυτό πρέπει να περιλαμβάνει τουλάχιστον:

(α) τον καθορισμό:

(i) της αρμόδιας εθνικής αρχής ή των αρχών που είναι υπεύθυνες για την ετοιμότητα και αντιμετώπιση της ρύπανσης από πετρέλαιο,

(ii) του εθνικού συντονιστή ενεργειών ή των συντονιστών, οι οποίοι θα είναι υπεύθυνοι για τη λήψη και διαβίβαση των αναφορών ρύπανσης από πετρέλαιο που αναφέρονται στο άρθρο 4 και

(iii) της αρχής που είναι εξουσιοδοτημένη να ενεργεί για λογαριασμό του Κράτους που αιτεί βοήθεια ή να αποφασίζει για την παροχή της αιτηθείσας βοήθειας.

(β) το εθνικό σχέδιο έκτακτης ανάγκης για την ετοιμότητα και αντιμετώπιση, το οποίο περιλαμβάνει την οργανωτική σχέση μεταξύ των διαφόρων εμπλεκόμενων φορέων, κρατικών ή ιδιωτικών, λαμβάνοντας υπόψη τις οδηγίες που καταρτίστηκαν από τον Οργανισμό *.

(2) Επιπλέον, κάθε Μέρος στα πλαίσια των δυνατοτήτων του, μονομερώς ή μέσω διμερούς ή πολυμερούς συνεργασίας και όσο αυτό είναι απαραίτητο, σε συνεργασία με τις βιομηχανίες πετρελαίου και ναυτιλίας, τις αρχές λιμένων, καθώς και άλλους σχετικούς φορείς, θα καθορίζει:

(α) το ελάχιστο επίπεδο του προκαθορισμένου εξοπλισμού καταπολέμησης πετρελαιοκηλίδων, ανάλογο του σχετικού κίνδυνου και τα προγράμματα χρησιμοποίησης του,

(β) ένα πρόγραμμα ασκήσεων για τους Οργανισμούς αντιμετώπισης της ρύπανσης από πετρέλαιο και την εκπαίδευση του αρμόδιου προσωπικού,

(γ) λεπτομερή σχέδια και τις δυνατότητες επικοινωνίας για την αντιμετώπιση ενός περιστατικού ρύπανσης από πετρέλαιο. Οι δυνατότητες αυτές πρέπει να είναι διαθέσιμες συνεχώς και

(δ) ένα μηχανισμό ή διάταξη συντονισμού για την αντιμετώπιση ενός περιστατικού ρύπανσης από πετρέλαιο και αν αυτό απαιτείται, των δυνατοτήτων κινητοποίησης των απαραίτητων μονάδων.

(3) Κάθε Μέρος θα εξασφαλίζει ότι η συνήθης πληροφόρηση παρέχεται στον Οργανισμό, απευθείας ή μέσω της σχετικής περιφερειακής οργάνωσης ή ρυθμίσεων, που αφορούν:

(α) τη θέση, τα στοιχεία των τηλεπικοινωνιών και αν είναι πρακτικά δυνατό, τις περιοχές ευθύνης των αρχών και φορέων που αναφέρονται στην παράγραφο (1) (α),

* Οι οδηγίες που καταρτίστηκαν από τον Οργανισμό περιέχονται στο Εγχειρίδιο για τη Ρύπανση από πετρέλαιο, Μέρος II – Σχεδιασμός Έκτακτης Ανάγκης, που καταρτίστηκε από την Επιτροπή Προστασίας του Θαλάσσιου Περιβάλλοντος του Οργανισμού.

(β) την πληροφόρηση αναφορικά με τον εξοπλισμό αντιμετώπισης της ρύπανσης και την εμπειρία που διαθέτει για την αντιμετώπιση ρύπανσης από πετρέλαιο, καθώς και τα μέσα επιθαλάσσιας αρωγής, τα οποία μπορεί να παράσχει σε άλλα Κράτη, εφόσον του ζητηθούν και

(γ) το εθνικό του σχέδιο έκτακτης ανάγκης.

ΑΡΘΡΟ 7

Διεθνής συνεργασία για την αντιμετώπιση της ρύπανσης

(1) Τα Μέρη συμφωνούν ότι, ανάλογα με τις δυνατότητες τους και τα σχετικά διαθέσιμα μέσα, θα συνεργάζονται και θα παρέχουν συμβουλευτικές υπηρεσίες, τεχνική υποστήριξη και εξοπλισμό προκειμένου να αντιμετωπιστεί ένα περιστατικό ρύπανσης από πετρέλαιο, στην περίπτωση που αυτό επιβάλλεται λόγω της σοβαρότητας αυτού του περιστατικού, κατόπιν αιτήσεως οποιουδήποτε Μέρους που επηρεάζεται από αυτό ή που ενδέχεται να επηρεαστεί. Η πληρωμή των δαπανών για μια τέτοια παροχή βοήθειας θα βασίζεται στις διατάξεις που περιέχονται στο Παράρτημα αυτής της Σύμβασης.

(2) Μέρος το οποίο έχει ζητήσει βοήθεια μπορεί να ζητήσει τη συνδρομή του Οργανισμού για την εξεύρεση προσωρινών οικονομικών πόρων για την πληρωμή των δαπανών που αναφέρονται στην παράγραφο (1).

(3) Σύμφωνα με τις εφαρμοζόμενες διεθνείς συμφωνίες κάθε Μέρος θα λαμβάνει το απαραίτητα νομικά ή διοικητικά μέτρα για να διευκολύνει:

(α) την άφιξη, χρησιμοποίηση και αναχώρηση από την επικράτεια του των πλοίων, αεροσκαφών και άλλων μέσων μεταφοράς που συμμετείχαν στην αντιμετώπιση ενός περιστατικού ρύπανσης από πετρέλαιο ή τη μεταφορά προσωπικού, φορτίων, μέσων και εξοπλισμού που απαιτούνται για την αντιμετώπιση ενός τέτοιου περιστατικού και

(β) την ταχεία διακίνηση εντός, διαμέσου και εκτός της επικράτειας του, προσωπικού, φορτίων, υλικών και εξοπλισμού που αναφέρονται στην υποπαράγραφο (α).

ΑΡΘΡΟ 8

Έρευνα και ανάπτυξη

(1) Τα Μέρη συμφωνούν να συνεργάζονται απευθείας ή κατά περίπτωση μέσω του Οργανισμού ή των σχετικών περιφερειακών οργανισμών ή συμφωνιών για την προαγωγή και ανταλλαγή των αποτελεσμάτων έρευνας και ανάπτυξης προγραμμάτων σχετικά με την επαύξηση της ικανότητας ετοιμότητας και αντιμετώπισης της ρύπανσης από πετρέλαιο, συμπεριλαμβανομένων των τεχνολογιών και τεχνικών για την επιτήρηση, συγκράτηση, ανάκτηση, διασκόρπιση, καθαρισμό και οτιδήποτε ελαχιστοποιεί ή εξαλείφει τα αποτελέσματα της ρύπανσης από πετρέλαιο και για την αποκατάσταση.

(2) Για το σκοπό αυτόν τα Μέρη αναλαμβάνουν να συστήσουν απευθείας ή κατά περίπτωση μέσω του Οργανισμού ή των σχετικών περιφερειακών οργανισμών ή συμφωνιών, τους απαραίτητους συνδέσμους μεταξύ των ερευνητικών τους ιδρυμάτων.

(3) Το Μέρη συμφωνούν να συνεργάζονται απευθείας ή μέσω του Οργανισμού ή των σχετικών περιφερειακών οργανισμών ή συμφωνιών για να προάγουν, όπου αυτό είναι απαραίτητο, σε τακτά χρονικά διαστήματα, την πραγματοποίηση διεθνών συμποσίων για τα σχετικά θέματα, συμπεριλαμβανομένης της τεχνολογικής προόδου στις τεχνικές καταπολέμησης της ρύπανσης από πετρέλαιο και του εξοπλισμού.

(4) Το Μέρη συμφωνούν να ενθαρρύνουν, μέσω του Οργανισμού ή άλλων αρμόδιων διεθνών οργανισμών, την ανάπτυξη προδιαγραφών για συμβατές τεχνικές και εξοπλισμό καταπολέμησης της ρύπανσης από πετρέλαιο.

ΑΡΘΡΟ 9

Τεχνική συνεργασία

(1) Τα Μέρη αναλαμβάνουν απευθείας ή μέσω του Οργανισμού και άλλων διεθνών φορέων, όπου αυτό είναι απαραίτητο, να παρέχουν υποστήριξη σχετικά με την ετοιμότητα και αντιμετώπιση της ρύπανσης από πετρέλαιο σε εκείνα τα Μέρη, τα οποία αιτούν τεχνική βοήθεια:

(α) για την εκπαίδευση προσωπικού,

(β) για την εξασφάλιση παροχής της σχετικής τεχνολογίας, εξοπλισμού και ευκολιών.

(γ) για τη διευκόλυνση άλλων μέτρων και ρυθμίσεων για την ετοιμότητα και αντιμετώπιση περιστατικών ρύπανσης από πετρέλαιο και

(δ) για την πρωτοβουλία διενέργειας από κοινού προγραμμάτων έρευνας και ανάπτυξης.

(2) Τα Μέρη αναλαμβάνουν να συνεργάζονται ενεργά, σύμφωνα με την εθνική τους νομοθεσία, κανονισμούς και πολιτική, για τη μεταφορά τεχνολογίας αναφορικά με την ετοιμότητα και αντιμετώπιση της ρύπανσης από πετρέλαιο.

ΑΡΘΡΟ 10

Προώθηση διμερούς και πολυμερούς συνεργασίας για την ετοιμότητα και αντιμετώπιση

Τα Μέρη θα επιδιώκουν να συνάπτουν διμερείς ή πολυμερείς συμφωνίες για την ετοιμότητα και αντιμετώπιση της ρύπανσης από πετρέλαιο. Αντίγραφο αυτών των συμφωνιών θα διαβιβάζονται στον Οργανισμό, ο οποίος θα τις θέτει στη διάθεση των Μερών ύστερα από αίτηση τους.

ΑΡΘΡΟ 11

Σχέση με άλλες συμβάσεις και διεθνείς συμφωνίες

Καμία διάταξη αυτής της Σύμβασης δεν θα ερμηνεύεται ότι μεταβάλλει τα δικαιώματα ή τις υποχρεώσεις οποιουδήποτε Μέρους που προβλέπονται από άλλη σύμβαση ή διεθνή συμφωνία.

ΑΡΘΡΟ 12

Θεσμικές διατάξεις

(1) Τα Μέρη αναθέτουν στον Οργανισμό, υπό την προϋπόθεση της συναίνεσης του και της ύπαρξης κατάλληλων πηγών υποστήριξης αυτών των ενεργειών, την εκτέλεση των παρακάτω λειτουργιών και δραστηριοτήτων:

(α) υπηρεσίες πληροφόρησης:

(i) να λαμβάνει, συγκρίνει και διανέμει ύστερα από αίτηση τις πληροφορίες που παρέχουν τα Μέρη (βλέπε π.χ. άρθρα 5 (2) και (3), 6 (3) και 10), καθώς και τις σχετικές πληροφορίες που παρέχονται από άλλες πηγές και

(ii) να παρέχει συνδρομή για την εξεύρεση προσωρινών οικονομικών πόρων για τις δαπάνες (βλέπε π.χ. άρθρο 7 (2)),

(β) μόρφωση και εκπαίδευση:

(i) να προάγει την εκπαίδευση στον τομέα της ετοιμότητας και αντιμετώπισης της ρύπανσης από πετρέλαιο (βλέπε π.χ. άρθρο 9) και

(ii) να προάγει την πραγματοποίηση διεθνών συμποσίων (βλέπε π.χ. άρθρο 8 (3)),

(γ) τεχνικές υπηρεσίες:

(i) να διευκολύνει τη συνεργασία για την έρευνα και ανάπτυξη (βλέπε π.χ. άρθρο 8(1), (2) και (4) και 9(1)(δ)),

(ii) να παρέχει συμβουλές στα Κράτη που καθιερώνουν εθνικά ή περιφερειακά μέσα αντιμετώπισης, και

(iii) να αναλύει τις πληροφορίες που παρέχονται από τα Μέρη (βλέπε π.χ., άρθρο 5 (2) και (3), 6 (3) και 8 (1)), καθώς και τις σχετικές πληροφορίες που παρέχονται από άλλες πηγές και να παρέχει συμβουλές ή πληροφορίες στα Κράτη.

(δ) τεχνική βοήθεια:

(i) να διευκολύνει την παροχή τεχνικής βοήθειας στα Κράτη που καθιερώνουν εθνικά ή περιφερειακά μέσα αντιμετώπισης και

(ii) να διευκολύνει την παροχή τεχνικής βοήθειας και συμβούλων ύστερα από αίτηση των Κρατών που αντιμετωπίζουν σοβαρά περιστατικά ρύπανσης από πετρέλαιο.

(2) Εκτελώντας τις δραστηριότητες που αναφέρονται σε αυτό το Άρθρο, ο Οργανισμός θα προσπαθεί να ενισχύει την ικανότητα των Κρατών μεμονωμένα ή μέσω περιφερειακών συμφωνιών για την ετοιμότητα και καταπολέμηση περιστατικών ρύπανσης από πετρέλαιο, λαμβάνοντας υπόψη την πείρα των Κρατών, περιφερειακών συμφωνιών και βιομηχανικών διατάξεων και δίνοντας ιδιαίτερη προσοχή στις ανάγκες των αναπτυσσόμενων χωρών.

(3) Οι διατάξεις αυτού του άρθρου θα εφαρμόζονται σύμφωνα με το πρόγραμμα που καταρτίζεται και τηρείται υπό εξέταση από τον Οργανισμό.

ΑΡΘΡΟ 13

Αξιολόγηση της Σύμβασης

Τα Μέρη θα αξιολογούν στα πλαίσια του Οργανισμού την αποτελεσματικότητα της Σύμβασης υπό το πνεύμα των στόχων της και ιδιαίτερα σε σχέση με τις αρχές που υπογραμμίζουν τη συνεργασία και την παροχή βοήθειας.

ΑΡΘΡΟ 14

Τροποποιήσεις

(1) Η Σύμβαση αυτή μπορεί να τροποποιείται με μία από τις διαδικασίες που καθορίζονται στις παρακάτω παραγράφους.

(2) Τροποποίηση κατόπιν προηγούμενης μελέτης από τον Οργανισμό:

(α) Οποιαδήποτε τροποποίηση που προτάθηκε από ένα Μέρος της Σύμβασης θα υποβάλλεται στον Οργανισμό και θα κοινοποιείται από το Γενικό Γραμματέα σε όλα τα Μέλη του Οργανισμού και σε όλα τα Μέρη, τουλάχιστον έξι (6) μήνες πριν από την εισαγωγή της για μελέτη.

(β) Οποιαδήποτε τροποποίηση που προτάθηκε και κοινοποιήθηκε σύμφωνα με τα ανωτέρω, θα υποβάλλεται για μελέτη στην Επιτροπή Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος του Οργανισμού.

(γ) Τα Μέρη της Σύμβασης, ανεξάρτητα αν είναι Μέλη ή όχι του Οργανισμού, θα δικαιούνται να λαμβάνουν μέρος στις διαδικασίες της Επιτροπής Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος.

(δ) Τροποποιήσεις θα υιοθετούνται με πλειοψηφία των 2/3 μόνον των Μερών της Σύμβασης που είναι παρόντα και ψηφίζουν.

(ε) Στην περίπτωση που υιοθετούνται σύμφωνα με την υποπαράγραφο (δ) τροποποιήσεις, θα διαβιβάζονται από το Γενικό Γραμματέα σε όλα τα Μέρη της Σύμβασης για αποδοχή.

(στ) (i) Τροποποίηση ενός άρθρου ή του Παραρτήματος της Σύμβασης θα θεωρείται ότι έχει γίνει αποδεκτή κατά την ημερομηνία που γίνεται αποδεκτή από τα 2/3 των Μερών.

(ii) Τροποποίηση ενός προσαρτήματος θα θεωρείται ότι έχει γίνει αποδεκτή στο τέλος της χρονικής περιόδου που καθορίζεται από την Επιτροπή Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος κατά το χρόνο της υιοθέτησης της, η οποία περίοδος δεν θα πρέπει να είναι μικρότερη των 10 μηνών, εκτός αν εντός της περιόδου αυτής διαβιβαστούν στο Γενικό Γραμματέα αντιρρήσεις, τουλάχιστον από το 1/3 των Συμβαλλόμενων Μερών.

(ζ) (i) Τροποποίηση ενός άρθρου ή του Παραρτήματος της Σύμβασης η οποία έγινε αποδεκτή σύμφωνα με την υποπαράγραφο (στ) (i) θα τίθεται σε ισχύ έξι μήνες μετά την ημερομηνία κατά την οποία θεωρείται ότι έχει γίνει αποδεκτή για τα Μέρη εκείνα τα οποία έχουν δηλώσει στο Γενικό Γραμματέα ότι την αποδέχονται.

(ii) Τροποποίηση ενός προσαρτήματος η οποία έγινε αποδεκτή σύμφωνα με την υποπαράγραφο (στ) (ii) θα τίθεται σε ισχύ έξι μήνες μετά την ημερομηνία κατά την

οποία θεωρείται ότι έχει γίνει αποδεκτή για όλα τα Μέρη με την εξαίρεση εκείνων που πριν από αυτή την ημερομηνία έχουν δηλώσει αντίρρηση γι' αυτή. Ένα Μέρος μπορεί κατά πάντα χρόνο να αποσύρει αντίρρηση που προέβαλε προηγουμένως, υποβάλλοντας στο Γενικό Γραμματέα σχετική γνωστοποίηση.

(3) Τροποποίηση από τη Διάσκεψη:

(α) Όταν ζητηθεί από ένα Μέρος, με τη συναίνεση τουλάχιστον του 1/3 των Μερών, ο Γενικός Γραμματέας θα συγκαλεί Διάσκεψη των Μερών της Σύμβασης για να μελετήσουν τις προτεινόμενες τροποποιήσεις της Σύμβασης.

(β) Τροποποίηση, που υιοθετείται από μία τέτοια Διάσκεψη από τα 2/3 της πλειοψηφίας των Μερών εκείνων που είναι παρόντα και ψηφίζουν, θα διαβιβάζεται από το Γενικό Γραμματέα σε όλα τα Μέρη για αποδοχή από αυτά.

(γ) Εκτός αν η Διάσκεψη αποφασίζει διαφορετικά, η τροποποίηση θα θεωρείται ότι έχει γίνει αποδεκτή και θα τίθεται σε ισχύ σύμφωνα με τις διαδικασίες που καθορίζονται στην παράγραφο (2) (στ) και (ζ).

(4) Η υιοθέτηση και θέση σε ισχύ τροποποίησης που συνιστά προσθήκη σε ένα Παράρτημα ή προσάρτημα, θα υπόκειται στην ίδια διαδικασία που εφαρμόζεται για τροποποίηση του Παραρτήματος.

(5) Κάθε Μέρος που δεν έχει αποδεχθεί τροποποίηση ενός άρθρου ή του Παραρτήματος σύμφωνα με την παράγραφο (2) (στ) (i), ή τροποποίηση που συνιστά προσθήκη σε ένα Παράρτημα ή προσάρτημα σύμφωνα με την παράγραφο (4), ή έχει κοινοποιήσει αντίρρηση στην τροποποίηση ενός προσαρτήματος σύμφωνα με την παράγραφο (2) (στ) (ii), θα θεωρείται σαν μη Μέρος μόνο για το σκοπό εφαρμογής της τροποποίησης αυτής. Τέτοια μεταχείριση θα τερματίζεται με την υποβολή δήλωσης αποδοχής σύμφωνα με την παράγραφο (2) (στ) (i) ή την ανάκληση της αντίρρησης σύμφωνα με την παράγραφο (2) (ζ) (ii).

(6) Ο Γενικός Γραμματέας θα πληροφορεί όλα τα Μέρη για κάθε τροποποίηση που τίθεται σε ισχύ σύμφωνα με το άρθρο αυτό, μαζί με την ημερομηνία κατά την οποία η τροποποίηση τίθεται σε ισχύ.

(7) Κάθε δήλωση αποδοχής ή αντίρρησης ή ανάκλησης της αντίρρησης σε τροποποίηση, σύμφωνα με το άρθρο αυτό, θα κοινοποιείται γραπτώς στο Γενικό Γραμματέα, ο οποίος θα πληροφορεί τα Μέρη για τη δήλωση αυτή και την ημερομηνία παραλαβής της.

(8) Προσάρτημα στη Σύμβαση θα περιέχει μόνο διατάξεις τεχνικού χαρακτήρα.

ΑΡΘΡΟ 15

Υπογραφή, κύρωση, αποδοχή, έγκριση και
προσχώρηση

(1) Η Σύμβαση αυτή θα παραμείνει ανοικτή για υπογραφή στα Κεντρικά Γραφεία του Οργανισμού από 30 Νοεμβρίου 1990 μέχρι 29 Νοεμβρίου 1991 και ακολούθως

θα παραμείνει ανοικτή για προσχώρηση. Κάθε Κράτος μπορεί να γίνει Μέρος αυτής της Σύμβασης με:

- (α) υπογραφή χωρίς επιφύλαξη ως προς την κύρωση, αποδοχή ή έγκριση ή
 - (β) υπογραφή με την επιφύλαξη της κύρωσης, αποδοχής ή έγκρισης, ακολουθούμενη από κύρωση, αποδοχή ή έγκριση ή
 - (γ) προσχώρηση.
- (2) Κύρωση, αποδοχή, έγκριση ή προσχώρηση θα ισχύει με την κατάθεση σχετικού οργάνου για το σκοπό αυτόν στο Γενικό Γραμματέα.

ΑΡΘΡΟ 16

Θέση σε ισχύ

- (1) Η Σύμβαση αυτή θα τεθεί σε ισχύ δώδεκα μήνες μετά την ημερομηνία κατά την οποία τουλάχιστον δεκαπέντε Κράτη ή έχουν υπογράψει αυτή χωρίς επιφύλαξη ως προς την κύρωση, αποδοχή ή έγκριση ή έχουν καταθέσει τα απαιτούμενα όργανα κύρωσης, αποδοχής, έγκρισης ή προσχώρησης σύμφωνα με το άρθρο 15.
- (2) Για Κράτη που έχουν καταθέσει όργανο επικύρωσης, αποδοχής, έγκρισης ή προσχώρησης για τη Σύμβαση αυτή, μετά τη συμπλήρωση των απαιτήσεων για τη θέση σε ισχύ αυτής, αλλά πριν από την ημερομηνία θέσης σε ισχύ, η κύρωση, αποδοχή, έγκριση ή προσχώρηση θα έχει εφαρμογή την ημερομηνία που θα τεθεί σε ισχύ αυτή η Σύμβαση ή τρεις μήνες μετά την ημερομηνία κατάθεσης του εγγράφου, οποιαδήποτε από αυτές είναι η μεταγενέστερη ημερομηνία.
- (3) Για Κράτη που έχουν καταθέσει όργανο επικύρωσης, αποδοχής, έγκρισης ή προσχώρησης μετά την ημερομηνία κατά την οποία η Σύμβαση αυτή τέθηκε σε ισχύ, η Σύμβαση αυτή θα έχει εφαρμογή τρεις μήνες μετά την ημερομηνία κατάθεσης του οργάνου.
- (4) Μετά την ημερομηνία κατά την οποία μια τροποποίηση αυτής της Σύμβασης θεωρείται ότι έχει γίνει αποδεκτή σύμφωνα με το άρθρο 14, οποιαδήποτε κατάθεση οργάνου επικύρωσης, αποδοχής, έγκρισης ή προσχώρησης θα αναφέρεται στη Σύμβαση όπως τροποποιήθηκε.

ΑΡΘΡΟ 17

Καταγγελία

- (1) Η Σύμβαση αυτή μπορεί να καταγγελθεί από οποιοδήποτε Μέρος οποτεδήποτε μετά τη συμπλήρωση πέντε ετών από την ημερομηνία κατά την οποία η Σύμβαση τίθεται σε ισχύ για το Μέρος αυτό.
- (2) Η καταγγελία θα πραγματοποιείται με την έγγραφη γνωστοποίηση στο Γενικό Γραμματέα.
- (3) Η καταγγελία θα έχει ισχύ δώδεκα μήνες μετά την κοινοποίηση της στο Γενικό Γραμματέα ή μετά την παρέλευση οποιασδήποτε μεγαλύτερης χρονικής περιόδου, η οποία μπορεί να δηλώνεται στη γνωστοποίηση.

ΑΡΘΡΟ 18

Θεματοφύλακας

- (1) Η Σύμβαση αυτή θα κατατίθεται στο Γενικό Γραμματέα.
- (2) Ο Γενικός Γραμματέας θα:
 - (α) ενημερώνει όλα τα Κράτη τα οποία έχουν υπογράψει αυτήν τη Σύμβαση ή προσχωρήσει σε αυτή για:
 - (i) κάθε νέα υπογραφή ή κατάθεση οργάνου επικύρωσης, αποδοχής, έγκρισης ή προσχώρησης, μαζί με την ημερομηνία αυτού.
 - (ii) την ημερομηνία θέσης σε ισχύ αυτής της Σύμβασης και
 - (iii) την κατάθεση οποιουδήποτε οργάνου καταγγελίας αυτής της Σύμβασης μαζί με την ημερομηνία παραλαβής του και την ημερομηνία κατά την οποία η καταγγελία τίθεται σε ισχύ.
 - (β) διαβιβάζει επικυρωμένα ακριβή αντίγραφα αυτής της Σύμβασης στις Κυβερνήσεις όλων των Κρατών, τα οποία έχουν υπογράψει αυτήν τη Σύμβαση ή προσχώρησαν σε αυτήν.
- (3) Μόλις η Σύμβαση αυτή τεθεί σε ισχύ, ένα επικυρωμένο ακριβές αντίγραφο της θα διαβιβαστεί από το θεματοφύλακα στο Γενικό Γραμματέα των Ηνωμένων Εθνών για καταχώριση και δημοσίευση σύμφωνα με το άρθρο 102 του Καταστατικού Χάρτη των Ηνωμένων Εθνών.

ΑΡΘΡΟ 19

Γλώσσες

Η Σύμβαση αυτή συντάχθηκε σε ένα μόνο πρωτότυπο στην αραβική, κινέζικη, αγγλική, γαλλική, ρωσική και ισπανική και καθένα από τα κείμενα αυτά είναι εξίσου αυθεντικό.

ΟΙ ΥΠΟΓΡΑΦΟΝΤΕΣ αρμοδίως εξουσιοδοτημένοι από τις αντίστοιχες Κυβερνήσεις τους για το σκοπό αυτόν υπέγραψαν αυτήν τη Σύμβαση.

ΕΓΙΝΕ στο Λονδίνο την τριακοστή Νοεμβρίου του χίλια εννιακόσια ενενήντα.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΑΠΟΖΗΜΙΩΣΗ ΔΑΠΑΝΩΝ ΒΟΗΘΕΙΑΣ

- (1) (α) Με εξαίρεση την περίπτωση που πριν από ένα περιστατικό ρύπανσης από πετρέλαιο έχει συναφθεί διμερής ή πολυμερής οικονομική συμφωνία που διέπει τις ενέργειες των Μερών για την αντιμετώπιση περιστατικών ρύπανσης από πετρέλαιο, τα Μέρη θα αναλαμβάνουν τις δαπάνες των αντίστοιχων ενεργειών τους για την αντιμετώπιση της ρύπανσης σύμφωνα με την υποπαράγραφο (i) ή την (ii).
 - (i) Στην περίπτωση που για την αντιμετώπιση ενός περιστατικού ένα Μέρος αναλαμβάνει δράση ύστερα από ρητή αίτηση ενός άλλου Μέρους, το Μέρος που ζήτησε τη βοήθεια θα καταβάλλει στο Μέρος που παρέχει βοήθεια τα έξοδα που

συνεπάγονται οι ενέργειες του. Το Μέρος που ζήτησε βοήθεια μπορεί να ακυρώνει το αίτημα του οποτεδήποτε, αλλά στην περίπτωση αυτή θα καταβάλλει τα έξοδα στα οποία έχει ήδη υποβληθεί ή ανέλαβε το Μέρος που παρέσχε τη βοήθεια.

(ii) Στην περίπτωση κατά την οποία η ανάληψη δράσης από ένα Μέρος έγινε με δική του πρωτοβουλία, το Μέρος αυτό θα αναλαμβάνει τις δαπάνες που συνεπάγονται οι ενέργειες του.

(β) Οι αρχές που καθορίζονται στην υποπαράγραφο (α) θα εφαρμόζονται, εκτός αν τα ενδιαφερόμενα Μέρη συμφωνήσουν διαφορετικά σε κάθε μεμονωμένη περίπτωση.

(2) Με εξαίρεση την περίπτωση που έχει συμφωνηθεί διαφορετικά, τα έξοδα για τις ενέργειες, που έγιναν από ένα Μέρος ύστερα από αίτηση άλλου Μέρους, θα υπολογίζονται δίκαια σύμφωνα με το νόμο και την ακολουθούμενη πρακτική του Μέρους που παρέχει τη βοήθεια, για την αποζημίωση τέτοιων δαπανών.

(3) Το Μέρος που ζήτησε βοήθεια και το Μέρος που προσφέρει τη βοήθεια θα συνεργάζονται, όταν απαιτείται για την πραγματοποίηση κάθε ενέργειας σχετικής με την απαίτηση αποζημίωσης. Για το σκοπό αυτόν θα λαμβάνουν σοβαρά υπόψη τα υφιστάμενα νομικά καθεστάτα. Όπου η δράση που έχει συμφωνηθεί δεν επιτρέπει πλήρη αποζημίωση για τα έξοδα που πραγματοποιήθηκαν κατά την επιχείρηση βοήθειας, το Μέρος που ζήτησε τη βοήθεια επιτρέπεται να ζητήσει από το μέρος που προσέφερε τη βοήθεια να παραιτηθεί από την αξίωση καταβολής των εξόδων που υπερβαίνουν τα ποσά που έχουν καταβληθεί ως αποζημίωση ή να μειώσει τις δαπάνες που έχουν υπολογιστεί σύμφωνα με την παράγραφο (2).

Επίσης, επιτρέπεται να ζητήσει αναβολή καταβολής αυτών των εξόδων. Μελετώντας μια τέτοια αίτηση, τα Μέρη που παρέχουν τη βοήθεια θα δίνουν τη δέουσα προσοχή στις ανάγκες των αναπτυσσόμενων χωρών.

(4) Οι διατάξεις αυτής της Σύμβασης δεν θα ερμηνεύονται ότι βλάπτουν με οποιονδήποτε τρόπο τα δικαιώματα των Μερών να αποζημιώνονται από τρίτους για το έξοδα των ενεργειών τους για την αντιμετώπιση ρύπανσης ή απειλής ρύπανσης, σύμφωνα με άλλες εφαρμοζόμενες διατάξεις και κανονισμούς που προβλέπονται από την εθνική και διεθνή νομοθεσία. Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δίδεται στη Διεθνή Σύμβαση για την Αστική Ευθύνη για Ζημιές Ρύπανσης από Πετρέλαιο του 1969 και τη Διεθνή Σύμβαση για την Ίδρυση Διεθνούς Κεφαλαίου Αποζημίωσης Ζημιών Ρύπανσης από Πετρέλαιο του 1971 ή οποιοδήποτε τροποποίηση αυτών των Συμβάσεων.

Άρθρο δεύτερο

Ορισμοί

Για την εφαρμογή των διατάξεων του παρόντος νόμου, οι ακόλουθοι όροι έχουν την έναντι αυτών προσδιοριζόμενη έννοια:

(α) Σύμβαση: Περιλαμβάνει το κείμενο που αναφέρεται στο προηγούμενο άρθρο.

(β) Αρμόδιες Αρχές: Οι Λιμενικές Αρχές εσωτερικού και η Διεύθυνση Ελέγχου Εμπορικών Πλοίων του Υπουργείου Εμπορικής Ναυτιλίας.

(γ) Υπουργός: Ο Υπουργός Εμπορικής Ναυτιλίας.

Άρθρο τρίτο

Εφαρμογή

Οι διατάξεις του παρόντος νόμου, της Σύμβασης, των προεδρικών διαταγμάτων και υπουργικών αποφάσεων, που εκδίδονται σε εκτέλεση του, εφαρμόζονται:

(α) Στα ελληνικά πλοία που υπάγονται στις διατάξεις της Διεθνούς Σύμβασης MARPOL 73/78 (ΦΕΚ 89/1982).

(β) Στα πλοία με ξένη σημαία που καταπλέουν σε ελληνικά λιμάνια και όρμους ή που βρίσκονται σε θαλάσσιο χώρο ελληνικής δικαιοδοσίας σύμφωνα με την εθνική νομοθεσία ή τις διεθνείς συμβάσεις που επικυρώθηκαν από την Ελλάδα.

(γ) Στις εγκαταστάσεις που βρίσκονται στην Ελλάδα, στις οποίες προσεγγίζουν πλοία για τη διενέργεια κάθε μορφής εργασιών και πράξεων.

(δ) Στις εγκαταστάσεις έρευνας, εκμετάλλευσης και παραγωγής πετρελαίου στην ανοικτή θάλασσα, που υπάγονται στη δικαιοδοσία της Ελλάδας και

(ε) Στα σκάφη απορρύπανσης, μηχανήματα, συσκευές και κάθε είδους εξοπλισμό απορρύπανσης που κατασκευάζεται στην Ελλάδα ή το εξωτερικό και προορίζεται για τις εγκαταστάσεις ή τα πλοία.

Άρθρο τέταρτο

Εθνικής συντονιστής

Εθνικός συντονιστής για την εφαρμογή του εθνικού σχεδίου έκτακτης ανάγκης ορίζεται το Κέντρο Συντονισμού Έρευνας και Διάσωσης (Κ.Σ.Ε.Δ.) του Υπουργείου Εμπορικής Ναυτιλίας (ν. 1844/1990 (ΦΕΚ 100 Α)). Ο εθνικός συντονιστής ειδικότερα:

(α) Δέχεται τις αναφορές των προσώπων, φορέων και Αρχών που καθορίζονται από το άρθρο 4 της Σύμβασης, σε σχέση με οποιοδήποτε συμβάν που αφορά απόρριψη, κίνδυνο απόρριψης ή παρουσία πετρελαιοειδών ή άλλων επιβλαβών ουσιών στη θάλασσα.

(β) Εκτιμά τη φύση, την έκταση και τις πιθανές συνέπειες του περιστατικού ρύπανσης και κινητοποιεί τις εμπλεκόμενες στο εθνικό σχέδιο έκτακτης ανάγκης Αρχές και φορείς για την έγκαιρη λήψη προληπτικών μέτρων ή μέτρων για την αντιμετώπιση του περιστατικού ρύπανσης.

(γ) Τηρείται συνεχώς ενήμερος των ενεργειών για την αντιμετώπιση του περιστατικού ρύπανσης και παρέχει κάθε συνδρομή που απαιτείται για την αποτελεσματικότερη αντιμετώπιση του και τον περιορισμό των επιπτώσεων του στο

περιβάλλον, σε συνεργασία με την αρμόδια υπηρεσία περιβάλλοντος του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων.

Άρθρο πέμπτο

Κατάρτιση, έγκριση και Εφαρμογή
σχεδίων έκτακτης ανάγκης

(1) Οι Λιμενικές Αρχές εσωτερικού είναι υπεύθυνες:

(α) για την κατάρτιση, τροποποίηση, συμπλήρωση και εφαρμογή των περιφερειακών σχεδίων έκτακτης ανάγκης για την αντιμετώπιση περιστατικών ρύπανσης από πετρέλαιο ή άλλες επιβλαβείς ουσίες στην περιοχή ευθύνης τους.

(β) για την έγκριση των σχεδίων έκτακτης ανάγκης, τον καθορισμό του αναγκαίου εξοπλισμού που πρέπει να διαθέτουν οι θαλάσσιες εγκαταστάσεις, οι εγκαταστάσεις διακίνησης πετρελαιοειδών ή επιβλαβών ουσιών, οι λουτρικές εγκαταστάσεις, οι οργανισμοί λιμένων και τα λιμενικά ταμεία για τους λιμένες που υπάγονται στη δικαιοδοσία τους και κάθε είδους εγκαταστάσεις, που λόγω της λειτουργίας τους είναι ενδεχόμενο να προκαλέσουν ρύπανση του θαλάσσιου περιβάλλοντος στην περιοχή ευθύνης τους, καθώς επίσης και για τον έλεγχο του βαθμού εκπαίδευσης του προσωπικού τους για την έγκαιρη και αποτελεσματική αντιμετώπιση περιστατικών ρύπανσης από πετρέλαιο ή άλλες επιβλαβείς ουσίες,

(γ) για τη λήψη των πληροφοριών που προβλέπονται σύμφωνα με το άρθρο 4 της Σύμβασης, την εκτίμηση, την άμεση κινητοποίηση και το συντονισμό των ενεργειών, μέσω περιφερειακών ή τοπικών σχεδίων έκτακτης ανάγκης, των αρμόδιων φορέων και Αρχών της περιοχής ευθύνης τους για την έγκαιρη και αποτελεσματική λήψη των απαραίτητων προληπτικών μέτρων ή μέτρων αντιμετώπισης του περιστατικού ρύπανσης.

(δ) για τον έλεγχο συμμόρφωσης των πλοίων και εγκαταστάσεων στην περιοχή ευθύνης τους με τις απαιτήσεις που ορίζονται από τις διατάξεις της Σύμβασης και του παρόντος νόμου και την επιβολή στους παραβάτες των προβλεπόμενων από το άρθρο ένατο κυρώσεων.

(2) Η έγκριση των σχεδίων έκτακτης ανάγκης των ελληνικών πλοίων, ο έλεγχος ύπαρξης και καλής λειτουργίας του αναγκαίου εξοπλισμού των πλοίων και ο βαθμός εκπαίδευσης του πληρώματος αυτών για την αντιμετώπιση περιστατικών ρύπανσης από πετρέλαιο ή άλλες επιβλαβείς ουσίες, ενεργείται από τη Διεύθυνση Ελέγχου Εμπορικών Πλοίων (Δ.Ε.Ε.Π.) του Υπουργείου Εμπορικής Ναυτιλίας.

(3) Με την επιφύλαξη του άρθρου 19 του ν. 743/1977 (ΦΕΚ 319 Α), όπως ισχύει μετά την τροποποίηση του από την παράγραφο 13 άρθρο 31 του ν. 1650/1986 (ΦΕΚ 160 Α), ο έλεγχος και η έγκριση της καταλληλότητας των μέσων και υλικών και γενικά του εξοπλισμού που επιτρέπεται να χρησιμοποιείται στον ελληνικό θαλάσσιο χώρο για τον περιορισμό ή την εξουδετέρωση της ρύπανσης της θάλασσας από πετρελαιοειδή ή άλλες επιβλαβείς ουσίες, ενεργείται από τη Δ.Ε.Ε.Π.

Άρθρο έκτο

Έλεγχος εξοπλισμού εγκαταστάσεων

Πιστοποιητικό ελέγχου

Για τη βεβαίωση της καλής κατάστασης και ασφαλούς, για την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος, λειτουργίας του εξοπλισμού των θαλάσσιων εγκαταστάσεων και των εγκαταστάσεων διακίνησης πετρελαιοειδών ή άλλων επιβλαβών ουσιών στα πλοία, απαιτείται πιστοποιητικό αρμόδιου ημεδαπού ή αλλοδαπού τεχνικού γραφείου ή της αρμόδιας τεχνικής υπηρεσίας της εγκατάστασης, με το οποίο να βεβαιώνεται η καλή και ασφαλής λειτουργία του εξοπλισμού αυτού.

Η διάρκεια ισχύος του πιστοποιητικού δεν μπορεί να υπερβαίνει τη διετία από την έκδοση του, μετά τη λήξη της οποίας απαιτείται νέος έλεγχος για την επανέκδοση του πιστοποιητικού.

Άρθρο έβδομο

Επέκταση εφαρμογής - Ρύθμιση λεπτομερειών

Με προεδρικό διάταγμα, που εκδίδεται ύστερα από πρόταση του Υπουργού:

(α) Καθορίζονται οι όροι και οι λεπτομέρειες για την εφαρμογή των διατάξεων του παρόντος νόμου και της Σύμβασης και στα πλοία που δεν υπάγονται στη Σύμβαση.

(β) Τίθενται σε ισχύ οι αποφάσεις που έχουν ληφθεί στις διπλωματικές διασκέψεις «Για την ετοιμότητα, συνεργασία και αντιμετώπιση της ρύπανσης της θάλασσας από πετρέλαιο» του 1990.

(γ) Καταρτίζεται, τροποποιείται και συμπληρώνεται το εθνικό σχέδιο Έκτακτης Ανάγκης για την αντιμετώπιση περιστατικών ρύπανσης από πετρέλαιο και άλλες επιβλαβείς ουσίες. Για την κατάρτιση, τροποποίηση και συμπλήρωση του εθνικού σχεδίου απαιτείται και γνώση του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων.

(δ) Ρυθμίζεται κάθε αναγκαία λεπτομέρεια για την εφαρμογή του παρόντος νόμου και της Σύμβασης.

Άρθρο όγδοο

Τροποποιήσεις και συμπληρώσεις της Σύμβασης

Κωδικοποίηση

(1) Τροποποιήσεις και συμπληρώσεις που αναφέρονται σε λεπτομερειακά και τεχνικά θέματα της Σύμβασης τίθενται σε ισχύ με προεδρικό διάταγμα, που εκδίδεται με πρόταση των Υπουργών Εξωτερικών, Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων και Εμπορικής Ναυτιλίας.

(2) Με προεδρικό διάταγμα, που εκδίδεται με πρόταση του Υπουργού Εμπορικής Ναυτιλίας, είναι δυνατό να κωδικοποιούνται σε ενιαίο κείμενο οι διατάξεις της

Σύμβασης, καθώς και οι τροποποιήσεις και συμπληρώσεις των παραρτημάτων και των προσθηκών της.

Άρθρο ένατο

Κυρώσεις - Προσφυγές

(1) Με την επιφύλαξη των διατάξεων των άρθρων 13 και 14 του ν. 743/1977, όπως το πρώτο συμπληρώθηκε με το άρθρο ένατο του ν. 1147/1981 (ΦΕΚ 110 Α):

(α) Επιβάλλεται με αιτιολογημένη απόφαση των αρμόδιων αρχών, που αναφέρονται στο άρθρο δεύτερο, πρόστιμο μέχρι δύο εκατομμύρια (2.000.000) δραχμές στους παραβάτες του παρόντος νόμου, της Σύμβασης, καθώς και των προεδρικών διαταγμάτων και των υπουργικών αποφάσεων που εκδίδονται σε εκτέλεση τους, ανεξάρτητα αν προβλέπεται ποινική ή πειθαρχική δίωξη από άλλες διατάξεις.

(β) Εφόσον πρόκειται για παραβάσεις από πλοία, είναι δυνατόν, από την κοινοποίηση της απόφασης επιβολής του προστίμου, να απαγορευθεί ο απόπλους του πλοίου μέχρι να καταβληθεί το πρόστιμο ή να κατατεθεί ισόποση εγγυητική επιστολή τράπεζας.

(γ) Επιτρέπεται η άσκηση προσφυγής κατά της απόφασης επιβολής του προστίμου μέσα σε αποκλειστική προθεσμία δεκαπέντε (15) ημερών, που αρχίζει από την επομένη της κοινοποίησης της απόφασης, ενώπιον του αρμόδιου διοικητικού πρωτοδικείου.

(2) Η άσκηση της προσφυγής δεν αναστέλλει την εκτέλεση της απόφασης. Με προεδρικά διατάγματα, που εκδίδονται με πρόταση του Υπουργού, μπορεί να αυξάνονται τα ανώτατα όρια των προστίμων.

(3) Τα κατά το άρθρο αυτό επιβαλλόμενα πρόστιμα εισπράττονται σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 18 του ν. 743/1977.

Άρθρο δέκατο

Τροποποιούμενες - συμπληρούμενες διατάξεις

Από την έναρξη, ισχύος του παρόντος νόμου:

(1) Οι ορισμοί των εδαφίων (α), (στ), (η) και (ιγ) του άρθρου 1 του ν. 743/1977 τροποποιούνται ως εξής:

«(α) Απόβλητα: Τα αποβαλλόμενα υγρά από πλοία, δεξαμενόπλοια και εγκαταστάσεις που περιέχουν υπολείμματα των μεταφερόμενων, χρησιμοποιούμενων ή παραγόμενων υλών.

(στ) Εγκαταστάσεις: Τα διυλιστήρια πετρελαίου, οι εταιρείες αποθήκευσης, διακίνησης και εμπορίας πετρελαιοειδών και επιβλαβών ουσιών, τα ναυπηγεία, οι επισκευαστικές βάσεις πλοίων, οι χερσαίες ευκολίες υποδοχής καταλοίπων, το διαλυτήρια πλοίων, οι κάθε είδους λιμενικές εγκαταστάσεις, οι λουτρικές εγκαταστάσεις, οι εγκαταστάσεις ιχθυοκαλλιέργειών, τα ξενοδοχεία, τα εστιατόρια, οι οικίες, οι εγκαταστάσεις αφαλάτωσης, οι βιομηχανίες και βιοτεχνίες και κάθε είδους

επιχειρήσεις που είναι εγκαταστημένες στη θάλασσα, σε παράκτιους χώρους ή στην ενδοχώρα και χρησιμοποιούν τη θάλασσα και τις ακτές άμεσα ή έμμεσα για τις λειτουργικές τους ανάγκες ή έχουν άμεση ή έμμεση δυσμενή επίδραση στο θαλάσσιο περιβάλλον.

(η) Λύματα: Τα αποβαλλόμενα από το αποχετευτικό σύστημα των πλοίων και δεξαμενόπλοιων που προέρχονται από χώρους υγιεινής, ενδιαίτησης και ιατρείων του πληρώματος και των επιβατών, τα αντίστοιχα των οικιών και των κάθε είδους εγκαταστάσεων, καθώς και αυτά που προέρχονται από τους χώρους των πλοίων που μεταφέρουν ζώντα ζώα.

(ιγ) Δεξαμενόπλοιο: Κάθε σκάφος ή πλωτό ναυπήγημα, που είναι προορισμένο με το μεγαλύτερο τμήμα των χώρων φορτίων του να αποθηκεύει ή να μεταφέρει αυτοδύναμα ή με ρυμούλκηση πετρέλαιο, πετρελαιοειδή μίγματα ή άλλες υγρές επιβλαβείς ουσίες χύδην».

(2) Στο άρθρο 1 του ν. 743/1977 προστίθενται νέο εδάφια ως εξής:

«(ιη) Επιβλαβής ουσία: Κάθε είδους στερεή, υγρή ή αέρια ουσία, η οποία χαρακτηρίζεται ως επιβλαβής και περιλαμβάνεται στους σχετικούς πίνακες των ισχυουσών διεθνών συμβάσεων και κωδίκων του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (Ι.Μ.Ο.).

(ιθ) Μόλυνση: Η μορφή ρύπανσης που χαρακτηρίζεται από την παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών στο περιβάλλον ή δεικτών που υποδηλώνουν την πιθανότητα παρουσίας τέτοιων μικροοργανισμών.

(κ) Δ.Π.Θ.Π.: Η Διεύθυνση Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος του Υπουργείου Εμπορικής Ναυτιλίας.

(κα) Περιβάλλον: Το σύνολο των φυσικών και ανθρωπογενών παραγόντων και στοιχείων που βρίσκονται σε αλληλεπίδραση και επηρεάζουν την οικολογική ισορροπία, την ποιότητα της ζωής, την υγεία των κατοίκων, την ιστορική και πολιτιστική παράδοση και τις αισθητικές αξίες.

(κβ) Υποβάθμιση: Η πρόκληση από ανθρώπινες δραστηριότητες ρύπανσης ή οποιασδήποτε άλλης μεταβολής στο περιβάλλον, η οποία είναι πιθανό να έχει αρνητικές επιπτώσεις στην οικολογική ισορροπία, στην ποιότητα ζωής και στην υγεία των κατοίκων, στην ιστορική και πολιτιστική κληρονομιά και στις αισθητικές αξίες.

(κγ) Προστασία του περιβάλλοντος: Το σύνολο των ενεργειών, μέτρων και έργων που έχουν στόχο την πρόληψη της υποβάθμισης του περιβάλλοντος ή την αποκατάσταση, διατήρηση ή βελτίωση του.

(κδ) Αναγνωρισμένη επιχείρηση αντιμετώπισης ρύπανσης:

Η επιχείρηση που διαθέτει οργάνωση, εξοπλισμό, προσωπικό και μέσα σύμφωνα με τις διατάξεις του παρόντος νόμου και έχει εφοδιαστεί με την προβλεπόμενη από το άρθρο 11 του παρόντος νόμου άδεια λειτουργίας.

(κε) Εξοπλισμός μέσα αντιμετώπισης ρύπανσης: «Όλες οι συσκευές, μέσα, υλικά, ουσίες και εξοπλισμός που έχουν εγκριθεί από το Υπουργείο ή άλλες αρμόδιες υπηρεσίες της ημεδαπής ή της αλλοδαπής».

(3) Στο εδάφιο (α) της παραγράφου (1) του άρθρου 2 του ν. 743/1977 προστίθεται η φράση «αλλά και από κάθε άλλη πηγή ρύπανσης».

(4) Το εδάφιο (α) της παραγράφου (1) του άρθρου 3 του ν. 743/1977 αντικαθίσταται ως εξής: «(α) Η απόρριψη στις ακτές, στα λιμάνια και στα ελληνικά χωρικά ύδατα πετρελαίου, πετρελαιοειδών μιγμάτων, επιβλαβών ουσιών ή μιγμάτων αυτών και κάθε φύσεως αποβλήτων, λυμάτων και απορριμμάτων από το οποίο μπορεί να προκληθεί ρύπανση της θάλασσας και των ακτών».

(5) Το άρθρο 4 του ν. 743/1977 αντικαθίσταται ως εξής:

Υποχρεώσεις πλοίων και δεξαμενόπλοιων

Άρθρο 4. (1) Πλοία και δεξαμενόπλοια ανεξαρτήτως σημαίας, που καταπλέουν σε ελληνικά λιμάνια, όρμους και αγκυροβόλια, υποχρεούνται όπως:

(α) Συμμορφώνονται με τις διεθνείς συμβάσεις που έχουν επικυρωθεί από την Ελλάδα και φέρουν τα προβλεπόμενα από αυτές πιστοποιητικά και εξοπλισμό.

(β) Παραδίδουν τα πάσης φύσεως πετρελαιοειδή μίγματα, τα απορρίμματα, τα υπολείμματα φορτίου και τα κατάλοιπα επιβλαβών ουσιών στις αναγνωρισμένες ευκολίες υποδοχής καταλοίπων του λιμένα.

Πίνακας των ουσιών των οποίων απαγορεύεται η απόρριψη στη θάλασσα καθορίζεται με κοινή απόφαση των Υπουργών Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων και Εμπορικής Ναυτιλίας, λαμβάνοντας υπόψη τις ισχύουσες διεθνείς συμβάσεις.

(2) Η Αρχή μετά από διαπίστωση των πραγματικών συνθηκών μπορεί να απαγορεύει τον απόπλου των πλοίων και δεξαμενόπλοιων μέχρι την πραγματοποίηση της παράδοσης των καταλοίπων, ιδιαίτερα αν κατευθύνονται σε λιμάνια που δεν διαθέτουν ευκολίες υποδοχής.

(3) Από την υποχρέωση της παρ (1) εδάφιο (β) μπορούν να απαλλάσσονται τα πλοία και δεξαμενόπλοια κατά την κρίση της Αρχής, εφόσον συντρέχουν αθροιστικά οι παρακάτω προϋποθέσεις:

(α) Διαθέτουν εγκεκριμένο εξοπλισμό διαχείρισης και επεξεργασίας των κάθε είδους αποβλήτων - καταλοίπων τους, σύμφωνα με τις ισχύουσες διεθνείς συμβάσεις.

(β) Κατευθύνονται σε λιμάνι που διαθέτει ευκολίες υποδοχής καταλοίπων.

(γ) Η χωρητικότητα των δεξαμενών συγκράτησης πετρελαιοειδών μιγμάτων και καταλοίπων είναι επαρκής για τις ανάγκες του πλου.

(δ) Εξασφαλίζεται ότι κατά τη διάρκεια του πλου τα πάσης φύσεως απορρίμματα ή υπολείμματα φορτίου δεν θα διαφύγουν στη θάλασσα.

(ε) Ο πλοίαρχος αναλαμβάνει την υποχρέωση παράδοσης τους στο επόμενο λιμάνι.

(4) Στις ανωτέρω περιπτώσεις η Αρχή καταχωρεί σχετική παρατήρηση στο προβλεπόμενα από τις ισχύουσες διεθνείς συμβάσεις ημερολόγια, βιβλίο ή εγχειρίδια

διαχείρισης για την ενημέρωση της Αρχής του επόμενου λιμένα κατάπλου του πλοίου.»

(6) Στην παράγραφο 4 του άρθρου 6 του ν. 743/1977 μετά την πρόταση «προκειμένου κατάπλου εκ της αλλοδαπής εις ελληνικό λιμένα πλοίου προς φόρτωση ή εκφόρτωση πετρελαίου» προστίθεται η φράση «ή άλλων επιβλαβών ουσιών».

(7) Στο άρθρο 7 του ν. 743/1977 προστίθεται νέα παράγραφος ως εξής:

«5. Οι διατάξεις του παρόντος άρθρου εφαρμόζονται, εκτός από το δεξαμενόπλοια, και στα πλοία που μεταφέρουν επιβλαβείς ουσίες χύδην ή σε συσκευασία.»

(8) Στο άρθρο 8 του ν. 743/1977 προστίθεται νέα παράγραφος ως εξής:

«3. Οι διατάξεις του παρόντος άρθρου εφαρμόζονται, εκτός από τα δεξαμενόπλοια και στα πλοία που μεταφέρουν επιβλαβείς ουσίες χύδην ή σε συσκευασία.»

(9) Η παράγραφος 1 του άρθρου 9 του ν. 743/1977 αντικαθίσταται ως εξής:

1. Με απόφαση του Υπουργού καθορίζονται οι όροι και προϋποθέσεις αναγνώρισης των πλωτών ευκολιών υποδοχής.

Προκειμένου για χερσαίες ευκολίες, οι όροι και προϋποθέσεις καθορίζονται με κοινή απόφαση των Υπουργών Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων, Βιομηχανίας, Ενέργειας και Τεχνολογίας και Εμπορικής Ναυτιλίας. Προκειμένου για ευκολίες υποδοχής απορριμμάτων και λυμάτων απαιτείται η σύμπραξη και του Υπουργού Υγείας, Πρόνοιας και Κοινωνικών Ασφαλίσεων.»

(10) Η παράγραφος 3 του άρθρου 10 του ν. 743/1977 αντικαθίστανται ως εξής:

«3. Εγκαταστάσεις, των οποίων τα έργα και οι δραστηριότητες υπάγονται στις διατάξεις του άρθρου 3 του ν. 1650/1986 όπως ισχύει, οφείλουν να υποβάλουν μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 4 του ίδιου νόμου και την υπουργική απόφαση 69269/5387/24.10.1990 (ΦΕΚ 678 Β').

(11) (α) Η παράγραφος 1 του άρθρου 11 του ν. 743/1997 αντικαθίσταται ως εξής:

Υποχρεώσεις υπευθύνων ρύπανσης

Άρθρο 11.1. Σε περίπτωση ρύπανσης ή πιθανού κινδύνου πρόκλησης αυτής, ο πλοίαρχος και ο εκπρόσωπος του πλοίου, ο προϊστάμενος ή διευθυντής της εγκατάστασης, καθώς και οι τυχόν εντεταλμένοι υποχρεούνται να αναφέρουν αμέσως το περιστατικό στην αρμόδια Λιμενική Αρχή ή στο Υπουργείο και να λάβουν άμεσα κάθε πρόσφορο μέτρο για την αποτροπή, περιορισμό και αντιμετώπιση της ρύπανσης, ενεργώντας σύμφωνα με τα υφιστάμενα σχέδια αντιμετώπισης της ρύπανσης.

Σε περίπτωση που για οποιονδήποτε λόγο αυτός που προκάλεσε τη ρύπανση, οι συνυπεύθυνοι και οι τυχόν εντεταλμένοι αδυνατούν να λάβουν τα αναγκαία μέτρα στην έκταση, που απαιτείται, υποχρεούνται να αναθέτουν αμέσως τις εργασίες αυτές σε αναγνωρισμένες επιχειρήσεις αντιμετώπισης της ρύπανσης, Ευθυνόμενοι επιπρόσθετα για τις συνέπειες κάθε καθυστέρησης.»

(β) Στο άρθρο 11 του ν. 743/1977 προστίθενται οι παράγραφοι 5, 6 και 7 που έχουν ως εξής:

«5. Οι εργασίες αντιμετώπισης της ρύπανσης εκτελούνται πάντοτε υπό την άμεση εποπτεία της Αρχής, η οποία εξασφαλίζει ότι διενεργούνται με την επιβαλλόμενη ταχύτητα και με αποδεκτές μεθόδους.

6. Με απόφαση του Υπουργού καθορίζονται οι προϋποθέσεις χορήγησης άδειας και οι ελάχιστες απαιτήσεις σε οργάνωση, επιστημονικό και τεχνικό προσωπικό, εξοπλισμό, υλικά, μέσα και ουσίες που πρέπει να διαθέτουν οι ιδιωτικές επιχειρήσεις, καθώς και κάθε άλλη λεπτομέρεια προκειμένου να τους χορηγηθεί η άδεια λειτουργίας ως αναγνωρισμένες επιχειρήσεις καταπολέμησης της ρύπανσης της θάλασσας.

7. Οι αναγνωρισμένες επιχειρήσεις καταπολέμησης της ρύπανσης έχουν όλες τις ευθύνες του εντολοδόχου τους για τη λήψη των προβλεπόμενων μέτρων πρόληψης και καταπολέμησης της ρύπανσης και εκτελούν τις σχετικές εργασίες υπό την εποπτεία και σύμφωνα με τις υποδείξεις της Αρχής επί ποινή ανακλήσεως της άδειας που τους έχει χορηγηθεί»

(12) Στο άρθρο 12 του ν. 743/1977 αναριθμείται η παράγραφος 2 σε παράγραφο 5 και προστίθενται οι παράγραφοι 2.3 και 4. που έχουν ως εξής:

«2. Οι δαπάνες στις οποίες υποβλήθηκαν το Δημόσιο και οι Ο.Τ.Α. για την αποτροπή ή την αντιμετώπιση της ρύπανσης καταλογίζονται με αιτιολογημένη απόφαση της Αρχής, που εκδίδεται σε βάρος του υπευθύνου που προκάλεσε τη ρύπανση και των συνυπεύθυνων σύμφωνα με την παράγραφο 1 του παρόντος άρθρου, εισπράττονται δε σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 18 του παρόντος νόμου.

3. Με απόφαση του Υπουργού καθορίζεται το κόστος για την ανά ώρα χρησιμοποίηση των πλωτών, χερσαίων και εναερίων μέσων του Λ.Σ., η αμοιβή του προσωπικού που ασχολήθηκε, καθώς και το κόστος των λοιπών μέσων και υλικών καταπολέμησης που χρησιμοποιήθηκαν ή αναλώθηκαν για την αντιμετώπιση του περιστατικού της ρύπανσης.

4. Για την εξασφάλιση της καταβολής των δαπανών αντιμετώπισης της ρύπανσης δύναται να απαγορεύεται ο απόπλους του πλοίου.

Ο απόπλους μπορεί να επιτραπεί αν κατατεθεί εγγυητική επιστολή τράπεζας που λειτουργεί στην Ελλάδα, ποσού ίσου προς το πιθανολογούμενο ύψος καταλογισμού δαπανών ή LETTER OF UNDERTAKING του ασφαλιστικού οργανισμού στον οποίο είναι ασφαλισμένο το πλοίο ή το δεξαμενόπλοιο.»

(13) Στο τέλος της παραγράφου 1 του άρθρου 14 του ν. 743/1977 προστίθεται το εξής εδάφιο:

«Η παράβαση επίσης δύναται να διαπιστώνεται με ειδικό εξοπλισμό εντοπισμού και ανίχνευσης της ρύπανσης της θάλασσας από εναέρια ή πλωτά ή χερσαία μέσα».

(14) Στο τέλος της παραγράφου 5 του άρθρου 14 του ν. 743/1977 προστίθεται το ακόλουθο εδάφιο:

«Στην περίπτωση αυτήν η Αρχή δύναται να δέχεται κατάθεση προσωπικής επιταγής και να επιτρέπει τον απόπλου του πλοίου με την προϋπόθεση αντικατάστασης της με ισόποση εγγυητική, επιστολή τράπεζας που λειτουργεί στην Ελλάδα με μέριμνα των ενδιαφερομένων αμέσως μόλις αυτό γίνει εφικτό.»

(15) Στο τέλος της παραγράφου 10 του άρθρου 14 του ν. 743/1977 προστίθεται το ακόλουθο εδάφιο:

«Η άσκηση της προσφυγής δεν αναστέλλει την εκτέλεση της απόφασης.»

(16) Στο ν. 743/1977 προστίθεται μετά το άρθρο 19 νέο άρθρο με αριθμό 20, ως εξής:

Άρθρο 20

Κωδικοποίηση

Με προεδρικό διάταγμα, που εκδίδεται μετά από πρόταση του Υπουργού Εμπορικής Ναυτιλίας, είναι δυνατή η κωδικοποίηση σε ενιαίο κείμενο και η μεταγλώττιση στη δημοτική όλων των διατάξεων του ν. 743/1977 και των τροποποιήσεων του με τίτλο «Προστασία του θαλάσσιου Περιβάλλοντος».

(17) Το άρθρο 20 του ν. 743/1977 αναριθμείται σε άρθρο 21.

(18) Το άρθρο 21 του ν. 743/1977 αναριθμείται σε άρθρο 22.

(19) Στο άρθρο έκτο του ν. 1638/1986 (ΦΕΚ 106 Α'), με τον οποίο κυρώνεται η Διεθνής Σύμβαση του 1971 για την «Ίδρυση διεθνούς κεφαλαίου για την αποζημίωση ζημιών ρύπανσης από πετρελαιοειδή και ρύθμιση συναφών θεμάτων, προστίθεται δεύτερη παράγραφος, που έχει ως εξής:

«Με προεδρικά διατάγματα, που εκδίδονται με πρόταση των Υπουργών Εξωτερικών, Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων, Βιομηχανίας, Ενέργειας και Τεχνολογίας και Εμπορικής Ναυτιλίας, γίνονται αποδεκτές συμπληρώσεις και τροποποιήσεις της κυρούμενης Διεθνούς Συμβάσεως οι οποίες έχουν υιοθετηθεί από διασκέψεις των Συμβαλλόμενων Κρατών, σύμφωνα με το άρθρο 45 αυτής.»

Άρθρο ενδέκατο

Η ισχύς του νομού αυτού αρχίζει από τη δημοσίευσή του στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως και της Σύμβασης που κυρώνεται από την ολοκλήρωση των προϋποθέσεων του άρθρου 16 αυτής.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

ΔΕΙΓΜΑ ΑΠΟ ΤΗ ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Μελέτη του κόστους καταπολέμησης πετρελαιοκηλίδων στον ελλαδικό χώρο 207

| | | | | |
|--|--------------------------|------------------------|----------------------|-------------------|
| Μήνας | 30/8 | 1/9 | 15/7 | 19/11 |
| Έτος | 2000 | 2000 | 2003 | 2004 |
| Όνομα πλοίου | NORDLAND | EUROBULKER X | ΑΙΓΑΙΟΝ ΙΙ | ΑΒΑΝΤΙΣ |
| Τύπος πλοίου | Φ/Γ | Φ/Γ | Φ/Γ | Φ/Γ |
| Σημαία | ST VINCENT | ΚΑΜΠΟΤΖΗ | ΕΛΛΗΝΙΚΗ | ΕΛΛΗΝΙΚΗ |
| DWT | 8800 | 35047 | 2070 | - |
| GRT | 7562 | 19473 | 992 | 987 |
| Έτος κατασκευής | 1986 | 1974 | 1971 | 1975 |
| Φορτίο | ΛΙΠΑΣΜΑ | ΤΣΙΜΕΝΤΟ | ΤΣΙΜΕΝΤΟ | ΠΑΛΕΤΕΣ |
| Περιοχή | ΚΥΘΗΡΑ | ΛΕΥΚΑΝΤΙ ΕΥΒΟΙΑΣ | ΑΝΔΡΟΣ | ΒΡ/ΔΑ ΔΩΡΟΥΣΑ |
| Χαρακτηρισμός περιοχής | Τουριστική/Λιμάνι | Τουριστική | Αλιεία | Τουριστική/Αλιεία |
| Καιρικές συνθήκες | 1 | 1 | 1 | 2 |
| Δυσκολία προσέγγισης | 1 | 0 | 1 | 1 |
| Ατύχημα | ΠΡΟΣΑΡΑΞΗ | ΒΥΘΙΣΗ | ΠΡΟΣΑΡΑΞΗ | ΒΥΘΙΣΗ |
| Είδος πετρελαιοειδούς | FUEL OIL | FUEL OIL | FUEL OIL | FUEL OIL |
| Ποσότητα (tonnes) | 95 | 680 | 1,2 | 70 |
| Όγκος (m³) | 100 | 700 | 1,3 | 83 |
| Επιφάνεια (m²) | 100000 | 700000 | 1300 | 83000 |
| Χρόνος αντίδρασης (hours) | 12 | 7 | 8 | 4 |
| Αντιρυπαντική αντίδραση | skimmer/high pres. Water | skimmer/booms/sorbents | booms/pumps/transfer | skimmer/booms |
| Μήκος ακτής (km) | 5 | 15 | 1 | 0 |
| Χρόνος αποκατάστασης (days) | 22 | 27 | 2 | 20 |
| Εκτιμώμενο κόστος απορύπανσης (euro), (έτος βάσης 2007) | 753101,48 | 1129652,22 | 39853,76 | 716496,91 |
| Κατηγορία κόστους | E | E | A | E |

Μελέτη του κόστους καταπολέμησης πετρελαιοκηλίδων στον ελλαδικό χώρο 208

| | | | | |
|--|------------------------|------------------------|------------------------|------------------|
| Μήνας | 27/6 | 9/3 | 5/4 | 18/6 |
| Έτος | 2005 | 2006 | 2007 | 2007 |
| Όνομα πλοίου | GEORGE T | RIGA SAILOR | SEA DIAMOND | HAN |
| Τύπος πλοίου | Φ/Γ | Φ/Γ | CRUISER | Φ/Γ |
| Σημεία | ΑΓ. ΒΙΚΕΝΤΙΟΣ | ΜΑΛΤΑ | ΕΛΛΑΔΑ | ΠΑΝΑΜΑΣ |
| DWT | - | 14200 | - | - |
| GRT | 91164 | 10133 | 22412 | 2453 |
| Έτος κατασκευής | 1990 | 1975 | 1986 | - |
| Φορτίο | ΚΕΝΟ | - | ΕΠΙΒΑΤΕΣ | - |
| Περιοχή | ΠΥΛΟΣ | ΜΗΛΟΣ | ΣΑΝΤΟΡΙΝΗ | ΣΑΡΩΝΙΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ |
| Χαρακτηρισμός περιοχής | Τουριστική/Λιμάνι | Βιομηχανική | Τουριστική | Εν πλώ |
| Καιρικές συνθήκες | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Δυσκολία προσέγγισης | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Ατύχημα | ΔΙΑΡΡΟΗ | ΠΡΟΣΚΡΟΥΣΗ ΣΕ ΠΡΟΒΛΗΤΑ | ΠΡΟΣΑΡΑΞΗ-ΒΥΘΙΣΗ | ΣΥΓΚΡΟΥΣΗ-ΒΥΘΙΣΗ |
| Είδος πετρελαιοειδούς | FUEL OIL | FUEL OIL | FUEL OIL | DIESEL OIL |
| Ποσότητα (tonnes) | 35 | 10 | 500 | 1 |
| Όγκος (m³) | 41 | - | - | - |
| Επιφάνεια (m²) | 41000 | 350 | - | - |
| Χρόνος αντίδρασης (hours) | 6 | 12 | 12 | 3 |
| Αντιρυπαντική αντίδραση | skimmer/booms/sorbents | booms/sorbents/pumps | skimmer/booms/sorbents | skimmer/booms |
| Μήκος ακτής (km) | 5 | 0 | 2 | 0 |
| Χρόνος αποκατάστασης (days) | 9 | 7 | 105 | 4,5 |
| Εκτιμώμενο κόστος απορύπανσης (euro), (έτος βάσης 2007) | 197411,47 | 227260,00 | 5000000,00 | 125000,00 |
| Κατηγορία κόστους | Γ | Δ | Ε | Γ |

